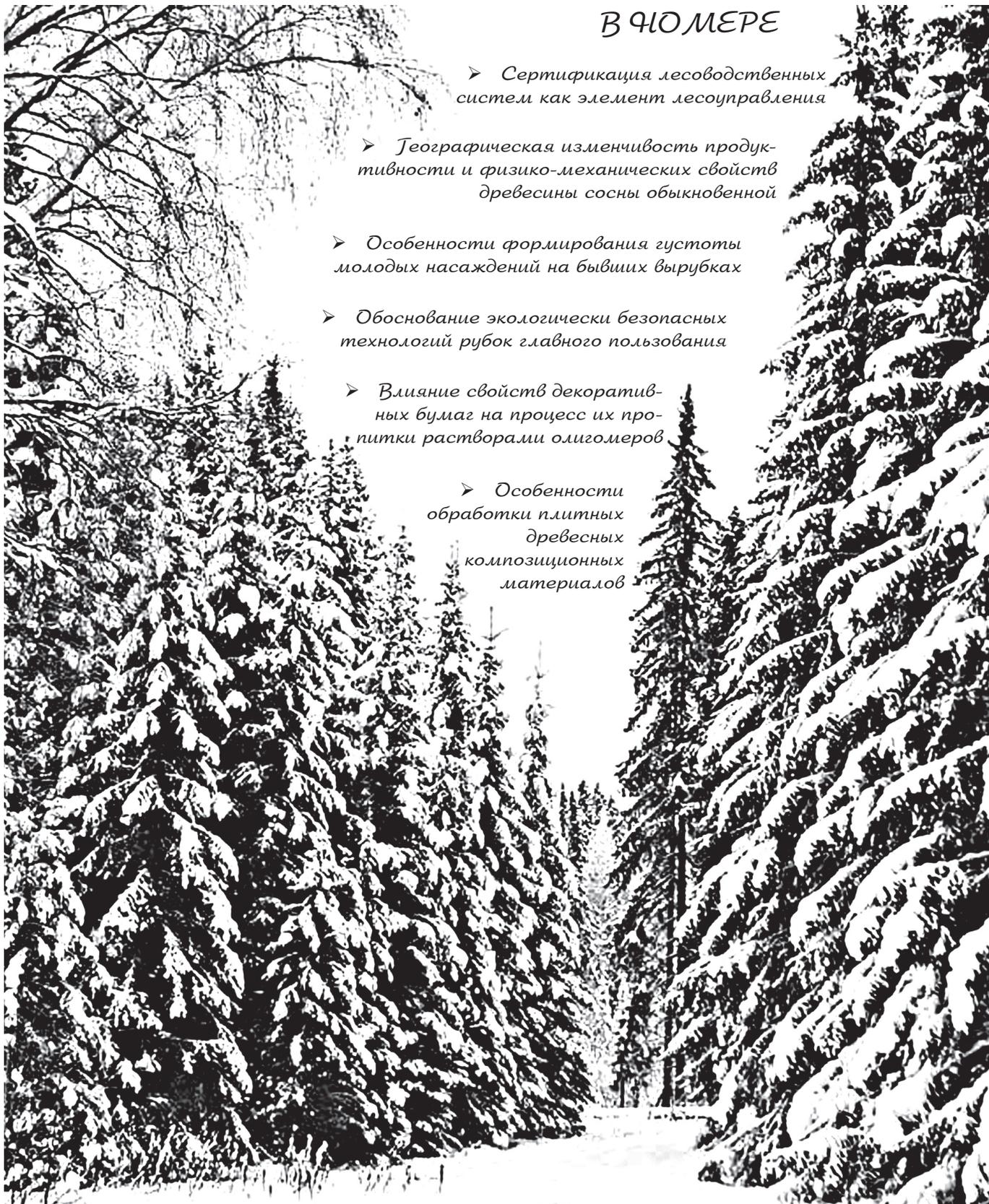


В ЧЮМЕРЕ

- Сертификация лесоводственных систем как элемент лесопользования
- Географическая изменчивость продуктивности и физико-механических свойств древесины сосны обыкновенной
- Особенности формирования густоты молодых насаждений на бывших вырубках
- Обоснование экологически безопасных технологий рубок главного пользования
- Влияние свойств декоративных бумаг на процесс их пропитки растворами олигомеров
- Особенности обработки плитных древесных композиционных материалов



СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Обыденников В.И., Коротков С.А., Разживин В.А.	<i>Сертификация лесоводственных систем как элемент лесоправления</i>	4
Чумаченко С.И., Степаненко И.И.	<i>Влияние классов роста и размеров крон деревьев на строение древесины сосны с внесением минеральных удобрений</i>	7
Кулаева Н.Ю.	<i>Натурные исследования плотности крон древесных и кустарниковых пород, составляющих шумозащитные полосы</i>	13
Шарыгин А.М.	<i>Влияние живого напочвенного покрова и листовенного молодняка на рост самосева сосны на горельниках в условиях брянского лесного массива</i>	16
Ольхина Е.С.	<i>Рост вегетативных органов ели европейской в условиях города и лесах зеленой зоны</i>	19
Жиглова С.В.	<i>Рекреационная трансформация численности и высоты самшитового подлеска в субтропических буковых биогеоценозах</i>	24
Чижов Б.Е., Кибиш И.В., Агафонов Е.Ю.	<i>Возобновление осины корневыми отпрысками в таежных лесах Западной Сибири</i>	28
Мельник П.Г., Савосько С.В., Станко Я.Н., Дюжина И.А., Степанова О.В.	<i>Географическая изменчивость продуктивности и физико-механических свойств древесины сосны обыкновенной</i>	33
Бобринев В.П., Пак Л.Н.	<i>Рост 30-летних географических культур лиственницы в Читинской области</i>	38
Конашова С.И.	<i>Состояние и рост дубрав в восточно-европейской части России</i>	43
Харченко Н.А., Харченко Н.Н., Мионов Д.С.	<i>Особенности экологии ложного дубового трутовика в дубравах Центрального Черноземья</i>	47
Адамов М.Г., Абдурахманов А.А., Юсупов Г.Д., Гаджиева А.М., Адамова Р.М.	<i>Интродукция и регенерационные возможности некоторых видов дендрофлоры в условиях искусственного тумана</i>	53
Устюжанин А.В.	<i>Особенности формирования густоты молодых насаждений на бывших вырубках</i>	55
Паничева Д.М., Шелуха В.П.	<i>Динамика состояния сосновых древостоев, произрастающих в зоне хронического промышленного воздействия щелочного типа</i>	59
Матвеев Д.Е.	<i>Адвентивные виды растений в лесных сообществах Волгоградской области</i>	62
Лесонинженерное дело		
Рунова Е.М., Савченкова В.А.	<i>Обоснование экологически безопасных технологий рубок главного пользования с целью максимального сохранения подроста</i>	64
Калинин А.А.	<i>Обзор способов использования и переработки низкокачественной древесины и отходов лесобработывающих предприятий</i>	68
Якимович С.Б., Тетерина М.А.	<i>Моделирование стохастических обрабатывающе-транспортных систем с перемещаемыми запасами</i>	71
Захаренкова И.А.	<i>Состояние и перспективы развития лесопильного производства Северо-Западного региона России</i>	77
Слинченков А.Н.	<i>Выбор машин для сбора и переработки лесосечных отходов для нужд энергетики</i>	82
Матросов А.В., Макуев В.А.	<i>Алгоритм выбора и оценки эффективности системы лесосечных машин и его реализация</i>	84
Чернякевич В.И.	<i>Распределение контактных напряжений в грунтовом основании дорожного покрытия из железобетонных плит</i>	88

Нахаев З.Н.	<i>К вопросу совершенствования методов управления грузовыми процессами на лесных предприятиях</i>	91
Пошарников Ф.В., Серебрянский А.И.	<i>Методика и результаты исследований температуры трения в шарнирах лесных манипуляторов</i>	92
Курьянов В.К., Бурмистрова О.Н.	<i>Исследование влияния эксплуатационных факторов на параметры движения лесовозного автопоезда</i>	95
Химические технологии		
Азаров В.И., Кононов Г.Н., Чекунин Д.Б.	<i>Исследование полиорганосилоксанов при производстве композиционных целлюлозно-полимерных материалов с использованием кремнийорганических соединений</i>	98
Азаров В.И., Кононов Г.Н., Никитин А.А., Берсенева Е.С.	<i>Влияние свойств декоративных бумаг на процесс их пропитки растворами олигомеров</i>	104
Цветков В.Е., Мачнева О.П.	<i>Исследование процессов химической деструкции параформа при синтезе карбамидоформальдегидных олигомеров</i>	106
Цветков В.Е., Якушкин А.А.	<i>Соли органических кислот – эффективный модификатор, используемый для производства древесностружечных плит</i>	113
Абразумов В.В.	<i>Строение и свойства ориентированно-стружечных плит</i>	115
Абразумов В.В., Разуваев С.П., Толчеев А.	<i>Особенности обработки плитных древесных композиционных материалов хвостовыми фрезами</i>	118
Угрюмов С.А., Боровков Е.А., Щербаков А.Е.	<i>Разработка технологической последовательности производства композиционной фанеры с применением костры льна</i>	120
Попов В.М., Платонов А.Д., Иванов А.В., Шендриков М.А.	<i>Способ получения клееной древесины повышенной прочности</i>	123
Деревообработка		
Зварыгина С.Б., Карасова Т.И., Галан А.С.	<i>Функционально-стоимостной анализ в дизайн-проектировании мебели</i>	126
Фоминов Г.В.	<i>Нынешнее состояние вопроса облицовывания строганым шпоном</i>	129
Владимирова Е.Г.	<i>Изучение коробления термически модифицированной древесины после сушки</i>	133
Математическое моделирование		
Зверев Н.В.	<i>Сравнение двух алгоритмов вычислений в разных фазах модели элементарных частиц</i>	138
Козориз А.И., Скорняков В.А.	<i>Визуализация информации в динамических системах на принципах трехмерной графики</i>	147
Курзин П.А.	<i>Типология математических моделей задач инвестиционной деятельности предприятий</i>	150
Иванько Я.М., Барсукова М.Н.	<i>Модели с детерминированными и неопределенными параметрами применительно к оптимизации сельскохозяйственных процессов</i>	156
Рябков В.М., Смирнов Д.С.	<i>Критерии оценки при анализе и синтезе систем автоматического многокомпонентного дозирования в производстве древесных плит</i>	161
Шалаев В.С., Чумаченко С.И.	<i>Создание пилотной версии Российского интернет-сегмента GFIS</i>	166
Афанасьев А.В., Афанасьева В.В.	<i>Исследование теплообмена при струйном ламинарном обтекании цилиндра в режиме смешанной конвекции</i>	169
Экономика		
Шимон Т.Н.	<i>Обзор экономических подходов к оценке стоимости поглощения углерода</i>	172
Барабанов А.Е.	<i>История развития фондового рынка в лесной промышленности</i>	175

СЕРТИФИКАЦИЯ ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ КАК ЭЛЕМЕНТ ЛЕСОУПРАВЛЕНИЯ

В.И. ОБЫДЕННИКОВ, *проф. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, д-р. с.-х. наук,*
С.А. КОРОТКОВ, *доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. биол. наук,*
В.А. РАЗЖИВИН, *асп. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ*

Устойчивое развитие лесного хозяйства предусматривает связь лесной среды, экономики и общества. При выборе лесоводственных систем необходимо учитывать комплекс социальных, экономических и экологических проблем. Характерной особенностью сегодняшних дней стала разработка национальных региональных систем, критериев и индикаторов устойчивого управления лесами, а также развития лесной сертификации, которая становится одним из основных средств распространения информации об устойчивости лесопользования в лесном секторе и секторе торговли.

Устойчивое лесопользование непосредственно связано с устойчивостью лесов, стремление к созданию и сохранению которого Г.Ф. Морозов в свое время назвал «верховным принципом лесоводства».

Потребность в сертификации обусловлена заботой потребителя о качестве ведения лесного хозяйства и решениями, принимаемыми на международном уровне по его устойчивому развитию. В настоящий период происходит интенсивное развитие процессов сертификации по двум международным (FSC и PEFC) и некоторым национальным схемам. Схемы сертификации имеют ряд отличий. Однако пока отсутствуют общие основополагающие правила для взаимопризнанных схем.

Устойчивость развития лесного хозяйства взаимосвязана с экологическим и социальным аспектами. Сертификация лесных товаров приобретает все большее значение. Она является по существу средством коммуникации, с помощью которого производители информируют потребителей о том, что леса в регионе используются на устойчивой основе. К середине 2006 г. общая площадь сертифицированных лесов по всем схемам составила 270,3 млн га (около 7 % от площади всех лесов мира). Из них по системе PEFC сертифици-

ровано 196,3 млн га, в т. ч. в Канаде 37,2 %, в Финляндии 11,3 %, в Норвегии 4,7 %, в Австралии 4,4 %, в США и Канаде (SFI) 27,7 %.

В Российской Федерации добровольная сертификация лесов проводится в основном по системе FSC. Сейчас это уже 43 предприятия в 13 регионах с общей площадью 16,9 млн га сертифицированных лесов (по состоянию на июнь 2007 г). В основном регионы представлены Архангельской, Иркутской областями, республиками Коми, Карелия, что объясняется большими запасами хвойной древесины при достаточно развитой инфраструктуре. В настоящее время продолжается разработка Российской национальной системы добровольной лесной сертификации. Она ориентирована на аккредитацию в рамках панъевропейской системы.

На Лиссабонской конференции в 1998 г. за основу международных стандартов были приняты шесть основополагающих критериев устойчивости управления и лесопользования (табл. 1) и подтверждены обобщенные действующие индикаторы.

Одним из важнейших элементов лесопользования являются лесоводственные системы. Они определяются природной и антропогенной динамикой леса, которые наиболее полно и глубоко могут быть познаны с учетом динамической типологии леса, предложенной акад. И.С. Мелеховым.

Лесоводственные системы охватывают как отдельные этапы формирования леса, так и полный цикл его развития [3]. Они учитывают начальное состояние лесной экосистемы (до проведения мероприятий), последующие стадии ее изменения и структурные показатели системы в стадии спелого древостоя. Лесоводственные системы включают комплекс мероприятий по возобновлению и формированию леса, направленных на поддержание или повышение древесной, биологической и экологической его продуктивности.

Характеристика международных основополагающих критериев устойчивого управления лесами и лесопользования

Критерий	Количество индикаторов	Содержание функций критерия
1	4	Поддержание и надлежащее приумножение лесных ресурсов и их вклад в глобальный кругооборот углерода
2	4	Поддержание состояния и жизнеспособности лесных экосистем
3	2	Поддержание и сохранение продуктивного функционирования лесов (древесина и недревесные продукты)
4	4	Поддержание, сохранение и соответствующее приумножение биологического разнообразия в лесных экосистемах
5	4	Поддержание и улучшение защитных функций при управлении лесами (исключительно почва и вода)
6	3	Поддержание других социально-экономических функций и условий

Целью экологической сертификации является создание механизма оценки лесоводственных систем. Она предполагает разработку критериев и индикаторов, по которым можно судить, насколько проведение лесоводственных мероприятий соответствует правилам ведения лесного хозяйства и экологических стандартов. Для многих стран Европы и Северной Америки (Германии, Австрии, Финляндии, Канады и др.) критерием соответствия экологическим стандартам считаются лесоводственные системы, которые гарантируют лесовосстановление в естественной среде. Конференция ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.), Хельсинская (1993 г.) и Монреальская (1994 г.) конференции, по существу, явились началом преобразований, связанных с введением экологической сертификации систем управления лесами (в том числе и лесоводственных систем) и лесной продукцией на рынке путем ее экологической маркировки.

Для расчета индикаторов к критериям экологической сертификации лесоводственных систем используются разные источники. Для части индикаторов информацию можно получить в справочниках, инструкциях, правилах, наставлениях, отчетах лесоустройства и литературных источниках. Для ряда индикаторов требуется дополнительный сбор данных с проведением исследований (в том числе и фундаментальных). Особую ценность для расчета индикаторов представляют научные сведения, полученные на основе длительных

стационарных исследований. В настоящее время перед отечественной лесоводственной наукой стоит задача разработки методических подходов к обоснованию индикаторов и критериев экологической сертификации лесоводственных систем, а также систематизация имеющихся сведений, касающихся оценки изменений лесных экосистем на разных уровнях (в пространстве и времени).

В лесном хозяйстве возникает необходимость двойной сертификации:

- сертификации систем управления лесами (ведения лесного хозяйства), обеспечивающей сохранение биологического разнообразия через применение соответствующих систем лесопользования;
- сертификации продукции, получаемой из древесины [1, 6] и из лесных недревесных растений (ягод, грибов, лекарственных растений).

Лесоводственные системы являются важнейшей составной частью ведения лесного хозяйства. С учетом зарубежного и отечественного опыта предлагаются принципы организации деятельности экологической сертификации лесоводственных систем (рисунки).

Для экологической сертификации лесоводственных систем необходимы данные, отражающие начальные (до рубки) и последующие (после рубки) параметрические и структурные изменения лесной экосистемы на разных уровнях (биогеоценозном, региональном, зональном и др.).

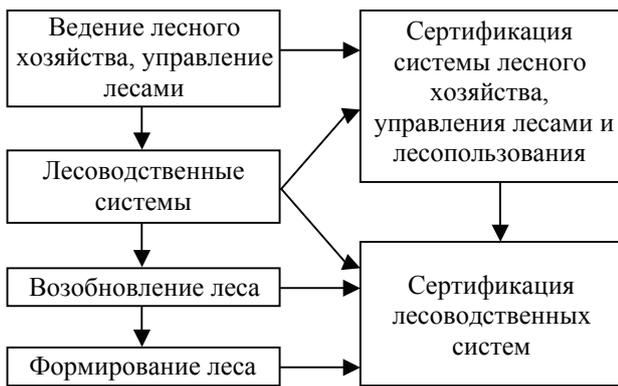


Рисунок. Принципиальная схема экологической сертификации лесоводственных систем

На биогеоценозном уровне (при расчете индикаторов), например в связи со сплошными рубками, целесообразно использовать входные параметры (сохранность подроста, степень минерализации почвы, плотность ее верхней части и др.), существенно влияющие на выход системы на разных этапах ее формирования (образование того или иного типа вырубki, успешность возобновления леса и т. д.) [5].

На региональном уровне (в частности на этапе возобновления леса) важное значение имеют схемы образования типов вырубki в связи с исходными типами леса и этапных смен растительного покрова после рубки. Чем продуктивнее, сложнее и богаче лесной биогеоценоз и, следовательно, прочнее и многообразнее его внутренние связи, тем шире диапазон качественных изменений экосистемы в связи с рубкой. С повышением продуктивности (бонитета) леса увеличивается число типов вырубki на месте одного и того же типа леса [3].

Изменение лесных биогеоценозов в связи с рубками целесообразно оценивать по древесной, биологической, экологической и комплексной продуктивности леса.

Понятие об экологической продуктивности впервые введено акад. И.С. Мелеховым. Эта продуктивность определяется оценкой средообразующей роли, защитных свойств леса, возможностей техногенных, рекреационных и других нагрузок. Предлагаются следующие критерии и индикаторы экологической сертификации лесоводственных систем (на примере системы рубок главного пользования, возобновления и формирования леса в связи с ними):

- поддержание комплексной (древесной, биологической и экологической) продуктивной способности лесного биогеоценоза;
- поддержание древесной продуктивной способности лесного биогеоценоза;
- поддержание биологической продуктивной способности лесного биогеоценоза;
- поддержание экологической продуктивной способности лесного биогеоценоза.

Характер использования того или иного критерия определяется задачами рубок в лесах различного назначения (по группам лесов) и категорий защитности.

Учитывая современные тенденции ведения лесного хозяйства, можно предположить, что все большее значение при получении сертификата будет иметь проведение несплошных рубок леса. Особенно важно это в районах с ограниченным режимом лесопользования. В таком случае вариантом, способствующим успешной сертификации предприятия, будет проведение комплексных рубок. Примером такого района ограниченного пользования лесом вполне может служить Московская область. Здесь при чрезвычайно высокой плотности населения (в сравнении с остальной территорией РФ) ярче проявляются все функции, выполняемые зелеными насаждениями. В большей степени – это защитная роль. Однако нельзя забывать и об экономической составляющей, о пользовании древесиной, о рентабельности лесохозяйственного производства.

В качестве примера методического подхода приводятся только индикаторы критерия, касающегося комплексной продуктивности леса.

На биогеоценозном уровне – поддержание комплексной (древесной, биологической и экологической) продуктивной способности лесного биогеоценоза в связи с рубками главного пользования индикаторами являются состояние лесного биогеоценоза (параметрические показатели древесной, биологической и экологической продуктивности) определенного типа: до рубки; непосредственно после рубки (с соблюдением лесоводственных требований); после рубки на разных этапах возобновления и формирования леса в зависимости от способа рубки, техники и технологии лесо-

сечных работ и сезона лесозаготовок; на этапе сформировавшегося типа леса (со спелым древостоем) после рубки в зависимости от ее способа, техники и технологии лесосечных работ и других факторов.

На региональном уровне критерием является поддержание комплексной (древесной, биологической и экологической) продуктивной способности лесов региона, т. е. лесной экосистемы на региональном уровне в связи с рубками главного и промежуточного пользования. Индикаторы: лесистость региона; площадь лесов со спелым древостоем; площадь спелых лесов по лиственному и хвойному хозяйствам, а также по каждому типу леса или группе типов; размер главного пользования по каждому способу рубки (в том числе в пределах этого хозяйства и группы типов леса); соотношение реального ежегодного размера главного пользования и предлагаемого лесоустройством; площадь сплошных рубок, образовавшуюся с соблюдением и без соблюдения лесоводственных требований при проведении рубок; площадь облесившихся (хвойными и лиственными породами) и необлесившихся сплошных вырубок за последние 5, 10 и более лет; схемы типов вырубок в связи с исходными типами

леса; площадь вырубок со значительной эрозией почвы; площадь леса на этапах его формирования (от молодняка до приспевающего), в т. ч. с преобладанием хвойных пород; соотношение реального ежегодного объема рубок ухода и предлагаемого лесоустройством (по видам, в т. ч. выполненных в соответствии с программами рубок ухода).

Рассмотренная сертификация лесоводственных систем может быть использована при разработке региональных стандартов.

Библиографический список

1. Кожухов, Н.И. Концепция формирования экономического базиса стратегии перехода экономики России на модель устойчивого развития / Н.И. Кожухов. – Пушкино: ВНИИЛМ, 1997 – 52 с.
2. Мелехов, И.С. Лесоведение: 3-е изд. испр. и доп. / И.С. Мелехов. – М.: МГУЛ, 2005. – 372 с.
3. Мелехов, И.С. Лесоводство / И.С. Мелехов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 302 с.
4. Морозов, Г.Ф. Избранные труды. Т. 1. / Г.Ф. Морозов. – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 559 с.
5. Обыденников, В.И. Лесовозобновление после сплошных рубок с применением агрегатной техники / В.И. Обыденников // Обзор. информ. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1988. – Вып. 7. – 28 с.
6. Страхов, В.В. К стратегии устойчивого управления лесами: сертификация лесов и лесной продукции / В.В. Страхов // Лесное хозяйство, 1996. – № 5. – С. 6–9.

ВЛИЯНИЕ КЛАССОВ РОСТА И РАЗМЕРОВ КРОН ДЕРЕВЬЕВ НА СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ С ВНЕСЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

С.И. ЧУМАЧЕНКО, проф., начальник управления информации МГУЛ, канд. биол. наук,
И.И. СТЕПАНЕНКО, доц. каф. лесоводства и подсоски леса МГУЛ, канд. биол. наук

В настоящее время в мире возрастает потребность в древесине высокого качества, получаемой в результате интенсивного лесовыращивания. При этом одним из эффективных мероприятий является внесение минеральных удобрений [4, 6, 7, 12]. Мировой опыт удобрения лесов показал, что это мероприятие требует комплексного подхода с учетом следующих условий: технологических (виды, формы, дозы удобрений, сроки, повторность, способы их внесения); экологических (почвенные, климатические); лесоводственных (типы условий произрастания, типы леса, возраст, классы

роста и развития деревьев) и других факторов. Исследования по удобрению спелых сосновых лесов в южной тайге Костромской области показали различное влияние видов и доз минеральных удобрений на радиальный прирост и строение древесины сосны обыкновенной – *Pinus sylvestris* в зависимости от класса роста и развития деревьев (по Крафту) и размеров кроны деревьев.

Опыты проводились в сосняке брусничном – *Pinetum vacciniosum*, произрастающем на свежих дерново-среднеподзолистых песчаных почвах. Древостой имел следую-

щие таксационные показатели: состав – 10С, возраст – 100 лет, класс бонитета – I, среднюю высоту – 28,7 м, средний диаметр – 33,0 см, полноту – 0,8, запас – 370 м³.

Испытывали 4 вида удобрений: азотные (N), полные (NPK), фосфорные (P) и калийные (K) в дозах 100, 150, 200 кг/га действующего вещества. Изучались деревья пяти классов роста и развития по классификации Крафта.

К I классу относятся деревья исключительно развитые, с сильно развитой кроной, наилучшим ростом (прегосподствующие деревья). Ко II классу относятся деревья хорошо развитые, с нормальной развитой кроной, хорошим ростом (господствующие). К III классу – умеренно развитые деревья, близкие ко II классу, но слабее развитые, чем II класс. В IV класс входят деревья, ослабленные в росте, но еще жизнедеятельные, они занимают свободные просветы в общем лесном пологом. Деревья V класса полностью находятся под пологом леса, это самые слабые и наименее развитые деревья в древостое.

Подбор модельных деревьев проводился по классификации Крафта из средних ступеней толщины каждого класса. IV и V классы были объединены в одну группу, так как они одинаково слабо реагировали на удобрения. Во всех вариантах опыта подбиралось 10–25 модельных деревьев каждого класса с преобладающими ступенями толщины или 50–60 деревьев с пробной площади. В изучаемом насаждении было следующее распределение сосны по классам Крафта и ступеням толщины: I класс – 25,2 %, 26–40 см; II класс – 37,0 %, 24–40 см; III класс – 24,4 %, 16–36 см; IV класс – 6,7 %, 16–36 см; V класс – 6,7 %, 10–34 см.

Образцы древесины брались на высоте 1,3 м возрастным буром «Dios» (Швеция). Изучался радиальный прирост – как ширина годичного слоя (ШГС, мм) и некоторые показатели макроструктуры древесины: содержание поздней древесины (ПД, %) и число слоев в 1 см, шт./см. Результаты удобренных вариантов (средние за 6 лет после удобрения) сравнивали с контрольными (неудобренными) и данными за 5 лет до удобрения. Достоверность различий между удобренными вариантами и контролем была проверена по

t-критерию Стьюдента. Различия были значимы при вероятности 0,95.

Во всех вариантах опыта удобрения вызвали различные изменения в радиальном приросте и строении древесины сосны в зависимости от вида, дозы удобрений, категории деревьев по росту и размера крон деревьев.

Для деревьев I класса наиболее эффективны были азотные и полные удобрения в минимальной дозе 100 кг/га д.в. С увеличением дозы азотных и полных удобрений их эффект снижался. Так, при N100 ширина годичного слоя увеличивалась на 84,6 %, доля поздней древесины – на 13,4, а число слоев в 1 см уменьшилось в 1,8 раз; при N150 соответственно – на 59,8; 8,2 и в 1,6 раз; при применении N200 изменения в показателях макроструктуры оказались незначительными и статистически несущественными.

Полные удобрения во всех дозах способствовали формированию более широких годичных слоев. При (NPK)100 ШГС увеличилась на 82,2 %, (NPK)150 – на 62,5 %; при (NPK)200 – на 79,6 % (табл. 1). Содержание поздней древесины возросло только в опытах с (NPK)100 – на 25,2 % и с (NPK)150 – на 12,3 %; а в опыте с (NPK)200 изменения в этом показателе были несущественными. Полные удобрения у деревьев I класса вызвали значительное снижение числа слоев в 1 см – в 1,6–1,8 раз по сравнению с контролем, причем значения этого показателя достигли критического уровня (7 слоев в 1 см), ниже которого качество древесины ухудшается [5]. Фосфорные и калийные удобрения в дозе 200 кг/га д.в. вызвали существенное возрастание радиального прироста соответственно на 36,4 и 47,0 %, снижение числа слоев в 1 см соответственно в 1,4 и 1,5 раз по сравнению с контролем, но не повлияли на его структуру (табл. 1).

У деревьев II класса минеральные удобрения почти во всех вариантах опыта вызвали положительные изменения в макроструктуре древесины, но наиболее эффективными были азотные и полные удобрения в дозах 150 и 200 кг/га д.в. Они способствовали значительному увеличению ШГС (почти в 2 раза) и содержания поздней древесины – на 16,4–30,6 %, при этом число годичных слоев в 1 см уменьшилось почти в 2 раза (табл. 1).

По данным финских ученых [4], подобные изменения в макроструктуре годичных слоев, отмеченные в наших экспериментах при внесении азотных и полных удобрений, не ухудшают свойств древесины, положительно влияют на качество и технические свойства получаемой из нее целлюлозы и бумаги.

Можно полагать, что формирование более широких годичных слоев с высоким содержанием поздней древесины в результате внесения азотных и полных удобрений вызвано двумя основными причинами. Во-первых, поступлением в дерево дополнительного азота. Как известно, для ростовых и формообразовательных процессов органов растений наибольшее значение имеют азотные соединения [9, 11]. В результате увеличения азота происходит более интенсивное формирование биомассы, особенно ассимиляционной и ствола [7]. Во-вторых, связано с активизацией различных физиологических и биохимических процессов у удобренных деревьев. Так, опыты Л.И. Меняло [3] показали, что улучшение минерального питания с помощью полных удобрений способствует оптимальному для ксилогенеза балансу ростовых веществ, это приводит к интенсивному делению камбия, усиленному радиальному росту и вторичному утолщению трахеид. Активизация обменных процессов [2] у удобренных (полными удобрениями) деревьев способствовала удлинению периода работы камбия в течение вегетации со сдвигом его на более поздние сроки. За счет удлинения срока вегетации увеличилась ширина годичного слоя и содержание поздней древесины. Такой характер изменений в ростовых процессах деревьев, вызванный удобрениями, способствует формированию древесины более высокого качества.

Внесение калийных и фосфорных удобрений меньше повлияло на макроструктуру древесины. Они вызвали повышение радиального прироста на 35,8–52,4 %, поздней древесины на 8,30–30,7 % и снизили число слоев в 1 см в 1,5–1,8 раз. В этих вариантах увеличение ШГС было пропорционально повышению дозы вносимых удобрений (табл. 1).

Деревья III класса в большей степени отреагировали на минеральные удобрения, чем I. Для III класса были наиболее эффек-

тивны азотные и полные удобрения, причем их действие увеличивалось с возрастанием дозы. Максимальная доза азотных и полных удобрений способствовала формированию наиболее широких годичных слоев. Так, в опыте с N100 ШГС увеличилась на 39,6 %, с N150 – на 66,6 %, с N200 – на 71,6 % по сравнению с контролем. Содержание поздней древесины возросло только в опыте с N150 на 20,3 %, а в остальных вариантах осталось без изменений. Число слоев в 1 см уменьшилось: в опыте с N100 в 1,4 раз, N150 и N200 – в 1,7 раз по сравнению с контролем (табл. 1). Оптимальной среди азотных удобрений была доза 150 кг/га д.в., способствующая увеличению ШГС и процента поздней древесины. Наибольшее возрастание радиального прироста (почти в 2 раза) у деревьев III класса вызвали полные удобрения во всех дозах. Содержание поздней древесины существенно увеличилось только в опыте с (NPK)200 на 9,9 % (табл. 1). Причем значения поздней древесины в опытах с (NPK)100 и (NPK)150 были довольно высокими и составили соответственно 40,5 и 39,8 %, хотя различия с контролем оказались несущественными. Число слоев в 1 см при всех дозах полных удобрений уменьшилось почти в 2 раза и составило примерно 12 шт./см (средний показатель для сосны).

Деревья III класса мало отреагировали на фосфорные удобрения (P200). В этом опыте наблюдалось некоторое увеличение ШГС (на 33,7 %) и снижение числа слоев в 1 см (в 1,3 раза) по сравнению с контролем (табл. 1). Калийные (K200) не вызвали изменений в ШГС, но привели к существенному снижению (на 13,8 %) доли поздней древесины и некоторому уменьшению числа слоев в 1 см (в 1,2 раза) по сравнению с контролем (табл. 1).

Таким образом, для деревьев III класса наиболее эффективны азотные удобрения в дозе 150 и полные – в дозе 200 кг/га д.в., которые способствуют значительному улучшению показателей макроструктуры древесины сосны. Наши исследования подтвердили выводы некоторых авторов [1, 7] о том, что деревья III класса имеют более высокий радиальный прирост по сравнению с другими классами Крафта при внесении больших доз азотных удобрений (N200–N400).

Влияние удобрений на макроструктуру древесины сосны у деревьев разных классов роста и развития (по Крафту) в условиях южной тайги Костромской области

Классы Крафта	I класс		II класс		III класс		IV–V класс	
	Ширина годовичного слоя, мм	Содержание поздней древесины, %	Ширина годовичного слоя, мм	Содержание поздней древесины, %	Ширина годовичного слоя, мм.	Содержание поздней древесины, %	Ширина годовичного слоя, мм	Содержание поздней древесины, %
Контроль	<u>0,830</u> 100,0	<u>38,9</u> 100,0	<u>0,553</u> 100,0	<u>33,6</u> 100,0	<u>0,422</u> 100,0	<u>38,5</u> 100,0	<u>0,234</u> 100,0	<u>29,2</u> 100,0
N100	<u>1,532*</u> 184,6	<u>44,1*</u> 113,4	<u>0,978*</u> 176,9	<u>36,4*</u> 108,3	<u>0,589*</u> 139,6	<u>38,8</u> 100,8	<u>0,256</u> 109,4	<u>34,7</u> 118,8
N150	<u>1,326*</u> 159,8	<u>42,1*</u> 108,2	<u>1,099*</u> 198,7	<u>42,2*</u> 125,6	<u>0,703*</u> 166,6	<u>46,3*</u> 120,3	<u>0,258</u> 110,3	<u>28,8</u> 98,6
N200	<u>0,962</u> 115,9	<u>37,0</u> 95,1	<u>1,067*</u> 192,9	<u>40,4*</u> 120,2	<u>0,724*</u> 171,6	<u>38,1</u> 99,0	<u>0,275</u> 117,5	<u>31,1</u> 106,5
(NPK)100	<u>1,512*</u> 182,2	<u>48,7*</u> 125,2	<u>1,152*</u> 208,3	<u>43,7*</u> 130,1	<u>0,846*</u> 200,5	<u>40,5</u> 105,2	<u>0,225</u> 96,2	<u>31,8</u> 108,9
(NPK)150	<u>1,349*</u> 162,5	<u>43,7*</u> 112,3	<u>1,080*</u> 195,3	<u>43,9*</u> 130,6	<u>0,885*</u> 209,7	<u>39,8</u> 103,4	<u>0,243</u> 103,9	<u>32,2</u> 110,3
(NPK)200	<u>1,491*</u> 179,6	<u>41,5*</u> 106,7	<u>1,205*</u> 217,9	<u>39,1*</u> 116,4	<u>0,816*</u> 193,4	<u>42,3*</u> 109,9	<u>0,244</u> 104,3	<u>28,8</u> 98,6
P200	<u>1,132*</u> 136,4	<u>39,4</u> 101,3	<u>0,843*</u> 152,4	<u>39,3*</u> 117,0	<u>0,564*</u> 133,7	<u>39,4</u> 102,3	<u>0,217</u> 92,7	<u>31,4</u> 107,5
K200	<u>1,220*</u> 147,0	<u>41,7</u> 107,2	<u>0,995*</u> 179,9	<u>37,1</u> 110,4	<u>0,516</u> 122,3	<u>33,2</u> 86,2	<u>0,213</u> 91,0	<u>30,8</u> 105,5

Примечание: 1. * различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ($t_{\text{фактическая}} \geq t_{\text{табличная}}$); 2. в числителе – абсолютные значения признака после удобрения; в знаменателе – проценты от контроля

Показатели макроструктуры древесины и размеры крон модельных деревьев сосны III и IV классов роста в опытах с минеральными удобрениями в сосняке брусничном

Класс роста	Количество деревьев	** (+/-)	Диаметр ствола дерева, см	Высота, м		Протяженность кроны, м	Площадь кроны, м ²	Объем кроны, м ³	ШГС, мм	ПД, %
				дерева	до живого сучка					
III	46	+	28,7	26,9	18,5	8,3	7,00*	45,93	0,805*	40,3*
	13	-	26,2	25,2	19,4	5,9	4,50	20,84	0,470	36,8
IV	18	+	24,4	23,2	17,9	5,4	3,60	15,4*	0,310*	31,2*
	8	-	21,2	21,4	16,9	4,4	2,62	9,09	0,190	29,3

Примечание: 1. * – Различие между деревьями, отреагировавшими и не отреагировавшими на удобрения, существенны с вероятностью 0,95 ($t_{\phi} > t_{\tau}$, $t_{\tau} = 2,1$); 2. ** – Реакция дерева на удобрение «+» положительная; «-» отрицательная; 3. ШГС – ширина годовичного слоя (средняя за 6 лет действия удобрений), мм; 4. ПД – содержание поздней древесины в годовичном слое сосны (средняя за 6 лет действия удобрений), %.

Следует отметить, что деревья III и IV классов по-разному отреагировали на азотные и полные удобрения. Одна часть деревьев мало отреагировала на удобрения, другая – значительно увеличила радиальный прирост и содержание поздней древесины. Слабая реакция на удобрения некоторых деревьев III и IV классов, по-видимому, связана с необра-

тимыми физиологическими изменениями у этих деревьев в результате длительного произрастания в неблагоприятных условиях, поэтому улучшение минерального питания уже не влияло на их рост и развитие. Положительная реакция на удобрения других деревьев, вероятно, связана с тем, что снижение у них радиального прироста было вызвано прежде

всего недостатком минерального питания, но эти деревья сохранили хорошие потенциальные возможности роста. Поэтому улучшение минерального питания путем внесения минеральных удобрений вызвало у них улучшение роста и макроструктуры древесины.

Известно, что процесс роста в значительной степени зависит от размера и развития кроны и ассимиляционного аппарата деревьев [8]. Для определения причины разной реакции деревьев III и IV классов роста на удобрения были исследованы размеры крон деревьев, отреагировавших и не отреагировавших на удобрения. В результате исследований было установлено, что реакция деревьев на удобрения зависит от площади и объема крон деревьев.

По данным измерений на пробных площадях размеров крон деревьев и картирования их проекций был проведен расчет площади и объема крон деревьев по математической программе, разработанной С.И. Чумаченко [10]. С помощью программы Excel была проверена достоверность различий по *t*-критерию Стьюдента и Т-Тесту между деревьями, отреагировавшими и не отреагировавшими на удобрения. Результаты исследований представлены в табл. 2. В нашем эксперименте отреагировавшими на удобрения считали деревья, которые имели текущий радиальный прирост (средний за 6 лет действия удобрений) на 10 % выше, чем в контрольном (неудобренном) древостое (в табл. 2 они обозначены «+»). А не отреагировавшими на удобрения были деревья, имеющие этот показатель меньше, чем на контроле, или равный 10 % (в табл. 2 их обозначили «-»).

Полученные в результате исследований значения представляют собой вероятность высокого абсолютного значения *t*-статистики, исходя из предположения, что массив 1 («+») и массив 2 («-») являлись выборками, принадлежащими одной и той же генеральной совокупности. Анализ результатов исследования влияния размеров крон на реакцию деревьев III и IV классов роста на удобрения показал, что деревья III класса, отреагировавшие на удобрения, имели площадь кроны в 1,6 раз и объем кроны в 2,2 раза больше, чем деревья, не отреагировавшие на удобрения.

Деревья IV класса роста, отреагировавшие и не отреагировавшие на удобрения, отличались друг от друга по площади крон в 1,4 раза, в объеме крон – в 1,7 раз (табл. 2). У деревьев, отреагировавших на удобрения, существенно увеличилась ширина годичного слоя (средняя за 6 лет действия удобрений) по сравнению с деревьями, не отреагировавшими на удобрения: для III класса в 1,7 раз, для IV класса в 1,6 раз. Зависимость содержания поздней древесины в годичных слоях сосны от размера крон у деревьев III и IV классов роста была существенна только для III класса. У деревьев III класса, отреагировавших на удобрения, содержание поздней древесины в годичных слоях сосны (в среднем за 6 лет действия удобрений) было на 8,8 % больше, чем у деревьев, не отреагировавших на удобрения. Для деревьев IV класса изменения в этом показателе были незначительны (табл. 2).

Деревья V и часть деревьев IV классов роста почти не отреагировали на минеральные удобрения, только в опыте с N200 снизили на 14,9 % количество слоев в 1 см (табл. 1), а в опыте с K200 увеличили этот показатель на 9,9 % по сравнению с контролем, то есть дополнительное минеральное питание, получаемое этими деревьями с удобрениями, уже не улучшает их рост и не влияет на строение древесины. Аналогичные данные, свидетельствующие об увеличении радиального прироста у деревьев I–III классов и незначительном изменении его у деревьев IV–V классов в результате внесения азотных и полных удобрений, имеются и у других исследователей [1]. Видимо, в результате внесения удобрений деревья, занимающие господствующее положение в древостое (I–III классы), активно используя дополнительное минеральное питание, улучшая свой рост и развитие, еще больше угнетают ослабленные деревья (IV–V классов) и ведут к их отпадению.

Поэтому перед внесением минеральных удобрений необходимо проведение рубок ухода с выборкой отстающих в росте и ослабленных деревьев IV–V классов роста.

Полученные данные показали, что степень изменений в макроструктуре годичных слоев сосны зависит не только от вида и дозы удобрений, но и от класса роста деревьев и размеров их крон.

Влияние класса роста (фактор А), вида (фактор В) и дозы (фактор С) удобрений на макроструктуру древесины сосны при трехфакторном дисперсионном анализе

Показатели макроструктуры древесины	Доля участия фактора в изменении показателей макроструктуры древесины, %									
	А	В	С	АВ	АС	ВС	АВС	Организованные факторы	Неорганизованные факторы	Все факторы
Ширина годичного слоя, мм	31,7	13,6	4,5	5,3	4,5	9,4	6,0	75,0	25,0	100
Поздняя древесина, мм	31,9	14,0	4,0	6,0	4,0	10,0	8,0	88,9	22,1	100

Примечание: уровень значимости $P = 0,95$ и выше.

Для оценки влияния классов роста и развития деревьев, видов и доз минеральных удобрений на показатели макроструктуры древесины сосны был проведен трехфакторный неравномерный дисперсионный анализ.

В качестве первого фактора были классы роста и развития по Крафту (I, II, III, IV, V), второго – виды удобрений (азотные, полные, фосфорные, калийные), третьего – дозы удобрений (опыт без удобрений, 100, 150, 200 кг/га д.в.), а также сочетания этих факторов.

Исследовалось влияние указанных факторов на ширину годичного слоя и содержание поздней древесины (в абсолютных значениях). Конечные результаты дисперсионного анализа приведены в табл. 3.

Из дисперсионного анализа было установлено, что влияние указанных факторов на ШГС и содержание поздней древесины у деревьев I–V классов роста значительное и в высшей степени достоверное ($P > 0,999$). Суммарное влияние всех изучаемых (организованных факторов) составило для ШГС 75,0 %, для поздней древесины – 77,9 %, а неучтенных (неорганизованных) соответственно – 25,0 и 22,1 %, что говорит о правильном выборе изучаемых факторов.

Результаты дисперсионного анализа показали, что в удобренных древостоях доминирующее влияние на радиальный прирост и его структуру оказывает естественная дифференциация деревьев в лесу, т.к. доля участия этого фактора (класса роста) для ШГС составила 31,7 %, для поздней древесины – 31,9 %. Довольно высокая доля участия в изменении показателей макроструктуры годичных слоев вида и сочетания вида с дозой удобрений. Влияние других факторов было несколько меньше

(табл. 2). Проведенный дисперсионный анализ подтвердил, что изменения в макроструктуре древесины сосны, вызванные внесением удобрений, в значительной степени зависят от класса роста и развития деревьев.

Таким образом, из всех классов деревьев по росту и развитию наиболее отзывчивыми на удобрения были деревья II и III классов. У деревьев этих классов было наиболее значительное увеличение радиального прироста и доли поздней древесины в годичных слоях сосны. Для них наиболее эффективными были азотные и полные удобрения в дозах 150 и 200 кг/га д.в. В меньшей степени реагировали на удобрения деревья I класса. Для них наиболее эффективными оказались азотные и полные удобрения в дозе 100 кг/га д.в. Удобрения мало повлияли на радиальный прирост и строение древесины деревьев IV–V классов.

Минеральные удобрения вызвали различную реакцию у деревьев III и IV классов. Деревья этих классов, отреагировавшие на удобрения, имели больше площадь и объем кроны по сравнению с деревьями, не отреагировавшими на удобрения.

Учитывая особенности распределения деревьев по классам роста и развития (на II–III классы приходится большая половина деревьев в древостое), для всего насаждения сосняка брусничного оптимальными являются азотные удобрения в дозе 150 и полные удобрения в дозах 100–200 кг/га д.в.

Библиографический список

1. Звирбуль, А.П. Усвоение азотных удобрений деревьями сосны разного качественного состояния в приспевающем сосняке брусничном / А.П. Звирбуль // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. – Л.: ЛТА, 1989. – С. 62–64.

2. Меле, Л.С. Изменение режима матаболитов и камбиальной активности сосны при внесении минеральных удобрений / Л.С. Меле // I Всесоюзная конференция по физиологии и биохимии древесных растений: Тез. докл. – Красноярск, 1974. – С. 54–56.
3. Меняйло, Л.Н. Влияние условий минерального питания на гормональный обмен и образование древесины сосны / Л.Н. Меняйло // Повышение эффективности использования минеральных удобрений в лесном хозяйстве: Тез. докл. Всесоюзное научно-техническое совещание 12 – 13 августа 1986. – Архангельск: Правда Севера, 1986. – С. 55–56.
4. Паавилайнен, Э. Применение минеральных удобрений в лесу / Э. Паавилайнен; пер. с финского Л.В. Блюдника. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 96 с.
5. Перельгин, Л.М. Строение древесины / Л.М. Перельгин. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 199 с.
6. Победов, В.С. Отечественный опыт удобрения лесов: Обзор / В.С. Победов. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1984 – Вып. 2. – 25 с.
7. Прокушкин, С.Г. Продолжительность действия азотных удобрений в сосняках среднего Приангарья / С.Г. Прокушкин, А.И. Бузыкин // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве: Тез. докл. Всесоюзное совещание 12–13 августа 1986 г. – Архангельск: Правда Севера, 1986. – С. 128–129.
8. Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство / М.Е. Ткаченко. – Изд. 2-е. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 599 с.
9. Чернобровкина, Н.П. Аминокислотный состав ксилемного сока сосны в связи с интенсивностью роста / Н.П. Чернобровкина, М.Ф. Макаревский // Лесоведение. – 1988. – № 3. – С. 66–69.
10. Чумаченко, С.И. Имитационное моделирование многовидовых разновозрастных лесных насаждений: автореф. дис ... докт. биол. наук. / С.И. Чумаченко. – М., 2006. – 34 с.
11. Эсау, К. Анатомия растений / К. Эсау; пер. с англ. под ред. А.В. Кудряшова. – М.: Мир, 1969. – 564 с.
12. Zobel V. Wood quality from fast grown plantation. // Tappi, 1981 – v. 64 – №1 – P. 71 – 74.

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ КРОН ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ ПОРОД, СОСТАВЛЯЮЩИХ ШУМОЗАЩИТНЫЕ ПОЛОСЫ

Н.Ю. КУЛАЕВА, *асп. каф. экологии Северо-Кавказского ГМИ*

В связи с интенсивным и все возрастающим загрязнением окружающей среды в последнее время особую актуальность приобретает проблема сохранения и увеличения количества зеленых насаждений в черте города. Этим отчасти решается задача биологической очистки атмосферы от промышленных загрязнений, уменьшения городского шума и соблюдения инсоляционного режима.

Одним из немаловажных экологических факторов следует признать шумовое загрязнение окружающей среды автомобильным транспортом и стационарными источниками. Характерное для больших городов шумовое загрязнение сокращает продолжительность жизни их жителей на 10–12 лет [1].

Исключительной способностью задерживать и поглощать значительную часть звуковой энергии, особенно звуки высокой частоты, обладают растения, которые представляют собой своеобразные фильтры и экраны. Листовая поверхность, отражая и поглощая звуковую энергию вследствие высокого акустического сопротивления, пере-

водит ее в тепловую. Густая живая изгородь способна уменьшить шум, производимый машинами, в 10 раз.

Нами проводились исследования по определению ширины шумового барьера, подбора видового состава древесно-кустарниковой растительности и влияние его на уровень шумового эффекта.

Измерения проводились по всему спектру среднегеометрических частот от 100 до 8000 гц для линейных и точечных источников шума. Для каждой исследуемой полосы выполнялась съемка местности, составлялась схема конструкции полосы с точным измерением ее параметров: высоты, ширины, расстояния между деревьями, ширины кроны, протяженности кроны в вертикальном направлении.

Определялся дендрологический состав полосы, возраст и состояние деревьев и кустарников, брались пробы для определения плотности кроны. Уровень шума измерялся до полосы зеленых насаждений и за полосой, исключалось снижение его уровня за счет расстояния, учитывалось влияние фонового шума.

Анализ большого объема натуральных исследований, статистических данных по вопросам озеленения городов позволил сформулировать требования к шумозащитному озеленению.

Наиболее эффективными шумозащитными полосами зеленых насаждений являются специальные плотные «изолирующего» типа посадки из древесно-кустарниковых пород, сформированные ассортиментом, произрастающим в соответствующей климатической зоне из крупномерных, быстрорастущих пород с густоветвящейся, низкоопущенной плотной кроной.

Структура полос плотная, обязательны кустарники в подлеске, закрывающем подкронное пространство, в периферической части полосы по отношению к источнику шума – живая изгородь или опушечный ряд. Живая изгородь лучше двухрядная [4].

В таблице отражены результаты замера уровня шума за полосой зеленых насаждений.

Анализ данных таблицы показывает, что полоса шириной 5 м снижает уровень шума всего на 30 %, полоса в 10 м – на 40–43 %, полоса шириной до 15 м снижает уровень шума на 50–55 %. Хорошей шумозащитой магистралей с интенсивным движением обладает полоса насаждений шириной не менее 20–25 м, т.е. 2 ряда лиственных деревьев и 2 ряда кустарников, снижающая уровень шума до 70 %.

Шумозащитные посадки должны одновременно иметь и пылезащитные свойства, поэтому при подборе растений следует учитывать их пылезадерживающую способность.

В ходе исследований установлено также, что разные виды деревьев и кустарников обладают различной звукопоглощающей спо-

собностью. Значит, подбор соответствующих растений и правильное их размещение могут дать значительный эффект в борьбе с транспортным шумом [3].

Для установления зависимости между снижением уровня шума и густотой шумозащитной полосы определялась плотность крон деревьев и кустарников. Была предложена методика определения плотности крон весовым методом с последующей математической обработкой.

Для определения плотности крон отбиралось не менее пяти древесных растений каждого вида, с которых бралось по пять проб. Взвешивание проб проводилось в течение 1–2 часов после их взятия на весах с точностью до 0,001 кг. Плотность поверхностного слоя кроны исследуемого вида рассчитывалась по формуле

$$\rho = P / V, \quad (1)$$

где ρ – плотность кроны, кг/м³;

P – вес побегов с листьями (хвоей), вес листвы (хвои);

V – объем куба, м³.

Объектом исследований явились древесные виды, наиболее широко применяемые в озеленении городов и отвечающие требованиям, предъявляемым к городским зеленым насаждениям, такие как ясень зеленый, вяз шершавый, конский каштан, липа войлочная, снежногородник белый, кизильник блестящий, спирея Вангутта, бирючина обыкновенная, сосна кавказская, сосна обыкновенная, ель колючая, пихта белая.

Проведенные исследования позволили классифицировать древесные растения по плотности крон и в последующих исследованиях впервые связать звукоизолирующую способность шумозащитных зеленых насаждений с поверхностной плотностью посадок.

Т а б л и ц а

Результаты исследования уровня шума за полосой зеленых насаждений

Ширина полосы, м	Конструкция шумозащитной полосы	Уровень шума в исследуемой точке (дБ) на расстоянии от дороги, м			
		60	70	80	90
5	Однорядная без живой изгороди	27,6	28,4	29,2	30
10	Однорядная с живой изгородью	41,4	42,2	43	43,8
15	Двухрядная без живой изгороди	59,8	60,6	61,4	62,2
20–25	Двойная двухъярусная с живой изгородью	64,4	65,2	66	66,8

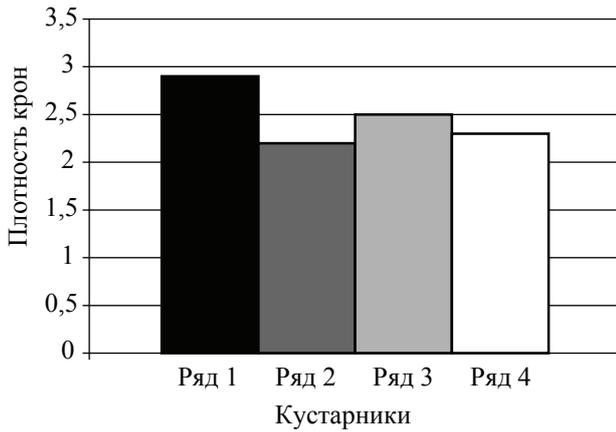


Рис. 1. Плотность крон кустарников лиственных: ряд 1 – снежноягодник белый; ряд 2 – кизильник блестящий; ряд 3 – бирючина обыкновенная; ряд 4 – спирея Вангутта

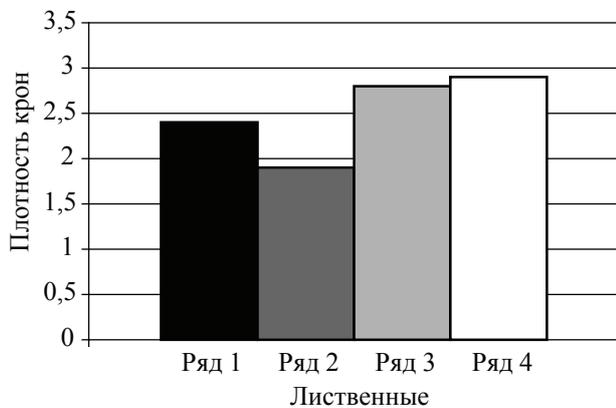


Рис. 2. Плотность крон деревьев лиственных: ряд 1 – ясень зеленый; ряд 2 – конский каштан; ряд 3 – вяз шершавый; ряд 4 – липа войлочная

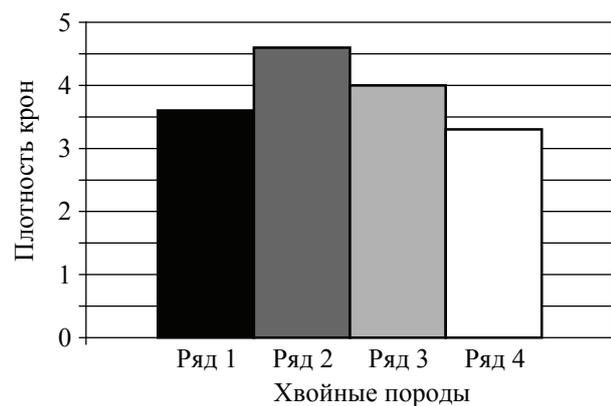


Рис. 3. Плотность крон хвойных пород: ряд 1 – сосна обыкновенная; ряд 2 – сосна кавказская; ряд 3 – ель колючая; ряд 4 – пихта белая

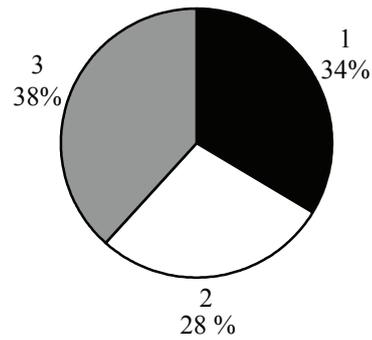


Рис. 4. Зависимость между плотностью крон древесных пород и их шумозащитными свойствами: сектор 1 – породы лиственные; сектор 2 – кустарники; сектор 3 – породы хвойные

Плотность крон лиственных пород лежит в пределах от 1,9 до 2,9 кг/м³ для деревьев и от 2,2 до 2,9 кг/м³ для кустарников. Хвойные породы имеют значительно большую плотность кроны.

Данные, полученные в результате математической обработки, представлены в виде диаграмм (рис. 1–4).

Из рисунка видно, что более эффективны хвойные породы (38%), породы лиственные с плотными, раскидистыми, густо облиственными кронами (34%), менее эффективны кустарники (28%). Целесообразно применять посадки древесных пород с кустарниковым подлеском. При этом необходимо располагать ряды на таком расстоянии друг от друга, чтобы кроны деревьев не смыкались [2].

Библиографический список

1. Владимиров, В.В. Город и ландшафт: учеб. пособие / В.В. Владимиров, Е.М. Микулина. – М.: Мысль, 1986. – 137 с.
2. Гусева, Т.В. Физико-химические методы анализа и мониторинг состояния окружающей среды, принципы биологического мониторинга: учеб. пособие / Т.В. Гусев, В.В. Тарасов. – М.: Высшая школа, 1989. – 105 с.
3. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Северная Осетия–Алания в 2001 году: под общей ред. В.С. Вагина. – МПР РСО–Алания. – Владикавказ, 2002. – 119 с.
4. Денисов, С.И. Полевая практика по экологии: учеб. пособие / С.И. Денисов. – Минск: Университетская, 1999. – 120 с.

ВЛИЯНИЕ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ЛИСТВЕННОГО МОЛОДНЯКА НА РОСТ САМОСЕВА СОСНЫ НА ГОРЕЛЬНИКАХ В УСЛОВИЯХ БРЯНСКОГО ЛЕСНОГО МАССИВА

А.М. ШАРЫГИН, *асп. каф. лесоводства БГИТА*

Влияние живого напочвенного покрова (ЖНП) и листового молодняка на самосев хозяйственноценных древесных пород имеет как положительные, так и отрицательные аспекты. Лесоводственная роль доминирующих видов ЖНП и листового молодняка при различной сомкнутости полога может изменяться. Поэтому особенности воздействия растений-доминантов ЖНП и молодняка березы на прирост самосева сосны обыкновенной в четырехлетних горельниках сосняков Брянского лесного массива, пройденных пожаром, представляют большой интерес.

В работе использована классификация типов лесорастительных условий П.С. Погребняка [4]. В сосновых средневозрастных насаждениях, пройденных летне-осенними пожарами при V классе пожарной опасности погодных условий, заложено по три постоянных пробных площади (ППП) [2] в пяти типах лесорастительных условий (ТЛУ): А₁₋₂ (растение-доминант ЖНП – вереск обыкновенный), В₂ (кипрей узколистный), В₂С₂ (вейник наземный), В₃ (молиния голубая), В₄ (кукушкин лен обыкновенный).

Для анализа влияния ЖНП на развитие подростка сосны на горельниках подобраны участки с сосновым подростом площадью 18 м², которые разбиты на две части с трехметровым разрывом. На одном участке в течение вегетационного периода ЖНП удаляли, второй оставлен без изменения (контроль). В конце вегетационного периода подсчитан сохранившийся подрост и проведено измерение длины годового побега. Для анализа влияния листового молодняка на подрост сосны на горельниках подобраны участки с сосновым подростом с различной сомкнутостью листового полога. В пределах одного типа леса на участках с одинаковой сомкнутостью взято 5 моделей подростка сосны для изучения роста в высоту [3].

Анализ показал, что в условиях ТЛУ А₁₋₂ удаление вереска обыкновенного приво-

дит к повышению физического испарения с поверхности почвы и изреживанию соснового самосева сосны до 50 % из-за недостаточного увлажнения. В изреженном самосеве количество влаги и питательных веществ становится достаточным для жизнедеятельности оставшегося подростка, и его прирост увеличивается (табл. 1): $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 99,9$. Удаление ЖНП в данных условиях может способствовать формированию устойчивых неперегущенных насаждений с оптимальным влагообеспечением.

В свежих условиях (ТЛУ В₂, В₂С₂) удаление слаборазвитых кипрея узколистного и вейника наземного несколько снизило прирост подростка сосны, но математического подтверждения это не нашло ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$). На выживаемости самосева удаление кипрея не сказалось.

В ТЛУ В₃ удаление ЖНП вызвало незначительное увеличение прироста подростка сосны ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$).

На избыточно увлажненных почвах (ТЛУ В₄) моховой покров потребляет значительное количество минеральных веществ и влаги, его удаление приводит к увеличению физического испарения влаги с поверхности почвы, что создает более благоприятные условия для корневой системы растений и повышает общий прирост подростка сосны: $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 99,9$. В этих условиях в контроле значительное количество самосева (55 %) гибнет. При проведении рубок осветления в этих условиях необходимо предусмотреть удаление ЖНП.

К началу четвертого вегетационного периода после пожара в исследуемых типах леса преобладает подрост березы. Односторонняя смена сосны березой не всегда желательна, хотя временное преобладание березы повышает плодородие почвы [5]. Сосна, обладая высокой энергией жизнедеятельности, более интенсивно использует почвенную среду, и поэтому к возрасту спелости может доминировать в этих условиях [1].

Влияние растения-доминанта ЖНП на прирост самосева сосны в четырехлетних горельниках разных ТЛУ

ТЛУ (ЖНП-доминант)	Общий средний прирост, см		Средний прирост оставшегося самосева, см		Отпад, %	
	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
A ₁₋₂ (<i>Calluna vulgaris</i>)	3,1±0,7	1,8±0,2	6,2±1,1	1,9±0,2	50	7
B ₂ (<i>Chamaenerion angustifolium</i>)	4,3±0,8	5,6±1,1	4,9±1,0	7,5±1,4	13	25
B ₂ C ₂ (<i>Calamagrostis epigeios</i>)	2,6±0,3	3,6±0,5	3,1±0,4	3,6±0,5	16	0
B ₃ (<i>Molinia caerulea</i>)	6,5±0,5	6,1±0,8	6,8±0,5	6,1±0,8	4	0
B ₄ (<i>Polytrichum commune</i>)	9,5±0,6	3,5±0,8	10,4±0,6	7,8±1,3	9	55

Высота самосева сосны в четырехлетних горельниках разных ТЛУ в зависимости от сомкнутости листовного полога, см

Сомкнутость листовного полога	A ₁₋₂	B ₂	B ₂ C ₂	B ₃	B ₄
0	21,9±4,5	18,0±2,7	8,6±1,0	15,8±2,1	15,6±1,2
0,3	21,0±1,5	17,8±2,9	10,4±0,7	14,0±1,6	21,8±1,2
0,5	13,0±1,2	22,7±3,1	7,0±0,9	20,0±2,2	24,1±1,3
0,8	10,4±0,2	12,6±1,2	8,3±0,9	27,4±2,6	30,8±0,6

Влияние листовного полога березы на самосев сосны в период выхода деревьев из травяного покрова (3–4 годы после пожара) в разных типах леса проявляется неоднозначно. В условиях недостатка увлажнения (ТЛУ A₁₋₂) возрастает конкуренция за влагу подростка березы повислой с самосевом сосны обыкновенной. Отрицательное влияние листовный полог оказывает при сомкнутости выше 0,3: $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 99,0$, что подтверждает уравнение регрессии $y = 23,72e^{-1,0171x}$ ($R^2 = 0,8784$). При проведении рубок осветления в данных условиях необходимо проводить значительное разреживание листовного полога – до сомкнутости 0,3.

В ТЛУ B₂ с преобладанием на горельнике кипрея узколистного угнетение сосны обыкновенной березой повислой отражает уравнение регрессии $y = -33x^2 + 21,4488x + 17,265$ ($R^2 = 0,6402$). Угнетение начинает существенно проявляться при сомкнутости листовного полога 0,5 и выше: $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 95,0$. В этих условиях при рубках осветления следует проводить разреживание листовного полога до сомкнутости 0,5.

В горельнике ТЛУ B₂C₂ с преобладанием вейника наземного конкуренция бере-

зы повислой с сосной обыкновенной за влагу начинает проявляться при сомкнутости листовного полога 0,3 и выше: $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 95,0$. Поэтому при проведении рубок осветления целесообразно проводить разреживание листовного полога до сомкнутости не выше 0,3.

При отсутствии листовного полога в ТЛУ B₃ избыток влаги на поверхности почвы удаляется физическим испарением. При сомкнутости листовного полога 0,3 и выше начинается его благоприятное влияние на подрост сосны, что показывает увеличение годового прироста в высоту: $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 99,0$, и подтверждает уравнение регрессии $y = 30,667x^2 - 9,1216x + 15,435$ ($R^2 = 0,9575$). Это происходит за счет транспирации избытка влаги листовным молодняком. Проведение рубок осветления в этих условиях нецелесообразно.

В сырых условиях, транспирируя избыток влаги, листовный полог оказывает благоприятное влияние на прирост подростка сосны (табл. 2). Изменение средней высоты подростка сосны при различной сомкнутости листовного полога в этих условиях выражает уравнение регрессии $y = 1,6667x^2 + 17,225x + 15,776$ ($R^2 = 0,991$). Рост самосева сосны

существенно повышается при сомкнутости листового полога 0,3 и 0,8: $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 99,0$, поэтому проведение рубок осветления здесь также нецелесообразно.

При отсутствии листового полога в ТЛУ B_2C_2 (преобладает вейник наземный) высота подростка сосны к началу четвертого вегетационного периода существенно ниже ($y = 1,7143x^2 - 11,766x + 32,42$, $R^2 = 0,6724$), чем в ТЛУ B_2 (преобладает кипрей узколистный) и ТЛУ B_3 (преобладает молиния голубая): $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 95,0$. Сказывается отрицательное влияние вейника наземного на самосев сосны до трехлетнего возраста.

При сомкнутости листового полога 0,3 средняя высота подростка сосны существенно снижается ($y = 2,3571x^2 - 14,363x + 34,16$, $R^2 = 0,8485$) в ТЛУ B_2C_2 , где преобладает вейник наземный, по сравнению с ТЛУ B_2 с доминированием кипрея узколистного: $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 95,0$. Здесь также сказывается отрицательное влияние вейника наземного на самосев сосны до трехлетнего возраста. В сырых условиях (превалирует кукушкин лен обыкновенный) высота подростка сосны существенно выше, чем во влажных с преобладанием молинии голубой: $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 99,0$. Влияние листового полога в сырых условиях более значимо.

Лиственный полог сомкнутостью 0,5 оказывает существенное благоприятное воздействие на рост самосева сосны при увеличении влажности условий произрастания от сухих-свежих (ТЛУ A_{1-2}) до свежих (ТЛУ B_2): $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 95,0$. Это свидетельствует о том, что с повышением влажности условий лиственный полог оказывает положительное влияние на рост подростка сосны. В ТЛУ B_2C_2 (преобладает вейник наземный) высота самосева сосны существенно ниже, чем в ТЛУ B_2 (преобладает кипрей узколистный): $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 99,0$; и ТЛУ B_3 (преобладает молиния голубая): $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 99,9$. Здесь также сказывается отрицательное влияние вейника наземного на самосев сосны до трехлетнего возраста.

В ТЛУ B_2C_2 (преобладает вейник наземный) при сомкнутости листового полога 0,8 высота подростка сосны существенно ниже ($y = 1,8429x^2 - 5,4971x + 14,12$, $R^2 = 0,8234$), чем в ТЛУ B_2 (преобладает кип-

рей узколистный): $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 95,0$; и ТЛУ B_3 (преобладает молиния голубая): $t_{\text{факт}} > t_{\text{табл}}$, $P = 99,9$. Здесь также сказывается отрицательное влияние вейника наземного на самосев сосны до трехлетнего возраста и более существенное положительное влияние листового полога во влажных условиях.

По результатам исследований установлено, что воздействие ЖНП на прирост самосева сосны в свежих и влажных условиях на четвертый год после пожара ослабевает. Его влияние сохраняется в условиях с недостаточным и избыточным увлажнением. В сухих-свежих условиях удалением ЖНП при рубке осветления можно сформировать устойчивые неперегущенные насаждения с оптимальным влагообеспечением. На избыточно увлажненных почвах при рубке осветления также необходимо удалять ЖНП для лучшей сохранности подростка сосны.

В сухих-свежих и свежих условиях с преобладанием вейника наземного целесообразно проводить разреживание листового полога до сомкнутости 0,3. В свежих условиях с преобладанием кипрея узколистного достаточно проводить разреживание листового полога до сомкнутости 0,5. Разреживать лиственный полог во влажных и сырых условиях нецелесообразно.

В ТЛУ B_2C_2 при любой сомкнутости листового полога сказывается отрицательное влияние вейника наземного на рост самосева сосны, ослабевающее на четвертый год после пожара.

С повышением влажности условий лиственный полог оказывает большее положительное влияние на рост самосева сосны.

Библиографический список

1. Евстигнеев, О.И. Популяционная стратегия видов деревьев / О.И. Евстигнеев // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. – М.: Наука, 2004. – С. 176–203.
2. ОСТ 56-69-83 Площади пробные лесоустroительные. Метод закладки. М., 1983. – 60 с.
3. Побединский, А.В. Изучение лесовосстановительных процессов / А.В. Побединский. – М.: Наука, 1966. – 63 с.
4. Погребняк, П.С. Основы лесной типологии / П.С. Погребняк. – Киев: АН УССР, 1955. – 455 с.
5. Разумов, В.П. Лесоводство: часть I / В.П. Разумов. – Брянск, 1971. – 243 с.

РОСТ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА И ЛЕСАХ ЗЕЛЕННОЙ ЗОНЫ

Е.С. ОЛЬХИНА, преподаватель каф. ботаники и физиологии растений ПетрГУ

Экологические проблемы городов и входящих в них природных комплексов относятся к числу наиболее острых в жизни современного общества. Важным средством формирования экологической безопасности и комфорта в урбанизированной среде является развитие системы озеленения. Особое значение в системе озеленения имеют городские и пригородные леса, в которых часто находятся места массового отдыха населения. Эти леса выполняют множество разных функций, включая санитарно-гигиенические, рекреационные, эстетические. Городские и пригородные леса по сравнению с девственными лесами характеризуются специфическими негативными условиями: уплотненная почва, загрязненность мусором, повышенная температура окружающей среды, наличие в воздухе пыли, копоти, дымов и газов, а зачастую недостаток влаги и минерального питания. В связи с этим встает проблема охраны таких насаждений. Нерегулируемое посещение людьми лесов будет приводить к их разрушению и гибели. Для выяснения нормы рекреационной нагрузки необходимо изучение функционирования лесных экосистем, в т.ч. и сезонного роста лесообразующих видов.

На землях города Петрозаводска и вокруг него леса, используемые для отдыха, представлены главным образом ельниками. Известно, что ельники являются чувствительными к действию рекреационного фактора. Массовый неорганизованный отдых отрицательно сказывается не только на их состоянии, но и на ростовых процессах ели. Цель исследования заключалась в определении показателей роста вегетативных органов *Picea abies* в условиях с различным действием рекреационного фактора.

Материал и методика

Исследования проводились в 2003–2005 гг. в городских насаждениях и лесах зеленой зоны Петрозаводска. Объектами исследо-

ваний служили еловые приспевающие (90 лет) древостои, тип леса – ельник черничный. Выбор участков осуществлялся на основе результатов ландшафтной таксации, проведенной по соответствующей методике [6]. Рост ели исследовали в городских лесах на участках с изменениями лесной среды средней и сильной степени. В качестве контроля для данного наблюдения был взят участок в лесах зеленой зоны, который расположен в 5 км от городской черты и не нарушен деятельностью человека.

Наблюдения за ростом побегов и хвои проводили в соответствии с методикой В.В. Смирнова. Линейкой измеряли длину побегов второго порядка ветвления, расположенных с южной части кроны на высоте около 1,5 м, через каждые 2–3 сут. с начала набухания до заложения зимующих почек. При этом в каждый срок наблюдений объем выборки для объекта составлял 25 измерений. Величину суточного прироста определяли как разницу в длине побегов между последующим и предшествующим наблюдениями, деленную на число суток этого периода. Длину хвои измеряли с помощью линейки на осевых побегах первого порядка с южной части кроны на высоте около 1,5 м с момента обособления до полного прекращения роста через каждые 2–3 сут. В каждый срок наблюдений объем выборки для пробной площади составлял 75 измерений хвои. Величину суточного прироста определяли как разницу в длине хвои между последующим и предшествующим наблюдениями, деленную на число суток этого периода.

Климатические данные были получены на Сулажгорской метеостанции (Карельская гидрометеорологическая обсерватория). Все выборки проверены на соответствие закону нормального распределения. Из полученных элементарных статистик, в частности, следует, что показатель точности опыта довольно высок (2–3 % – для хвои и 4–5 % – для побегов), а коэффициент вариации не

слишком велик (10–15 % – для хвои, 15–30 % – для побегов).

Результаты и их обсуждение

Линейный рост побегов. Исследования показали, что начало роста побегов *Picea abies* связано с вполне определенной температурой воздуха. Приведенные в табл. 1 данные свидетельствуют о том, что линейный рост побегов начинается при среднесуточной температуре около +10 °С (+9,8 – +12,7 °С), хотя начало их роста в разные годы приходится на разные календарные сроки. Явная зависимость начала роста побегов *Picea abies* от температуры воздуха в различных частях ее ареала выявлена многими исследователями [7, 8, 12]. По данным 3-летних наблюдений, рост побегов при наиболее низкой среднесуточной температуре воздуха (4,5 ÷ 11,7 °С) начинается в городских лесах. Начало данной фенофазы на контроле наблюдается при более высокой температуре (9,8 ÷ 11,9 °С).

Проведенные исследования позволили установить, что сроки начала роста побегов *Picea abies* варьируют в пределах 2–15 сут. Раньше начинают рост побеги в городских насаждениях (13–15.V). В лесах зеленой зоны *Picea abies* вступает в данную фенофазу во второй декаде мая. Более раннее и интенсивное потепление в городах вызывает, по сравнению с зелеными зонами и примыкающими лесами, опережение развития растений. Подобную изменчивость отмечала и Н.К. Белова [2].

На жизнедеятельность растений оказывает влияние не только текущее, но и предшествующее какому-либо процессу состояние среды. Одним из параметров, позволяющих охарактеризовать тепловой режим среды за период с момента перехода температуры воздуха через 0 °С до начала той или иной фенофазы, является сумма положительных температур. Данные по сумме положительных температур свидетельствуют о слабой корреляции между этим показателем и началом роста побегов.

Т а б л и ц а 1

Температурный режим воздуха в период роста вегетативных органов ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.)

Вегетат. органы	Годы наблюдений	Начало роста			Кульминация прироста			Окончание роста		
		Дата	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положительных температур, °С	Дата	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положительных температур, °С	Дата	Среднесуточная температура воздуха, °С	Сумма положительных температур, °С
Городские насаждения										
Побеги	2003	13.V	11,7	137,7	17-28.VI	10,9	574,3	26.VII	21,0	1146,6
	2004	15.V	15,1	440,9	14-21.VI	19,5	1065,9	17.VII	28,0	1617,93
	2005	16.V	12,7	109	13-19.VI	19,2	538,65	19.VII	17,9	1128,8
Хвоя	2003	20.V	9,5	217,2	8-14.VI	10,5	454,9	1.VII	15,8	673,9
	2004	2.VI	11,9	741,1	11-17.VI	23,5	998,7	14.VII	14,0	1567,1
	2005	18.V	11,7	135,4	24-30.V	15,1	275,4	30.VI	13,6	752,8
Ствол	2003	10.VI	11,3	449,7	10-20.VII	19,0	930,4	27.VIII	10,0	1690,4
	2004	10.VI	18,1	901,6	30.VI-10.VII	18,6	489,25	21.VIII	2,67	2178,4
	2005	3.VI	13,7	327,6	23.VI-3.VII	17,1	743,95	13.VIII	16,2	1567,5
Зеленая зона										
Побеги	2003	14.V	11,9	149,8	22-29.VI	11,5	608,45	26.VII	21,0	1146,6
	2004	21.V	9,8	179,3	17-23.VI	13,6	439,5	14.VII	16,2	892,4
	2005	16.V	12,7	109	13-19.VI	19,2	538,65	19.VII	17,9	1128,8
Хвоя	2003	21.V	12,0	229,2	7-13.VI	17,7	448,9	8.VII	12,9	449,7
	2004	8.VI	8,3	355,6	17-23.VI	13,6	439,5	11.VII	18,0	841,3
	2005	18.V	11,7	135,4	27.V-3.VI	13,9	290,8	23.VI	21,7	659,8
Ствол	2003	8.VI	12,9	424,4	7-17.VII	18,6	489,25	30.VIII	12,5	1733,7
	2004	10.VI	9,4	374,5	30.VI-10.VII	17,1	743,95	21.VIII	16,7	1517,3
	2005	3.VI	13,7	327,6	23.VI-3.VII	19,9	737,2	13.VIII	16,2	1567,5

**Некоторые характеристики прироста вегетативных органов
ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.)**

Объекты исследования	Годы наблюдений	Максимальный суточный прирост, мм			Годичный прирост, мм			Продолжительность роста, сут		
		Побеги	Хвоя	Ствол	Побеги	Хвоя	Ствол	Побеги	Хвоя	Ствол
Городские насаждения	2003	1,9	0,8	0,027	64,2	15,0	2,15	75	43	79
	2004	2,8	0,7	0,027	71	12,8	2,26	64	43	73
	2005	3,1	0,6	0,026	70,5	13,0	2,06	63	44	72
Зеленая зона	2003	2,9	1,6	0,038	65,4	19,7	2,58	74	49	84
	2004	3,1	1,3	0,034	72,8	17,1	2,67	55	34	73
	2005	3,2	0,8	0,025	75,3	16,6	2,39	65	37	72

За период наблюдений сумма положительных температур к началу роста побегов достигает в городских насаждениях при 106–138 °С, а в лесах зеленой зоны – 106–177 °С. Как правило, в годы с быстрым переходом среднесуточной температуры от отрицательных величин к положительным (при дружной весне) рост побегов начинается при сравнительно небольшой сумме положительных температур, а в годы с затяжной весной – при наибольшей их сумме.

Наступление кульминации прироста побегов *Picea abies* тесно связано с повышением температуры воздуха, и за годы наблюдений в городских лесах отмечалось с 13 по 28 июля, задерживаясь на контроле на 1–5 сут. В период данной фазы среднесуточная температура воздуха значительно изменчива и может варьировать в 1,5–1,8 раза. Исследованиями установлено, что показатель теплообеспеченности более стабилен, чем текущая температура воздуха. Максимальный прирост побегов отмечался при сумме положительных температур 464–574 °С в городских насаждениях и 498–608 °С в лесах зеленой зоны. Суточный прирост побегов в этот период составлял 1,9–3,1 и 2,9–3,2 мм соответственно (табл. 2).

В период усиления роста побегов (до наступления кульминации) динамика температуры существенно влияет на интенсивность их прироста, коэффициент корреляции между этими показателями составляет 0,41–0,67. После кульминации интенсивность прироста побегов снижается и уже не зависит от колебаний температуры воздуха. Между динамикой прироста побегов и изменчивостью среднесу-

точной температуры воздуха достоверная корреляция отсутствует ($r = 0,06–0,14$). Заметное влияние температуры воздуха на рост побегов только в первую половину периода их роста отмечали и другие исследователи [5, 9, 10].

Сроки прекращения роста побегов сильно варьируют по годам, различаясь во всех древостоях на 1–2 недели. При этом наибольшая изменчивость характерна для *Picea abies* в городских насаждениях, а наименьшая – в лесах зеленой зоны. Во время прекращения роста побегов среднесуточная температура воздуха и сумма положительных температур варьируют в довольно широких пределах – соответственно 16,2–21 °С и 811–1147 °С. Общая продолжительность роста побегов различается по годам от 1 до 19 сут. Следует отметить, что, несмотря на раннее начало роста побегов в городских лесах, прекращение их роста на разных объектах исследования происходит в одни и те же сроки. Исключение составил вегетационный период 2004 г., когда окончание роста побегов на контроле отмечалось 14.VII при понижении температуры до 16,2 °С, а в городских лесах рост продолжался до 17.VII. Эти результаты свидетельствуют о наличии определенной связи между интенсивностью ростовых процессов и температурными условиями городской среды.

Годичный прирост побегов *Picea abies* на контроле оказался на 2–7 % выше, чем в городских лесах, несмотря на более продолжительный период роста. Многие исследователи [2, 4] приходят к выводу, что даже при слабой и средней степени рекреационной дигрессии и вблизи источников выбросов загрязняющих веществ в воздух имеет место снижение па-

раметров всех изученных показателей, в том числе и длины побегов.

Линейный рост хвои. Формирование хвои *Picea abies* начинается спустя 3–19 сут. после начала роста побегов. Различия в сроках начала роста хвои связаны с температурой воздуха. Установлено, что рост хвои начинается при среднесуточной температуре воздуха около $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+8,3 - +12,0\text{ }^{\circ}\text{C}$). Начало роста хвои *Picea abies* в таежной зоне при повышении температуры воздуха до $+6 - +12\text{ }^{\circ}\text{C}$ установлено рядом авторов [8, 12]. Календарные сроки начала данной фенофазы варьируют по годам в зависимости от значения температуры воздуха. Так, в 2003 г. рост хвои в ельнике черничном свежем начинался 14.V, а в 2004 г. – только 21.V. Сумма положительных температур к этому времени достигает $135,4-355,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Начало роста в городских насаждениях в разные годы наступает раньше (18.V – 2.VI) или совпадает по срокам с ростом хвои в лесах зеленой зоны (18.V – 8.VI).

Кульминация прироста хвои у *Picea abies* в городских насаждениях отмечена 11–17.VI, а в лесах зеленой зоны – 17–23.VI, при сумме положительных температур $290,8-448,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $275,4-998,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно, суточный прирост хвои составил $0,6-0,8\text{ мм/сут}$ в городских лесах и $1,3-1,6$ – в зеленой зоне. В докульминационный период между интенсивностью роста хвои и температурой воздуха прослеживается прямолинейная зависимость ($r = +0,43 - +0,92$) и, в отличие от побегов, интенсивность роста имеет среднюю корреляцию от температуры воздуха на протяжении всего периода роста ($r = +0,35 - +0,41$).

Исследования показали, что рост хвои *Picea abies* заканчивается в лесах зеленой зоны (23.VI–11.VII) и позднее в городских насаждениях (30.VI–14.VII).

Годичные изменения в сроках начала и окончания роста хвои влияют на продолжительность ее формирования. Наиболее продолжительный рост хвои *Picea abies* на побегах текущего года наблюдается в городских лесах – $43-44\text{ сут}$, а более короткий – $34-37\text{ сут}$. в зеленой зоне.

Годичный прирост хвои на изучаемых объектах может различаться в $1,2-1,4$ раза. Исследования показали, что наиболее длин-

ная хвоя ($16,6-19,7\text{ мм}$) формируется в лесах зеленой зоны. В городских насаждениях величина этого показателя составляет $12,8-15\text{ мм}$. Отрицательное влияние условий урбанизированной среды на снижение морфологических показателей ассимиляционного аппарата отмечают и другие исследователи [1, 11]. А.С. Рожков и Т.А. Михайлова (1989) так же наблюдали, что у *Picea abies* позднее, чем у других хвойных, появляются внешние признаки повреждения (хлороз и некроз хвои), медленнее происходит физиологическое ослабление. Но данная порода имеет менее продолжительный период от необратимого ослабления деревьев до их полного усыхания.

Радиальный рост ствола. Деление камбиальных клеток ствола (на высоте $1,3\text{ м}$) отмечается в среднем через $7-20\text{ сут}$. после начала роста хвои. Результаты исследований, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что радиальный рост ствола начинается при среднесуточной температуре около $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+9,4 - +13,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) одновременно на всех объектах исследования. Начало роста древесины ствола, по мнению многих авторов [3, 8], связано с повышением температуры воздуха. Различия в температурном режиме воздуха по годам обуславливают и разницу в календарных сроках начала прироста стволовой древесины.

За годы наблюдений сумма положительных температур во время начала роста ствола варьировала от $327,6$ до $424,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вариабельность данного параметра среды свидетельствует о довольно слабой связи между началом реактивации камбия ствола и суммой положительных температур.

Наступление кульминации прироста стволовой древесины в условиях Южной Карелии за годы наблюдений происходило при температуре не ниже $+15,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (табл. 2). Величина суточного прироста в этот период составляла $23-38\text{ мкм}$ в зеленой зоне и $20-31\text{ мкм}$ в городских лесах. Перед наступлением кульминации сумма положительных температур колебалась по годам от $489-744\text{ }^{\circ}\text{C}$ в лесах зеленой зоны и до $930\text{ }^{\circ}\text{C}$ в городских насаждениях. Данные исследований, проведенных в разных географических районах, свидетельствуют о наибольшей скорости роста и формирования годичного кольца в пери-

од с наибольшей освещенностью и высокими среднесуточными температурами [3].

Интенсивность прироста ствола по диаметру усилился после кульминации прироста хвой и побегов. Так, в 2003 г. в лесах зеленой зоны с 11 по 15 июля за сутки нарастало 2,96 % ширины годичного слоя, а общее ее увеличение с начала роста составило 58,6 %. При этом 30,8 % приходилось на период активного роста – с 7 по 17 июля, затем рост прекратился, когда температура воздуха упала до 12,5 °С. В городских лесах кульминация прироста в 2003 г. отмечена позднее (10–20.VII), а максимальный суточный прирост оказался на 41 % меньше, чем на контроле. Ведущее влияние сезонного роста и развития побегов и хвой на характер и распределение скорости сезонного роста древесины ствола подтверждается многочисленными работами [8].

Деление камбиальных клеток ствола в разные годы заканчивается в разные сроки в связи с неодинаковыми погодными условиями. В ельнике черничном свежем это явление наблюдается с 13 по 30 августа. Температура воздуха к этому времени снижается до +12,5 – +16,7 °С.

В период усиления роста стволовой древесины, продолжительность которого составляет 21–35 сут., формируется 43–59 % ее годичного прироста. Общая продолжительность формирования древесины составляет 72–84 сут. на контроле и 72–79 сут. в городских насаждениях.

Обобщая изложенный материал о сезонном росте вегетативных органов ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в городских лесах и зеленой зоне Петрозаводска, можно сделать следующие выводы.

В условиях городской среды начало, кульминация и окончание роста побегов и хвой *Picea abies* наступают раньше, чем в пригородных лесах, что объясняется более ранним и интенсивным потеплением в городах по сравнению с зелеными зонами и примыкающими лесами, т.е. происходит опережение развития растений.

В докульминационный период в приросте побегов на всех объектах исследования наблюдается прямая зависимость прироста от

температуры воздуха. Влияние температуры воздуха на интенсивность роста хвой и радиального прироста ствола прослеживается на протяжении всего их периода роста.

Под влиянием загрязнения и рекреационных нагрузок происходит уменьшение всех морфометрических показателей ассимиляционного аппарата.

Годичный прирост хвой *Picea abies* под влиянием рекреационных нагрузок уменьшается на 20–35 %, а радиальный прирост ствола на 16–20 %.

Библиографический список

1. Барайшук, Г. В. Состояние хвойных насаждений Омска / Г.В. Барайшук, А.А. Гайвас // Лесное хозяйство. – М., 2005. – № 1. – С. 33–34.
2. Белова, Н.К. Видовой состав и структура вредителей листвы и побегов декоративных насаждений Подмосковья / Н.К. Белова // Вопросы защиты леса, охраны природы и озеленения городов: сб. науч. тр. – М.: МЛТИ, 1982. – С. 114.
3. Ваганов, Е.А. Гистометрический анализ роста древесных растений / Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин, И.В. Свицерская и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1985. – 100 с.
4. Лукина, Н.В. Состояние еловых биогеоценозов в условиях техногенного загрязнения / Н.В. Лукина, В.В. Никонов. – Апатиты: изд-во КНЦ РАН, 1993. – 134 с.
5. Мелехова, Т.А. О формировании древесины сосны и некоторых древесных пород Севера в связи с лесорастительными условиями: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Т.А. Мелехова. – Архангельск, 1952. – 36 с.
6. Моисеев, В.С. Ландшафтная таксация и формирование насаждений природных зон / В.С. Моисеев, Н.М. Тюльпанов. – Л., 1977. – 70 с.
7. Сбоева, Р.М. Сезонный рост сосны и ели в южной Карелии / Р.М. Сбоева // Лесные растительные ресурсы южной Карелии: сб. науч. тр. – Петрозаводск: Карелия, 1971. – С. 95–106.
8. Смирнов, В.В. Сезонный рост главнейших древесных пород / В.В. Смирнов – М.: Наука, 1964. – 167 с.
9. Тимофеев, В.П. Влияние густоты древостоев и классов роста деревьев на формирование продуктивных насаждений / В.П. Тимофеев // Лесное хозяйство. – 1961. – № 10. – С. 16–20.
10. Харитонович, Ф.Н. Биология и экология древесных пород / Ф.Н. Харитонович. – М.: Лесная промышленность, 1968. – 304 с.
11. Чижова, В.П. Рекреационные нагрузки в зонах отдыха / В.П. Чижова. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 48 с.
12. Шкутко, Н.В. Хвойные Белоруссии: Эколого-биологические исследования / Н.В. Шкутко. – Минск: Наука и техника, 1991. – 264 с.

РЕКРЕАЦИОННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И ВЫСОТЫ САМШИТОВОГО ПОДЛЕСКА В СУБТРОПИЧЕСКИХ БУКОВЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ

С.В. ЖИГЛОВА, науч. сотр. ФГУ «НИИгорлесэкол»

Самшит колхидский (*Buxus colchica* Pojark) – третичный реликт, эндемик колхидско-лазистанской флоры, уязвимый вид, занесенный в Красную Книгу СССР (1975, 1984), РСФСР (1988), Краснодарского края (1994). *Buxus colchica* произрастает преимущественно под пологом буковых, грабовых, буково-грабовых, буково-грабовых-дубовых лесов. Сообщества с участием *Buxus colchica* обладают высокой соэкологической, ценологической, ботанико-географической значимостью и отличаются уникальными рекреационными свойствами и высоким баллом эстетической оценки.

Повышенный спрос на рекреационные ресурсы Черноморского побережья Кавказа губительно сказывается на состоянии лесов с самшитовым подлеском – появляются площади с нарушенными растительными сообществами. Показателями возникновения таких критических условий могут служить высота и численность подлеска. Величина трансформации этих параметров зависит от рекреационной нагрузки на биогеоценозы, видового разнообразия древостоя, его сомкнутости и состава.

Наши исследования проводились в субтропической зоне Черноморского побережья Кавказа в марте-апреле 2005–2006 гг. в буковых биогеоценозах с самшитовым подлеском (букняк чистый, букняк грабовый, букняк дубово-грабовый) при различном составе древостоя (10Бк, 7Бк3Г, 6Бк4Г, 8Бк1Г1Д, 6Бк3Г1Д, 6Бк2Г2Д) и сомкнутости основного полога (0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0) Пробные площади закладывались в локальных участках лесного массива в районах: Нижний Солох-Аул, Верхнерусское Лоо, Барановка, Липники, Каштаны, Прогресс, Кирово, Большой Кичмай, Красноалександровский, Якорная Щель, Вардане-Верино.

Определение рекреационных нагрузок на биогеоценозы основывалось на отраслевом стандарте [2] и «Временной методике ...» [1]. Для измерения рекреационной нагрузки

применялась рекреационная плотность – единовременное количество посетителей вида лесной рекреации на единице площади за период посещения [3].

Для анализа численности и высоты особей самшита при различной сомкнутости основного древесного полога и различном составе древостоя закладывались по четыре временные пробные площади, в каждую из которых входило по четыре учетных площадки. Учетные площадки размером 3 × 3 м размещались на линиях, проходящих через середину пробной площади, вдоль склона. Расстояние между площадками 10 м. Усредненная численность особей по четырем пробным площадкам в последующем переводилась на 1 га. Высота особей измерялась от корневой шейки до верхушечной почки при помощи металлической линейки.

Исследования показали, что развитие самшита, одного из характерных третичных представителей вечнозеленого колхидского подлеска для буковых биогеоценозов Кавказа, сильно зависит от почвенных условий и преобладающих видов в древостое. В пред- и нижнегорных экологических уровнях при фоновых условиях густые заросли самшита с хорошим ростом и развитием (высотой до 3,0–3,5 м) наблюдаются только на хорошо освещенных (с незначительным притенением) участках буковой формации. При сомкнутости крон 0,6 самшит почти прекращает плодоношение с заметным снижением высоты особей, а при сомкнутости 0,7 – снижение и популяционной плотности. При сомкнутости крон основного полога 0,8 самшит находится на грани своей элиминации и встречается отдельными приземистыми особями (высота не более 1 м) с небольшой наземной биомассой. При сомкнутости крон от 0,9 до 1,0 самшит практически исчезает из подлеска (высота растений от 0,59 до 0,88 м), составляя всего до 10 % особей от показателей при сомкнутости крон 0,5 (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Численность и высота самшитового подлеска в буковых биогеоценозах при фоновых условиях обитания

Биогеоценоз	Состав древостоя	Параметры самшита при сомкнутости полога					
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Количество особей, тыс. шт./га							
Букняк чистый	10Бк	22,93 ± 0,01	18,35 ± 0,01	10,31 ± 0,04	3,10 ± 0,05	1,9 ± 0,09	1,38 ± 0,07
Букняк грабовый	7Бк3Г	28,74 ± 0,01	27,83 ± 0,03	24,80 ± 0,04	11,79 ± 0,08	2,35 ± 0,07	2,11 ± 0,07
	6Бк4Г	31,36 ± 0,01	30,70 ± 0,01	28,32 ± 0,04	22,36 ± 0,02	9,16 ± 0,07	3,31 ± 0,09
Букняк грабово-дубовый	8Бк1Г1Д	26,59 ± 0,03	25,11 ± 0,02	22,86 ± 0,05	17,66 ± 0,05	8,57 ± 0,08	3,14 ± 0,06
	6Бк3Г1Д	35,92 ± 0,01	34,67 ± 0,02	32,66 ± 0,04	23,71 ± 0,09	13,89 ± 0,08	6,13 ± 0,06
	6Бк2Г2Д	36,22 ± 0,02	36,51 ± 0,02	34,94 ± 0,04	25,33 ± 0,05	14,33 ± 0,06	9,38 ± 0,09
Высота особей, м							
Букняк чистый	10Бк	3,00 ± 0,11	2,41 ± 0,09	1,12 ± 0,23	0,74 ± 0,15	0,61 ± 0,08	0,52 ± 0,06
Букняк грабовый	7Бк3Г	3,42 ± 0,16	3,11 ± 0,07	1,81 ± 0,03	0,90 ± 0,10	0,80 ± 0,06	0,59 ± 0,08
	6Бк4Г	3,44 ± 0,10	3,18 ± 0,07	2,03 ± 0,05	1,00 ± 0,04	0,88 ± 0,06	0,78 ± 0,08
Букняк грабово-дубовый	8Бк1Г1Д	3,30 ± 0,13	2,99 ± 0,10	1,65 ± 0,06	0,82 ± 0,05	0,76 ± 0,11	0,57 ± 0,05
	6Бк3Г1Д	3,50 ± 0,04	3,32 ± 0,06	2,63 ± 0,11	1,97 ± 0,08	1,35 ± 0,09	0,90 ± 0,09
	6Бк2Г2Д	3,51 ± 0,21	3,46 ± 0,10	3,09 ± 0,15	2,45 ± 0,19	1,40 ± 0,14	1,15 ± 0,07

Т а б л и ц а 2

Численность и высота самшита при различной сомкнутости основного полога и рекреационной нагрузке

Состав древостоя	Параметры подлеска самшита при рекреационной нагрузке, чел./га				
	0,6–1,6	1,7–3,5	3,6–6,1	6,2–7,9	8,0–11,2
Численность, тыс. шт./га					
Сомкнутость полога 0,5					
10Бк	22,9 ± 0,4	21,6 ± 0,2	20,9 ± 0,2	12,3 ± 0,1	6,3 ± 0,1
7Бк3Г	28,7 ± 0,2	28,3 ± 0,2	26,6 ± 0,1	15,6 ± 0,3	8,6 ± 0,1
6Бк4Г	31,3 ± 0,2	31,2 ± 0,2	29,1 ± 0,1	17,5 ± 0,4	9,4 ± 0,4
8Бк1Г1Д	26,5 ± 0,3	25,6 ± 0,1	24,4 ± 0,2	14,3 ± 0,1	7,4 ± 0,3
6Бк3Г1Д	35,9 ± 0,1	35,9 ± 0,1	34,8 ± 0,3	20,3 ± 0,4	11,3 ± 0,4
6Бк2Г2Д	36,2 ± 0,4	36,2 ± 0,1	35,4 ± 0,3	20,1 ± 0,2	11,4 ± 0,1
Сомкнутость полога 0,6					
10Бк	18,3 ± 0,2	16,4 ± 0,3	15,8 ± 0,2	8,9 ± 0,7	4,9 ± 0,5
7Бк3Г	27,8 ± 0,2	26,3 ± 0,2	24,9 ± 0,3	13,8 ± 0,5	7,5 ± 0,4
6Бк4Г	30,7 ± 0,3	29,1 ± 0,4	28,5 ± 0,3	15,4 ± 0,6	9,3 ± 0,4
8Бк1Г1Д	25,1 ± 0,3	23,5 ± 0,2	22,4 ± 0,4	12,4 ± 0,6	6,7 ± 0,4
6Бк3Г1Д	34,6 ± 0,2	34,0 ± 0,2	33,4 ± 0,3	17,5 ± 0,4	10,6 ± 0,3
6Бк2Г2Д	36,5 ± 0,1	36,1 ± 0,2	35,4 ± 0,1	18,6 ± 0,4	11,3 ± 0,3
Сомкнутость полога 0,7					
10Бк	10,3 ± 0,2	8,3 ± 0,2	7,2 ± 0,4	4,4 ± 0,2	2,5 ± 0,3
7Бк3Г	24,8 ± 0,1	20,8 ± 0,2	18,6 ± 0,2	11,1 ± 0,2	6,3 ± 0,1
6Бк4Г	28,3 ± 0,3	24,3 ± 0,2	21,4 ± 0,2	12,7 ± 0,1	7,3 ± 0,2
8Бк1Г1Д	22,8 ± 0,3	18,5 ± 0,2	16,3 ± 0,2	9,8 ± 0,3	5,7 ± 0,6
6Бк3Г1Д	32,6 ± 0,1	28,5 ± 0,1	26,5 ± 0,1	15,2 ± 0,2	8,7 ± 0,2
6Бк2Г2Д	34,9 ± 0,1	30,5 ± 0,3	28,4 ± 0,2	16,5 ± 0,2	9,5 ± 0,1
Сомкнутость полога 0,8					
10Бк	3,1 ± 0,3	1,6 ± 0,2	1,1 ± 0,3	0,5 ± 0,2	0,1 ± 0,5
7Бк3Г	11,7 ± 0,2	8,4 ± 0,1	6,7 ± 0,1	4,4 ± 0,2	2,4 ± 0,2
6Бк4Г	22,3 ± 0,2	17,3 ± 0,1	16,1 ± 0,2	9,4 ± 0,2	5,4 ± 0,2
8Бк1Г1Д	17,6 ± 0,1	11,6 ± 0,4	8,7 ± 0,2	5,4 ± 0,1	3,1 ± 0,2
6Бк3Г1Д	23,7 ± 0,2	19,7 ± 0,1	18,4 ± 0,1	10,6 ± 0,2	6,4 ± 0,4
6Бк2Г2Д	25,3 ± 0,1	21,4 ± 0,1	19,7 ± 0,1	11,4 ± 0,1	6,9 ± 0,1

Состав древостоя	Параметры подсека самшита при рекреационной нагрузке, чел/га				
	0,6–1,6	1,7–3,5	3,6–6,1	6,2–7,9	8,0–11,2
Сомкнутость полога 0,9					
10Бк	1,9 ± 0,3	0,9 ± 0,2	0,6 ± 0,2	0,1 ± 0,2	0,06 ± 0,02
7БкЗГ	2,3 ± 0,3	1,5 ± 0,2	1,2 ± 0,2	0,8 ± 0,2	0,5 ± 0,4
6Бк4Г	9,1 ± 0,2	6,3 ± 0,5	5,1 ± 0,1	3,4 ± 0,1	2,1 ± 0,3
8Бк1Г1Д	8,5 ± 0,1	6,5 ± 0,2	5,8 ± 0,1	3,4 ± 0,3	2,7 ± 0,1
6БкЗГ1Д	13,8 ± 0,1	10,6 ± 0,2	9,5 ± 0,2	5,4 ± 0,1	4,4 ± 0,2
6Бк2Г2Д	14,3 ± 0,1	11,5 ± 0,1	10,3 ± 0,1	6,4 ± 0,1	5,1 ± 0,1
Сомкнутость полога 1,0					
10Бк	1,3 ± 0,2	0,6 ± 0,3	0,3 ± 0,3	0,06 ± 0,02	0,02 ± 0,03
7БкЗГ	2,1 ± 0,2	1,3 ± 0,3	1,0 ± 0,3	0,7 ± 0,7	0,4 ± 0,2
6Бк4Г	3,3 ± 0,3	2,1 ± 0,3	1,6 ± 0,5	1,1 ± 0,4	0,7 ± 0,6
8Бк1Г1Д	3,1 ± 0,1	2,3 ± 0,2	2,1 ± 0,6	1,2 ± 0,2	0,9 ± 0,4
6БкЗГ1Д	6,1 ± 0,2	4,6 ± 0,4	4,1 ± 0,2	2,3 ± 0,3	1,8 ± 0,5
6Бк2Г2Д	9,3 ± 0,1	7,2 ± 0,3	6,4 ± 0,2	3,6 ± 0,2	2,7 ± 0,3
Высота (м)					
Сомкнутость полога 0,5					
10Бк	3,00 ± 0,06	2,93 ± 0,01	2,56 ± 0,01	2,14 ± 0,03	1,46 ± 0,07
7БкЗГ	3,42 ± 0,06	3,22 ± 0,06	2,58 ± 0,08	2,16 ± 0,03	1,64 ± 0,04
6Бк4Г	3,44 ± 0,01	3,34 ± 0,03	3,06 ± 0,09	2,62 ± 0,06	2,05 ± 0,09
8Бк1Г1Д	3,30 ± 0,04	3,19 ± 0,03	2,61 ± 0,09	2,10 ± 0,09	1,48 ± 0,09
6БкЗГ1Д	3,50 ± 0,02	3,37 ± 0,01	3,33 ± 0,03	2,42 ± 0,06	1,76 ± 0,06
6Бк2Г2Д	3,51 ± 0,06	3,36 ± 0,05	3,30 ± 0,02	2,63 ± 0,04	1,81 ± 0,08
Сомкнутость полога 0,6					
10Бк	2,36 ± 0,02	2,33 ± 0,07	1,95 ± 0,06	1,57 ± 0,09	1,06 ± 0,05
7БкЗГ	3,11 ± 0,09	2,94 ± 0,03	2,57 ± 0,03	1,74 ± 0,05	1,45 ± 0,07
6Бк4Г	3,18 ± 0,07	2,96 ± 0,08	2,83 ± 0,05	2,25 ± 0,01	1,69 ± 0,08
8Бк1Г1Д	2,99 ± 0,04	2,95 ± 0,08	2,64 ± 0,07	1,61 ± 0,01	1,54 ± 0,01
6БкЗГ1Д	3,32 ± 0,05	3,16 ± 0,08	2,93 ± 0,04	2,22 ± 0,01	1,76 ± 0,05
6Бк2Г2Д	3,46 ± 0,05	3,38 ± 0,03	3,22 ± 0,01	2,55 ± 0,04	1,79 ± 0,07
Сомкнутость полога 0,7					
10Бк	1,12 ± 0,09	1,11 ± 0,08	0,93 ± 0,03	0,56 ± 0,05	0,53 ± 0,03
7БкЗГ	1,81 ± 0,01	1,73 ± 0,03	1,54 ± 0,09	1,09 ± 0,03	0,88 ± 0,02
6Бк4Г	2,03 ± 0,01	1,86 ± 0,03	1,47 ± 0,08	1,22 ± 0,06	0,99 ± 0,09
8Бк1Г1Д	1,65 ± 0,05	1,63 ± 0,03	1,52 ± 0,08	0,98 ± 0,07	0,76 ± 0,04
6БкЗГ1Д	2,63 ± 0,07	2,48 ± 0,03	2,44 ± 0,06	1,72 ± 0,02	1,27 ± 0,01
6Бк2Г2Д	3,09 ± 0,08	2,92 ± 0,02	2,82 ± 0,04	2,12 ± 0,03	1,58 ± 0,07
Сомкнутость полога 0,8					
10Бк	0,74 ± 0,01	0,66 ± 0,06	0,52 ± 0,04	0,47 ± 0,04	0,45 ± 0,03
7БкЗГ	0,90 ± 0,07	0,83 ± 0,03	0,76 ± 0,01	0,55 ± 0,05	0,48 ± 0,01
6Бк4Г	0,96 ± 0,02	0,91 ± 0,02	0,85 ± 0,05	0,61 ± 0,03	0,47 ± 0,02
8Бк1Г1Д	0,82 ± 0,05	0,77 ± 0,06	0,72 ± 0,02	0,50 ± 0,02	0,48 ± 0,07
6БкЗГ1Д	1,97 ± 0,01	1,86 ± 0,04	1,74 ± 0,07	1,27 ± 0,01	0,93 ± 0,02
6Бк2Г2Д	2,45 ± 0,02	2,37 ± 0,05	2,18 ± 0,07	1,58 ± 0,01	1,17 ± 0,04
Сомкнутость полога 0,9					
10Бк	0,55 ± 0,09	0,50 ± 0,03	0,50 ± 0,07	0,45 ± 0,05	0,42 ± 0,08
7БкЗГ	0,80 ± 0,02	0,68 ± 0,05	0,55 ± 0,08	0,51 ± 0,01	0,46 ± 0,06
6Бк4Г	0,83 ± 0,03	0,72 ± 0,03	0,58 ± 0,06	0,53 ± 0,04	0,43 ± 0,01
8Бк1Г1Д	0,76 ± 0,07	0,67 ± 0,06	0,56 ± 0,06	0,46 ± 0,04	0,43 ± 0,08
6БкЗГ1Д	1,35 ± 0,06	1,17 ± 0,03	0,97 ± 0,06	0,72 ± 0,02	0,55 ± 0,05
6Бк2Г2Д	1,40 ± 0,03	1,25 ± 0,07	1,02 ± 0,04	0,75 ± 0,09	0,60 ± 0,04
Сомкнутость полога 1,0					
10Бк	0,52 ± 0,09	0,42 ± 0,09	0,42 ± 0,06	0,41 ± 0,04	0,41 ± 0,09
7БкЗГ	0,59 ± 0,08	0,42 ± 0,01	0,42 ± 0,09	0,42 ± 0,06	0,41 ± 0,02
6Бк4Г	0,81 ± 0,05	0,60 ± 0,04	0,57 ± 0,08	0,50 ± 0,08	0,41 ± 0,04
8Бк1Г1Д	0,57 ± 0,07	0,48 ± 0,03	0,44 ± 0,05	0,43 ± 0,08	0,41 ± 0,04
6БкЗГ1Д	0,90 ± 0,05	0,75 ± 0,08	0,56 ± 0,07	0,48 ± 0,09	0,41 ± 0,01
6Бк2ПД	1,15 ± 0,05	0,99 ± 0,08	0,75 ± 0,04	0,50 ± 0,03	0,41 ± 0,06

По мере увеличения в буковых местообитаниях рекреационной нагрузки параметры численности и высоты самшита в подлеске заметно сокращаются (табл. 2).

Под воздействием рекреации при сомкнутости древесного полога 0,5 и по мере увеличения доли бука в древостое, наблюдается снижение численности самшита. Эта зависимость прослеживается уже на II стадии дигрессии (1,7–3,5 чел./га) сообществ, когда в биогеоценозах с составом ББк и содоминирующим дубом численность особей самшита остается на прежнем уровне, тогда как в других биогеоценозах она снижается в интервале от 0,3 до 6,0 %.

При сомкнутости основного полога 0,6 наблюдаются те же зависимости, что и при 0,5 для численности и высоты самшита. Отличительной чертой таких сообществ является большая изменчивость численности самшита при нагрузке от 1,7 до 11,2 чел./га (II–V стадии дигрессии). Так, если при сомкнутости основного полога 0,5 в буковых биогеоценозах и рекреационной нагрузке в интервале от 3,6 до 6,1 чел./га значения численности самшита варьируют в диапазоне $\pm 3,3$ %, то при сомкнутости 0,6 – $\pm 5,3$ %. При нагрузке 6,2–7,9 чел./га (IV стадия дигрессии) средний процент численности самшита, во всех рассматриваемых местообитаниях, при сомкнутости 0,5 снижается с 55,0 % до 49,9 %.

С увеличением сомкнутости полога до 0,7 отмечается большее снижение доли численности и высоты самшита во всех буковых биогеоценозах. Так, по сравнению с показателями при сомкнутости 0,6 численность снижается при II стадии дигрессии (1,7–3,5 чел./га) еще на 9,0–11,5 %; при III стадии (3,6–6,1 чел./га) – на 15,6–16,4 %; при IV (6,2–7,9 чел./га) – на 3,7–5,9 %; V (8,0–11,2 чел./га) – на 2,5–4,0 %.

Для высоты самшитового подлеска характерно уменьшение интенсивности снижения значений между IV–V стадиями дигрессии. Перепад составляет всего 2,7 %, по сравнению с III стадией (3,6–6,1 чел./га), когда снижение порядка 33 %. Это говорит о том, что для буковых биогеоценозов при сомкнутости основного полога 0,7 минимальной величиной высоты самшита в подлеске явля-

ется показатель, равный в среднем 0,53, т.е. при снижении на 50,0–52,7 % показатель высоты является минимальным для возможного произрастания.

При рекреационных нагрузках и сомкнутости древесного полога 0,8 в буковых биогеоценозах при сравнении с их состоянием при сомкнутости 0,7 наблюдаются более сильные деградационные процессы. Они отражаются как на численности, так и на высоте самшита в подлеске буковых биогеоценозов. Так, численность самшита при нагрузке от 1,7 до 6,1 чел./га (что соответствует II–III стадиям дигрессии), в биогеоценозах с составом древостоя ББк, снижается с большим перепадом (на 5,4–6,7 %). В биогеоценозах с большим участием дуба, т.е. от 7Бк до 10Бк, III стадия дигрессии не выражена, а после II стадии наблюдается резкое, без перехода, снижение численности самшита включительно по V стадию (рекреационная нагрузка 8,0–11,2 чел./га).

Увеличение сомкнутости основного полога от 0,8 до 0,9 характеризуется усилением деградационных процессов в буковых биогеоценозах, которые отражаются на снижении численности самшита и его высоте. Уже при рекреационной нагрузке, соответствующей 1,7–3,5 чел./га, снижение численности самшита происходит еще на 4,0–6,3 %. Эта тенденция достигает максимума в 10,8 % при нагрузке 6,2–7,9 чел./га (IV стадия дигрессии). При этом среди сообществ с участием дуба (8Бк1Г1Д, 6Бк3Г1Д, 6Бк2Г2Д) численность изменяется практически одинаково. По ухудшению условий местообитания на втором месте находятся биогеоценозы с составом 6Бк4Г на третьем 7Бк3Г и на последнем – 10Бк.

С увеличением сомкнутости основного полога до 1,0 продолжается ускорение общего процесса деградации (на 1,2–8,5 %). Причем, в букняках грабово-дубовых и грабовых деградация прослеживается в меньшей степени (больше численность, а также заметен переход между III и IV стадиями дигрессии), а в букняках чистых – в большей степени. Численность в них составляет при максимальной рекреационной нагрузке всего 24 особи на 1 га буковой формации.

Для высоты самшитового подлеска при сомкнутости полога 1,0 также характерны деградационные процессы во всех буковых биогеоценозах. Наиболее сильно они выражены в биогеоценозах с составом 10Бк, 8Бк1Г1Д, 7Бк3Г (или во всех буковых биогеоценозах с большой долей участия в древостое бука). В первых двух биогеоценозах (10Бк, 8Бк1Г1Д) они имеют место с показателем нагрузки 1,7 чел./га и более.

Выводы

1. Развитие самшитового подлеска в значительной степени зависит от величины рекреационной нагрузки, преобладающих древесных видов в основном пологе и его сомкнутости. При нагрузке в 0,6–1,6 чел./га по мере снижения в древостое буковых биогеоценозов доли участия бука и увеличения доли граба или дуба (особенно дуба) в биогеоценозах наблюдается увеличение численности и высоты особей самшита. По мере увеличения сомкнутости основного полога общая тенденция проявляется в снижении как численности, так и высоты особей самшита. Наилучшие условия для роста и развития формируются при смешанном древостое и с большим участием в нем дуба.

2. При рекреационной нагрузке 1,7–6,1 чел./га для самшита в биогеоценозах с двумя и тремя видами в составе древостоя критической сомкнутостью основного полога является 0,6. При более высоких нагрузках (6,2–7,9 чел./га) самшит не проявляет устойчивости.

3. В букняках чистых при нагрузке 1,7–7,9 чел./га численность снижается до 70 %. При большем рекреационном воздействии (8,0–11,2 чел./га) процесс снижения происходит не столь интенсивно, как на более низких стадиях. Возможно, это связано с уменьшением действия эндодинамических факторов, т.е. с исчезновением конкурентов в травяном ярусе и снижением конкуренции со стороны древостоя, большая часть которого при этой нагрузке находится в ослабленном состоянии.

Библиографический список

1. Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и временные нормы этих нагрузок. – М., 1987. – 34 с.
2. ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. Стандарт отрасли. Введен 01.09.1995. 14 с.

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ОСИНЫ КОРНЕВЫМИ ОТПРЫСКАМИ В ТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Б.Е. ЧИЖОВ, *ВНИИЛМ*,
И.В. КИБИЦ, *ВНИИЛМ*,
Е.Ю. АГАФОНОВ, *ВНИИЛМ*

В европейской части России сплошные вырубki по еловым типам леса заселяются лиственными и хвойно-лиственными молодняками – на 70–75 % площади в Карелии, на 80–85 % в Республике Коми, на 70 % в Ярославской и на 52 % в Костромской областях. На Урале почти для всех (93–100 %) еловых вырубok predeterminedено прохождение стадии производных лиственных молодняков [4, 5, 7].

В условиях Томской области из выборки в 948 выделов молодняков (14 тыс. га) 28 % участков совсем не имели хвойных видов. Доля лиственных молодняков и с участием хвойных пород до 1 ед. составила 61 %

от общей площади. Только 7 % молодняков протаксированы хвойными. Таким образом, на 93 % площади обозначилась смена темнохвойных пород на менее ценные лиственные.

Предотвратить смену темнохвойных лесов лиственными особенно трудно после сплошных рубок древостоев с участием в составе осины (*Populus tremula* L.). По исследованиям В.Т. Ярмишко, корни осины в условиях Ленинградской области достигают длины 20–22 м, а на 1 пог. м корня приходится до 25 отпрысков. Максимальное количество осиновых отпрысков появляется в первые два года после рубки [2].

Корнеотпрысковая способность срубленных одиночных деревьев осины

Тип леса	Давность рубки, лет	Диаметр у пня, см	Количество отпрысков, шт.	Высота, м		Максим. удаленность от пня, м	Площадь, занятая корневыми отпрысками, м ²
				средняя	лидеров		
Хвощево-долгомошный	1	70	1283	0,8	1,5	12	380
	1	72	1110	0,7	1,2	16	804
Зеленомошно-ягодниковый	5	80	1724	0,6	0,8	9	201

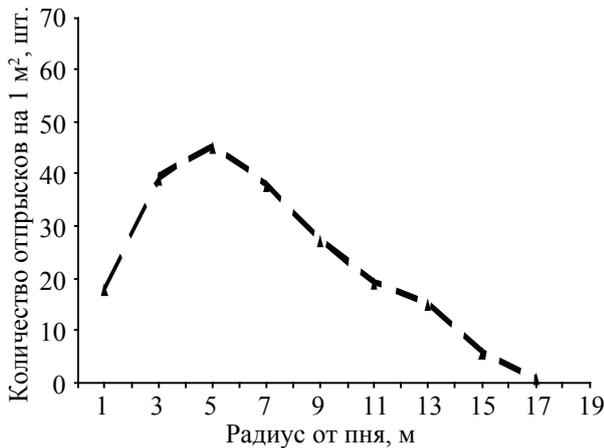


Рис. 1. Густота отпрысков осины на разном удалении от пней на вырубках 2–4-летней давности в средней тайге Западной Сибири (аппроксимирована скользящей средней)

Численность их может достигать 350 тыс. шт./га, а через 6 лет в результате естественного изреживания остается более 90 тыс. шт./га.

Исследования, проведенные в различных регионах страны, показали, что смена хвойных лесов осиной после сплошных рубок происходит, начиная с 10–20 % участия последней в составе насаждений. Сомкнутые осинники появляются после рубки древостоев с участием осины более 2,5–3 единиц в составе, при меньшем осина образует куртины различной величины [3].

Корневые отпрыски осины возникают из придаточных почек, которые образуются из перикамбия корня и могут находиться до 30 лет в замедленной жизнедеятельности [8, 9].

Существует мнение, что корневые отпрыски у осины появляются преимущественно при повреждении ствола, побегов, корней, общей ослабленности дерева. Толчком к появлению отпрысков служит улучшение аэрации, температурного режима и влажности почв, определяющих приток питательных ве-

ществ. Корнеотпрысковая способность проявляется слабее на сухих почвах, а также при их застойном переувлажнении [2, 6].

Исследования корнеотпрыскового возобновления осины проводились в средней и южной тайге Ханты-Мансийского автономного округа и Томской области, а также в подтаежной подзоне Тюменской области. В средне-таежной подзоне срубленные крупномерные деревья одиночных осин с диаметром пня 70–80 см в хвощево-долгомошном и зеленомошно-ягодниковом типах леса со свежими и влажными суглинистыми почвами образовали от 1,1 до 1,7 тыс. корневых отпрысков. Максимальная удаленность корневых отпрысков от пня колебалась в пределах от 3 до 16 м, а площадь, занимаемая отпрысками от одного дерева осины, достигала 804 м² (табл. 1).

На участках с куртинным размещением деревьев осины диаметром 24–48 см среднее количество поросли, приходящееся на 1 дерево, составило 589 шт. Высота лидирующих отпрысков на 4-летней вырубке составляла 1,8–2,3 м.

Максимальное количество отпрысков отмечено в радиусе 3–7 м от пня (рис. 1). В средней тайге Западной Сибири корнеотпрысковая способность осины оказалась заметно ниже, чем в условиях южной тайги европейской части России. Кривая распределения поросли осины с возрастом становится более пологой, так как естественный отпад интенсивней идет в густых частях куртины.

Предел распространения отпрысков для 1–2 деревьев находится в радиусе 9–16 м, а для куртин из пяти деревьев достигает 30 м. В среднем распространение отпрысков от центра куртины составляет 15–20 м. Следовательно, чтобы полностью покрыть площадь отпрысками, достаточно от 8 до 15 куртин осины на 1 га.

Характеристика корнеотпрыскового возобновления осины на сплошных вырубках

Показатели	Пробные площади в типах леса		Достоверность различия, <i>t</i>
	сосняк зеленомошно-ягодниковый	ельник черничный	
Глубина размещения корней, давших отпрыски	3,64±0,18	3,09±0,13	2,1
Средний диаметр корней, давших отпрыски:			
в первый год после рубки	1,03±0,76	1,42±0,86	3,4
во второй год	1,51±0,86	1,92±0,67	4,2

Сильное повреждение почвы на погрузочных пунктах вызывает снижение корнеотпрысковой способности осины, а слабое (при бессистемной трелевке) – увеличение. Проведенные учеты показали, что полное механическое разрушение пней и частичное повреждение корневых систем деревьев на погрузочных пунктах значительно снизило, но не исключило корнеотпрысковую активность осины. Количество корневых отпрысков на погрузочных пунктах сплошных вырубок в хвойных насаждениях с участием 10–20 % осины составляло от 0,4 до 6,0 тыс. экз/га и было достаточным, чтобы образовать сомкнутый осиновый древостой.

Раскопки корневых отпрысков осины выполнены на вырубках двухлетней давности в сосняке зеленомошно-ягодниковом при составе материнского древостоя 7С2Б1Ос с супесчаной дерново-подзолистой почвой и в ельнике черничном состава 7Е2П1Ос с суглинистой серой лесной почвой. Отмечены общие закономерности распространения поверхностных корней. В местах появления отпрысков измерены глубина размещения корня, его диаметр.

Установлено, что горизонтальные корни осины периодически то приближаются к поверхности, то заглубляются до 15–30 см, а их окончания уходят почти вертикально вниз, разветвляясь в более влажных горизонтах почвы. Отпрыски образуются в местах максимального приближения к поверхности почвы. После их образования часть корня, направленная к пню, практически не изменяется в диаметре, а часть, направленная к периферии, ежегодно прирастает по диаметру и тем сильнее, чем лучше развита крона корневого отпрыска.

Средняя глубина размещения корней для появления отпрысков осины на вырубке в сосновом типе леса с супесчаной почвой соста-

вила 3,64±0,18 см, а на вырубке в еловом типе леса – 3,09 ± 0,13 см (табл. 2). Достоверного различия между глубиной размещения корней, образовавших отпрыски, на супесчаной и суглинистой почве не обнаружено (*t* = 2,1).

Анализ срезов под микроскопом показал, что утолщения на корнях осины начинают образовываться года появления отпрысков. Камбий корня откладывает широкие годовичные кольца в местах образования отпрысков и в апикальной части корня. Текущий прирост по диаметру у корней, образовавших корневые отпрыски, увеличился в 4–8 раз.

На одном корне отмечено от 3 до 12 отпрысков, сохраняющих практически единую корневую систему. Начиная со второго года у отпрысков начинают формироваться дополнительные поверхностные и глубинные корни. Количество новых корней в четырехлетнем возрасте для одного отпрыска составило в среднем 4 шт. Материнские корни, давшие начало отпрыскам, могут оставаться главными или утрачивают эту функцию, но остаются жизнеспособными более 10 лет.

Чтобы проверить наличие обмена элементами минерального питания между отпрысками, образовавшимися на общем материнском корне, на вырубке 3-летней давности с высотой поросли осины 2,0–2,5 м гербицидом велпар в дозе 8 кг/га были обработаны полосы почвы шириной 0,5 м без попадания препарата на кроны осин. Отмирание поросли осины отмечено в среднем на расстоянии 1,2 ± 0,28 м от края полосы, обработанной велпаром. Повреждения отдельных особей осины отмечены на расстоянии до 1,8 м. Раскопки показали наличие у них общих материнских корней с отпрысками, расположенными в непосредственной близости от обработанной велпаром полосы.

Порослевая способность подроста осины на 2–3 год после рубки

Показатели	Диаметр срезанных стволиков осины, см			Средняя величина показателей
	до 2	2–4	более 4	
Доля срезанных стволиков, образовавших поросль, %	63,7	51,8	47,0	54,2
Число порослевых побегов на пне, шт.	2,4	2,2	3,0	2,5
Средний годичный прирост поросли в высоту, см	33,7	33,3	28,5	31,8

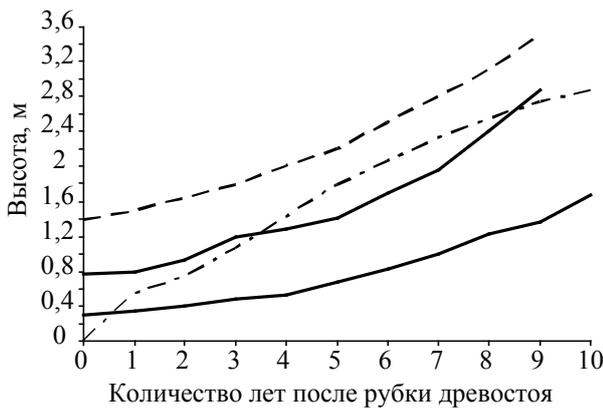


Рис. 2. Ход роста в высоту корневых отпрысков осины, елового и осинового подроста на вырубках ельников черничных в подтаежной подзоне Западной Сибири: — еловый подрост, сохраненный при рубке, высотой 0,3 и 0,8 м; - - - - подрост осины; - · - · - корневые отпрыски осины

Перемещение велпара из почвенной среды отмечено только в направлении от апикальной к базальной части корня.

Для выявления возможности флоэмного перемещения системных арборицидов к соседним отпрыскам, имеющим общую корневую систему, в стволики отдельных корневых отпрысков сделана инъекция глифосата. Места инъекции изолировали скотчем, чтобы исключить попадание арборицида в окружающую среду. Признаки значительного повреждения обнаружены у отпрысков, имеющих общий корень и расположенных в апикальном направлении нисходящего тока органических веществ.

Проведенные исследования показали, что в первые 2–3 года у отпрысков осины, образовавшихся на одном корне, сохраняется обмен элементами минерального питания и в меньшей мере – органическими веществами, синтезируемыми или поглощаемыми кронами из окружающей среды. Н.М. Желтов отмечал, что при срастании корневых систем лидирую-

щие деревья обладают большей сосущей силой и могут использовать продукты ассимиляции отставших в росте экземпляров. Наличие обмена питательными веществами у корневых отпрысков осины определяет устойчивость клона при механическом повреждении отдельных отпрысков, но повышает его уязвимость к арборицидам системного действия.

В подтаежной зоне на вырубках ельников черничных корневые отпрыски осины уже в первый год достигли средней высоты 0,56 м, на третий год догнали в росте подрост ели, имевший в момент рубки высоту 0,8 м, а на 6–8 год вышли практически в один ярус с подростом осины, имевшим в момент рубки высоту 1,4 м (рис. 2).

Подрост ели меньшей жизнеспособности с высотой в момент рубки 0,3 м безнадежно отстал в росте и может быть выведен в основной ярус только интенсивными рубками ухода.

Механическое срезание подроста и корневых отпрысков осины малоэффективно. Уже через несколько лет они снова выходят в первый ярус (табл. 3).

Необходимое количество насечек на стволе для химической подсушки деревьев осины и березы

Диаметр деревьев, см	Число насечек при содержании действующего вещества в водных растворах, г/л			
	глифосата		арсенала	
	360	180	125	83
4–8	1	1	1	1
9–12	2	2	2	2
13–16	3	3	2	2
17–20	4	4	3	3
21–24	4	5	4	4
25–28	5	6	4	5
29 и более	Прерывистое кольцо насечек		Прерывистое кольцо насечек	

Влияние различных способов предварительной подсушки деревьев осины на образование после их рубки корневых отпрысков

Варианты опытов	Концентрация арборицидов, г/л д. в.	Среднее количество отпрысков осины	
		на 1 га, тыс. шт.	на 1 дерево, шт.
Пробная площадь №1			
Инъекция глифосата	360	0,45	0,9
Двойное кольцевание		2,72	4,3
Контроль, без подсушки		13,60	20,3
Пробная площадь № 2			
Инъекция арсенала	125	0,0	0,0
Инъекция арсенала	83	0,12	0,4
Инъекция глифосата	180	2,48	4,7
Контроль без подсушки		12,25	11,4

Многokратное повторение осветлений и прочисток непосильно для лесхозов. Поэтому проведены исследования эффективности механического и химического методов подсушки осины перед рубкой для предотвращения ее корнеотпрыскового возобновления на вырубках.

Установлено, что инъекция в стволы деревьев глифосатсодержащих препаратов и арсенала обеспечивает эффективную подсушку осины в любом возрасте и при любом диаметре дерева. Определено минимально необходимое количество насечек на стволах деревьев осины в зависимости от диаметра стволов и концентрации арборицидов (табл. 4). При этом усыхание крон через 1,5–2 месяца после инъекции составляет в среднем 60 %, а через год достигает 95–100 %. Естественного ветровала обработанных деревьев и обламывания сучьев их кроны в течение двух лет после инъекции не происходит. Рубку подсушенных деревьев с соблюдением традиционных мер техники безопасности можно проводить в течение двух лет.

Учеты корневых отпрысков осины на участках инъекции и контрольных площадках показали, что химическая подсушка деревьев арсеналом позволила практически полностью подавить вегетативное возобновление осины (табл. 5). Результатом применения глифосата явилось многократное, в сравнении с контролем, сокращение количества корневых отпрысков. Подсушка осины двойным механическим кольцеванием снизила почти в 5 раз количество корневых отпрысков осины, но была менее

эффективна, чем инъекция. Отдельные деревья осины оставались в течение двух лет жизнеспособными, и после их рубки появлялись корневые отпрыски. Это можно объяснить тем, что в результате срастания корней окольцованные деревья подпитывались за счет более мелкого неокольцованного подростка осины.

Таким образом, инъекция арборицидов в стволы деревьев является эффективной мерой подавления корнеотпрысковой способности осины. Из состава формирующихся на вырубках молодняков исключаются наиболее быстро растущие особи осины корнеотпрыскового происхождения, создаются благоприятные условия для роста и развития сохраненного при рубке подростка кедра, сосны, ели, лиственницы, пихты и последующего возобновления этих пород. Химическая подсушка деревьев позволяет сформировать листовую часть древостоя из семенных экземпляров осины и получить в перспективе древостой с повышенными товарными качествами.

Затраты труда и средств на инъекцию арборицидов в стволы деревьев в 30–50 раз меньше затрат на последующее удаление корневых отпрысков осины от срубленных деревьев. При этом арборициды практически не попадают в окружающую среду, что делает метод химической подсушки осины экологически безопасным.

Библиографический список

- Багаев, Е.С. Влияние сезонов рубки на корнеотпрысковое возобновление осины. В кн.: Повышение продуктивности лесов южной тайги / Е.С. Багаев. – М.: ВНИИЛМ, 1985. – С. 30–38.

2. Гулисашвили, В.З. Вегетативное размножение осины / В.З. Гулисашвили // Зап. лесной оп. станции при Ленингр. с-х. ин-те. – 1928. – Вып. 4. – С. 7–87.
3. Демиденко, В.П. Осинники Томского Приобья: автореф. дисс. ... канд. с-х. наук / В.П. Демиденко. – Свердловск, 1972. – 28 с.
4. Исаева, Р.П. Рекомендации по ведению лесного хозяйства на зонально-типологической основе в лесах Свердловской области. Госкомлес СССР / Р.П. Исаева. – М., 1984. – 35 с.
5. Калининченко, Н.П. Лесовосстановление на вырубках / Н.П. Калининченко, А.И. Писаренко, Н.А. Смирнов. – М.: Экология, 1991. – 382 с.
6. Козловский, А.А. Особенности вегетативного распространения осины. В кн.: Бюлл. научно-технич. информации / А.А. Козловский. – М.: ВНИИЛМ, 1958. – № 6. – С. 28–31.
7. Побединский, А.В. Рубки главного пользования / А.В. Побединский. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 191 с.
8. Серебряков, И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений / И.Г. Серебряков. – М.: Советская наука. – 1952. – 391 с.
9. Смирнов, В.В. К вопросу о корневых почках у осины / В.В. Смирнов // Сообщения Московского отд. Всесоюзн. ботан. об-ва, Вып. I. – 1960. – С. 137–141.

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

П.Г. МЕЛЬНИК, доц. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,
С.В. САВОСЬКО, мл. науч. сотрудник каф. лесных культур МГУЛ,
Я.Н. СТАНКО, доц. каф. древесиноведения МГУЛ,
И.А. ДЮЖИНА, доц. каф. древесиноведения МГУЛ,
О.В. СТЕПАНОВА, асп. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ

Без учета географии древесных пород, их естественных ареалов, природной зональности лесов немислимо научное решение важнейших вопросов лесоведения и лесоводства. Географический подход необходим для правильного понимания сущего и должного в лесном хозяйстве [2]. Географические культуры являются основным средством для изучения географической изменчивости наследуемых свойств лесных пород [5].

При исследовании географической изменчивости древесных пород значительное внимание должно уделяться изучению качества древесины испытываемых провениенций. Качество древесины основных лесообразующих пород (в частности ее плотность), а также анатомическое строение зависят от условий местопроизрастания, типа леса и возраста, густоты и полноты насаждений, положения дерева в древостое, возрастной структуры, сезона года, ориентации относительно сторон света, лесохозяйственных мероприятий и т. д. [6, 7, 8, 9].

Созданные к настоящему времени географические культуры сосны обыкновенной позволяют характеризовать географическую

изменчивость не только по лесоводственно-таксационным показателям, но и по физико-механическим свойствам древесины, что не менее важно. Однако, как свидетельствует обзор литературы, сведений по изучению качества древесины в созданных географических культурах пока явно недостаточно.

С целью выявления популяций сосны обыкновенной с наиболее высокими показателями физико-механических свойств древесины, а также наиболее быстрорастущих по биомассе в условиях зоны смешанных лесов в 2001–2002 гг. были проведены исследования в Лев-Толстовском лесничестве Дзержинского лесхоза Калужской области.

Географические культуры сосны обыкновенной заложены весной 1978 г. кандидатом с.-х. наук Е.П. Проказиным. Посадка велась вручную однолетними сеянцами, выращенными в теплице ВНИИЛМа. Размещение лесокультурных посадочных мест 2,5 × 0,5 м. Направление рядов восток–запад. Всего было высажено 120 климаэкотипов, охватывающих практически весь ареал рода *Pinus* от Прибалтики, Белоруссии, Украины до Якутии и Дальнего Востока.

Результаты успешности роста 22-летних географических культур сосны обыкновенной

№ экотипа	Происхождение (республика, область, лесхоз)	H_{cp} , м	D_{cp} , см	M , м ³ /га	G
68	Гродненская, Слонимский	13,2	15,6	250	1,177
86	Волгоградская, Руднянский	11,2	15,8	306	1,035
118	Черкасская, Каневский	11,6	15,7	196	0,514
33	Воронежская, Донской	11,4	15,1	197	0,381
21	Самарская, Сызранский	11,4	13,2	249	0,381
146	Литва, Тракайский	11,1	15,2	194	0,308
64	Минская, Узденский	11,4	12,6	243	0,259
138	Ростовская, Обливский	11,0	15,6	154	0,125
78	Белгородская, Старооскольский	11,1	16,6	122	0,124
52	Львовская, Радеховский	11,6	13,9	159	0,042
112	Алтайский, Бийский	11,0	14,8	153	0,000
43	Смоленская, Ярцевский (контроль)	11,1	13,8	176	0,000
6	Костромская, Павинский	11,8	11,9	186	-0,062
4 Лат	Латвия, Смилтениский	10,2	13,6	193	-0,152
39	Архангельская, Онежский	10,6	13,5	169	-0,203
3	Кировская, Яранский	10,3	12,7	189	-0,285
65	Эстония, Эльвасский	10,3	11,7	213	-0,304
147	Владимирская, Гусевский	10,6	12,6	160	-0,387
111	Татарстан, Камский	10,1	14,5	105	-0,523
66	Свердловская, Исовский	9,3	11,6	112	-1,111
40	Тюменская, Тобольский	8,7	11,0	107	-1,372
143	Амурская, Шимановский	8,7	12,8	37	-1,485
24	Бурятия, Мухотибирский	8,2	11,2	89	-1,560
4	Вологодская, Тотемский	8,7	9,8	101	-1,584
120	Омская, Вамский	8,5	10,7	83	-1,596
70	Красноярский, Манский	8,5	10,2	65	-1,769
48	Якутия, Олекминский	6,3	8,9	30	-2,682

Всего было обследовано 55 экотипов по лесоводственно-таксационным показателям и 27 экотипов по физико-механическим свойствам древесины (плотность базисная (ρ_b , г/см³), плотность в абсолютно сухом состоянии (ρ_0 , г/см³), предел прочности (σ_{12} , МПа) при сжатии вдоль волокон при нормализованной влажности, предел прочности древесины (σ_{12} , МПа) при статическом изгибе при нормализованной влажности).

Продуктивность экотипов сосны обыкновенной разного географического происхождения

В качестве контроля был взят образец из Ярцевского лесхоза Смоленской области (по причине отсутствия на опытном объекте калужского экотипа) и характеризовался следующими параметрами: средняя высота (H_{cp}) – 11,1 м, диаметр (D_{cp}) – 13,8 см, запас

стволовой древесины (M) – 176 м³/га. Результаты успешности роста провениенций сосны обыкновенной на объекте исследований приведены в табл. 1.

Согласно полученным данным по высотам, наилучший результат у сосны из Гродненской области. Ее средняя высота – 13,2 м. Незначительно уступают по результатам роста экотипы из Костромской, Черкасской и Львовской областей (11,8 м и 11,6 м соответственно). Худшими по оцениваемому признаку были экотипы из Якутии – 6,3 м, Бурятии – 8,2 м, а также Омской области и Красноярского края – 8,5 м.

По показателю среднего диаметра лидируют экотипы из Волгоградской – 15,8 см, Черкасской – 15,7 см и Гродненской областей – 15,6 см. Худшие показатели у сосны из Якутии – 8,9 см, Вологодской области – 9,8 см и Красноярского края – 10,2 см.

**Физико-механические свойства древесины сосны обыкновенной
в географических культурах**

№ экотипа	Происхождение (республика, область, лесхоз)	ρ_6 , г/см ³	ρ_0 , г/см ³	Предел прочности при сжатии вдоль волокон σ_{12} , МПа	Предел прочности при статическом изгибе σ_{12} , МПа
68	Гродненская, Слонимский	0,3249	0,365	33,057	57,32
86	Волгоградская, Руднянский	0,3152	0,3424	28,176	57,30
118	Черкасская, Каневский	0,3326	0,3706	36,614	69,97
33	Воронежская, Донской	0,3112	0,344	33,273	62,57
21	Самарская, Сызранский	0,3462	0,3832	33,821	72,78
146	Литва, Тракайский	0,3265	0,3596	28,740	59,31
64	Минская, Узденский	0,3072	0,3355	26,036	55,08
138	Ростовская, Обливский	0,2923	0,3222	33,729	63,08
78	Белгородская, Старооскольский	0,3119	0,3431	29,636	57,56
52	Львовская, Радеховский	0,3106	0,3595	56,626	67,55
112	Алтайский, Бийский	0,3234	0,3576	43,893	64,32
43	Смоленская, Ярцевский (контроль)	0,3034	0,3347	35,443	56,52
6	Костромская, Павинский	0,319	0,3458	37,182	53,96
4 Лат	Латвия, Смилтенский	0,3074	0,3353	27,606	58,63
39	Архангельская, Онежский	0,3328	0,3648	29,676	66,87
3	Кировская, Яранский	0,318	0,3484	48,785	60,97
65	Эстония, Эльвасский	0,3176	0,3531	31,785	60,45
147	Владимирская, Гусевский	0,3292	0,3605	30,973	68,45
111	Татарстан, Камский	0,3561	0,3964	41,165	65,29
66	Свердловская, Исовский	0,3113	0,3394	36,783	62,34
40	Тюменская, Тобольский	0,3154	0,3474	31,505	60,45
143	Амурская, Шимановский	0,3473	0,3834	33,156	65,97
24	Бурятия, Мухотибирский	0,3617	0,399	35,793	66,34
4	Вологодская, Тотемский	0,295	0,3168	26,585	51,42
120	Омская, Вамский	0,3307	0,3643	36,013	67,22
70	Красноярский, Манский	0,3384	0,3562	25,780	59,88
48	Якутия, Олекминский	0,3482	0,3814	34,573	63,77

По продуктивности лидировали Волгоградский – 306 м³/га, Гродненский – 250 м³/га, Самарский – 249 м³/га и Минский – 243 м³/га климаэкотипы. Худшими результатами запаса ствольной древесины характеризуется сосна из Якутии – 30 м³/га.

Для объективного суждения о сравнительной успешности роста и продуктивности, испытываемых провениенций сосны рассчитывался относительный показатель G , выраженный в единицах (долях) стандартного отклонения. Такой подход дает возможность получения информации по пластичности климаэкотипов, т.е. их способности к адаптации в новых географических пунктах. Однако ход наших расчетов имел ряд специфических видоизменений, и в итоге выдано среднеарифметическое значение долей стан-

дартных отклонений по высоте, диаметру и запасу как суммарный показатель целесообразности интродукции, или внедрения конкретных провениенций. Подробно методика расчетов приведена в работе М.Д. Мерзленко и П.Г. Мельника [4].

В целом по показателю целесообразности внедрения экотипа лидируют происхождения из Гродненской, Волгоградской и Черкасской областей. Показатель целесообразности внедрения экотипа у них высокий и колеблется от 1,177 у происхождений из Гродненской области до 0,514 у Черкасской области. Самым низким показателем обладает экотип из Якутии – 2,682. Также низкие показатели у сосны из Бурятии, Вологодской и Омской областей и Красноярского края, в среднем от –1,6 до –1,8.



Рисунок. Распределение запаса и плотности древесины по происхождениям

Физико-механические свойства древесины сосны обыкновенной разного географического происхождения

Опыты по изучению географической изменчивости физико-механических свойств древесины сосны обыкновенной были выполнены в лаборатории кафедры древесиноведения Московского государственного университета леса. Все показатели определяли на образцах по стандартной методике согласно ГОСТ 16493.1–84, ГОСТ 16483.3–84, ГОСТ 16483.10–84.

Для исследования свойств древесины опытный материал заготавливали согласно ГОСТ 16483.6–80, предусматривающего правила закладки пробных площадей в насаждениях, выбора модельных деревьев на этих площадях и разделки модельных деревьев на кряжи.

От каждой популяции отбиралось одно модельное дерево и 10 образцов, взятых возрастным буровом на высоте 1,3 м. Модельные деревья и образцы кернов отбирали из стволов диаметром не менее 14 см. Так как средний

$D_{ср.}$ всех происхождений колеблется в пределах 8,9–16,6 см, то выборка характеризовала физико-механические свойства деревьев с лучшим генотипом, т.е. наиболее продуктивные по биомассе в процессе онтогенеза. Предварительные результаты данных исследований были опубликованы в работах [3, 10].

Результаты испытаний физико-механических свойств древесины сосны обыкновенной приведены в табл. 2.

Необходимо выделить экотипы южной, преимущественно горной части Западной и Восточной Сибири, которые имеют наивысшие показатели базисной плотности по отношению к контролю – экотипу из Смоленской области (в среднем + 10 %). Самый высокий показатель этого признака у популяций из Бурятии (Мухотибирский лесхоз) – 0,361 г/см³, Татарстана (Камский лесхоз) – 0,356 г/см³, Якутии (Олекминский лесхоз) – 0,348 г/см³, Амурской области (Шимановский лесхоз) – 0,347 г/см³ и Самарской области (Сызранский лесхоз) – 0,346 г/см³, тогда как для контроля этот показатель равен – 0,303 г/см³.

К сожалению, данные популяции не отличаются хорошим ростом и сохранностью в районе испытания. Наименьшие значения базисной плотности отмечены у южных провинций европейской части России и западных областей Украины, Белоруссии, Прибалтики, более продуктивных по росту. Эти популяции из Ростовской области (Обливский лесхоз) – 0,292 г/см³, Вологодской области (Тотемский лесхоз) – 0,294 г/см³, Минской области (Узденский лесхоз) – 0,307 г/см³ и Латвии (Смилтенский лесхоз) – 0,307 г/см³. Ранжировка по базисной плотности приведена на рисунке.

Что касается показателя плотности абсолютно сухой древесины, то по нему сохранились основные закономерности, характерные для базисной плотности, для контроля он был равен – 0,317 г/см³. Самый высокий показатель этого признака у происхождений из Бурятии (Мухотибирский лесхоз) – 0,399 г/см³, Татарстана (Камский лесхоз) – 0,396 г/см³, Амурской области (Шимановский лесхоз) – 0,383 г/см³, Самарской области (Сызранский лесхоз) – 0,383 г/см³ и Якутии (Олекминский лесхоз) – 0,381 г/см³. Самый низкий показатель данного признака также у популяций из Вологодской области (Тотемский лесхоз) – 0,317 г/см³ и Ростовской области (Обливский лесхоз) – 0,322 г/см³.

Таким образом, сделанный многими авторами вывод, что с повышением энергии роста плотность древесины сосны снижается, подтверждается и нашими данными. В то же время быстрорастущие популяции не всегда имеют низкие показатели плотности, иногда они превосходят даже западносибирские. Так, например, экотип из Черкасской области Каневского лесхоза ($\rho_6 = 333 \text{ кг/м}^3$, Запас – 196 м³/га) имеет седьмой результат по запасу древесины в 22 года после Волгоградского, Гродненского, Самарского, Минского, Эстонского и Воронежского экотипов (табл. 1).

Механические свойства сосны (предел прочности (σ_{12} , МПа) при сжатии вдоль волокон, предел прочности (σ_{12} , МПа) при статическом изгибе) имеют среднюю связь с плотностью древесины в данной выборке ($r = 0,6$), хотя обычно эта связь тесная и положительная.

Предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон самым низким был у Красноярского климатотипа и составил – 25,78 МПа, самым высоким – у сосны из Львовской области (Радеховский лесхоз) – 56,626 МПа, в то время как контроль имел показатель – 35,443 МПа. Также хорошие результаты показали происхождения из Кировской области (Яранский лесхоз) – 48,785 МПа, Алтайского края (Бийский лесхоз) – 43,893 МПа.

Наибольший предел прочности древесины при статическом изгибе имели экотипы из Самарской области (Сызранский лесхоз) – 72,775 МПа, Черкасской области (Каневский лесхоз) – 69,970 МПа и Владимирской области (Гусевский лесхоз) – 68,454 МПа, при контроле – 56,523 МПа. Худшими показателями характеризуется сосна из Вологодской области (Тотемский лесхоз) – 51,422 МПа и Минской области (Узденский лесхоз) – 55,082 МПа.

В целом необходимо отметить, что базисная плотность древесины в возрасте 23 года составляет 70–80 % от среднего значения для данной породы (400 кг/м³), а механические свойства 60–70 % (предел прочности (σ_{12} , МПа) при сжатии вдоль волокон – 48,5 МПа; предел прочности (σ_{12} , МПа) при статическом изгибе – 86 МПа).

Потомства сосны, характеризующиеся интенсивным ростом, формируют в 23-летнем возрасте менее плотную древесину. Четкой зависимости плотности древесины потомств сосны в районе их испытания от географических координат, среднего класса бонитета исходных насаждений в районах заготовки семян не установлено. Клиновальность изменения данного показателя по линиям север–юг и запад–восток не наблюдалась.

В Калужской области наиболее перспективны для выращивания культур с древесиной высокой плотности семенные потомства популяций из зоны смешанных лесов восточного подрайона (Владимирская область Гусевский лесхоз и Татарстан Камский лесхоз), лесостепной зоны (Черкасская область Украины Каневский лесхоз и Самарская область Сызранский лесхоз), имеющие среди изучаемых климатотипов максимальные показатели плотности и характеризующиеся хорошим качеством (прямизной ствола).

Таким образом, необходимо дать рекомендации по использованию для лесоразведения в условиях Калужской области семян из Каневского лесхоза Черкасской области Украины, не включенного в районы использования семян по «Лесосеменному районированию основных лесообразующих пород в СССР» [1].

Библиографический список

1. Лесосеменное районирование основных лесообразующих пород в СССР. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 368 с.
2. Мелехов, И.С. Лесоведение: учебник для вузов / И.С. Мелехов. – 2-е изд. – М.: МГУЛ, 1999. – 398 с.
3. Мельник, П.Г. Результаты испытаний сибирских климатотипов сосны обыкновенной в Калужской области / П.Г. Мельник, С.В. Савосько // Антропогенное воздействие на лесные экосистемы: Материалы II Международной конференции, Барнаул, 18–19 апреля 2002 года. – Барнаул, 2002. – С. 117–119.
4. Мерзленко, М.Д. Итог тридцати вегетаций в географических культурах ели Сергиево-Посадского опытного лесхоза / М.Д. Мерзленко, П.Г. Мельник: сб. науч. тр. – Вып. 274. – М.: МГУЛ, 1995. – С. 64–77.
5. Правдин, Л.Ф. Леса будущего / Л.Ф. Правдин. – М.: Знание, 1971. – 63 с.
6. Тарханов, С.Н. Изменчивость ели в географических культурах Республики Коми / С.Н. Тарханов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 196 с.
7. Технеряднов, А.В. Прогнозирование некоторых свойств древесины сосны на ранних стадиях роста деревьев / А.В. Технеряднов. // Современные проблемы лесоведения. – Красноярск, 1987. – С. 55–56.
8. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для лесотехнических вузов / Б.Н. Уголев. – 3-е изд. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.
9. Федоров, Р.Б. Зональная изменчивость плотности древесины сосняков черничного типа в Карельской АССР / Р.Б. Федоров // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. – Вып. 10. – Л.: ЛТА, 1981. – С. 129–135.
10. Melnik, P.G. The results of trials of longleaf pine of different geographical origin in Kaluga region / P.G. Melnik, S.V. Savosko, O.V. Stepanova. // Материалы II Пушкинской международной школы-семинара по экологии «Экология 2002: эстафета поколений». – М.: МГУЛ. 2002. – С. 31.

РОСТ 30-ЛЕТНИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ЛИСТВЕННИЦЫ В ЧИТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.П. БОБРИНЕВ, *науч. сотр. Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН*,
Л.Н. ПАК, *науч. сотр. Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН*

Лиственница на территории России по площади и запасу занимает первое место среди главных лесообразующих пород. Ее способность произрастать в разных климатических зонах обусловила широкую видовую изменчивость признаков и свойств, имеющих генетическую природу и передающихся по наследству при семенном размножении.

Изучение изменчивости и продуктивности лиственницы в зависимости от географического происхождения семян связано с проблемой повышения устойчивости и производительности лесов данного региона.

Плановая работа по изучению географических культур основных лесообразующих пород, в том числе и лиственницы, в нашей стране началась с 1973 г. (приказ Гослесхоза СССР № 29 от 6 февраля 1973 г.). Географические культуры лиственницы в Читинской

области являются частью данной программы и представляют уникальный объект, не имеющих аналогов в данном регионе.

Целью настоящей работы явилось изучение устойчивости, роста и развития географических культур лиственницы Читинской области для последующего использования быстрорастущих, устойчивых климатотипов в повышении продуктивности лесов указанного региона.

Методика исследований

Посев семян и закладку географических культур лиственницы проводили по программе и методике, утвержденной решением Проблемного совета по лесной генетике, селекции и семеноводству от 5 апреля 1972 г. (изучение и создание новых географических культур). Географические культуры листвен-

ницы закладывали посевом семян в 1977 году в Сивяковском лесничестве Читинского лесхоза (Ингодинский лесосеменной подрайон) под руководством сотрудников Института леса и древесины СО РАН (В.П. Бобринева и Л.И. Милютин).

Район исследований расположен в 40 км к западу от города Читы, 51°51' с.ш. 113°10' в.д. на юго-западном склоне хребта Черский (700–750 м над уровнем моря), постепенно переходящем в надпойменную террасу реки Ингода. Климат района расположения питомника и лесных культур резко континентальный. Средняя годовая температура воздуха – отрицательная (–2,7 °С). Средняя температура января – 25–30 °С. Средняя температура июля +19–20 °С. В марте-апреле температура воздуха колеблется от –15–20 °С ночью до +10 +15 °С днем. В сентябре-октябре также наблюдаются большие перепады температур в течение суток от +10 +15 °С до –15–20 °С. Среднегодовое количество осадков – 320–360 мм. Минимальное количество осадков выпадает в апреле–июне. В это время устанавливается сухая, с низкой относительной влажностью воздуха (15–20 %) погода. За прошедшие 30 лет (1977–2006) холодными годами были 1983 и 1994. Максимум осадков наблюдали в годы 1980, 1983, 1985, 1988, 1993, 2006; минимум осадков в годы 1979, 1987, 1992, 2003, 2004, 2005. Почвы района закладки культур – супесчаные, дерновые, слабооподзоленные [1].

Географические культуры лиственницы представлены 4 видами, 9 климатипами. Пункты сбора и условия произрастания указанных климатипов приведены в табл. 1.

Посев семян проводили четырехстрочный в лентах длиной 4 пог. м в четырех повторностях. Семена из 8 пунктов сбора высеивали 27 мая 1977 г. Перед посевом семена протравливали в 0,5 % растворе марганцево-кислого калия в течение 3 часов. Семена заделывали на глубину 1,5–2,0 см. Одновременно с посевом проводили мульчирование опилками слоем 1 см. За ростом и развитием сеянцев проводили фенологические наблюдения. Ежегодно определяли сохранность, высоту стебля, длину корня и хвои, биомассу сеянцев по каждому климатипу.

Посадку культур проводили на вырубке, представляющей собой листвяг разнотравный. Почву готовили по системе черного пара. Посадку проводили в 1980 г. вручную под меч Колесова трехлетними сеянцами с размещением в ряду – 0,75 м, а между рядами – 2,5 м. Культуры лиственницы после посадки не дополняли. Рост в высоту и по диаметру, а также запас древесины измеряли в возрасте 5, 10, 15, 20, 25, 30 лет.

Результаты исследований

Сеянцы лиственницы. Массовые всходы отмечали с 15 по 20 июня у всех образцов лиственницы. У отдаленных в широтном направлении образцов лиственницы от района испытания культур (Горно-Алтайской, Ивановской и Свердловской областей), наблюдали более продолжительный период появления всходов. У климатипов из Горно-Алтайской и Ивановской областей осенью первого года хвоя не опадала совсем.

Весной второго года выращивания сеянцы лиственницы сибирской из Иркутской области подмерзли. В последующие годы таких повреждений у сеянцев не наблюдали.

Сеянцы лиственницы двухлетнего возраста из Читинского лесхоза Читинской области имели наилучшие показатели (табл. 2). Местному климатипу по высоте немного уступали сеянцы лиственницы сибирской из Горно-Алтайской области и Красноярского края.

Длина корней двухлетних сеянцев лиственницы Чекановского из Петровск-Забайкальского района Читинской области была больше, чем у сеянцев остальных климатипов.

Длина хвои двухлетних сеянцев находилась в пределах 1,1–2,2 см. Причем, самую длинную хвою отмечали у сеянцев лиственницы сибирской из Качугского лесхоза Иркутской области, самую короткую – у сеянцев лиственницы Гмелина из Читинского лесхоза Читинской области. Качество семян, их происхождение сказалось на выходе стандартных сеянцев.

Культуры лиственницы. Первый учет приживаемости культур посадки 1980 г. в целом показал неплохие результаты 58,5–89,7 %.

Т а б л и ц а 1

Виды и климатипы лиственницы, используемые для закладки географических культур в Читинской области

Вид лиственницы	Инвентарный номер	Происхождение семян		Сумма температур > 5°C	Годовое количество осадков, мм	Дата заготовки, месяц, год	Всхожесть, % $M \pm m$	Масса 1000 шт. семян, г
		край, область	лесхоз					
Л. Гмелина	местные	Читинская	Читинский	1611–2225	323–470	09,75	57,4 ± 2,1	4,80
Л. Чекановского	32	Читинская	Петровск-Забайкальский	1538–1996	268–478	08,74	36,3 ± 1,2	7,70
Л. сибирская	27	Иркутская	Качугский	1546–1840	343–500	01,75	58,2 ± 2,8	8,00
	25	Красноярский	Верхне-Манский	1252–1738	331–437	08,75	58,0 ± 2,2	9,50
	20 б	Хакасия	Бирикчуйский	1643–2100	282–552	09–10,75	84,2 ± 3,9	9,00
	20 а		Октябрьский	1643–2100	282–552	08–09,75	70,8 ± 3,3	9,40
	18	Горно-Алтайская	Чемальский	1540–1820	391–472	09,75	71,6 ± 3,4	7,10
Л. Сукачева	12 а	Свердловская	Ивдельский	1804–1965	425–475	01,77	41,4 ± 1,3	6,90
	5	Ивановская	Волжский	2048–2311	491–614	12,75	51,0 ± 2,2	9,30

Примечание. В таблицах 1–5: M – среднее арифметическое значение; m – средняя ошибка среднего арифметического.

Т а б л и ц а 2

Показатели роста двухлетних сеянцев климатипов лиственницы

Вид лиственницы	Инвентарный номер	Происхождение семян (край, область)	Средняя высота стебля, см $M \pm m$	Средняя длина корня, см $M \pm m$	Сухая масса сеянца, г	Выход стандартных сеянцев, шт.
Л. Гмелина	местные	Читинская	28,1 ± 1,4	20,7 ± 0,7	4,0	1588
Л. Чекановского	32	Читинская	19,0 ± 0,8	18,9 ± 0,6	2,6	2400
Л. сибирская	27	Иркутская	20,0 ± 1,0	19,6 ± 0,7	2,8	680
	25	Красноярский	23,0 ± 1,1	19,1 ± 0,7	3,2	8490
	20 б	Хакасия	21,0 ± 1,0	20,2 ± 0,7	3,0	2977
	20 а		19,5 ± 0,9	19,8 ± 0,6	2,6	1954
	18	Горно-Алтайская	24,0 ± 1,1	20,1 ± 0,7	3,4	623
Л. Сукачева	12 а	Свердловская	18,0 ± 0,5	19,7 ± 0,7	2,6	1450
	5	Ивановская	19,0 ± 0,5	18,7 ± 0,6	2,6	2312

Т а б л и ц а 3

Сохранность географических культур лиственницы по годам

Вид лиственницы	Инвентарный номер	Происхождение семян (край, область)	Сохранность образцов по годам от числа прижившихся деревьев, % $M \pm m$		
			1981	1991	2001
Л. Гмелина	местные	Читинская	69,8 ± 2,1	69,7 ± 2,4	69,7 ± 2,6
Л. Чекановского	32	Читинская	60,4 ± 2,0	58,4 ± 2,1	58,3 ± 2,1
Л. сибирская	27	Иркутская	63,0 ± 2,0	62,5 ± 2,3	62,4 ± 2,6
	25	Красноярский	78,7 ± 2,5	76,9 ± 3,1	76,9 ± 2,9
	20 б	Хакасия	47,6 ± 1,5	41,8 ± 1,5	41,2 ± 1,6
	20 а		61,8 ± 1,9	53,4 ± 1,9	51,0 ± 2,0
	18	Горно-Алтайская	63,7 ± 2,0	60,0 ± 2,2	59,6 ± 2,2
Л. Сукачева	12 а	Свердловская	24,9 ± 0,7	19,6 ± 0,8	16,0 ± 0,5
	5	Ивановская	12,0 ± 0,1	0	Списали

Ход роста географических культур лиственницы по высоте в возрасте 5–30 лет

Вид лиственницы	Инвентарный номер	Происхождение семян (край, область)	Средняя высота культур в возрасте, см $M \pm m$					
			5 лет	10 лет	15 лет	20 лет	25 лет	30 лет
Л. Гмелина	местные	Читинская	43 ± 1,0	307 ± 11,0	640 ± 21,0	880 ± 30,0	1060 ± 41,0	1080 ± 44,0
Л. Чекановского	32	Читинская	49 ± 1,0	215 ± 9,0	680 ± 22,0	960 ± 35,0	1080 ± 42,0	1140 ± 45,0
Л. сибирская	27	Иркутская	51 ± 1,0	221 ± 8,0	460 ± 18,0	710 ± 28,0	830 ± 44,0	970 ± 48,0
	25	Красноярский	52 ± 2,0	220 ± 7,0	640 ± 21,0	880 ± 33,0	1020 ± 48,0	1090 ± 49,0
	20 б	Хакасия	47 ± 1,0	188 ± 7,0	600 ± 20,0	750 ± 34,0	920 ± 38,0	1020 ± 48,0
	20 а		44 ± 1,0	196 ± 7,0	630 ± 21,0	790 ± 33,0	980 ± 33,0	1060 ± 51,0
	18	Горно-Алтайская	56 ± 2,0	221 ± 8,0	410 ± 18,0	650 ± 29,0	800 ± 41,0	890 ± 41,0
Л. Сукачева	12 а	Свердловская	48 ± 1,0	242 ± 10,0	590 ± 23,0	790 ± 35,0	1040 ± 44,0	1090 ± 50,0
	5	Ивановская	Погибли					

Ход роста географических культур лиственницы по диаметру на высоте груди в возрасте 10–30 лет

Вид лиственницы	Инвентарный номер	Происхождение семян (край, область)	Средний диаметр в возрасте, см $M \pm m$				
			10 лет	15 лет	20 лет	25 лет	30 лет
Л. Гмелина	местные	Читинская	7,1 ± 0,3	8,0 ± 0,3	9,3 ± 0,4	10,2 ± 0,5	11,3 ± 0,5
Л. Чекановского	32	Читинская	6,5 ± 0,3	7,8 ± 0,3	8,7 ± 0,3	10,3 ± 0,5	11,5 ± 0,5
Л. сибирская	27	Иркутская	5,6 ± 0,2	7,0 ± 0,2	8,3 ± 0,3	10,8 ± 0,4	11,3 ± 0,5
	25	Красноярский	5,8 ± 0,2	7,0 ± 0,2	8,2 ± 0,4	9,7 ± 0,4	10,7 ± 0,4
	20 б	Хакасия	6,0 ± 0,2	7,2 ± 0,3	8,6 ± 0,4	10,3 ± 0,4	10,8 ± 0,5
	20 а		4,8 ± 0,2	7,0 ± 0,2	8,5 ± 0,3	10,4 ± 0,4	11,1 ± 0,5
	18	Горно-Алтайская	5,0 ± 0,2	6,1 ± 0,2	7,6 ± 0,3	8,8 ± 0,3	9,2 ± 0,4
Л. Сукачева	12 а	Свердловская	6,0 ± 0,3	7,3 ± 0,3	8,9 ± 0,4	10,9 ± 0,4	11,3 ± 0,5
	5	Ивановская	Погибли				

Из этих показателей выпал образец лиственницы Сукачева из Ивановской области с приживаемостью в 4 %. Лучшую приживаемость имели образцы лиственницы сибирской из Красноярского края (89,7 %) и Горно-Алтайской области (87,8 %). Достаточно хорошую приживаемость отмечали у образцов лиственницы Чекановского из Петровск-Забайкальского лесхоза Читинской области (73,5 %), лиственницы Гмелина из Читинского лесхоза Читинской области (68,5 %), лиственницы сибирской из Качугского лесхоза Иркутской области. Низкую приживаемость имели культуры лиственницы Сукачева из Ивдельского лесхоза Свердловской области (67,9 %).

Несмотря на хорошую приживаемость культур лиственницы, сохранность образцов значительно снижалась (табл. 3). Отпад отмечали практически ежегодно с разной интенсив-

ностью. Оценивая жизнеспособность деревьев по климатипам, обнаружили, что здоровых деревьев 80–99 %, ослабленных очень мало, усыхающих в первые годы не было вообще.

Набухание почек у всех образцов лиственницы Гмелина происходит в первой декаде мая, у образцов лиственницы сибирской из Горно-Алтайской области – в конце первой декады мая, у остальных образцов – во второй декаде мая.

Начало цветения отмечали в первой декаде мая у образцов лиственницы Чекановского из Петровск-Забайкальского лесхоза Читинской области, лиственницы сибирской из Качугского лесхоза Иркутской области, лиственницы Сукачева из Ивдельского лесхоза Свердловской области. Продолжительность цветения образцов отмечали в пределах 5–10 дней, в зависимости от погодных условий. Более запоздалое цветение имели

образцы лиственницы сибирской из Чемальского лесхоза Горно-Алтайской области.

Распускание хвои в культурах наблюдали в первой декаде мая при среднесуточной температуре воздуха $+1 +3^{\circ}\text{C}$ у лиственницы Гмелина из Читинского лесхоза Читинской области, лиственницы сибирской из Качугского лесхоза Иркутской области. У других образцов лиственницы начало распускания хвои отмечали во второй декаде мая.

Осеннее пожелтение хвои у всех образцов лиственницы наступало при среднесуточной температуре воздуха $+10-13^{\circ}\text{C}$. Во второй декаде сентября пожелтение хвои наблюдали у образцов лиственницы Чекановского из Петровск-Забайкальского лесхоза, лиственницы Гмелина из Читинского лесхоза Читинской области и лиственницы сибирской из Качугского лесхоза Иркутской области. Спустя 10–15 дней после первой расцветки хвои отмечали ее опадение у образцов, произрастающих в теплых и влажных регионах по сравнению с местными видами лиственниц, а позднее у лиственниц, произрастающих рядом с посадкой образцов.

В целом можно сказать, что у образцов лиственниц, удаленных друг от друга в широтном направлении, сроки фенофаз не совпадают.

Рост культур в высоту

В первой пятилетке (принимается биологический возраст – 3 года сеянцы и 2 года культуры) после перезимовки погибли саженцы 5 климатипа (лиственница Сукачева из Волжского лесхоза Ивановской области) (табл. 4).

В следующую пятилетку (6–10 лет) отмечали ежегодную гибель культур 5 климатипа, а у остальных образцов наблюдали незначительное изменение роста в высоту по годам.

Третье пятилетие (11–15 лет) характеризовалось более равномерным ростом в высоту образцов лиственницы. Хороший рост отмечали у 32 климатипа, плохой – у 27 и 18.

В четвертое пятилетие (16–20 лет) также отмечали хороший рост у 32 климатипа. Отстающие в росте в прошлом пятилетии образцы от местных видов продолжали от-

ставать в росте в данном пятилетии, хотя уже в меньшей степени.

В пятом пятилетии (21–25 лет) продолжал лидировать в росте 32 климатип. Отстающие в прошлых пятилетиях образцы характеризовались слабым ростом в высоту и в этом пятилетии.

Шестое пятилетие (26–30 лет) продолжал лидировать 32 климатип.

Рост культур по диаметру и объему.

В 10-летнем возрасте у образцов наблюдали значительные изменения роста по диаметру. Хотя в последующие годы отмечали некоторое выравнивание показателей роста. В пятом и шестом пятилетии наилучший рост по диаметру отмечали у образцов (лиственницы сибирской из Иркутской области и лиственницы Чекановского из Читинской области), произрастающих в ближайших районах от места испытания культур (табл. 5).

По объему ствола (среднего дерева) в 30-летнем возрасте выделили образцы лиственницы Чекановского и Гмелина из Читинской области и лиственницы Сукачева из Свердловской области. Небольшой объем среднего дерева отмечали у образцов лиственницы сибирской из Качугского лесхоза Иркутской области, Хакасии и Горно-Алтайской области.

Оценивая качество древостоя, отмечали большинство прямоствольных деревьев лиственницы Гмелина из Читинского лесхоза (68 %) и лиственницы Чекановского из Петровск-Забайкальского лесхоза (60 %) Читинской области.

Сильно и слабо искривленные деревья встречали в образцах лиственницы сибирской из Хакасии (67–77 %).

В культурах отмечали слабое очищение деревьев от сучьев. Наиболее высоко расположены ветви у лиственницы Гмелина из Читинского лесхоза (2,0 м) и лиственницы Чекановского из Петровск-Забайкальского лесхоза Читинской области (1,9 м). У остальных образцов живые ветви отмечали на высоте 1,0–1,5 м.

Наиболее качественный древостой в настоящее время имеют образцы лиственницы Гмелина из Читинского лесхоза и лиственницы Чекановского из Петровск-Забайкальского лесхоза Читинской области.

Заключение

1. Испытание образцов лиственницы Сукачева, сибирской, Чекановского, Гмелина позволяет отметить факт обособления популяций в результате длительной эволюции, которые отличаются друг от друга по биологическим и экологическим свойствам и хозяйственным признакам.

2. Рост семян быстрорастущих климатипов выделяется с момента прорастания семян и продолжается у лесных культур.

3. Ухудшение климатических условий (тепло, влага) выращивания культур лиственницы в данном регионе по сравнению с условиями их естественного выращивания снижает устойчивость и темпы роста популяций.

5. Одновременное испытание потомства географических культур в тех же экологических условиях позволит ускорить процесс изучения свойств, происхождения лиственницы и возможности переброски семян в целях повышения продуктивности лесов.

СОСТОЯНИЕ И РОСТ ДУБРОВ В ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

С.И. КОНАШОВА, *проф. каф. лесоводства Башкирского ГАУ, д-р с.-х. наук*

Немногим более чем за 30-летний период в восточно-европейской части России площади, занятые дубом, сократились вдвое. В Республике Башкортостан большая часть дубрав сосредоточена в лесах первой группы, ценность которых в огромном санитарно-гигиеническом, эстетическом и рекреационном значении. Состояние, рост, развитие и формирование дубрав представляют научный интерес с точки зрения формирования устойчивых к антропогенным и техногенным факторам насаждений.

Основные массивы лесов дуба в исследуемом районе сосредоточены в двух лесорастительных зонах: Предуралье и на западном низкогорном склоне Южного Урала. Большая часть территории занята насаждениями дуба низкоствольного. Дуб высокоствольный в естественных условиях встречается реже и приурочен к западным склонам южноуральского горного массива. Рассматривая более подробно распространение насаждений с преобладанием дуба, следует отметить, что основным фактором, определяющим его положение, является рельеф. Многие авторы [2, 3, 6–8] считают характерными местами размещения дуба возвышенные положения и поймы рек. В западных предгорьях Южного Урала дуб встречается на высоте 750 – 800 метров над уровнем моря А.Н. Богданов [1].

В историческом прошлом дуб расселялся в местах, которые раньше освобождались от ледников. Такими местами являлись возвышенности, на отдельных из них могли сохраниться широколиственные леса третичной (плеоценовой) эпохи. К таким рефугиам Е.М. Лавренко [5] относит Южный Урал. В местах, не подвергшихся оледенению, Г.В. Попов [8] выделяет две категории дубовых лесов: леса древние, неогеновые, пережившие периоды похолоданий плейстоцена в южноуральском предгорном рефугиуме, и дубовые леса-иммигранты более позднего голоценового времени формирования. Эти леса в настоящее время расположены на элементах рельефа молодого геологического возраста в обширной области Камско-Бельского понижения, которая в последние 10 тыс. лет освоена широколиственными лесами. Волна иммиграции широколиственных лесов началась в предбореальный период голоцена. От того времени в районе нижнего течения р. Белой обнаруживаются остатки широколиственных пород, в последующий период дубовые леса продолжают мигрировать на запад, создавая ландшафт дубово-широколиственной степи.

Рассматривая современное состояние дубовых лесов, следует отметить, что их продуктивность изменяется в соответствии с условиями местопроизрастания. В южной левобережной широколиственной лесостепи

дубовые леса имеют высший бонитет – II,5. В северном правобережном районе хвойно-широколиственных лесов средний бонитет составляет III,1. На юге Башкортостана в условиях Зилаирского плато преобладают дубравы IV, реже III классов бонитета. Здесь же можно встретить и низкоствольные дубравы V бонитета. Низкопродуктивные дубравы приурочены в основном к местоположениям с мелкими почвами, подстилаемыми твердыми горными породами на крутосклонах и горных плато.

Дубовые леса имеют невысокую производительность по запасу – 139–217 м³/га, которая остается стабильной в течение длительного периода. Полнота низкоствольных дубрав составляет 0,6–0,7, в сильно изреженных спелых и особенно перестойных дубравах полнота снижается до 0,3–0,5. Средний прирост дуба в среднем составляет 3,0 м³/га. Наименьший средний прирост по запасу имеют дубравы лесопарковой части зеленой зоны, где преобладают перестойные насаждения.

Изменения основных показателей роста дуба в насаждении и размерные параметры крон показаны в табл. 1, где видно, что высота к 110-летнему возрасту увеличивается до 24,2 м, при вариации не более 20 % и точности опыта до 5 %. Средний диаметр возрастает в 1,9 раза. Размер крон изменяется в среднем в 1,2 раза.

Для установления закономерностей роста одновозрастных насаждений изучены 70-летние дубравы различного видового состава, с долей участия дуба от 10 до 3 единиц. Среди рассматриваемой популяции большую площадь занимают дубравы с участием в составе дуба до 50 %. Как видно из табл. 2, спелые 70-летние дубравы на большей площади представлены многовидовыми насаждениями, где в составе с дубом произрастают береза, клен, липа, вяз, доля чистых дубрав незначительна.

Вариабельность по высоте незначительная и составляет 4,3 %, по диаметру – 9,3 %. Таким образом, рассматриваемые показатели роста одновозрастных дубовых насаждений в некоторой степени зависят от состава. По сравнению с чистыми дубравами высота дуба в многовидовых насаждениях на 5–14 % выше. Если же рассматривать соотношение диаметров, то здесь наблюдается обратное явление, т.е. диаметр дуба (н) в чистых насаждениях выше на 6–23 %, чем во многовидовых.

В основу изучения динамики лесоводственно-таксационных показателей, характеризующих дубовые насаждения различных лесотипологических групп, был положен возрастной ряд. При анализе использованы данные пробных площадей и массовый материал лесотаксационных описаний дубрав зеленой зоны г. Уфы, что позволило получить общую характеристику дубрав с 20 до 130-летнего возраста (табл. 3).

Математико-статистические методы анализа роста дубовых насаждений позволили выявить наиболее тесные корреляционные связи как в пределах возрастного ряда, так и составить математические модели роста дубрав. Полученные таким образом средние таксационные показатели и их статистические характеристики дают наглядную картину возрастной динамики насаждений в зависимости от типов леса, позволяют выделить наиболее продуктивные насаждения и определить их оптимальный состав. Анализируя показатели роста дубрав по высоте, диаметру, бонитету, полноте, запасу и среднему приросту, можно заключить, что, несмотря на экстремальные периоды в экологическом развитии, дубравы зеленой зоны достаточно продуктивны, что можно объяснить богатством темно-серых и черноземовидных почв, на которых и произрастают исследуемые насаждения.

Т а б л и ц а 1

Основные показатели роста отдельных деревьев дуба (н) в насаждениях

Состав древостоя	Возраст, лет	Средние			
		высота, м	диаметр, см	протяженность кроны, м	диаметр кроны, м
74Д14Ос10Лп2Б	55	17,84±0,38	23,04±1,26	8,91±0,62	5,37±0,46
86Д13Ос1Лп	65	18,91±0,56	24,72±1,30	8,68±0,56	6,17±0,37
42Д58Лп+В	110	24,2±0,24	45,7±1,75	10,16±0,42	6,76±0,40

Т а б л и ц а 2

Рост дуба (н) по высоте и диаметру в 70-летних древостоях разного состава

Средний состав насаждений	Средняя высота, м	Отклонение, %	Средний диаметр, см	Отклонение, %
10Дн	18,0	± 0	32,0	± 0
9Дн1Б	19,0	+ 6	26,0	- 19
8Дн2Б	20,0	+ 11	30,0	- 6
7Дн1,5Лп1, 2Б0,3В	18,9	+ 5	28,6	- 11
6Дн2Б1Лп0, 7В0,3Кл	18,8	+ 4	25,2	- 21
5Дн2, 6Лп1Б0,4В	18,5	+ 3	25,8	- 19
4Дн2,6Лп1, 6Б1,8Кл	19,4	+ 8	24,6	- 23
3Дн2Лп2Кл1Б 1Ос1В	18,9	+ 5	28,7	- 10
Средние	19,9		28,11	

Изучаемые дубравы в основном среднеполнотные, заметное снижение полноты наблюдается в старших возрастах. В этот период на 1 га произрастает всего 30–70 деревьев, однако, имея высокую продуктивность по запасу, дуб занимает господствующее положение с различной долей участия в составе.

Рассматривая возрастную динамику роста дуба в высоту и по диаметру в зависимости от лесорастительных условий, следует отметить, что лучшими показателями характеризуются снытьевые дубравы. Ежевикковые дубравы, произрастающие в пойме, занимают промежуточное положение и имеют средние показатели роста, в то время как в злаковых высота и диаметр на протяжении всего возрастного ряда ниже, чем снытьевых и ежевикковых дубравах.

На протяжении анализируемого возрастного ряда лесоводственно-таксационные показатели роста дубрав в большинстве случаев тесно между собой взаимосвязаны и подчиняются определенным закономерностям.

Тесная корреляционная зависимость возраста прослеживается с высотой ($\eta = 0,896$), с диаметром ($r = 0,993$), с приростом ($\eta = -0,864$) и менее тесная – с полнотой ($\eta = -0,585$) и запасом ($\eta = 0,583$). Достоверность полученных корреляционных отношений заданных параметров подтверждается *F*-критерием Фишера.

По мере старения дуба, достижения им возраста естественной спелости и образования в результате отпада свободных ниш происходит смена дуба породами-спутниками. Считается, что общей причиной смены растительных сообществ в глобальном масштабе является климат, однако второй, наиболее выраженный фактор, стимулирующий смену пород, связан, как считает Н.П. Калиниченко [4], с биоэкологическими особенностями сменяющихся пород и их взаимоотношениями с дубом. Каждое сообщество характеризуется определенной системой взаимоотношений между населяющими его особями, и эта борьба протекает под воздействием экзогенных и эндогенных факторов, которые так или иначе влияют на исход борьбы, что и приводит к замене одного сообщества другим. В связи с этим рассмотрим динамику состава дубрав в зависимости от возраста.

Состав насаждений с участием дуба на протяжении всего возрастного ряда довольно однороден, и спутниками дуба является липа, клен, вяз, иногда в составе в количестве 2–3 % присутствуют осина и береза. При снижении доли дуба в составе насаждения, к 60-летнему возрасту, увеличивается участие вяза, но в 110–130-лет при снижении доли дуба в составе возрастает участие липы.

Судя по изменению среднего состава насаждения, участие дуба в нем не снижается менее 59 %. Липа участвует в составе на уровне 19–35 %, а остальные породы представлены минимальным участием. Следует также отметить, что в возрасте 90–100 лет вяз полностью вытесняется из состава, а липа к этому возрасту образует второе поколение. В последующем возрастном периоде (XI класс возраста) роль дуба как лесообразователя усиливается. В этом возрасте дуб произрастает в составе с липой без участия других пород, лишь в некоторых случаях отмечается единичное (1–2 %) присутствие клена остролистного. Возможно, этот возраст является переломным в формировании состава, потому что к этому времени происходит отмирание короткоживущих видов (осина, вяз, клен), а дуб и липа усиливают свои позиции – дуб за счет долголетия и конкурентоспособности, а липа за счет появления и выхода в основной ярус второго, более молодого поколения.

Средние таксационные характеристики дубовых насаждений

Показатели (средние)	Классы возраста												Сред- ние
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	
Дубравы снытьевые													
Площадь, га	1,4	6,6	6,7	18,8	118,5	77,7	35,4	49,3	27,9	23,1	6,5	18,2	
Высота, м	7,5	11,1	15,0	17,4	20,2	21,5	23,3	23,5	23,4	23,5	24,0	24,0	19,5
Диаметр, см	9,0	14,1	15,1	20,8	29,6	32,4	36,0	42,7	47,1	50,2	60,5	58,0	34,7
Бонитет	2,5	3,2	3,0	2,4	2,2	2,6	2,4	2,6	2,9	3,0	3,0	3,0	2,7
Полнота	0,55	0,66	0,70	0,65	0,64	0,57	0,59	0,56	0,52	0,57	0,51	0,51	0,59
Запас, м ³ /га	50	95	180	195	210	199	217	214	205	219	178	171	178
Прирост, м ³ /га	3,3	3,8	5,1	4,3	3,8	3,06	2,89	2,52	2,16	2,09	1,55	1,37	3,00
Дубравы злаковые													
Площадь, га		4,0	27,0	3,8	42,3	–	12,8	5,1	–	–	1,0	–	
Высота, м		10,0	12,0	15,0	16,6	–	17,2	17,2	–	–	22,0	–	19,3
Диаметр, см		14,0	16,0	18,0	25,1	–	33,2	38,0	–	–	44,0	–	23,7
Бонитет		4,0	4,0	3,0	3,3	–	4,0	4,0	–	–	3,0	–	3,5
Полнота		0,80	0,80	0,70	0,58	–	0,50	0,60	–	–	0,30	–	0,64
Запас, м ³ /га		100	130	139	145	–	122	151	–	–	110	–	135
Прирост, м ³ /га		2,8	2,9	3,1	2,6	–	1,6	1,8	–	–	0,9	–	2,5
Дубравы ежевиковые													
Площадь, га		0,9	5,2	27,4	95,9	39,8	1,9	4,6	–	3,5	–	–	
Высота, м		9,3	15,0	16,1	18,0	19,1	20,4	23,0	–	24,0	–	–	18,1
Диаметр, см		10,6	16,0	20,2	25,3	31,1	36,0	41,0	–	48,0	–	–	31,8
Бонитет		3,3	3,0	3,0	2,9	2,9	3,0	2,4	–	3,0	–	–	2,9
Полнота		0,70	0,60	0,67	0,54	0,55	0,38	0,54	–	0,40	–	–	0,54
Запас, м ³ /га		78	119	156	147	165	116	204	–	160	–	–	153
Прирост, м ³ /га		3,20	3,48	3,47	2,67	2,53	1,55	2,40	–	1,52	–	–	2,75

В 120–130 лет видовой состав насаждения может формироваться в двух направлениях – разновозрастные дубово-кленовые или дубово-липовые насаждения. В насаждениях дуба к 110-летнему возрасту липа из подроста выходит в основной полог, и насаждения представлены сложным составом с участием двух поколений липы – 81–100 лет и 45–60 лет. Насаждения, где дуб по мере его отпада сменяется кленом, встречаются реже, преимущественно в лесопарковой части зеленой зоны. Успех смены дуба кленом зависит во многом от густоты кленового подроста и полноты верхнего яруса. При полноте основного дубового яруса 0,3–0,5 и незначительном участии в составе других пород кленовый подрост развивается успешно и присутствует под пологом в количестве 10–15 тыс. экземпляров на гектаре. Благодаря высокой густоте и сомкнутости кленовый подрост препятствует возобновлению дуба и других пород. Смена дуба кленом характерна чаще для чистых дубовых

насаждений с незначительной долей участия в составе других пород. Клен в этом случае завоевывает «окна», образовавшиеся в результате выборочной санитарной рубки или естественного отпада дуба, и образует сомкнутый полог. Устойчивое существование его в биогеоценозе обуславливается теневыносливостью, наличием обильного количества самосева, хорошей порослевой способностью, устойчивостью к заморозкам и механическим повреждениям. Эти и другие биологические свойства клена, в т.ч. способность произрастать в различных условиях среды, обуславливают его толерантность. Сможет ли он в будущем завоевать господствующий ярус, предположить трудно, так как в лесопарковой зоне такие насаждения встречаются на незначительных площадях.

При невысоких рекреационных нагрузках, когда полнота насаждения выше и составляет 0,6–0,9, конкуренцию выигрывает липа, клен в таких условиях остается под пологом и в верхний ярус не выходит.

Исходя из этого можно заключить, что сокращение площади дубрав – результат не только влияний климатических факторов, а отчасти и следствие ассоциативных смен растительности, обусловленных различными факторами и, прежде всего, антропогенными.

Результаты исследований возобновления под пологом дубовых насаждений показали, что в историческом развитии у дуба выработалась способность при небольшом количестве семян давать достаточное для воспроизводства вида количество всходов, которые отличаются высокой жизнеспособностью и могут образовывать при надлежащих условиях насаждения господствующего яруса. Под пологом исследуемых лесов самосев дуба встречается в количестве до 2,2 тыс. экз./га. Подрост старших возрастных состояний почти отсутствует или сохраняется по опушкам полян, на прогалинах и редианах с достаточной освещенностью, характеризуется неполночленным возрастным рядом с максимумом подроста в возрасте до 10 лет и высотой не более 0,5 м, пониженной жизнеспособности. Слабый рост и периодическое отмирание верхушечных побегов являются характерными особенностями молодого поколения, растущего под пологом леса при значительном затенении. Для последующего обеспечения выхода дуба в верхний полог необходимы меры по воспитанию подроста, обеспечивающие достаточную освещенность, снижение густоты и сохранение подроста сопутствующих пород в количестве, необходимом для формирования многовидовых насаждений. Увеличение

интенсивности освещения и установление благоприятного светового режима могут увеличивать прирост в высоту с 3–5 до 30–43 см в год. В таких случаях дуб способен формировать насаждения с породами-спутниками (липа, вяз, клен). Только проведение своевременных уходов, позволяющих сформировать среду, близкую к оптимальной, обеспечит в дальнейшем постепенный выход дуба в первый ярус. В то же время для антропогенных лесов требуется разработка комплекса мер по сохранению и воспроизводству дубрав с учетом лесорастительных условий и состояния дубовых лесов.

Библиографический список

1. Богданов, А.Н. Краткий очерк растительности покровов районов БАССР / А.Н. Богданов // Природные условия районов Башкирии и повышение урожайности с.-х. культур. – Уфа, 1955. – С. 32–46.
2. Горчаковский, П.Л. Широколиственные леса и их место в растительном покрове Южного Урала / П.Л. Горчаковский. – М.: Наука, 1972. – С. 9–110.
3. Гулисашвили, В.З. Растительность Кавказа / В.З. Гулисашвили, Л.Б. Махататзе, Л.И. Прилипко. – М., 1975. – 228 с.
4. Калинин, Н.П. Дубравы России: монография / Н.П. Калинин. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 536 с.
5. Лавренко, Е.М. Лесные реликтовые (третичные) центры между Карпатами и Алтаем / Е.М. Лавренко // Журнал русского ботанического общества, 1930. – № 4.
6. Лосицкий, К.Б. Дуб / К.Б. Лосицкий. – М., 1981. – 100 с.
7. Новосельцев, В.Д. Дубравы / В.Д. Новосельцев, В.А. Бугаев. – М., 1985 – 214 с.
8. Попов, Г.В. Леса Башкирии / Г.В. Попов. – Уфа, 1980. – 144 с.

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ЛОЖНОГО ДУБОВОГО ТРУТОВИКА В ДУБРАВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Н.А. ХАРЧЕНКО, проф., зав. каф. экологии, защиты леса ВГЛТА, д-р биол. наук,
Н.Н. ХАРЧЕНКО, проф. Учебно-методического управления ВГЛТА, д-р биол. наук,
Д.С. МИРОНОВ, асп. каф. экологии, защиты леса ВГЛТА

Одним из самых распространенных и мало изученных облигатных паразитов дуба является ложный дубовый трутовик (*Phellinus robustus* Bourd. et Yalz). Гриб вызывает белую полосатую ядровую гниль, заходящую в заболонь, камбий и луб. На месте поражения

возникает продолговатое вдавление, покрытое мертвой корой, на котором и развиваются плодовые тела. Пораженная древесина первоначально буреет, затем в ней появляются светлые полосы. В конечной стадии гниль становится желтовато-белой, с тонкими извилистыми

темными линиями. В пораженной древесине часто образуются скопления рыжеватой грибницы [3, 4]. Плодовые тела многолетние, бесформенно-желвакообразные, подушковидные или копытообразные с широким закругленным желтовато-охряным краем и гименофором того же цвета с очень мелкими округлыми порами; поверхность серовато-бурая или черноватая, бугристая, с трещинами; ткань очень твердая, деревянистая, желтовато-бурая. По данным А.Т. Вакина (1954), болезнь может длиться до 50 лет и более. Скорость распространения гнили вдоль по стволу равна 6–12 см в год, а по диаметру – 0,3–12 см.

Проникновение в ствол дуба ложного дубового трутовика (ЛДТ) происходит через физические поранения (ошмыги, затески, морозобоины, расщепы), трещины опухолевых язв, гнилые сучки. Последним, как воротам инфекции, придается наибольшее значение. Особенно опасными в этом отношении являются сучья, отходящие от ствола под острым углом. По поверхности таких сучьев вода стекает потоком, а не срывается каплями, и массово доносит смываемые споры к незакрытым ранам.

При заражении дерева ложным дубовым трутовиком через сучья древесина последних сначала приобретает серовато-бурую окраску без видимых других признаков разрушения («черный или темный сук дуба»). В дальнейшем древесина сучка приобретает желто-белую окраску, указывающую на

интенсивные процессы разрушения. В этой стадии разрушения сучка и происходит заражение ствола, появляется гниль, которая в виде неправильной беловато-желтой полосы распространяется вниз и вверх от сучка. Этот процесс уже необратим, и дерево резко теряет свою жизнеспособность. По данным Л.Б. Гранатова (1974), сучья с пожелтевшей древесиной («желтый сук») широко распространены и характеризуют от 6,0 до 72,7 % деревьев в древостоях дуба.

Зараженность ложным дубовым трутовиком древостоев дуба в различных типах лесорастительных условий в регионе приведена в табл. 1.

Стволовые гнили, вызываемые ЛДТ, наиболее распространены в условиях тальвежных дубрав (D_2) на поздней форме дуба. Здесь ими поражено почти 42 % деревьев. При этом около половины среди них на месте гнилевой язвы имеют слом ствола. На втором месте по распространению болезни находятся пойменные дубравы ($D_{4п}$) – 18,5 % и судубравы (C_2-C_3) – 22,0 %. Сломы стволов здесь на месте гнили также относятся к широко распространенным явлениям. В сухой (D_1) и свежей (D_2) дубравах поражение деревьев болезнью не превышает 10 %; здесь же и отношение сломов стволов к их среднему показателю по региону также менее выражено ($i = 0,63-0,29$). Следовательно, можно вести речь об относительной устойчивости дуба к заболеванию в условиях именно свежей дубравы (D_2).

Т а б л и ц а 1

Динамика зараженности деревьев дуба в различных типах лесорастительных условий

Место проникновения инфекции	Распределение зараженности болезнью по ТЛУ, шт./ %					
	D_1	D_2	D_3	$D_{4п}$	C_2	Среднее
Гн. сучья, в т.ч. со сломом	38/84,4 13/34,2	13/43,3 –	138/79,8 81/58,7	76/98,7 27/35,5	90/97,8 64/71,1	355/85,1 185/52,1
Морозобоины, в т.ч. со сломом	–	5/16,7 –	9/5,2 –	–	2/2,2 –	16/3,8 –
Опухоли, в т.ч. со сломом	–	3/10,0 –	5/2,9 –	1/1,3 –	–	9/2,2 –
Развилки, в т.ч. со сломом	7/15,6 –	7/23,3 4/57,1	4/2,3 –	–	–	18/4,3 4/22,2
Ошмыги, в т.ч. со сломом	–	2/6,7 –	–	–	–	2/0,5 –
Комп. дупла, в т.ч. со сломом	–	–	17/9,8 1/5,9	–	–	17/4,1 1/5,9
Среднее, в т.ч. со сломом	45/10,8 13/28,9	30/7,2 4/13,3	173/41,5 82/47,4	77/18,5 27/35,1	92/22,0 64/69,6	417/100 190/45,6



Рис. 1. Плодовые тела ЛДТ у основания гнилевого сучка



Рис. 2. Слом ствола на месте стволовой гнили от ЛДТ



Рис. 3. Плодовые тела ЛДТ у основания развилки ствола



Рис. 4. Плодовые тела ЛДТ в районе морозобоины



Рис. 5. Плодовые тела в районе поперечного надломовидного рака дуба



Рис. 6. Плодовые тела ЛДТ в районе ошмыга

Самыми распространенными воротами для проникновения инфекции в ствол дерева служат гнилевые сучья (рис. 1). Их доля составляет от 43,3 % (D_2) до 98,7 % ($D_{4П}$). Случаи сломов ствола на месте стволовой гнили (рис. 2) наиболее массовыми являются

в условиях свежей судубравы (71,1 %) и тальвежной дубравы (58,75).

Промежуточное значение в качестве ворот для проникновения инфекции ЛДТ в ствол дерева занимают развилки ствола – 4,3 % (рис. 3), комлевые дупла – 4,1 % и

морозобоины – 3,8 % (рис. 4). В районе опухолевых язв (рис. 5) и механических повреждений (рис. 6) проникновение инфекции ЛДТ реализуется гораздо реже (2,2–0,5 %).

Сломы стволов на месте гнилей в последних случаях также не характерны. Таким образом, в сухой (D_1) и пойменной ($D_{4п}$) дубравах, а также в свежей судубраве (C_2) проникновение инфекции в ствол дерева происходит почти исключительно через гнилевые сучья. В свежей (D_2) и тальвежной (D_3) дуб-

равах спектр мест для проникновения инфекции в ствол более разнообразен. При этом он наиболее богат в свежей дубраве, отличающейся относительно высокой устойчивостью к ЛДТ.

Учитывая, что диаметр ствола дерева в одновозрастном древостое является объективным показателем его роста и развития, рассмотрим его средние значения в зависимости от места проникновения инфекции и в различных ТЛУ (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Динамика средних показателей диаметров стволов пораженных болезнью деревьев в зависимости от места проникновения инфекции и типа лесорастительных условий

Место проникновения инфекции	Средние диаметры на $h = 1,3$ м по типам лесорастительных условий, см					
	D_1	D_2	D_3	$D_{4п}$	C_2	Среднее
Гн. сучья, в т.ч. со сломом	39,9±1,57 34,8±2,88	48,6±2,34 –	32,8±0,92 –	32,5±1,04 26,3±1,24	23,2±0,85 21,2±0,9	35,4±0,90 27,4±1,20
Морозобоины, в т.ч. со сломом	–	45,6±3,31 –	53,6±3,06 –	–	41,0±8,0	46,7±4,6 –
Опухоли, в т.ч. со сломом	–	39,7±0,33 –	38,8±4,92 –	46,0 –	–	41,5±5,2 –
Развилка ствола, в т.ч. со сломом	48,3±3,48 –	45,6±2,87 44,5±4,56	48,5±6,59	–	–	47,5±4,60 44,5±4,56
Ошмыги, в т.ч. со сломом	–	41,0±2,0 –	–	–	–	41,0±2,0 –
Комлевые дупла, в т.ч. со сломом	–	–	33,1±1,9 50,0	–	–	33,1±1,9 50,0
Среднее, в т.ч. на деревьях со сломом	41,2±1,49 34,8±2,88	46,0±1,39 44,5±4,56	34,1±0,89 29,2±1,07	32,7±1,04 26,3±1,24	23,6±0,88 21,2±0,90	35,5±0,90 31,2±3,2

Т а б л и ц а 3

Высота расположения плодовых тел ложного дубового трутовика в различных лесорастительных условиях

Место проникновения инфекции	Высота расположения плодовых тел (м) по ТЛУ					
	D_1	D_2	D_3	$D_{4п}$	C_2	Среднее
Гн. сучья, в т.ч. со сломом	6,6±0,53 6,4±1,09	8,8±1,31 –	5,5±0,31 5,8±0,44	4,6±0,27 5,0±0,51	4,5±0,3 4,5±0,39	5,8±0,44 5,4±0,39
Морозобоины, в т.ч. со сломом	–	5,2±0,64 –	4,8±0,68 –	–	5,0±4,0	5,0±0,92 –
Опухоли, в т.ч. со сломом	–	4,8±1,17 –	3,3±1,3 –	10,0 –	–	5,0±1,3 –
Развилка ствола, в т.ч. со сломом	10,4±2,09 –	12,4±2,0 12,6±3,08	7,3±1,17 –	–	–	9,4±2,0 –
Ошмыги на месте слома	–	2,0±1,0 –	–	–	–	2,0 –
Комлевые дупла на месте слома	–	–	0,8±0,1 –	–	–	0,8 –
Среднее	7,2±0,58 6,4±1,09	8,2±0,92 12,6±3,08	5,0±0,28 5,7±0,44	4,7±0,28 5,0±0,51	4,5±0,3 4,5±0,39	5,8±0,44 6,8±0,50

Динамика количества плодовых тел ЛДТ в зависимости от типа травм, послуживших местом для проникновения инфекции и типа лесорастительных условий

Место проникновения инфекции	Количество плодовых тел по ТЛУ, шт.					
	Д ₁	Д ₂	Д ₃	Д _{ап}	С ₂	Среднее
Гн. сучья, в т.ч. со сломом	4,5±0,40	4,2±1,56	3,2±0,28	4,4±0,54	1,6±0,11	3,5±0,50
	5,7±0,71		2,8±0,31	3,0±0,67	1,4±0,1	3,1±0,50
Морозобоины, в т.ч. со сломом	–	2,8±0,92	5,7±1,64	–	4,0±3,0	3,1±0,51
Опухоли, в т.ч. со сломом	–	1,3±0,33	2,4±0,6	10,0	–	1,9±1,2
Развилка ствола, в т.ч. со сломом	2,9±0,94	2,4±0,97	1,3±0,25	–	–	2,0±1,0
	–	2,8±1,75	–	–	–	2,8±1,75
Ошмыги, в т.ч. со сломом	–	14,0±4,0	–	–	–	14,0±4,0
Комл. дупла, в т.ч. со сломом	–	–	6,2±1,31	–	–	6,2±1,31
Среднее	4,2±0,38	3,9±0,91	3,6±0,28	4,3±0,53	1,6±0,12	3,0±0,31
	5,7±0,71	2,8±1,75	2,9±0,31	3,0±0,67	1,4±0,1	3,0±0,80

Таким образом, стволовая гниль от ложного дубового трутовика более характерна для деревьев, отстающих в росте, проявляющих слабую очищаемость стволов от сучьев, имеющих незаросшие комлевые дупла при порослевом возобновлении. Следовательно, ложный дубовый трутовик является показателем деградации порослевых дубрав, а массовое поражение болезнью дубравных древостоев указывает на активную фазу этого процесса.

Зависимость расположения гнилевых язв и плодовых тел возбудителя болезни по высоте ствола от повреждений, послуживших воротами инфекции, показана в табл. 3.

Средняя высота расположения плодовых тел ложного дубового трутовика в дубравах и судубравах достигает шести метров. В условиях сухой и свежей дубравы плодовые тела гриба, а следовательно и гнилевые язвы, располагаются наиболее высоко, часто непосредственно под кроной и даже в пределах ее. В тальвежной и пойменной дубравах, а также в свежей и влажной судубравах более часто плодовые тела расположены по стволу дерева ниже его кроны, что свидетельствует о существенно более раннем поражении деревьев болезнью. Сломы ствола происходят, как правило, выше среднего уровня расположения плодовых тел гриба, видимо, у верхнего предела распространения гнили и характерны для деревьев с высоким расположением гнили.

Обычно предельно высокое расположение плодовых тел по стволу наблюдается при проникновении инфекции через трещины в развилках ствола (около 13 м) во всех типах лесорастительных условий. В старовозрастных дубравах плодовые тела отмечаются даже на толстых скелетных ветвях, обычно ближе к стволу. Плодовые тела у гнилевых сучьев располагаются в пределах 4,5–8,8 м, что указывает на связь поражения дерева болезнью с процессом очищения ствола от сучьев. Видимо, чем медленнее идет процесс очищения ствола от сучьев, тем более вероятно проникновение гнили в ствол дерева. Подобная ситуация характерна, как показывают наблюдения, для низкополнотных древостоев и насаждений, произрастающих на бедных и влажных почвах. По морозобойным трещинам на стволах плодовые тела гриба располагаются на высоте около 5 м во всех типах лесорастительных условий, и часто они приурочены к близко расположенным гнилевым сучьям. Проникновение инфекции через опухолевые язвы, в том числе поперечного трещиновидного рака дуба, обычно для старых, развитых язв с глубокими трещинами. Плодовые тела гриба обнаружены только на старых язвах, расположенных в пределах от 3,3 до 10,0 м по стволу. Проникновение болезни через механические травмы ствола (ошмыги) относительно редкое явление. По стволу подобные травмы редко поднимаются

выше 2 м; в этих же пределах и зафиксированы на них плодовые тела гриба. Еще более редко гниль от ложного дубового трутовика фиксируется на уровне комлевых дупел (0,5–1,0 м). Здесь образуются, как правило, смешанные гнили, но в условиях влажной дубравы отмечены плодовые тела только ложного дубового трутовика.

Как известно, плодовые тела ложного дубового трутовика начинают формироваться при средней протяженности гнили около 3,5 м [1]. Связь между количеством плодовых тел гриба и степенью развития гнили остается неустановленной. Мы имеем к настоящему времени данные о зафиксированном количестве плодовых тел гриба в зависимости от типа травм, послуживших воротами для инфекции, и в различных типах лесорастительных условий (табл. 4).

Если судить о развитии стволовой гнили по количеству плодовых тел гриба, вызывающего ее, то существенной разницы в этом отношении по типам лесорастительных условий не обнаруживается. Исключением могут служить древостои в условиях $C_{2,3}$, где среднее количество плодовых тел над гнилевой язвой более чем в два раза ниже по сравнению с другими типами лесорастительных условий.

Зависимости в количестве плодовых тел от места проникновения инфекции в ствол дерева также не установлено. Можно лишь утверждать, что чем ниже по стволу находится гнилевая язва, тем большее количество плодовых тел на ней. Увеличение количества плодовых тел связано с возрастом гнили ствола от ЛДТ.

Подводя итог анализа рассматриваемого материала, можно заключить:

1. Гниль ствола дуба от ЛДТ более типична для сырых и мокрых ТЛУ, а также для древостоев дуба, произрастающих в суборевых условиях. Различий в поражении болезнью у фенотипов дуба при этом не прослеживается.

2. Основными воротами для проникновения инфекции в ствол дерева служат гнилевые сучья. Более разнообразный спектр поранений, служащих такими воротами, характерен для свежей дубравы (D_2), проявля-

ющей сравнительную устойчивость к заболеванию.

3. Стволовая гниль от ЛДТ отличает деревья, отстающие в росте, проявляющие вяло текущий процесс очищаемости ствола от сучьев, имеющие незарастающие комлевые дупла при порослевом возобновлении.

4. Плодовые тела ЛДТ по стволу дерева встречаются от его комлевой части до нижнего и среднего ярусов кроны. Наиболее высоко расположены гнили, проникающие в ствол через гнилевые сучья и трещины в развилке стволов. Воротами для низко расположенных по стволу гнилей служат морозобоины, опухолевые язвы, механические травмы.

5. Количество плодовых тел ЛДТ на стволе определяет возраст гнили. Корреляции в этом отношении с типом травм, служащих воротами для проникновения гнили, не установлено.

6. Сломы стволов на месте гнили достаточно распространены. Чем выше по стволу расположена гниль и чем старше ее возраст, тем вероятнее образование слома. Слом ствола происходит обычно по верхней границе гнили с непораженной частью ствола.

7. Пораженность древостоев ЛДТ может служить объективным показателем уровня их биологической устойчивости.

Скрытые в древесине ствола особенности развития гнилей, характер их параметров в зависимости от типа травм, служащих воротами для проникновения инфекции, места расположения по стволу, возраста гнили, категории состояния дерева и ряда других признаков остаются практически совершенно неизученными. Именно эти вопросы составляют основу наших дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Вакин, А.Т. Фитопатологическое состояние дубрав Теллермановского леса / А.Т. Вакин // Тр. инт. леса АН СССР, 1954. – Т. XVI. – С. 5–109.
2. Гранатов, Л.Б. Фаутоность дуба в средневозрастных дубравах Тульских заповедников / Л.Б. Гранатов // Вопросы лесозащ. – Вып. 50. – М.: МЛТИ, 1974. – С. 146–157.
3. Семенкова, И.Г. Лесная фитопатология / И.Г. Семенкова. – М.: МГУЛ, 2001. – 201 с.
4. Федоров, Н.И. Лесная фитопатология: учебник / Н.И. Федоров. – Минск: БГТУ, 2004. – 461 с.

ИНТРОДУКЦИЯ И РЕГЕНЕРАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДЕНДРОФЛОРЫ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ТУМАНА

М.Г. АДАМОВ, *проф., зав. каф. лесоводства ДГУ, д-р с.-х. наук,*

А.А. АБДУРАХМАНОВ, *доц. каф. лесоводства, директор Бот. сада ДГУ, канд. с.-х. наук,*

Г.Д. ЮСУПОВ, *доц. каф. лесоводства ДГУ, канд. с.-х. наук,*

А.М. ГАДЖИЕВА, *доц. каф. лесоводства ДГУ, канд. с.-х. наук,*

Р.М. АДАМОВА, *асп. каф. лесоводства ДГУ*

В уникальном объекте научной инфраструктуры Дагестанского государственного университета – Ботаническом саду на площади 28,5 га, открытом по Постановлению Правительства Республики Дагестан (от 17 апреля 1998 г.) в сухостепных условиях пригорода Махачкалы создана опережающая материально-техническая, аппаратно-технологическая и экспериментальная база, позволяющая проводить крупномасштабные интродукционные работы генетических ресурсов дендрофлоры с исследованием фундаментальных основ их устойчивости к жаре, засухе, засолению, ветровой деятельности и минерализации почвогрунтов. В течение последних 8 лет (1999–2006 гг.) коллектив ученых лесного отделения университета провел большую работу. Научный, производственный интерес представляет 160 видов из 44 семейств, интродуцированных в Ботаническом саду ДГУ (по состоянию на 01.01.2007 г.).

В исследованиях нами были выявлены диагностические признаки легко укореняющихся видов и форм дендрофлоры. У таких генетических ресурсов дендрофлоры на побегах к моменту листопада в зоне узлов появляется скопление светло-коричневых вздутий (бернот). Образование бернот, а затем и корней связано с листовыми и почечными лакунами, которые характеризуются обилием запасающей паренхимной ткани и наличием более активных зон вторичной меристемы – камбия [1]. Камбиальная продуктивность, в данном случае направленная на корнеобразование, различна у разных видов, и эти различия выявляются только на основе экспериментов. Значительная часть исследований проведена нами с представителями семейства *Rosaceae*. В течение продолжительного

времени изучается большое число культурваров, относящихся к родовым комплексам *Malus*, *Cydonia*, *Rosa*. Что касается дикорастущих видов дендрофлоры, особенно лесобразующих пород, в полупустынных условиях плоскостного Дагестана исследования проводятся впервые. Известно, что в процессе первичного роста апикальная меристема корня дает начало трем первичным меристемам – протодерме, основной меристеме и прокамбию, дифференцирующихся соответственно в эпидерму, первичную кору и центральный цилиндр, окруженный несколькими слоями перицикла [3]. Прорыв периваскулярного склеренхимного кольца придаточным корнем начинается с очага заложения инициалей камбия в широких многорядных сердцевинных лучах. По мере увеличения размеров и прохождения через первичную кору, корень секретирует ферменты и разрушает коровые клетки на своем пути.

У голосеменной и двудольной дендрофлоры основная масса активных «питающих корней» [2] располагается в верхнем 15 см слое почвы, наиболее богатом органикой и почвенной микрофлорой [4]. Некоторые лесобразующие породы (ель, бук, осина) редко образуют глубокие стержневые корни. У других пород, в частности у дубов, многих видов сосен, развита стержневая корневая система, вследствие чего у этих видов слабо выражена регенерация корней и они плохо переносят пересадку. У грецкого ореха вовсе не образуются придаточные корни на черенках, что, возможно, связано с отсутствием корневых волосков в активной части корневой системы, а функции питания и водоснабжения полностью выполняет ризосфера, т.е. почвенная микрофлора – грибы и бактерии, находящиеся на корнях этого вида.

Способность образовывать придаточные корни присуща эволюционно более молодым по происхождению жизненным формам генетических ресурсов дендрофлоры, в частности различным видам кустарников, кустарничков и лиан. В опытах в числе легко укореняющихся видов оказались: *Vitis vinifera* L. (20 сортов), *Vitis sylvestris* C.C. Gmel., представители рода *Actinidia* Lindl., *Hedera helix* L., *Clematis integrifolia* L., *Malus domestica* Borsh. (12 подвойных форм), *Cydonia oblonga* Mill. (6 подвойных форм), *Cerasus vulgare* Mill. (7 подвойных форм и сортов), *Padellus mahaleb* (L.) Vass., всего 56 видов, форм и сортов. Многие виды вечнозеленых, а также горных и арктических растений, где условия для семенного размножения неблагоприятны, также обладают выраженной способностью к образованию придаточных корней. Эти генетические свойства передаются потомству по наследству при половом размножении. Например, гибридные формы *Grossularia reclinata* (L) Mill., полученные от скрещивания европейских сортов с легко укореняющимися сортами крыжовника американского происхождения, хорошо укореняются зелеными черенками. Подобная закономерность выявлена в исследованиях, проведенных нами в условиях искусственного тумана при зеленом черенковании различных видов дендрофлоры. Это позволило группировать виды и жизненные формы по степени укореняемости зеленых черенков в условиях искусственного тумана. На 90–100 % укоренялись виды тополей (деревья), калина, роза, вишня, форзиция, спирея, чубушник, жасмин (кустарники), виноград винный и лесной (лианы), 80–90 % укоренялись платан, ивы (деревья), кизильник, бирючина, сирень, жимолость (кустарники), плющ, кампсис (лианы), на уровне 60–80 % находились укореняемость клематисов, подвойных форм яблони, айвы, сортов персика и алычи.

Культивационные сооружения представляли собой обычные гряды длиной 12–14 м и шириной 1,1 м. На гряде устанавливали легко разбираемый металлический каркас, накрытый полиэтиленовой пленкой, обеспечивающей создание искусственного микроклимата с 90–100 % влажностью воз-

духа. Кроме них в состав комплекса нашего питомника входят маточники, поля для доращивания посадочного материала и блоки ценных интродуцентов с выращиванием автохтонов и дальних экзотов, интродуцированных коллективом. Такая структура соответствует требованиям сохранения и увеличения биоразнообразия сада. Для укоренения зеленые черенки высаживали в специальный субстрат, который состоял из белого кварцевого песка, верхний слой – 5 см, нижний слой – 10–15 см из смеси почвы с перепревшим навозом (перегноем). Искусственный туман создавали специальной автоматической установкой туманообразования. Зеленые черенки на укоренение высаживали по схеме 10 × 10 см на глубину 2–3 см.

В процессе регенерации черенков проводились наблюдения, в частности отмечали каллюсо- и корнеобразование, динамику роста побегов по методике [5]. Необходимо отметить, что при зеленом черенковании обеспечивается возможность получать генетически однородные растения на собственных корнях.

Особое внимание при закладке опытов и проведении исследований уделяли определению состояния черенкового материала по степени одревеснения базальной, средней и апикальной частей побегов. Каждый вид, популяция, сорт, культивар дендрофлоры значительно отличается по срокам наступления этих фенологических фаз, поэтому рекомендации календарных сроков для проведения работ оказались ориентировочными и не вполне приемлемыми. Мониторинг и индикацию фактического физиологического состояния черенкового материала необходимо проводить ежегодно, поскольку они становятся основным условием для получения высоких результатов по укоренению. В опытах установлена общая закономерность, состоящая в том, что базальная часть зеленого черенка, погружаемого в песчаный субстрат, должна иметь полуодревесневшее состояние. Такое состояние побегов у разных видов дендрофлоры наступает в разные фенологические фазы и имеет существенные различия по годам в зависимости от тепло- и влагообеспеченности маточных растений и ухода за ними.

Полученные данные позволяют проследить процессы каллюсообразования (начало, массовое), установить оптимальные сроки проведения черенкования, их укореняемость, развитие придаточных корней и надземной части. У подавляющего большинства отобранных и испытанных в установке искусственного тумана видов укореняемость зеленых черенков находилось в пределах 60–100 %. Фундаментальное значение этих исследований состоит в сохранении генетических ресурсов, особенно высокоценных сортов и редких экзотов, интродуцированных в Ботанический сад ДГУ. При проведении коллективом этих исследований с интродуцентами в сухостепных условиях Ботанического сада ДГУ в пригороде Махачкалы, аспирант кафедры Р.М. Адамова совместно со студенткой М.А. Гебедовой установили уникальную связь опущенности листьев с устойчивостью видов к засухе и энтомовам-вредителям [6]. На Международном форуме по проблемам науки, техники и образования (4–8 декабря 2006 г., Москва) решением конкурсной комиссии форума научная работа молодых ученых отмечена Золотым дипломом 2006 по направлению «Экология биосферы», а Дагестанский государственный университет премировал их.

Работа выполнена при поддержке грантов по аналитической ведомственной программе «Развитие научного потенциала высшей школы».

Библиографический список

1. Асадулаев, З.М. Выращивание клоновых подвоев и саженцев яблони, груши и айвы / З.М. Асадулаев, Г.Д. Юсупов. – Махачкала: ДГПУ, 2005. – 224 с.
2. Муромцев, И.А. Активная часть корневой системы плодовых растений / И.А. Муромцев. – М.: Колос, 1969. – 247 с.
3. Орлов, П.Н. Особенности дифференциации производных камбия при укоренении зеленых черенков плодовых и декоративных культур. Прогрессивные технологии в плодоводстве и виноградарстве / П.Н. Орлов и др. – М., 1982. – С. 49–58.
4. Рейвн, П. Современная ботаника. Часть II / П. Рейвн, Р. Эверт, С. Айкхорн. – М.: Мир, 1990. – 344 с.
5. Тарасенко, М.Т. Новая технология размножения растений зелеными черенками / М.Т. Тарасенко, Б.С. Ермаков, З.А. Прохорова и др. – М.: ТСХА, 1964. – 54 с.
6. Адамова, Р.М. Дендроиндикационный метод диагностики устойчивости генетических ресурсов деревьев и кустарников к засухе и энтомовам-вредителям / Р.М. Адамова, М.А. Гебедова; под общ. ред. В.П. Савиных, В.В. Вишневецкого // Тр. Международного форума по проблемам науки, техники и образования. Т. 2. – М.: Академия наук о Земле. – С. 148–150.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГУСТОТЫ МОЛОДЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА БЫВШИХ ВЫРУБКАХ

А.В. УСТЮЖАНИН, *асп. каф. лесоинженерного дела Костромского ГТУ*

Общеизвестно, что густота, или плотность древостоя, отражает количество деревьев на единице площади. От этого показателя во многом зависят рост деревьев по высоте и толщине, интенсивность их отпада, очищение от сучьев. Густота сильно изменяется с возрастом древостоя и ухудшением лесорастительных условий [1].

В исследованиях мы задались целью выявить особенности формирования густоты молодых насаждений в 20-летней динамике. Для этого в 2004–2005 гг. проведены специальные исследования динамики густоты молодых насаждений в лесах северо-запада

Костромской области. Всего было заложено 144 пробные площади в насаждениях разного возраста с 1980 по 2003 г. Все насаждения относились к зеленомошной группе типов леса Рубка леса проведена без использования агрегатной техники.

При проведении исследований учтены требования современных нормативных документов по лесовосстановлению в Российской Федерации [2–4]. В полевых работах использован метод круговых площадок, радиус которых определялся шестом длиной 2,52 м, что соответствует площади 20 м². Площадки закладывали по профилям, перпендикуляр-

ным длинной стороне вырубки. Расстояние между ними зависело от размеров вырубки и менялось от 24 до 60 м, а между учетными площадками на профиле – от 10 до 30 м, число учетных площадок на каждой пробной площади – от 18 до 28. На учетных площадках подсчитывали количество стволов молодняка по породам.

Согласно таксационным справочникам [5–7], густота подроста при расстоянии между экземплярами в 1 м составляет в среднем 10 тыс. шт./га, а густота деревьев при расстоянии между деревьями 0,5 м при равномерном распределении – до 40,0 тыс. шт./га, при случайном – 14,3 тыс. шт./га.

Материалы наших исследований показывают, что густота молодняков определяется многими факторами – возрастом древесных пород, условиями местообитания, технологией лесосечных работ, режимом и

интенсивностью рубок ухода, способом лесовосстановления, наличием предварительного возобновления (до рубки) и др. (табл.).

Динамика густоты молодняков на всех объектах исследования показана на рис. 1. Она отвечает уравнению полиномиальной зависимости шестой степени с достаточно высокой величиной достоверности аппроксимации – коэффициент детерминации равен 0,69. Как видно из рис. 1, количество стволов древесных пород с самого начала возобновления вырубки увеличивается, достигая максимума к 10–14 годам, затем снижается и к 25 годам почти достигает первоначального значения 3–5 тыс. шт./га. На эмпирической линии регрессии отмечаются резкие спады густоты молодняков в 4–5, 9–10, 14–15 лет. Это явление можно объяснить проведенными на большинстве объектов рубками ухода – осветлениями и прочистками.

Т а б л и ц а

Среднее количество стволов древесных пород на обследованных объектах молодняков

Год рубки	Возраст вырубки, лет	Среднее количество древесных пород, шт./га			
		на объектах естественного возобновления	на объектах с посевом семян	на объектах с посадкой лесных культур	на всех обследованных объектах
2003	2	5425		3400	4413
2002	3	8145		4444	6294
2001	4	5600		4890	5245
2000	5	7925		5780	6853
1999	6	6700		8750	7725
1998	7	6992	9280	9360	8544
1997	8	7003	9607	8143	8251
1996	9	6780	6100	6913	6598
1995	10	7804	7086	7269	7386
1994	11	8997	8234	8402	8544
1993	12	9019	8766	9021	8935
1992	13	8852	8522	8117	8497
1991	14	7991	8034	8165	8065
1990	15	6980	5135	6156	6990
1989	16	6980	7981	8958	7973
1988	17	7339	7606	8088	7677
1987	18	6876	7400	6403	6893
1986	19	5974		5623	5799
1985	20	6570		5175	5872
1984	21	6782		6992	6437
1983	22	6320		6121	6220
1982	23	6216		6837	6527
1981	24	5450		6301	5875
1980	25	4733		5538	5135

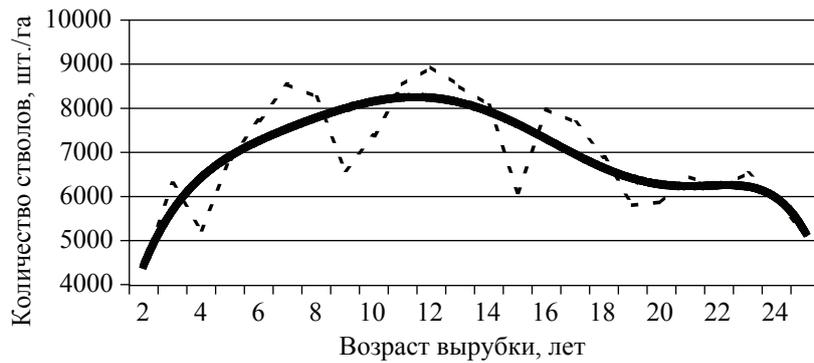


Рис. 1. Динамика среднего показателя густоты молодняков по данным обследованных объектов с годом рубки с 1980 по 2003 гг. (штрихпунктиром показана эмпирическая линия регрессии)



Рис. 2. Динамика густоты молодняков на вырубках с естественным возобновлением (штрихпунктиром показана эмпирическая линия регрессии)

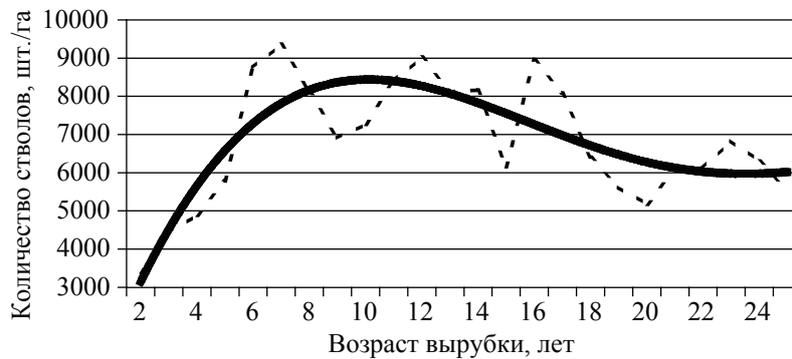


Рис. 3. Динамика густоты молодняков на вырубках с посадкой лесных культур (штрихпунктиром показана эмпирическая линия регрессии)

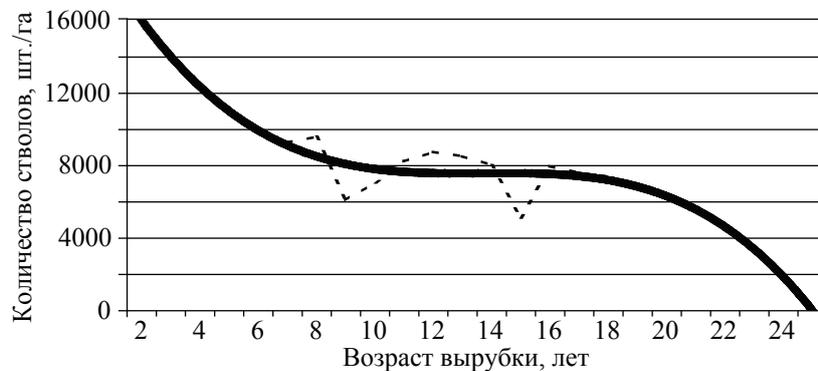


Рис. 4. Динамика густоты молодняков на вырубках с посевом семян ели (штрихпунктиром показана эмпирическая линия регрессии)

Полевое обследование молодняков естественного возобновления показало, что максимальный показатель их густоты составляет 16850 шт./га (при возрасте 3 года), минимальный – 3055 шт./га (при возрасте 19 лет). Общее количество стволов молодняков всех древесных пород достигает максимального значения в периоды от 3 до 8 и от 12 до 15 лет, а минимального – после 22 лет (рис. 2). На эмпирической линии регрессии также виден резкий спад показателей густоты в возрасте 4–5 и 6–11 лет, что можно объяснить проведенными в это время на большинстве обследованных объектов рубок ухода – осветлений и прочисток. Теоретическая линия регрессии отличается достаточной величиной достоверности – 0,69.

На вырубках, возобновившихся путем создания культур ели, густота молодняков максимально достигала 17350, а минимально – 1575 шт./га. Эмпирическая линия регрессии имеет три резких спада на 9–10, 15–16 и 20–21 год, что опять же можно связать с рубками ухода (рис. 3). Теоретическая линия регрессии отличается достаточной степенью достоверности – 0,67. Максимальной густоты лесные культуры достигают в возрасте от 9 до 14 лет. Следовательно, в этот период они особенно остро нуждаются в рубках ухода.

Густота молодняков на вырубках, возобновившихся путем посева семян ели, максимально достигает 9980, а минимально – 4400 шт./га. Резкие спады эмпирической линии регрессии отмечены в возрасте 10 и 16 лет, что, по-видимому, можно объяснить опять же рубками ухода (рис. 4). Посев семян ели проводился в Солигаличском и Чухломском лесхозах в течение 12 лет – с 1987 по 1998 гг. Всего таким способом лесовосстановление проведено на площади 732,4 га. Причем для этого подбирались, как правило, наиболее труднодоступные вырубки, так как не требовали перемещения габаритного посадочного материала (сеянцев и саженцев) и средств механизации. Часто посев семян проводился вахтовым методом с подготовкой почвы вручную. Хотя теоретическая линия регрессии показывает снижение густоты молодняков с увеличением возраста с 16 тыс. шт./га вплоть до нуля, но вряд ли она объективно отражает их естественную динамику на этих объектах, так как величина до-

стоверности ее аппроксимации очень небольшая – 0,173. Основная причина этого явления связана с малым количеством обследованных объектов из-за их труднодоступности и небольшим сроком применения этого способа лесовосстановления. Эффективность лесовосстановления путем посева семян оказалась самой низкой, т.к. вырубки в этом случае чаще полностью зарастали лиственными породами, имели небольшое количество хвойных пород и реже подвергались рубкам ухода.

Таким образом, максимальный показатель густоты молодняков составляет 17350, минимальный – 1575 шт./га. Динамика густоты молодняков на всех объектах исследования отвечает уравнению полиномиальной зависимости шестой степени с достаточно высокой величиной достоверности аппроксимации. Количество стволов древесных пород с самого начала возобновления вырубки увеличивается, достигая максимума к 10–14 годам, затем снижается и к 25 годам почти достигает первоначального значения 3–5 тыс. шт./га. На эмпирической линии регрессии отмечаются резкие спады густоты молодняков в 4–5, 9–10, 14–15 лет. Это явление можно объяснить проведенными на большинстве объектов рубками ухода – осветлениями и прочистками. Эффективность лесовосстановления путем посева семян оказалась самой низкой, так как вырубки в этом случае чаще полностью зарастали лиственными породами, имели небольшое количество хвойных пород и реже подвергались рубкам ухода.

Библиографический список

1. Мелехов, И.С. Лесоведение / И.С. Мелехов. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 407 с.
2. Основные положения по лесовосстановлению и лесоразведению в лесном фонде СССР. – М.: Гослесхоз, 1991. – 27 с.
3. Основные положения по рубкам ухода в лесах России. – М., 1993. – 36 с.
4. Наставления по рубкам ухода в равнинных лесах европейской части России. – М.: Федеральн. служба лесн. хоз. России, 1994. – 190 с.
5. Сиперович, И.П. Полевой справочник таксатора / И.П. Сиперович. – М.: Гослесбумиздат, 1958. – 234 с.
6. Общесоюзные нормативы для таксации лесов: справочник. – М.: Колос, 1992.
7. Гусев, Н.Н. Справочник лесоустроителя / Н.Н. Гусев. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 328 с.

**ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ,
ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЗОНЕ ХРОНИЧЕСКОГО
ПРОМЫШЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЩЕЛОЧНОГО ТИПА**

Д.М. ПАНИЧЕВА, *асп. каф. лесозащиты и охотоведения БрГИТА,*

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

В последние десятилетия нарушению устойчивости лесов, наряду с пожарами, рубками леса и вспышками массового размножения вредителей и болезней, способствует загрязнение атмосферы промышленными выбросами. В промышленно развитых регионах России аэротехногенное воздействие становится приоритетным фактором, влияющим на состояние лесов,

продуктивность и возобновление [1–11]. Исследования состояния хвойных насаждений проводились в районе воздействия ОАО «Мальцовский портландцемент» – крупнейшего в России и Европе производителя цемента. В 2006 г. общий выброс загрязняющих веществ составил более 33 тыс.т., при этом доля твердых частиц составляла 67 % от общего выброса.

Т а б л и ц а 1

Динамика состояния древостоя сосны на постоянных пробных площадях

Зона воздействия	№ ППП	Год учета	Распределение деревьев по категориям состояния, %						СКС
			I	II	III	IV	V	VI	
Сильного	1	1992	26,4	32,3	32,0	1,0	2,1	6,2	2,38
		1996	23,0	34,5	30,2	2,1	2,1	8,1	2,49
		2000	44,8	34,3	16,4	4,5	0	0	1,80
		2002	29,9	38,8	20,8	6,0	3,0	1,5	2,18
		2006	22,7	31,0	32,4	5,5	2,8	5,6	2,52
	2	1992	24,2	37,4	27,6	4,4	2,4	4,8	2,38
		1996	23,2	32,2	29,2	6,6	2,2	6,6	2,53
		2000	40,9	33,8	20,5	2,4	0	2,4	1,94
		2002	40,0	34,4	11,2	9,6	1,6	3,2	2,08
		2006	35,7	38,6	9,9	8,7	1,6	5,5	2,30
	5	1992	46,1	28,5	19,0	0	1,6	4,8	1,97
		1996	43,0	28,5	14,2	4,7	1,6	8,0	2,17
		2000	41,6	27,2	15,2	3,2	1,6	11,2	2,29
		2002	39,2	27,2	14,4	3,0	3,2	12,8	2,42
		2006	36,9	31,4	16,4	3,8	4,8	6,7	2,28
Умеренного	3	1992	49,4	43,2	3,6	1,9	0	1,9	1,66
		1996	45,3	43,5	3,7	1,9	1,9	3,7	1,82
		2000	44,3	44,5	3,7	3,8	0	3,7	1,82
		2002	40,7	49,6	5,5	3,8	1,9	5,6	2,00
		2006	34,1	48,3	8,5	0	3,7	5,4	2,09
	4	1992	53,6	37,6	6,6	1,1	0	1,1	1,60
		1996	51,7	34,1	8,7	1,1	1,1	3,3	1,76
		2000	50,0	33,7	9,8	1,1	0	5,4	1,83
		2002	47,2	35,4	8,7	2,2	1,1	5,4	1,90
		2006	41,0	38,3	13,9	2,3	0	4,5	1,97
Слабого	6	1992	62,5	26,7	6,2	0,8	0,8	3,0	1,59
		1996	63,2	24,8	6,	1,5	0	3,7	1,61
		2000	60,0	24,4	8,2	3,7	0	3,7	1,70
		2002	57,4	24,7	9,0	2,1	1,6	5,2	1,81
		2006	55,0	26,6	10,2	2,3	1,4	4,5	1,84

Примечание: СКС – средневзвешенная категория санитарного состояния

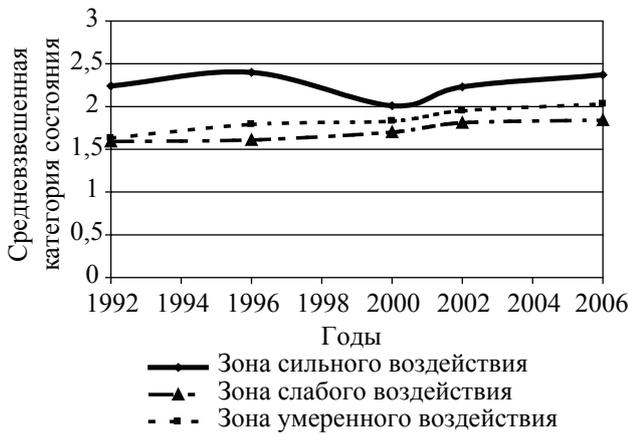


Рис. 1. Изменение средневзвешенной категории состояния древостоев на ППП

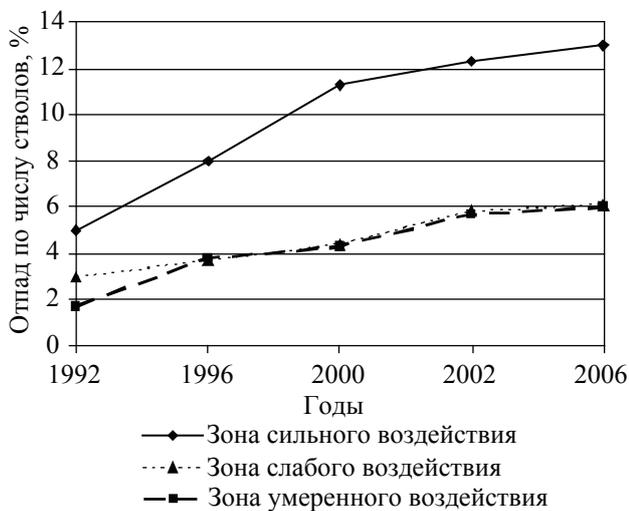


Рис. 2. Динамика общего отпада на ППП

К твердым загрязнителям атмосферы относятся оксид железа, кальция оксид, неорганическая пыль с различным содержанием диоксида кремния, элементарная сера и другие соединения. Наибольший вклад в выброс газообразных веществ вносят оксиды азота (более 50 % в последние годы), сернистый ангидрид (снизился до 10–12 %), СО (30–35 %).

Работы проводились на территории Учебно-опытного лесхоза БГИТА в сосновых насаждениях V – VI классов возраста, полнотой 0,5–0,8, зеленомошной группы типов леса, произрастающих в районе хронического промышленного воздействия щелочного типа предприятия цементной промышленности с использованием методов лесопатологического мониторинга и лесной таксации.

Нами использованы данные ранее заложенных 6 ППП – 3 шт. – в зоне сильного воздействия, 2 – в зоне умеренного воздействия, 1 – в зоне слабого воздействия. Пробные площади заложены в 1992 г., повторные перечеты проведены в 1996, 2000, 2002 и 2006 гг. Результаты обработки данных представлены в табл. 1.

Динамика изменений средневзвешенной категории состояния и общего отпада древостоев в разных зонах промышленного воздействия отражена на рис. 1 и 2. Для зоны слабого воздействия использованы данные ППП 6, для остальных зон – усредненные.

Можно отметить, что во всех зонах воздействия за 14 лет наблюдений санитарное состояние древостоев сосны значительно ухудшилось на всех пробных площадях. Уменьшение средневзвешенной категории санитарного состояния в зоне сильного воздействия в 2000 г. связано с тем, что в конце 1996 г. на ППП 1 и ППП 2 была проведена выборочная санитарная рубка сухостоя и усыхающих деревьев. Данное мероприятие позволило уменьшить отпад и улучшить санитарное состояние насаждения, но в дальнейшем интенсивность ослабления не уменьшилась. Только на ППП, расположенной в зоне слабого техногенного воздействия, произошли незначительные изменения, связанные с возрастом древостоя. В зоне сильного воздействия интенсивность изменений выше, чем в других зонах.

За последние 14 лет произошло увеличение общего отпада во всех зонах воздействия. В зоне сильного воздействия он увеличился более чем в 3 раза, в других зонах – в 2–2,5 раза.

Из табл. 2 следует, что наибольшее ухудшение деревьев наблюдается в зоне сильного загрязнения (более 72 % деревьев из категории «без признаков ослабления» ухудшили свое состояние), более 80 % деревьев ослабленных перешли в категории большего ослабления, в т.ч. 11,3 % усохли.

В категории «сильно ослабленные» (1992 г.) 66,7 % деревьев усохли, 16,7 % – перешли в категорию «усыхающие». Из деревьев, отнесенных ранее к категории «усыхающие», все деревья усохли.

Динамика ослабления деревьев сосны по данным перерасчетов на ППП за период с 1992 по 2006 гг.

Зона воздействия	Категории состояния деревьев при учете в 1992 г.									
	Без признаков ослабления				Ослабленные			Сильно ослабленные		Усыхающие
	Доля деревьев, перешедших в категории, %									
	Ослабленные	Сильно ослабленные	Усыхающие	Сухостой	Сильно ослабленные	Усыхающие	Сухостой	Усыхающие	Сухостой	сухостой
Сильного	46,0	19,8	7,1	0	51,6	17,7	11,3	16,7	66,7	100
Умеренного	43,6	18,6	0	2,1	45,0	5,0	2,5	0	100	100
Слабого	24,1	0	0	1,2	25,0	2,5	0	14,3	57,1	0

Отмеченные тенденции характерны и для других зон воздействия, однако процесс ослабления в них идет медленнее. В зоне умеренного воздействия 43,6 % деревьев из категории «без признаков ослабления» перешли в ослабленные; 45 % «ослабленных» перешли в категорию «сильно ослабленные». Из категории «сильно ослабленные» и «усыхающие» усохли все деревья. В зоне слабого воздействия усохло 1,2 % деревьев из категории «без признаков ослабления», в других категориях сухостоя отмечено не было.

Таким образом, промышленные выбросы с преобладанием щелочной компоненты оказывают значительное влияние на состояние сосняков. Санитарные рубки позволяют улучшить санитарное состояние насаждений, но не повышают устойчивость к стрессу. Разреживание древостоя способствует также проникновению аэрополлютантов в полог крон древостоя.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости более частого проведения системного надзора за состоянием насаждений в районе воздействия щелочных выбросов с целью своевременного проведения санитарно-оздоровительных мероприятий. Частота проведения мероприятий по надзору их зависит от степени промышленных эмиссий.

Библиографический список

1. Ворон, В.П. Воздействие загрязнения атмосферы на сосновые леса Восточного Донбасса / В.П. Ворон, Т.Ф. Стельмахова, И.М. Коваль // Лесоведение. – 2000. – № 1. – С. 46–50.
2. Демаков, Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические ас-

- пекты) / Ю.П. Демаков. – Йошкар-Ола: Периодика, 2000. – 416 с.
3. Илькун, Г.М. Загрязнители атмосферы и растения / Г.М. Илькун. – Киев.: Наук. Думка, 1987. – 58 с.
4. Исаев, А.С. Биологическое разнообразие лесов России – предложения к программе действий / А.С. Исаев, Л.М. Носова, Ю.Г. Пузаченко // Лесоведение. – 1997. – № 2. – С. 3–13.
5. Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда / Ю.З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 125 с.
6. Лукина, Н.В. Влияние атмосферных загрязнений на биохимические циклы элементов в лесах Севера / Н.В. Лукина, В.В. Никонов // Влияние атмосферных загрязнений и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов центральной и восточной Европы. – М., 1996. – Т. 1. – С. 14–16.
7. Менщиков, С.Л. Особенности строения сосняков в окрестностях Нижнего Тагила / С.Л. Менщиков, Г.В. Андреев, В.Э. Власенко // Актуальные проблемы лесного комплекса. – Брянск. – 2001. – С. 44–45.
8. Миронов, О.А. Влияние диоксида азота на лесные посадки городов Южного Урала / О.А. Миронов, Н.Л. Коробова // Лесное хозяйство. – 2004. – № 4. – С. 27–28.
9. Михайлова, Т.А. Оценка состояния лесов на территории проектируемого размещения крупного алюминиевого производства / Т.А. Михайлова, Н.С. Бережная, О.В. Игнатьева // Лесное хозяйство. – 2004. – № 4. – С. 29–30.
10. Николаевский, В.С. Роль загрязнений воздуха в ослаблении и усыхании лесов / В.С. Николаевский // Влияние атмосферных загрязнений и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы. – М.: МГУЛ, 1996. – Т. 2. – С. 45–47.
11. Смит, У.Х. Лес и атмосфера: Взаимодействие между лесными экосистемами и примесями атмосферного воздуха / У.Х. Смит. – М.: Прогресс, 1985. – 429 с.

АДВЕНТИВНЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.Е. МАТВЕЕВ, доц. Волгоградского ГПУ, канд. биол. наук

В последнее время в связи с усилением хозяйственной деятельности все острее встает вопрос инвазии адвентивных видов, которой подвержена и лесная флора в том числе.

Проблема адвентивных видов является общебиологической. Необходимость и важность исследования чужеродных организмов в настоящее время бесспорна и чрезвычайно актуальна. В процессе хозяйственной деятельности, как осознанно, так и спонтанно изменяя и подстраивая под себя среду обитания, человек является беспрецедентным по мощности и глобальности фактором воздействия на все составляющие биосферы. Одним из проявлений этого воздействия является осознанное и неосознанное распространение растений. Адвентизация флор носит глобальный характер.

Инвазия адвентивных растений является катастрофическим процессом, который, не будучи остановлен, кардинально подорвет естественные экосистемы, нанесет экономический, эстетический и прочий ущерб.

Инвазии адвентивных видов подвержены в том числе и лесные ценозы. Конечно, нетронутый человеком лес является очень устойчивым сообществом. В сложившуюся структуру пришлым видам внедриться очень трудно. Лесов в Волгоградской области, которая находится в зоне степей, очень мало – 3,7 %. Леса области либо пойменные, то есть периодически происходит их нарушение и обновление, а следовательно, они очень подвержены атакам чужаков, либо они очень сильно антропогенно изменены. Тенденции адвентизации лесной флоры области, в частности, схожи с таковыми для всего юго-востока России в целом.

Адвентивные виды по-разному ведут себя на территории области. Можно выделить группу относительно безобидных адвентивных видов, которые на протяжении многих лет находятся на стадии колонофитов, чужеземных видов, долгое время удерживающихся в местах первичного заноса,

но далее пока не распространяющихся. Ими являются такие виды, как *Bryonia alba* (L.), *Viola odorata* (L.), *Cerasus tomentosa* (Thunb.) Wall., *Xanthoxalis stricta* (L.) Small subsp. *villicaulis* (Wieg.) Tzvel., *Sambucus racemosa* (L.), *Lonicera tatarica* (L.), *Datura meteloides* DC., *D. stramonium* (L.).

Morus alba L. широко культивировалось и распространилось в пойменных ценозах. Особенно много в Волго-Ахтубинской пойме. Вполне натурализовалось.

Ptelea trifoliata L. Широко культивируется с XVII века [4]. Неоднократно отмечался в других регионах, в Тульской [2] сорничающим на ж.-д. станции. Интересно, что в Саратове дает хороший самосев [6]. Пока известны единичные находки, но вполне возможно, что этот вид, подобно ряду других североамериканских древесных растений, демонстрирует пример агрессивности.

Juglans regia L. В последние годы наблюдается вспышка расселения как в Волго-Ахтубинской пойме, так и на правобережье Волги.

Но наряду с ними есть и чрезвычайно агрессивные виды, которые очень активно внедряются в природные сообщества и нарушают их, вытесняя местные виды.

Среди таких видов-агрессоров можно назвать целый ряд растений. *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray., который до Второй мировой войны имел лишь точечные местонахождения, а с 1946 г. стал стремительно расширять ареал и продвигаться на северо-восток. По нашим наблюдениям, распространен повсеместно в поймах рек и по более или менее увлажненным местам. Часто образует густые заросли.

Acer negundo L. Североамериканский вид. Натурализовался и вошел в пойменные ценозы. Зачастую становится лесообразующей породой, сменяя ивовые на ранних стадиях пойменных сукцессий, и образует чистые заросли, практически без подлеска

и слабо развитого травянистого яруса. По некоторым данным, является аллелопатом и проявляет высокую степень устойчивости к диоксиду серы вблизи промышленных предприятий.

Amorpha fruticosa (L.) Североамериканское растение. Интенсивно внедряется в пойменные ценозы [7, 9], зачастую вытесняя травянистую растительность, создает пионерные растительные группировки на речных песках [8]. Указывается также в Астраханском заповеднике [5]. Культивируется в России с XVII в. [4]. Отмечается во многих областях Северного Кавказа, юга и центра России [1, 10]. Проявляет довольно стойкую устойчивость к диоксиду серы (средняя регенерационная способность), а также среднеустойчива к фтору, невосприимчива к хлороводороду и хлору, мало восприимчива к аммиаку, проявляет себя как аллелопат [3]. Распространилась на территории области повсеместно. Активно внедряется в пойменные биоценозы. Встречается также на степных участках с близким залеганием вод на западе области.

Parthenocissus quenquefolia (L.) Planch. Североамериканская одревесневающая лиана. В последнее время быстро распространяется на рудеральных и полуестественных местах обитания в разных районах области. Наблюдаются случаи произрастания в пойменных ценозах и байрачных лесках. Вполне возможна дальнейшая натурализация.

Fraxinus pennsylvanica Marsh. Североамериканец, натурализуется в поймах. Мы основываемся на мнении Скворцова А.К., что к этому виду следует относить все упоминания адвентивных ясеней на территории нашего региона, фигурирующие в литературе как *F. americana* (L.) [9] и *F. lanceolata* Borkh. [5, 9]. Как и *Acer negundo* (L.), замещает аборигенные растения на ранних стадиях сукцесий и образует массовые заросли.

Bidens frondosa (L.) Стала массовым видом, к настоящему времени широко распространилась и вытесняет аборигенную *B. tripartita* (L.).

Библиографический список

1. Александрова, К.И. О дичании эргазиофитов в Липецкой области / К.И. Александрова // Проблемы изучения синантропной флоры СССР. – М.: Наука, 1989. – С.55–56.
2. Арцыбашев, Д. Отчет по работам Тульской акклиматизационной станции за 1923-1924 г. / Д. Арцыбашев // Труды по прикладной ботанике и селекции. Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур. 1924–1935 гг. – Л., 1925. – Вып. 4. – С. 31–192.
3. Галкин, С.И. Об аллелопатической активности интродуцированных в лесостепи УССР древесных и кустарниковых растений из порядка бобовых / С.И. Галкин // Теории и методы интродукции и зеленого строительства. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 27–29.
4. Данилов, Е.А. К истории акклиматизации и натурализации древесных пород в России / Е.А. Данилов, В.М. Борткевич // Труды по прикладной ботанике и селекции. Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур. 1924–1935 гг. – Л., 1925. – Вып. 1–5. – С. 3–26.
5. Живогляд, А.Ф. Адвентивные растения во флоре Астраханского биосферного заповедника / А.Ф. Живогляд, А.П. Лаптинов, А.К. Горбунов // Состояние, изучение и сохранение природных комплексов Астраханского биосферного заповедника в условиях повышения уровня Каспийского моря и усиливающейся антропогенной нагрузки. Тезисы докладов юбилейной научной конференции, посвященной 80-летию Астраханского заповедника (г. Астрахань, 23-28 августа 1999 г.). – Астрахань: ООО «ЦНТЭП», 1999. – С. 28–29.
6. Ивченко, Н.И. Интродукция и акклиматизация древесных растений на Юго-Востоке / Н.И. Ивченко // Тр. Ин-та экологии растений и животных УНЦ АН СССР. Успехи интродукции растений на Урале и в Поволжье. – М., 1977. – Вып. 102. – С. 26–31.
7. Любченко, В.М. Распространение аморфы кустарниковой в фитоценозах Каневского заповедника / В.М. Любченко // Бюл. Гл. ботан. сада. 1987. – Вып. 146. – С. 48–50.
8. Любченко, В.М. Массовое проникновение в фитоценозы Среднего Приднестровья (Украинская ССР) некоторых североамериканских деревьев и кустарников / В.М. Любченко, Н.Н. Бортняк // Проблемы изучения адвентивной флоры СССР (материалы совещания. 1-3 февраля 1989 г.). – М.: Наука, 1989. – С. 61–63.
9. Сагалаев, В.А. Антропогенный флороценогенез в пределах урбанизированной территории на примере Волгограда / В.А. Сагалаев // Проблемы озеленения: градостроительные, экологические, санитарно-гигиенические аспекты. – Волгоград, 1995. – С. 56–58.
10. Цвелев, Н. Н. О новых и редких для Краснодарского края адвентивных растениях / Н.Н. Цвелев, В.Д. Бочкин // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1992. – Т. 97. – Вып. 5. – С. 99–106.

ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ МАКСИМАЛЬНОГО СОХРАНЕНИЯ ПОДРОСТА

Е.М. РУНОВА, *проф. Братского ГУ, д-р с.-х. наук,*
В.А. САВЧЕНКОВА, *науч. сотр. Братского ГУ, канд. техн. наук*

В настоящее время важное значение приобретают эколого-лесоводственные требования к организации и технологии лесосечных работ. Соотношение способов рубок и восстановления леса – важнейший вопрос, от решения которого в значительной степени зависит развитие лесного хозяйства и лесной промышленности. Актуальной проблемой является улучшение качественного состояния лесовосстановительных мероприятий, увеличение объемов лесозаготовок с одновременным улучшением мероприятий по содействию естественному возобновлению лесов.

С целью обоснования технологического процесса рубок главного пользования, обеспечивающего максимальное сохранение жизнеспособного подроста хозяйственно ценных пород в условиях Среднего Приангарья, проведены исследования, объектом которых является технология лесосечных работ с сохранением подроста при рубках главного пользования.

Основное распространение на лесозаготовках получили две технологии, базирующиеся на различных способах трелевки древесины. Наиболее распространенная технология заготовки леса целыми деревьями и хлыстами базируется на использовании мощных валочно-пакетирующих машин (ЛП-19), трелевочных тракторов с пачковыми захватами (МЛ-30, МЛ-56, ЛТ-154), канатно-чокерным оборудованием (ТТ-4М), специализированных машин для обрезки сучьев (ЛП-33) и погрузки (ЛТ-188). В основном разработка лесосек ведется в различных типах леса с преобладанием двух схем разработки лесосек: с трелевкой хлыстов и сортиментов на один лесовозный ус и на два уса. На рис. 1 отображены основные типы леса, в которых проводятся лесозаготовительные работы.

Наибольшее количество подроста под пологом леса наблюдается в зеленомошном типе леса (от 4 до 17 тыс./га).

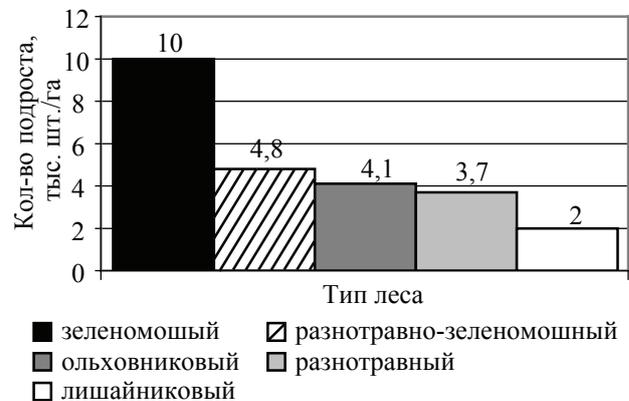


Рис. 1. Распределение средней численности подроста по типам леса

Наиболее слабо протекают восстановительные процессы в лишайниковом типе леса (1,9–2 тыс./га).

Исследования проведены на 10 постоянных и 20 временных пробных площадях с составлением абриса лесосеки в различных типах леса суммарной площадью 518,6 га. Для установления факторов, определяющих ширину волока, было обследовано 108 волоков и замерено 40 пачек деревьев. Всего на каждой пробе с технологией трелевки на два лесовозных уса заложено 45 площадок с технологией разработки на один лесовозный ус – 9 площадок. Для построения эпюры сохранения подроста по сечению ленты было заложено 35 пробных площадей размером по 75 м² каждая. Для изучения лесовозобновления также применялся метод учетных площадок, предложенный А.В.Побединским. Были заложены 20 площадок размером 1 × 1 м при низком подросте и 2 × 2 м при высоком. Для определения влияния сезонности вырубki леса на сохранение подроста было проведено обследование 12 летних и 18 зимних вырубок.

Основная задача исследований заключалась в разработке математической модели лесовосстановления с учетом факторов лесозаготовки.

Для реализации поставленной цели соблюдался ряд условий, объединенных об-

щим замыслом. Реализация происходила в конкретных природно-производственных, т.е. в рамочных условиях. Сами условия реализации также характеризовались рядом параметров, и большинство из них имело достаточно точные количественные характеристики [1].

Все параметры разделены на две группы:

- неуправляемые (характеристики древостоя, почвенно-грунтовые условия, рельеф местности, климат и др.);
- управляемые (расстояние между технологическими коридорами, их длина и ширина, объем пачки, ширина пачки и др.).

Неуправляемые факторы, влияющие на сохранность подроста после рубки: запас древостоя; средний объем хлыста; кол-во подроста до рубки; возраст подроста; высота подроста. Управляемые факторы: объем пачки; ширина волока; ширина пачки; кол-во деревьев в пачке; степень минерализации почвы; длина волока; кол-во проходов трактора по волоку; доля неблагонадежного подроста; степень покрытия порубочными остатками.

Неуправляемые параметры не изменяются при решении задачи.

Управляемые параметры могут меняться. Их значения могут задаваться произвольно, выбираться по аналогам или вводиться из баз данных. Определение значений представляет собой управленческое решение в области технологии рубок. Результат принятия решения зависит от комбинации заданных неуправляемых и выбранных управляемых параметров. Другой результат можно получить за счет варьирования управляемых параметров. Изменять эти параметры возможно только в реальных пределах. На рис. 2 изображена схема влияния природно-производственных факторов на степень сохранности подроста.

На рис. 3 представлен алгоритм управления технологией лесозаготовок с сохранением подроста.

Как видно из схемы на рис. 3, принятию решения присущи две характерные черты: достижение определенной цели и выбор единственного решения из множества возможных и допустимых. Основными критериями оценки естественного лесовосстановления является его сохранность, жизнеспособность оставшегося подроста и его породный состав.

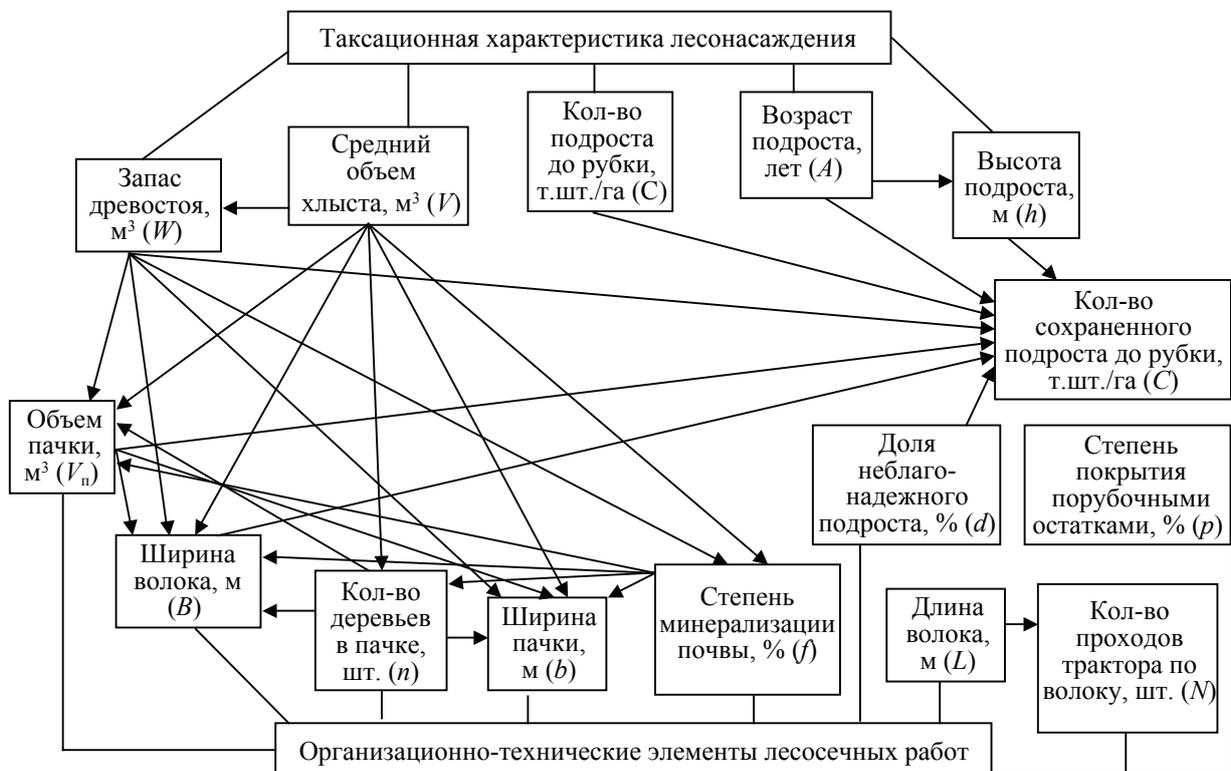


Рис. 2. Схема влияния природно-производственных факторов на степень сохранности подроста

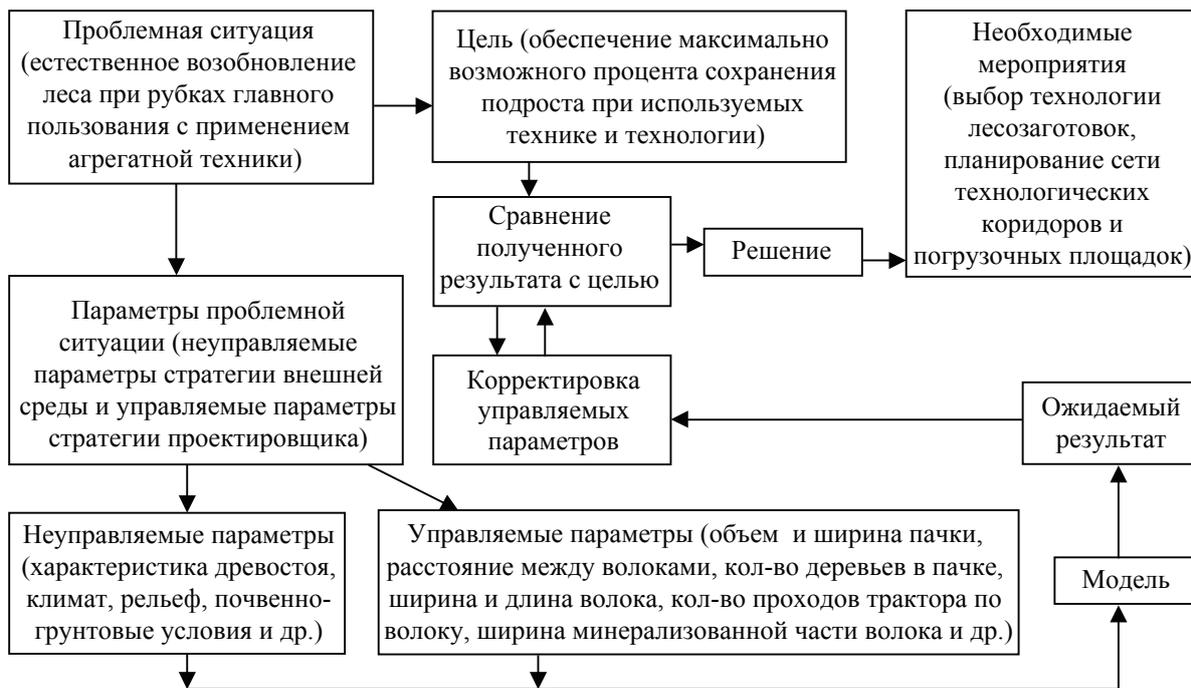


Рис. 3. Основные связи процесса экологически обоснованного принятия решения

В общем виде естественное лесовосстановление можно выразить критерием α

$$\alpha = (k_1 W + k_2 C + k_3 V_n + k_4 A + k_5 h) \times (k_6 V + k_7 B + k_8 b + k_9 f + k_{10} L + k_{11} N + k_{12} n + k_{13} d + k_{14} p), \quad (1)$$

где α – комплексный показатель сохранности подроста, который является интегральным и объединяет показатели с различной размерностью с учетом системы относительных оценок;

W – запас древостоя относительно среднего эксплуатационного запаса по району исследования;

C – количество подроста до рубки относительно среднего количества подроста под пологом леса по району исследования;

V – объем хлыста относительно среднего объема хлыста по району исследования;

A – возраст подроста относительно среднего возраста подроста по району исследования;

h – высота подроста относительно средней высоты подроста по району исследования;

V_n – объем пачки относительно среднего объема пачки при рассматриваемой технологии;

B – ширина волока, рассматривается как отношение фактической ширины волока к нормативной;

b – ширина пачки относительно средней ширины пачки при рассматриваемой технологии;

f – степень минерализации почвы относительно общей площади вырубки;

L – длина волока, рассматривается как отношение фактической длины волока к среднему расстоянию трелевки при рассматриваемой технологии;

N – количество проходов трактора, рассматривается как отношение фактического количества проходов трактора к теоретическому, то есть соотношению среднего расстояния трелевки и количества пачек на волоке;

n – количество деревьев в пачке, рассматривается относительно количества деревьев в пачке среднего объема при данной технологии;

d – доля неблагонадежного подроста после рубки относительно общего количества подроста после рубки.

По степени влияния на сохранность подроста факторы можно разделить на две группы: положительно и отрицательно влияющие на сохранность подроста. Факторы

первой группы имеют определенные ограничения. Так, например, степень минерализации почвы менее 20 % в зависимости от условий местопроизрастания может оказаться недостаточной для укрепления и прорастания семян, так как почва может подвергнуться сильному задернению, а свыше 60 % – может способствовать вымыванию семян.

При построении моделей регрессии может возникнуть проблема мультиколлинеарности, под которой понимается тесная зависимость между факторными признаками, включенными в модель. Мультиколлинеарность существенно искажает результаты исследования. При рассмотрении таких факторов, как длина волокна (l), объем пачки (V), ширина волокна (B), количество проходов трактора (N), ширина пачки (b), количество деревьев в пачке (n), имел место факт превышения парного коэффициента корреляции 0,5. Устранение мультиколлинеарности может реализовываться через исключение из корреляционной модели одного или нескольких линейно связанных факторных признаков или преобразование исходных факторных признаков в новые, укрупненные факторы. Для оценки значимости входящих в модель факторных признаков, т.е. выяснения, как они влияют на величину результативного признака, использованы коэффициенты регрессии

$$\alpha = -3,944 + 0,224 / h + 1,349 / W + 0,699 / f + 1,02 / V - 0,027 h^2 + 0,18W^2 + 1,494 / f^2 + 0,034 / V^2. \quad (2)$$

Это соответствие можно оценить по графику (рис. 4), нанеся исходные точки и вычисленное уравнение регрессии.

Разработанная функциональная схема влияния природно-производственных факторов на степень сохранности подроста в процессе лесосечных работ способствовала построению эколого-математической модели технологии лесосечных работ с мероприятиями по содействию естественному возобновлению лесов, которая позволила прогнозировать уровень сохранности подроста при сплошных рубках с использованием агрегатной техники.

Специфические особенности применения различных технологий и внедрение новой техники заслуживают дальнейшего подробного изучения.



Рис. 4. График соотношения модели α со статистическими данными

Установленный критерий α является одним из способов оценки процесса лесовосстановления после сплошных лесосечных рубок с применением агрегатной техники.

В процессе лесозаготовительных работ на сохранность подроста влияют различные факторы, которые можно подразделить на управляемые (расстояние между технологическими коридорами, их длина и ширина, объем пачки, ширина пачки и др.) и неуправляемые (характеристики древостоя, почвенно-грунтовые условия, рельеф местности, климат и др.).

Определен критерий (α), позволяющий оценивать лесовосстановление после сплошных лесосечных рубок с применением агрегатной техники.

Разработана математическая модель влияния природно-производственных факторов на сохранность подроста с учетом мультиколлинеарности и коэффициентов регрессии, которая позволяет прогнозировать уровень сохранности подроста при сплошных рубках с использованием агрегатной техники. Наибольшее влияние на сохранность подроста оказывают следующие факторы: объем трелюемой пачки (коэффициент корреляции 0,68), степень минерализации почвы (0,69), средний объем хлыста вырубаемого древостоя (0,74). Достоверность модели подтверждена экспериментальными данными.

Оценка точности полученной модели показала, что статистические данные и результаты, рассчитанные с помощью уравнения модели, отличаются незначительно. Ма-

лая относительная погрешность показывает адекватность модели реальному физическому процессу.

Одной из наиболее эффективных оценок адекватности регрессивной модели, мерой качества уравнения регрессии, характеристикой прогностической силы анализируемой регрессионной модели является коэффициент детерминации R^2 . Коэффициент детерминации рассматриваемой модели $R^2 = 0,93$, что указывает на сильную зависимость между входным и выходным параметром. Таким образом, результат не является случайным.

Для оценки эффективности или информационной ценности полученной многофакторной регрессионной модели вычислено F_u -наблюдаемое. Регрессионная модель считается эффективной, так как $F_u = 57,47 > (3 \div 5)$.

Завершающим этапом регрессионного анализа является интерпретация уравнения, т.е. перевод его с языка статистики и математики на язык экономики. Всякая интерпретация начинается со статистической оценки уравнения регрессии в целом и оценки значимости входящих в модель факторных признаков, т.е. с выяснения, как они влияют на величину результативного признака. Чем больше величина коэффициента регрессии, тем значительнее влияние данного признака на моделируемый.

С целью расширения возможностей экономического анализа используются частные коэффициенты эластичности, определяемые по формуле

$$\varepsilon_{xi} = a_i(x_i / y_i), \quad (3)$$

где x_i – среднее значение соответствующего факторного признака;

y_i – среднее значение результативного признака;

a_i – коэффициент регрессии при соответствующем факторном признаке.

Коэффициент эластичности показывает, на сколько процентов в среднем изменится значение результативного признака при изменении факторного признака на 1 %. При расчете коэффициента эластичности по исходным данным зависимости между количеством подростка (α) и его высотой (h), степенью минерализации почвы (f), запасом древостоя на 1 га (W) и средним объемом хлыста (V) вырубленного древостоя получены следующие результаты:

1) при увеличении высоты подростка на 1 % количество подростка снизится на 0,23 %;

2) при увеличении степени минерализации почвы на 1 % количество подростка снизится на 0,39 %;

3) при увеличении объема хлыста срубленного древостоя на 1 % количество подростка снизится на 1,32 %;

4) при увеличении запаса древостоя на 1 % количество подростка снизится на 1,57 %.

Библиографический список

1. Герасимов, Ю.Ю. Экологическая оптимизация технологических процессов и машин для лесозаготовок / Ю.Ю. Герасимов, В.С. Сянев. – Финляндия: Издательство университета ЙОЭНСУУ. – 1998.

ОБЗОР СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ОТХОДОВ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.А. КАЛИНИН, *асп. каф. технологии оборудования лесопромышленных предприятий МГУЛ*

В структуре лесов наряду с хвойными породами и березой, пользующимися устойчивым спросом в сферах традиционного применения деловой древесины, много низкокачественной и практически не находящей сбыта древесины осины и ольхи.

При существующей практике сплошных рубок затраты на заготовку малоценных пород древесины не только не окупаются, но

и увеличивают себестоимость заготовки ценных пород. Поскольку правилами лесопользования запрещается оставлять вырубленный лес на делянке, у заготовителей возникают дополнительные проблемы и затраты, связанные с очисткой делянок. Нередки случаи, когда низкокачественная древесина так и остается гнить в лесу. Сотни тысяч кубических метров низкокачественной древесины засо-

ряют делянки или сжигаются, значительно увеличивая опасность лесных пожаров.

Однако в последние годы стала очевидной необходимость углубления переработки заготавливаемой древесины, максимально возможного использования низкокачественной древесины и разнообразных древесных отходов.

Низкая степень освоения лесного фонда и, как следствие, преобладание перестойных лесов являются причиной ухудшения качества леса, в частности образования ядровой гнили, прикорневой губки. Пораженная губкой древесина может быть использована только на дрова. Вследствие этого около 3–4 % объема годовой заготовки приходится на дровяную древесину, которая пользуется крайне ограниченным спросом.

Вместе с тем эта древесина имеет значительную калорийность (удельную теплоту сгорания). Если технически грамотно переработать ее в щепу, то ее энергетическая ценность составит около 2,9 млн Гкал (12,15 млн ГДж), что достаточно для работы более 500 котлов тепловой мощностью по 1,2 МВт (котельная, оснащенная одним таким котлом, способна обогревать 100–120-квартирный дом).

Большой объем древесных отходов (опилки, кора, шлифовальная пыль, пораженная гнилью и другими пороками древесина и т.д.), образующихся на деревообрабатывающих и лесозаготовительных предприятиях, не может быть использован в производстве или из-за своих свойств, или из-за чрезмерной дороговизны транспортирования к месту переработки.

В таких случаях может оказаться целесообразной устилка на трелевочные волокна сучьев, небольших обломков и хвороста, что позволит увеличить сроки трелевки древесины с лесосеки. Также есть вариант использования измельченной древесины в качестве подстилки на животноводческих фермах. Сжигание отходов в топках сушилок, паровых и водогрейных котлов обеспечит существенную экономию энергоносителей (сжигание 5 т древесных отходов позволит сберечь 1 т мазута или 1000 м³ газа). Известен способ термической переработки биомассы в газо-

генераторе с получением газообразного топлива, практически свободного от активных примесей (смола и кислот). Он может использоваться без сложной дополнительной очистки в топках паровых и водогрейных котлов, в различных технологических установках для нагрева и сушки, в стационарных двигателях внутреннего сгорания с получением электроэнергии, в коммунально-бытовом хозяйстве для нагрева воды и обогрева помещений. Исходным сырьем для газогенератора могут быть любые углеродсодержащие отходы: древесина, щепа, кора, сельскохозяйственные отходы. Получаемый газ имеет высокую калорийность (8,5 м³ генераторного газа эквивалентно 1 кг мазута). По сравнению с прямым сжиганием твердого топлива использование генераторного газа является в экологическом отношении значительно более чистым процессом. Однако сложность заключается в том, что для широкого внедрения такого эффективного метода утилизации необходимо решение целого ряда проблем: создание модульных мобильных газогенераторных установок малой производительности (так как транспортирование древесных отходов с лесосек, отдельно стоящих складов и скопленений биомассы затруднительно и требует специальной подготовки по величине куска и влажности), транспортирование полученного при переработке модульными установками газа или электроэнергии.

Наряду с прямым сжиганием и газификацией биомассы может быть использован пиролиз, который представляет собой процесс термического разложения органических соединений без доступа кислорода при относительно низких температурах (500–800 °С) по сравнению с процессами газификации (800–1300 °С) и горения (900–2000 °С). Пиролиз является эффективным методом термической переработки биомассы промышленных и бытовых отходов и одновременно одной из наименее развитых технологий ее энергетического использования. Первичными продуктами пиролиза могут быть жидкость, твердое углеродное вещество и газы в зависимости от вида и параметров процесса, вторичными – энергия, топливо и химические продукты.

Недостаток метода заключается в необходимости стационарного базирования установки, специальной подготовки пиро-топлива и трудностях транспортирования получаемых пиропродуктов. В то же время пиролиз может быть использован как конечный этап переработки древесных и растительных отходов, подготовленных методом окускования или измельчения.

В настоящее время представляются перспективными развивающиеся биотехнологии, в основе которых лежит использование микроорганизмов, культур клеток, грибов и других продуцентов биологически активных соединений и технически важных веществ. При этом решаются не только проблемы производства ценных биопрепаратов и технических средств, но и экологические проблемы, в том числе утилизация отходов различных производств, связанных с переработкой биологического сырья или с использованием химических веществ в технологических процессах. Особый интерес представляет биоконверсия непищевого целлюлозного сырья, которая предусматривает микробиологическую и ферментативную переработку его в ценные биопрепараты и технически важные продукты и развивается в настоящее время в двух основных направлениях: твердофазная ферментация сырья (ТФФ) и ферментативный гидролиз целлюлозы (ФГЦ).

ТФФ включает выращивание дереворазрушающих грибов на целлюлозных отходах (опилки, стружки, кора), в результате чего получают кормовые добавки для животноводства, обогащенные грибным белком, витаминами, жирами и легкоусваиваемыми углеводами (в первую очередь глюкозой) – продуктами деструкции целлюлозы и сопутствующих полисахаридов.

ФГЦ достигается культивированием на отходах целлюлозно-бумажного производства микроорганизмов – продуцентов ферментов-целлюлаз с целью получения глюкозы – ценного продукта, потребность в котором до сих пор не удовлетворена в нашей стране.

Результаты, полученные при изучении биоконверсии целлюлозного сырья, открывают перспективу для создания малоотходных

и экологически выгодных производств биопрепаратов и кормовых добавок на основе продуктов переработки древесины.

Несмотря на наличие перспективных научных и технических разработок по глубокой переработке древесных отходов, анализ современного состояния промышленности и экономики России позволяет определить в качестве основного метод окускования древесных отходов в экструдерных брикетных прессах и получения высокоэффективного топлива для коммунально-бытового сектора страны. С одной стороны, это обусловлено уровнем технической и технологической подготовки промышленности, с другой – фактически не снижающейся потребностью жилищно-коммунального хозяйства страны в эффективном и экологически чистом топливе.

По оценке ряда ведущих ученых топливно-энергетической отрасли, в частности специалистов Института горючих ископаемых, в России вплоть до 2005 г. при годовой потребности жилищно-коммунального сектора в кусковом топливе в объеме 40–50 млн т сохранится устойчивый дефицит примерно в 10 млн т. Покрытие этого дефицита без существенного увеличения уровня добычи твердых горючих ископаемых может быть обеспечено только за счет брикетирования (таблетирования и производства пеллет) вторичного углеродсодержащего сырья.

В качестве компонентов для подготовки брикетной смеси могут быть использованы практически любые углеродсодержащие отходы производства и жизнедеятельности человека (донные шламы, древесный опил, стружка и т.д.), а также не востребованные сегодня в полной мере горючие полезные ископаемые (торф, горючий сланец, сапропель).

Однако проблема переработки древесных отходов не может быть решена только созданием передовых технологий и соответствующих им технических средств. Реально это возможно только при комплексном подходе, включающем еще и организационные решения, которые при этом играют едва ли не главенствующую роль. Необходимо разработать:

– нормативы допустимых нагрузок на леса регионов и законодательно закрепить их;

– генеральную схему развития транспортного строительства региона с учетом интересов лесного комплекса;

– провести реконструкцию лесопромышленного комплекса регионов;

– предусмотреть комплекс мероприятий по выращиванию крупномерной древесины в высокопроизводительных древостоях;

– на базе лесосеменных плантаций создать специализированные предприятия, занимающиеся проведением селекционной работы, заготовкой и переработкой семян, выращиванием и поставкой крупномерного посадочного материала;

– предусмотреть в бюджете областей регионов средства на проведение научно-исследовательских работ по разработке перспективных технологий глубокой переработки древесного материала;

– средства выделять представительным творческим коллективам в виде целевых грантов;

– предусмотреть финансирование проектирования и строительства предприятий и модульных комплексов по производству топ-

ливных брикетов из отходов деревоперерабатывающих предприятий.

Очевидно, что выполнение этих мероприятий возможно только совместными усилиями законодательных и исполнительных органов областей и республик регионов при условии приоритетности направления социально-экономического и экологического развития.

Решение комплекса организационных и технико-технологических задач позволит обеспечить регионы необходимым сырьем и энергией при одновременном снижении уровня влияния отходов производства на окружающую природную среду и здоровье человека.

Библиографический список

1. Старыгин, Л.А., Липунов, И.Н. Комплексная переработка промышленных отходов. <http://waste.com.ua>.
2. Петухов, И.И., Михайленко, Т.П. Технология выделения и компремирования компонентов биогаза. <http://waste.com.ua>.
3. Шувалов, Ю.В., Нифонтов, Ю.А. О переработке древесных отходов. <http://courier.com.ru/energy>.
4. Коробов, В.А. Переработка низкокачественного сырья / В.А. Коробов, Н.П. Рушнов. – М.: Экология, 1991. – 228 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ ОБРАБАТЫВАЮЩЕ-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕЩАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ

С.Б. ЯКИМОВИЧ, *проф. каф технологии и оборудования лесопромышленных производств МарГТУ, д-р техн. наук,*

М.А. ТЕТЕРИНА, *асп. каф технологии и оборудования лесопромышленных производств МарГТУ*

Обрабатывающе-транспортные системы лесозаготовок реализуют стохастический технологический процесс накопления и потребления перемещаемого запаса в виде рейсовой нагрузки транспортной машины [4, 6–8]. Оптимальные параметры таких систем, в том числе рейсовые нагрузки и скоростные режимы, зависят от различных факторов технологического процесса. К числу этих факторов относятся как детерминированные, например расстояние перемещения транспортной машины, так и стохастические, например характеристики предмета труда, объем межоперационного запаса на лесосеке на переходе от обрабатывающих операций к транспортировке, интенсивности накопления

и потребления перемещаемого запаса. В упрощенных детерминированных моделях [4, 6, 8] технологического процесса, реализуемого обрабатывающе-транспортными лесозаготовительными системами, стохастические факторы учитываются как показатели с постоянным средним значением. Поэтому такие модели позволяют получить лишь приближенные значения оптимальных параметров обрабатывающих и транспортных лесозаготовительных машин. Для получения более точных параметрических оценок необходимы стохастические модели, позволяющие учитывать не только средние, а все возможные значения параметров технологического процесса и их вероятности.

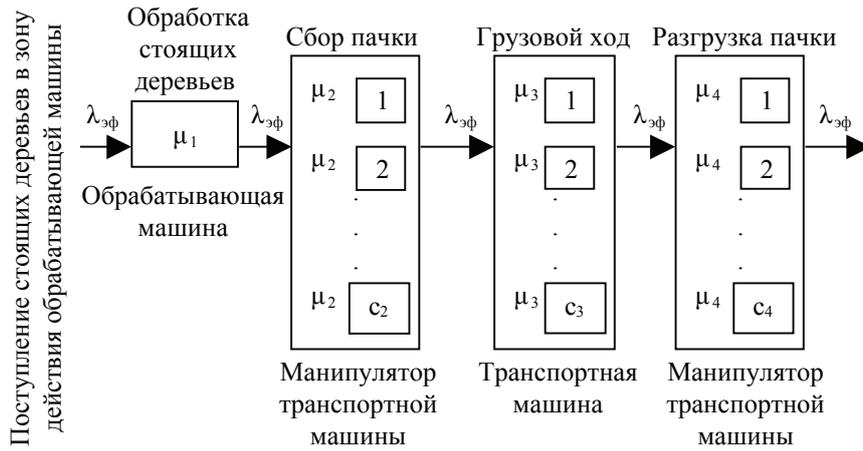


Рис. 1. Общий вид модели лесозаготовительной обрабатывающе-транспортной системы

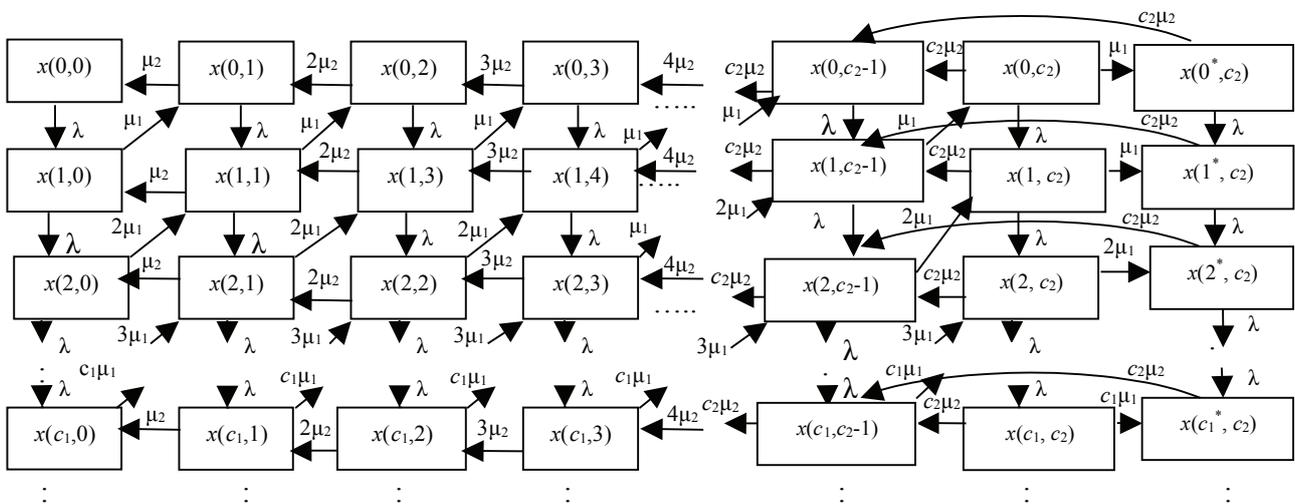


Рис. 2. Граф состояний двухфазной системы массового обслуживания с последовательными и параллельными каналами (перед второй фазой допускается конечная очередь)

Процесс функционирования лесозаготовительного комплекта обрабатывающая машина – транспортная машина может быть описан с помощью стохастической модели многофазной системы массового обслуживания. Общий вид модели представлен на рис. 1.

Обслуживание требований (сортиментов) в первой фазе (канале) системы соответствует получению обрабатывающей машиной сортиментов из стоящих деревьев. Интенсивность обслуживания требований в этом канале μ_1 определяется временем на получение одного сортимента. Обслуживание требований во второй и четвертой фазах системы соответствует сбору и разгрузке пачки манипулятором транспортной машины. Число каналов во второй c_2 и четвертой c_4 фазах определяется максимально возможным числом

сортиментов, захватываемых манипулятором за один прием. Интенсивности обслуживания каждого канала μ_2 и μ_4 определяются временем на выполнение всех операций при сборе и разгрузке пачки в расчете на один сортимент. Третья фаза системы, обслуживание требований в которой соответствует грузовому ходу транспортной машины, также имеет несколько параллельных каналов. Предполагается, что один канал обслуживает одно требование. Число каналов c_3 определяет нормативную рейсовую нагрузку транспортной машины, которая рассматривается как перемещаемый запас [4,6-8]. При этом минимально возможное число каналов определяется из условия стационарности процесса функционирования системы. Интенсивность обслуживания требования одним каналом μ_3 определяется

скоростью движения машины и расстоянием перемещения. Холостой ход транспортной машины не рассматривается как реализуемая отдельной фазой операция. Время холостого хода учитывается как детерминированная составляющая времени транспортировки.

Поток стоящих деревьев, поступающих в зону действия обрабатывающей машины при ее движении [5], характеризуется интенсивностью λ , которая определяется техническими характеристиками обрабатывающей машины и стохастическими природно-производственными условиями. Интенсивность обработки стоящих деревьев μ_1 определяется теми же факторами технологического процесса. Однако система функционирует в стационарном режиме – интенсивность поступления деревьев λ меньше интенсивности обработки μ_1 . Обусловлено это тем, что фактическая интенсивность входящего потока многофазной системы массового обслуживания снижается, если очередь хотя бы перед одной из фаз ограничена [3]. Максимальная длина очереди перед первой фазой системы определяется числом сортиментов, которые могут быть получены из всех стоящих деревьев на лесосеке, и является неограниченной. Очередь перед второй фазой определяется числом сортиментов, размещающихся в зоне действия манипулятора транспортной машины, рассматривается как ограниченная и является фактором управления при поиске оптимальных параметров системы. Это обеспечивает отсутствие избыточного межоперационного запаса предмета труда на переходе от обрабатывающих операций к транспортировке. С момента завершения формирования в транспортной машине пачки некоторого объема сразу начинается грузовой ход, т.е. перед третьей фазой не допускается наличие очереди. Максимальная длина очереди перед четвертой фазой – пространство, на котором размещаются ожидающие разгрузки сортименты – ограничивается вместимостью транспортной машины. Ограниченность очереди перед второй, третьей и четвертой фазами системы определяет снижение интенсивности входящего потока λ до величины $\lambda_{эф}$.

Обслуживание требований во всех фазах системы, кроме первой, осуществляется

группами, т.е. поток обслуживаемых требований является неординарным. Число требований в группе определяется совокупностью природно-производственных факторов и для каждого цикла обслуживания в общем случае является неодинаковым. Представленная модель основана на допущении замены неординарного потока требований ординарным потоком, обслуживаемым несколькими параллельными каналами.

Критерием в задаче оптимизации параметров обрабатывающе-транспортной системы является максимально допустимая загрузка системы. При наличии нескольких фаз в системе загрузка первой фазы является максимально допустимой загрузкой всей системы [3]. Определение максимально допустимой загрузки для двухфазной системы с последовательными каналами, пуассоновскими потоками, неограниченной очередью перед первой фазой и без очереди перед второй фазой заключается в вычислении величин [3]

$$Q(0,0,t) = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(0,0,t), \quad Q(0,1,t) = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(0,1,t), \\ Q(1,1,t) = \sum_{n=0}^{\infty} P_n(1,1,t), \quad (1)$$

где $Q(0,0,t)$ – вероятность наличия n требований в первой фазе и отсутствия требований во второй фазе для всех возможных значений n ;

$Q(0,1,t)$ – вероятность наличия n требований в первой фазе и занятости второй фазы (обслуживание требования) для всех возможных значений n ;

$Q(1,1,t)$ – вероятность того, что n требований в первой фазе «задерживаются» по причине занятости второй фазы для всех возможных значений n ;

$P_n(0,0,t)$ – вероятность наличия в первой фазе n требований и отсутствия требований во второй фазе;

$P_n(0,1,t)$ – вероятность наличия в первой фазе n требований и занятости второй фазы;

$P_n(1,1,t)$ – вероятность того, что n требований в первой фазе «задерживаются» по причине занятости второй фазы.

Вероятность $Q(1,1,t)$ соответствует состоянию простоя первой фазы: обслуживание требования завершено, но требование «за-

держивается» – не переходит во вторую фазу. Максимально возможная загрузка системы для стационарного режима определяется по выражению [3]

$$\rho_{\max} = (Q(0,0) + Q(0,1)) / (Q(0,0) + Q(0,1) + Q(1,1)). \quad (2)$$

С целью сведения задачи оптимизации большой размерности к серии задач меньшей размерности и получения аналитического решения необходимо выполнить декомпозицию рассматриваемой лесозаготовительной системы. В [2] приводится методика пофазного – последовательного моделирования работы многостаночной линии. Для этого вначале анализируют только первую пару станков (фаз), затем к ним прибавляют третий станок и оценивают его влияние на первые два станка. При этом первые два станка рассматриваются как единая установка с уже известной производительностью. Аналогичный подход применим к моделированию процесса функционирования лесозаготовительной обрабатывающе-транспортной системы. Отличие заключается в том, что первую фазу не следует объединять со второй. Это позволит определить оптимальную длину очереди перед второй фазой, т.е. оптимальный размер межоперационного запаса на переходе от обрабатывающих операций к транспортировке.

В соответствии с изложенным подходом определение операционных характеристик системы ведется в следующем порядке.

1. Определяются входные параметры системы – интенсивности поступления и обслуживания требований, число каналов в фазах. Предварительное значение числа каналов в третьей фазе определяется на основе детерминированных моделей [4, 6].

2. Рассматривается функционирование системы, включающей вторую и третью фазы, определяются основные операционные характеристики.

3. Рассмотренные фазы объединяются в одну – определяется интенсивность обслуживания μ_{23} как величина, обратная среднему времени пребывания требования в фазе, число каналов c_{23} – как сумма числа каналов в исходных фазах, максимально возможная интенсивность входящего потока – по выражению [3]

$$\lambda_{\max_{23}} = \mu_{23} \rho_{\max_{23}} \quad (3)$$

где $\rho_{\max_{23}}$ – максимальная загрузка системы, включающей вторую и третью фазы.

4. К полученной фазе добавляется четвертая, определяются операционные характеристики системы. Рассмотренные фазы объединяются (аналогично п.3).

5. Рассматривается система, в которую в качестве первой фазы включается первая фаза исходной системы, а в качестве второй – фаза, полученная в результате объединения всех фаз, следующих за первой. При определении суммарной интенсивности обслуживания требований во второй фазе μ_{2345} учитывается также время холостого хода в расчете на один сортимент. Максимальная длина очереди между фазами m_{2345} (максимальный объем межоперационного запаса) предварительно принимается равной числу каналов в третьей фазе. Рассчитывается максимально возможная загрузка системы.

Оптимизация выполняется методом сканирования до достижения критерием значения, близкого к единице, или прекращения изменения критерия в двух последних итерациях.

Функционирование второй и третьей фазы рассматриваемой системы описывается моделью двухфазной системы с последовательными и параллельными каналами, без очереди между фазами. Вероятности, определяемые выражениями (1) для системы с последовательными каналами, заменяются для такой системы следующими величинами

$$Q(n_1, 0, t) = \sum_{n_1=0}^{\infty} P(n_1, 0, t), \quad (4)$$

$$Q(n_1, n_2, t) = \sum_{n_2=1}^{c_2} \sum_{n_1=0}^{\infty} P(n_1, n_2, t), \quad (5)$$

$$Q(n_1^*, c_2, t) = \sum_{n_1=0}^{\infty} P(n_1^*, c_2, t), \quad (6)$$

где $Q(n_1, 0, t)$ – вероятность наличия n_1 требований в первой фазе и отсутствия требований во второй фазе для всех возможных значений n_1 ;

$Q(n_1, n_2, t)$ – вероятность наличия n_1 требований в первой фазе и n_2 требований – во второй фазе для всех возможных значений n_1 и n_2 ;

$Q(n_1^*, c_2, t)$ – вероятность простоя первой фазы, т.е. состояния, при котором в первой фазе «задерживаются» n_1 тре-

бований по причине занятости второй фазы (обслуживание c_2 требований), для всех возможных значений n_1 ;

$P(n_1, 0, t)$ – вероятность наличия n_1 требований в первой фазе и отсутствия требований во второй фазе;

$P(n_1, n_2, t)$ – вероятность наличия n_1 требований в первой фазе и n_2 требований – во второй фазе;

$P(n_1^*, c_2, t)$ – вероятность того, что в первой фазе «задерживаются» n_1 требований по причине занятости второй фазы;

c_2 – число каналов во второй фазе.

Максимально возможная загрузка системы определяется по выражению

$$\rho_{\max} = (Q(n_1, 0) + Q(n_1, n_2)) / (Q(n_1, 0) + Q(n_1, n_2) + Q(n_1^*, c_2)). \quad (7)$$

Система, состоящая из объединенных второй и третьей фаз и четвертой фазы рассматриваемой системы, представляет собой двухфазную систему с последовательными и параллельными каналами и ограниченной очередью между фазами. Состояния этой системы описываются на основе вероятностей $Q(n_1, 0, t)$, $Q(n_1, n_2, t)$, $Q(n_1^*, c_2 + m_2, t)$. Вероятности $Q(n_1, 0, t)$, $Q(n_1, n_2, t)$ определяются по (4), (5). Вероятность $Q(n_1^*, c_2 + m_2, t)$ – по выражению

$$Q(n_1^*, c_2 + m_2, t) = \sum_{n_1=0}^{\infty} P(n_1^*, c_2, t), \quad (8)$$

где $Q(n_1^*, c_2 + m_2, t)$ – вероятность простоя первой фазы, т.е. состояния, при котором в первой фазе «задерживается» n_1 требований по причине занятости второй фазы (c_2 требований – в обслуживании, m_2 требования – в очереди) для всех возможных значений n_1 ;

m_2 – число мест в очереди перед второй фазой.

Максимально возможная загрузка системы определяется выражением

$$\rho_{\max} = (Q(n_1, 0) + Q(n_1, n_2)) / (Q(n_1, 0) + Q(n_1, n_2) + Q(n_1^*, c_2 + m_2)). \quad (9)$$

Граф состояний рассматриваемой системы представлен на рис. 2.

Обозначения на рис. 2 имеют следующий смысл:

$x(n_1, n_2)$ – состояние системы, при котором в первой фазе находится n_1 требований, а во второй фазе находится n_2 требований ($n_1 = 0, \infty$, $n_2 = 0, c_2 + m_2$);

$x(n_1^*, c_2 + m_2)$ – состояние системы, при котором в первой фазе «задерживается» n_1 требований, так как во второй фазе находится $c_2 + m_2$ требований ($n_1 = 0, \infty$).

Граф состояний двухфазной системы с последовательными и параллельными каналами без очереди перед второй фазой (вторая и третья фазы) может быть составлен на основе графа, представленного на рис. 2, путем исключения состояний, соответствующих наличию очереди перед второй фазой ($n_2 = c_2 + 1, c_2 + m_2$).

В соответствии с графом (рис. 2) и мнемоническим правилом составления системы дифференциальных уравнений для вероятностей состояний [1] системы получим

при $n_1 = 0, c_1 - 1$, $n_2 = 0, c_2 - 1$:

$$\begin{cases} p'(0, n_2, t) = -\lambda p(0, n_2, t) + (n_2 + 1)\mu_2 p(0, n_2 + 1, t) - n_2\mu_2 p(0, n_2, t) + \mu_1 p(1, n_2 - 1, t) \\ p'(n_1, n_2, t) = -\lambda p(n_1, n_2, t) + \lambda p(n_1 - 1, n_2, t) + (n_2 + 1)\mu_2 p(n_1, n_2 + 1, t) - n_2\mu_2 p(n_1, n_2, t) + (n_1 + 1)\mu_1 p(n_1 + 1, n_2 - 1, t) - n_1\mu_1 p(n_1, n_2, t) \end{cases} \quad (10)$$

при $n_1 = 0, c_1 - 1$, $n_2 = c_2, c_2 + m_2$:

$$\begin{cases} p'(0, n_2, t) = -\lambda \cdot p(0, n_2, t) + c_2 \cdot \mu_2 \cdot p(0, n_2 + 1, t) - c_2 \cdot \mu_2 \cdot p(0, n_2, t) + \mu_1 \cdot p(1, n_2 - 1, t) \\ p'(n_1, n_2, t) = -\lambda \cdot p(n_1, n_2, t) + \lambda \cdot p(n_1 - 1, n_2, t) + c_2 \cdot \mu_2 \cdot p(n_1, n_2 + 1, t) - c_2 \cdot \mu_2 \cdot p(n_1, n_2, t) + (n_1 + 1) \cdot \mu_1 \cdot p(n_1 + 1, n_2 - 1, t) - n_1 \cdot \mu_1 \cdot p(n_1, n_2, t) \\ p'(0, c_2 + m_2, t) = -\lambda \cdot p(n_1, c_2 + m_2, t) - c_2 \cdot \mu_2 \cdot p(0, c_2 + m_2, t) + \mu_1 \cdot p(n_1 + 1, c_2 + m_2 - 1, t) - \mu_1 \cdot p(n_1, c_2 + m_2, t) \\ p'(n_1, c_2 + m_2 - 1, t) = -\lambda \cdot p(n_1, c_2 + m_2 - 1, t) + \lambda \cdot p(n_1 - 1, c_2 + m_2 - 1, t) + c_2 \cdot \mu_2 \cdot p(n_1, c_2 + m_2, t) - c_2 \cdot \mu_2 \cdot p(n_1, c_2 + m_2 - 1, t) + (n_1 + 1) \cdot \mu_1 \cdot p(n_1 + 1, c_2 + m_2 - 2, t) - n_1 \cdot \mu_1 \cdot p(n_1, c_2 + m_2 - 1, t) + c_2 \cdot \mu_2 \cdot p(n_1^*, c_2 + m_2, t) \\ p'(n_1, c_2 + m_2, t) = -\lambda \cdot p(n_1, c_2 + m_2, t) + \lambda p(n_1 - 1, c_2 + m_2, t) - c_2 \mu_2 p(n_1, c_2 + m_2, t) + (n_1 + 1) \cdot \mu_1 \cdot p(n_1 + 1, c_2 + m_2 - 1, t) - n_1 \cdot \mu_1 \cdot p(n_1, c_2 + m_2, t) \\ p'(n_1^*, c_2 + m_2, t) = -\lambda \cdot p(n_1^*, c_2 + m_2, t) + \lambda \cdot p(n_1^* - 1, c_2 + m_2, t) - c_2 \cdot \mu_2 \cdot p(n_1^*, c_2 + m_2, t) + n_1 \cdot \mu_1 \cdot p(n_1, c_2 + m_2, t) \end{cases} \quad (11)$$

при $n_1 = \overline{c_1, \infty}, n_2 = \overline{0, c_2 - 1}$:

$$p'(n_1, n_2, t) = -\lambda p(n_1, n_2, t) + \lambda p(n_1 - 1, n_2, t) + (n_2 + 1)\mu_2 p(n_1, n_2 + 1, t) - n_2 \mu_2 p(n_1, n_2, t) + c_1 \mu_1 p(n_1 + 1, n_2 - 1, t) - c_1 \mu_1 p(n_1, n_2, t) \quad (12)$$

при $n_1 = \overline{c_1, \infty}, n_2 = \overline{c_2, c_2 + m_2}$:

$$\left\{ \begin{aligned} p'(n_1, n_2, t) &= -\lambda p(n_1, n_2, t) + \lambda p(n_1 - 1, n_2, t) + c_2 \mu_2 p(n_1, n_2 + 1, t) - c_2 \mu_2 p(n_1, n_2, t) + c_1 \mu_1 p(n_1 + 1, n_2 - 1, t) - c_1 \mu_1 p(n_1, n_2, t) \\ p'(n_1, c_2 + m_2 - 1, t) &= -\lambda p(n_1, c_2 + m_2 - 1, t) + \lambda p(n_1 - 1, c_2 + m_2 - 1, t) + c_2 \mu_2 p(n_1, c_2 + m_2, t) - c_2 \mu_2 p(n_1, c_2 + m_2 - 1, t) + c_1 \mu_1 \times \\ &\times p(n_1 + 1, c_2 + m_2 - 2, t) - c_1 \mu_1 p(n_1, c_2 + m_2 - 1, t) + c_2 \mu_2 p(n_1^*, c_2 + m_2, t) \\ p'(n_1, c_2 + m_2, t) &= -\lambda p(n_1, c_2 + m_2, t) + \lambda p(n_1 - 1, c_2 + m_2, t) - c_2 \mu_2 p(n_1, c_2 + m_2, t) + c_1 \mu_1 \times \\ &\times (n_1 + 1, c_2 + m_2 - 1, t) - c_1 \mu_1 p(n_1, c_2 + m_2, t) \\ p'(n_1^*, c_2 + m_2, t) &= -\lambda p(n_1^*, c_2 + m_2, t) + \lambda p(n_1^* - 1, c_2 + m_2, t) - c_2 \mu_2 p(n_1^*, c_2 + m_2, t) + c_1 \mu_1 p(n_1, c_2 + m_2, t) \end{aligned} \right. \quad (13)$$

На основе (10–13) путем приравнивания к нулю производных $p'(t)$ выводятся линейные уравнения вероятностей состояний системы, функционирующей в стационарном режиме. Эти вероятности используются для определения максимально возможной загрузки системы. Вероятности состояний и максимально возможная загрузка системы, включающей вторую, третью и четвертую фазы, определяются аналогичным образом.

Система, включающая первую фазу и фазу, полученную при объединении всех следующих за ней фаз, описывается моделью двухфазной системы с одним каналом в первой фазе, с несколькими каналами во второй фазе и с ограниченной очередью между фазами. Граф и уравнения вероятностей состояний такой системы составляются на основе графа (рис. 2) и уравнений (10–13) путем исключения состояний, соответствующих наличию в обслуживании в первой фазе более одного требования.

Посредством преобразования зависимости (7) с учетом (6) и линейных уравнений, составляемых на основе (10–13), получена зависимость загрузки системы, включающей

вторую и третью фазы, от рейсовой нагрузки транспортной машины

$$\rho_{\max 23} = \frac{\mu_2 \cdot (p(0, c_3) + \sum_{n_2=1}^{c_2} n_2 \cdot p(n_2, c_3) + c_2 \cdot \sum_{n_2=c_2+1}^{c_3} p(n_2, c_3))}{c_3 \cdot \mu_3} \quad (14)$$

Загрузка системы, включающей вторую, третью и четвертую фазы, также зависит от рейсовой нагрузки транспортной машины. Выражение, описывающее эту зависимость, выведено аналогичным (14) образом и имеет вид

$$\rho_{\max 234} = \frac{\mu_{23} \cdot (p(0, c_4 + m_4) + \sum_{n_{23}=1}^{c_{23}} n_{23} \cdot p(n_{23}, c_4 + m_4) + c_{23} \cdot \sum_{n_{23}=c_{23}+1}^{c_3} p(n_{23}, c_4 + m_4))}{c_4 \cdot \mu_4}, \quad (15)$$

где m_4 – максимальная длина очереди перед четвертой фазой системы.

Зависимость загрузки системы, включающей первую фазу и фазу, полученную при объединении всех следующих за ней фаз, от рейсовой нагрузки транспортной машины описывается выражением

$$\rho_{\max \text{системы}} = \frac{\mu_1 \cdot (p(0, c_{2345} + m_{2345}) + \sum_{n_1=1}^{\infty} p(n_1, c_{2345} + m_{2345}))}{c_{2345} \cdot \mu_{2345}} \quad (16)$$

Представленная модель основана на допущении возможности одновременной работы всех фаз системы. Это допущение связано с тем, что для рассматриваемой лесозаготовительной системы состояние, при котором выполняется одна из операций технологического процесса (в одной из фаз обслуживаются требования), не предполагает простоя других фаз. Так, например, во время грузового хода манипулятор транспортной машины не работает (не выполняется сбор или разгрузка пачки), но это не значит, что манипулятор находится в состоянии простоя.

Из изложенного следует вывод, что модель многофазной системы массового обслуживания с декомпозицией позволяет выполнить оптимизацию параметров (рейсовых нагрузок транспортной машины, рассматриваемых как перемещаемый запас, и межопе-

рациональных запасов на лесосеке на переходе от обрабатывающих операций к транспортировке) обрабатывающе-транспортной системы лесозаготовок по критерию максимально возможной загрузки системы с учетом стохастического характера факторов технологического процесса.

Библиографический список

1. Овчаров, Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания / Л.А. Овчаров. – М., 1969.
2. Редькин, А.К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок / А.К. Редькин, С.Б. Якимович. – М.: МГУЛ, 2005.
3. Саати, Т. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения / Т. Саати. – М., 1965.
4. Якимович, С.Б. Моделирование и оптимизация процесса накопления и потребления перемещаемого запаса / С.Б. Якимович, М.А. Тетерина // Моделирование. Теория, методы и средства: Материалы VI Международной научно-практической конференции. Часть 4. – Новочеркасск, 2006. – С. 63–67.
5. Якимович, С.Б. Обоснование скоростных режимов валочно-пакетирующих машин с совмещенными функциями / С.Б. Якимович, О.А. Шулепова // Изв. высш. уч. заведений «Лесной журнал» – Архангельск, 1992. – № 3. – С. 33–37.
6. Якимович, С.Б. Оптимизация рейсовой нагрузки форвадера и интенсивности обработки предмета труда / С.Б. Якимович, М.А. Тетерина // Сборник статей студентов, аспирантов, докторантов и профессорско-преподавательского состава по итогам научно-практической конференции МарГТУ в 2006 году – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. – С. 138–142.
7. Якимович, С.Б. Рейсовая нагрузка лесозаготовительных машин: оптимизация как перемещаемого запаса / С.Б. Якимович, М.А. Тетерина // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – М.: МГУЛ, 2006. – № 6. – С. 95–97 с.
8. Тетерина, М.А. Оптимизация интенсивности обработки предмета труда харвестером по критерию времени простоев / М.А. Тетерина // Электронное издание «Социально-экономические и технические системы». – Набережные Челны: ИНЭКА, 2006. – № 9.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ

И.А. ЗАХАРЕНКОВА, доц. каф. экономики и управления деревоперерабатывающих производств СПбГЛТА, канд. экон. наук

Лесопиление является одной из ведущих подотраслей деревообрабатывающей промышленности. Пиломатериалы широко используются в промышленности и жилищном строительстве, ремонте зданий и сооружений, производстве тары, мебельном производстве, машиностроении и других сферах.

Номенклатура продукции лесопиления включает пиломатериалы хвойных и лиственных пород для внутреннего и внешнего рынков, клееную пилопродукцию, мебельные и клееные щиты, профилированный погонаж, конструкционные материалы, модифицированную древесину.

На долю лесопильного производства приходится более 11 % общего объема продукции лесопромышленного комплекса Российской Федерации. В лесопильной промышленности действуют почти 10000 предприятий, вырабатывающих пиломатериалы, из них крупных и средних – 5 %; малых – 43 % и 52 % составляют лесопильные производс-

тва в составе непромышленных организаций (сельское и лесное хозяйство, строительство и прочие).

Средняя концентрация на одно предприятие составляет 2,2 тыс. м³. Лесопиление рассредоточено почти по всем отраслям народного хозяйства и субъектам Российской Федерации. В лесопильной промышленности страны занято 162 тыс. человек.

За годы реформ в лесопильной промышленности произошло наибольшее снижение объемов выпуска пиломатериалов по сравнению с другими видами продукции деревообработки. Динамика объемов производства пиломатериалов в России за последние 20 с лишним лет претерпела большие изменения. Если в 80-е годы лесопильная промышленность развивалась динамично и Россия занимала второе место в мире по выпуску пиломатериалов, уступая незначительно США, то в настоящее время объем производства пиломатериалов в российской

лесопильной промышленности по сравнению с 1990 г. сократился в 3,5 раза. Наша страна потеряла лидирующие позиции в лесопилении, и сегодня на ее долю приходится лишь 5,5 % мирового производства пиломатериалов. С большой долей уверенности можно предположить, что с каждым годом эта доля будет сокращаться, поскольку темпы роста производства пиломатериалов в России отстают от общемировых.

После девальвации российской валюты в августе 1998 г. в России начался экономический подъем. Существенно выросли объемы производства по всем видам производств деревообрабатывающей промышленности России. Начался рост и в лесопильной промышленности. В течение 1998–2005 гг. производство пиломатериалов выросло с 18,6 до 22,5 млн м³, или на 121 % (табл. 1).

Причем наибольший прирост производства пиломатериалов был достигнут именно в Северо-Западном федеральном округе – более чем на треть.

В 1998–2005 гг. лесопильная промышленность развивалась неравномерно. Причиной послужило некоторое снижение заготовки древесины в России в 2001 и 2002 гг., что немедленно отразилось на темпах роста – производство пиломатериалов в 2001 и 2002 гг. снизилось.

В качестве положительных сдвигов можно также отметить рост производства пиломатериалов малых предприятий. Производство пиломатериалов, вырабатываемых на малых предприятиях, за указанный период увеличилось с 1657 до 3741 тыс. м³, или в 2,3 раза, их удельный вес в общероссийском производстве пиломатериалов вырос с 8,3 % в 2000 г. до 17,5 % в 2004 г.

В табл. 2 представлены группы лесопильных предприятий России различной производительности. В каждую из первых трех групп включены предприятия с одноэтажными лесопильными рамами и другим мелким оборудованием, а в каждую из двух последних – предприятия с двухэтажными лесопильными рамами и фрезерно-пильными линиями.

Анализ представленных данных показывает, что на малых предприятиях (с объ-

емом производства до 5 тыс. м³ в год) вырабатывается половина всех пиломатериалов в стране, в то время как средние и крупные выпускают лишь 22,8 % пиломатериалов, что подтверждает упомянутую тенденцию.

Наряду с положительными тенденциями роста объемов производства пиломатериалов в сфере малого предпринимательства существуют и отрицательные моменты этой сферы.

Основной из них – снижение качества пиломатериалов по сравнению с крупными специализированными предприятиями, что нашло отражение на эффективности экспорта российских пиломатериалов. Теряются рынки сбыта, которые незамедлительно занимают зарубежные конкуренты, в частности из стран Балтии.

В период 1995–2004 гг. доля продукции деревообрабатывающей промышленности увеличивалась, общий прирост за указанный период составил 26 %. Наряду с этим удельный вес продукции лесопиления в деревообрабатывающей промышленности за этот же промежуток времени практически не изменялся и в среднем составлял 28 % (табл. 3). Это свидетельствует об увеличении в деревообрабатывающей промышленности доли продукции с более высокой степенью переработки.

Анализ экспорта пиломатериалов из России показывает, что его доля в общем объеме производства пиломатериалов в 2004 г. составила 58,6 %, что обеспечило 21,5 % валютной выручки от экспорта всей лесобумажной продукции. В целом наблюдается рост экспорта продукции лесопиления. Так, в 2004 г. за рубеж отправлено 12,6 млн м³ пиломатериалов, тогда как в 1985 г. – лишь 7,6 млн м³, а в 1992 г. – 2,8 млн м³. Это свидетельствует не только об увеличении спроса на российские пиломатериалы, но и о все большей зависимости российских лесопильных предприятий от ситуации на внешних рынках и курсах основных валют.

Крупнейшими импортерами российских пиломатериалов являются Япония (750 тыс. м³), Великобритания и Египет (по 700 тыс. м³), Китай (650 тыс. м³), Голландия и Германия (по 500 тыс. м³).

Т а б л и ц а 1

Динамика производства пиломатериалов по федеральным округам за период 1998-2005 гг., млн м³

Федеральные округа	1998 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2005 г. к 1998 г., %
Российская Федерация	18,58	20,0	19,47	19,24	20,15	21,33	22,49	121,0
Северо-Западный	3,97	5,35	5,44	5,08	5,35	5,76	6,04	152,1
Южный	0,21	0,26	0,27	0,24	0,21	0,22	0,22	104,8
Приволжский	4,62	4,62	4,29	3,93	3,89	4,25	4,47	96,8
Уральский	1,88	1,76	1,76	1,98	2,07	1,86	1,75	93,1
Сибирский	5,0	4,84	4,51	4,83	5,4	6,04	6,70	134,0
Дальневосточный	0,48	0,67	0,8	0,85	1,01	1,14	1,26	262,5

Т а б л и ц а 2

Группы лесопильных предприятий различной производительности

Лесопильные предприятия с годовым объемом производства пиломатериалов, тыс. м ³	Количество предприятий		Объем производства пиломатериалов	
	ед.	%	млн м ³ /год	%
До 5,0	20646	97,84	9448	52,2
5,1–10,0	230	1,09	1615	9,0
10,1–30,0	173	0,82	2867	16,0
30,1–100	46	0,22	2404	13,4
Более 100,0	7	0,03	1686	9,4

Т а б л и ц а 3

Доля продукции лесопиления в ЛПК, %

Показатель	Годы							
	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004
ЛПК, всего	100 %							
в том числе: деревообрабатывающая промышленность	45,6	33,7	37,8	35,5	38,3	38,1	39,7	42,5
из нее: производство пиломатериалов								
к продукции деревообработки	22,2	23,4	29,9	28,3	29,9	28,4	28,5	27,0
к ЛПК в целом	9,2	6,8	10,3	9,1	11,4	10,8	11,3	11,5

Т а б л и ц а 4

Использование производственных мощностей крупных и средних лесопильных предприятий Северо-Западного федерального округа

Области, республики СЗФО РФ	Среднегодовая производ. мощность, тыс. м ³	Фактический объем производства, тыс. м ³	% использования мощности
Республика Карелия	1673,2	676,4	40,4
Республика Коми	756,4	500,4	66,2
Архангельская область	2624,2	1846,6	70,4
Вологодская область	1044,3	543,0	52,0
Ленинградская область	363,5	240,1	66,1

Экономическая ситуация в лесопильной промышленности в настоящее время достаточно тревожна. Так в 2004 г. рентабельность отрасли стала отрицательной (-1,1 %). В 2003 г. этот показатель еще был положительным и составлял 3,0 %.

Одной из причин низкой эффективности работы лесопильной промышленности является низкий уровень использования производственных мощностей. Его уровень в крупных и средних лесопильных предприятиях Северо-Западного региона

России составляет примерно 47 %, в целом же по отрасли этот показатель еще ниже. Несмотря на то, что в последние три года наметилась положительная тенденция, следует признать, что такой уровень использования производственных мощностей является низким.

Особо следует отметить неудовлетворительный уровень использования производственных мощностей в ряде регионов, располагающих значительными сырьевыми ресурсами, таких как республики Карелия и Коми, Архангельская и Вологодская области (табл. 4).

Указанные цифры говорят о существенном недоиспользовании лесопильного потенциала, что косвенно подтверждает факт оттока пиловочника из этих республик и областей, в том числе и на экспорт. Сегодня возвращению утраченных позиций препятствуют отсутствие современного и значительный износ действующего оборудования, а также нехватка инвестиций в лесопиление.

Большинство российских лесозаводов оборудовано пилорамами, от производства которых за рубежом отказались еще 15–20 лет назад. По мнению специалистов, рамное лесопиление является наиболее затратным способом распиловки древесины как с энергетической (большой расход электрической и тепловой энергии), так и сырьевой точек зрения (большое количество отходов, низкий выход пиломатериалов). Отечественное лесопиление практически лишено российских разработок оборудования, а западные технологии из-за неграмотной таможенной политики слишком дороги для большинства российских предприятий.

Российские лесопильные предприятия неохотно вкладывают средства в развитие производства. Причина – крайне неблагоприятный климат для отечественных инвесторов. Кроме того производственная база большинства деревообрабатывающих предприятий устарела. А изношенность основных фондов лесопромышленных предприятий России, которая составляет свыше 60 %, заметно уменьшает возможную выручку от продажи российской пилопродукции. Западные партнеры не желают платить высокую цену за

пиломатериалы, выпущенные на пилорамах образца середины прошлого века.

По мнению экспертов инвестиционных компаний, для стабильного развития отрасли ежегодно в российский ЛПК необходимо привлекать не менее 2–3 млрд у.е. Фактически в 2004 г. в лесную отрасль поступило менее 1 млрд у.е. иностранных инвестиций при их общем объеме в экономику России на уровне 40,5 млрд у.е. Причем сегодня внутри отрасли найти ресурсы для модернизации не представляется возможным. Необходимо искать другие варианты привлечения средств.

В связи с растущей динамичностью изменения бизнес-среды требуются новые, современные, иногда необычные подходы. Отличительная черта сегодняшнего дня – большое количество закрывающихся производств как с доперестроечных времен, так и проработавших всего несколько лет, которые продаются в силу разных обстоятельств, причем работающих без прибыли или в убыток. Можно по пальцам пересчитать предприятия, на которых применяется какая-либо управленческая система, тем более специально разработанная для целей конкретного предприятия.

Для правильного определения пути развития современного лесопильного предприятия необходимо знать рынок, на котором действует предприятие, факторы, влияющие на него, конкурентную среду, ценовую политику, риски и возможности, структурные рыночные сдвиги, предъявляемые потребителями требования к продукции, тенденции развития. Кроме того необходимо проводить четкую сбытовую политику, внедрять различные CRM- и ERP-системы, анализировать эффективность работы по учету затрат и сбыту продукции на предприятии.

Неслучайно разноуровневому планированию деятельности предприятия сегодня уделяется все больше внимания. При тщательно сформулированных целях и ориентации на их достижение можно достичь существенно большего успеха. Так как малый бизнес в сфере лесопиления, как правило, работает на рынке совершенной конкуренции, то планировать результаты производства (объем производства, вид выпускаемой продукции,

издержки производства) – одна из основных приоритетных задач любого предприятия.

В настоящее время в Северо-Западном регионе России существует большое количество малых лесопильных заводов, организованных на базе развалившихся предприятий. Среди них достаточное количество предприятий, применяющих передовые технологии лесопиления. Основная цель деятельности этих предприятий – удовлетворение существующего спроса на продукцию лесопиления как для физических, так и для юридических лиц, использующих пиломатериал для собственного производства.

На малых лесопильных предприятиях, как показывает практика, собственник производства выполняет также роль и функции управляющего. В связи с этим каждый вид издержек предприятия неоднократно анализируется и контролируется директором-собственником. Однако наряду с имеющим место тщательным контролем и анализом издержек на организацию производства и на формирование производственной программы предприятия зачастую не учитываются, что приводит к крайне негативным последствиям и потере средств.

В качестве меры, способствующей повышению загрузки действующих мощностей и строительству новых предприятий, особенно в Европейской части России, откуда в 2004 г. было отгружено на экспорт 18,4 млн м³ круглых лесоматериалов, или 44,3 % всей экспортируемой из России деловой древесины, следует рекомендовать постепенное повышение таможенных пошлин на круглые лесоматериалы хвойных и твердолиственных пород.

На большинстве лесопильных предприятий отсутствуют мощности по сушке древесины. Отсутствие сушильных мощностей характерно для малых предприятий, ориентированных на выпуск необработанных пиломатериалов. Однако реализация сырых пиломатериалов приводит к существенным потерям качества продукции из-за растрескивания, поражения синевой и прочего. Ос-

новным недостатком отсутствия сушильных мощностей на лесопильных предприятиях является низкая товарность в связи с невозможностью выпуска конкурентоспособной строганой пиломатериалы и продукции конечного потребления: профилированного погонажа, оконных, дверных блоков, клееной пиломатериалы, деталей и полуфабрикатов для изготовления мебели и прочего. Это, главным образом, является причиной низкой рентабельности в отрасли.

Следует отметить, что в условиях роста цен на пиломатериал без организации производства продукции глубокой переработки лесопильная промышленность как Северо-Запада, так и всей России, не сможет работать эффективно и может превратиться в придаток иностранных лесопромышленных концернов, а средним и малым предприятиям грозит разорение.

Для стимулирования стремления предприятий развивать у себя глубокую переработку древесины необходимо принятие решения о постепенном повышении таможенных пошлин на экспорт необработанных пиломатериалов (нестроганных, непрофилированных и прочих) на государственном уровне. Это будет способствовать развитию деревообработки на крупнейших лесопильных предприятиях России, ориентированных на экспорт и получающих большие поступления средств от экспорта пиломатериалов. Повышение экспортных пошлин поставит заслон экспорту из России сырых пиломатериалов, а также пиломатериалов, которые не могут конкурировать по качеству с продукцией передовых экспортноориентированных предприятий Северо-Западного региона.

Библиографический список

1. Бурдин, Н.А. Состояние и тенденции развития лесопильной промышленности Российской Федерации / Н.А. Бурдин, В.В. Пешков // Лесной экономический вестник. – 2006. – № 2(48). – С. 15–21.
2. Дмитриев, Д. Лесопромышленный комплекс: проблемы, перспективы развития / Д. Дмитриев, М. Алексеев // ЛесПромИнформ. – 2006. – № 1(32). – С. 8–11.

ВЫБОР МАШИН ДЛЯ СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ НУЖД ЭНЕРГЕТИКИ

А.Н. СЛИНЧЕНКОВ, *ст. преподаватель каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ*

В Московском государственном университете леса разработана методика расчета экономической доступности лесосечных отходов для использования их в энергетических целях. Методика позволяет разрабатывать экономически эффективные технологии и системы машин для сбора и переработки лесосечных отходов на топливную щепу для нужд местной энергетики, используя фактические данные оценки объемов этих отходов. Оценка объемов лесосечных отходов также входит в разработанную методику.

В работе рассмотрены две системы машин, работающие в цепочках:

1. Транспортная машина – рубительная машина – автоконтейнеровоз со сменными контейнерами.

2. Транспортная машина – автоконтейнеровоз со сменными контейнерами – рубительная машина.

Транспортная машина предназначена для сбора лесосечных отходов и доставки их к погрузочному пункту в месте примыкания автодороги к лесосеке.

Рубительная машина перерабатывает лесосечные отходы на топливную щепу. В зависимости от объемов производства щепы и числа потоков лесосечных отходов машина может устанавливаться на лесосеке или во дворе потребителя.

Автоконтейнеровоз со сменными контейнерами, в зависимости от технологии, обеспечивает доставку топливной щепы или лесосечных отходов с лесосеки во двор потребителя. Дополнительные сменные контейнеры позволяют уменьшить до минимума простой машин.

Следует отметить, что работа транспортной машины разнесена во времени с рубительной машиной. Транспортная машина собирает лесосечные отходы и складировать их в штабеля на лесосеке у дороги. Рубительная машина работает с предварительно сформированными штабелями.

При разработке методики учитывался тот факт, что на практике предприятие не всегда имеет возможность приобрести состав оборудования, оптимизированный по заданным технико-экономическим критериям. Часто предприятие вынуждено выбирать оборудование исходя из своих возможностей, например финансовых или дополняя уже существующий парк машин. В конечном итоге выбор машин должен учитывать возможности предприятия, но при этом обеспечивать наилучшие экономические результаты. Методика состоит из четырех этапов, включающих учет лесосечных отходов на лесосеке, количественную оценку лесосечных отходов, расчет производительности отдельных машин с возможностью корректировки числа машин, экономические расчеты эффективности принятой системы машин и варианта технологического процесса.

Последние три этапа были реализованы в виде комплекса компьютерных программ, написанных в среде программирования Delphi 7. Программа предлагает пользователю удобный интерфейс, состоящий из четырех последовательно раскрывающихся форм.

При запуске программы появляется первая форма (рис. 1).

7' Расчет объема лесосечных отходов

Исходные данные для расчета объема лесосечных отходов

500	60	3,0
Длина лесосеки, м	Число линий отбора n	Средний диаметр скопления отходов, м
200	60	0,8
Ширина лесосеки, м	Число пересечений m со всеми линиями отбора	Ср. высота скопления, м
40		0,2
Длина линии отбора, м		Козф. полндревности

Вычислить Далее

Результаты расчетов:

833	0,6187893333333333	83,3
Число скоплений отходов, оценка N	Объема одного скопления, м ³	Удельное количество скоплений, шт./га
10,721695132457	515,451514666667	51,5451514666667
Ср. расстояние между скопления отходов, м	Объем лесосечных отходов всего, м ³	Удельный объем лесосечных отходов м ³ /га

Рис. 1. Форма расчета объема лесосечных отходов

Исходные данные для расчета производительности

Выбор технологического процесса

Транспортная машина+Рубительная машина+Автоконтейнеровоз

Транспортная машина+Автоконтейнеровоз+Рубительная машина

Транспортная машина	Рубительная машина	Автоконтейнеровоз
10	0.2	5
Объем контейнера, м3	Объем охапки, м3	Расстояние транспортировки, км
300	15	50
Ср. расстояние транспортировки, м	Время одного цикла работы манипулятора, с	Средняя скорость, км/час
15	20	25
Время одного цикла работы манипулятора, с	Интенсивность доп. отходов, м3/час	Объем контейнера, м3
1		200
Средняя скорость, м/с		Время одного цикла разгрузки контейнера, с
0.2		0.4
Объем охапки, м3		Кэф. полнодрев. щепы
		<input type="checkbox"/> Доп. контейнер

Назад Вычислить Далее

Результаты расчета часовой производительности, м3/час

Транспортная машина	Рубительная машина	Автоконтейнеровоз
23.6333846501783	39.5822784810127	11.4303933195783
	дополнительные отходы	
	20	

Рис. 2. Форма расчета производительности машин

Это форма оценки объема лесосечных отходов и их характеристик, необходимых для последующих расчетов производительности машин. В частности, число скоплений, среднее расстояние между скоплениями, средний объем одного скопления и пр. Исходными данными для заполнения этой формы служат результаты учета лесосечных отходов, полученные прямыми измерениями на лесосеке.

Вторая форма относится к расчету производительности машин (рис. 2).

Для этого необходимо выбрать вариант технологического процесса. Технология работ зависит от места установки рубительной машины. Затем вводятся данные по каждой машине. Программа определяет максимальную производительность каждой машины. Результат визуализируется в виде диаграммы в специальном окне (рис. 3).

В данном конкретном случае наименьшую производительность показывает автоконтейнеровоз – 11,43 м³/час. Эта производительность и будет определять производительность всей системы машин. Рубительная машина с производительностью 39,582 м³/ч будет простаивать. Заметим, что транспортная машина работает отдельно и ее производительность 23,633 м³/ч не влияет на производство щепы.

Программный комплекс предоставляет пользователю возможность скорректировать количество машин в системе. Например, принимая число автощеповозов равным 3, производительность системы будет примерно равной производительности рубительной машины – 34,291 м³/ч (рис. 3).

После корректировки числа машин пользователь переходит к окну экономических расчетов. В результате программа выдает удельные капитальные вложения, эксплуатационные затраты, приведенные затраты, сменную производительность и другие показатели (рис. 4).

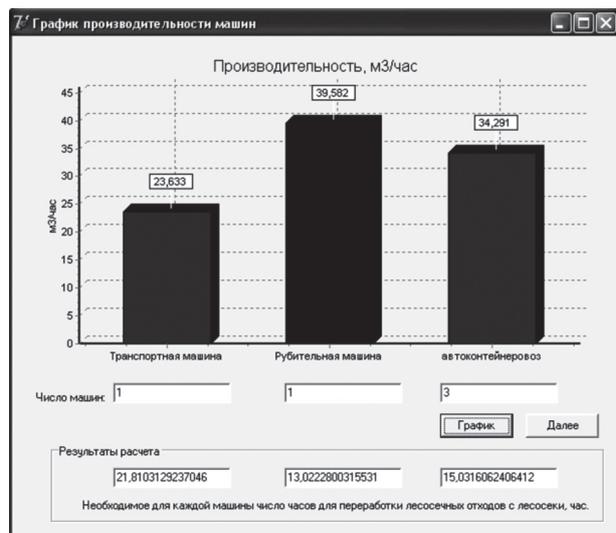
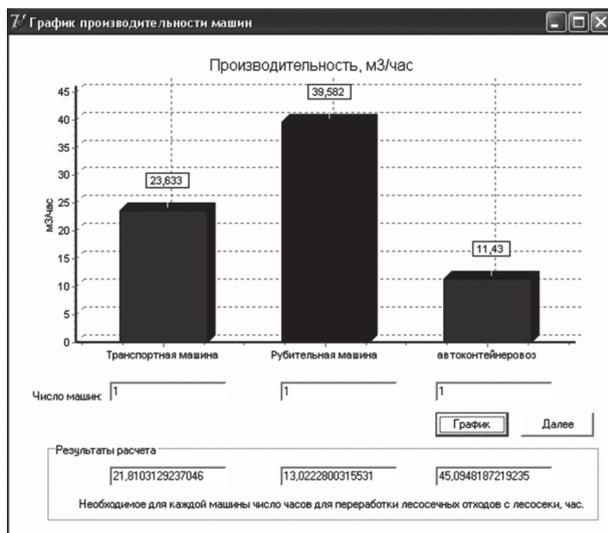


Рис. 3. Диаграмма производительности машин до и после корректировки

Исходные данные

18.5
Цена дизельного топлива, руб./кг

4000
Цена на спецдежду на одного рабочего, руб.

275
Число смен

Транспортная машина

500000
Опт.цена, руб.

1
Число основных рабочих на машину, чел.

50
Час.тариф. ставка, руб.

1
Число вспомогательных рабочих на машину, чел.

40
Час.тариф. ставка, руб.

0.6
Расход топлива, кг/м3

Рубильная машина

500000
Опт.цена, руб.

1
Число основных рабочих на машину, чел.

50
Час.тариф. ставка, руб.

1
Число вспомогательных рабочих на машину, чел.

40
Час.тариф. ставка, руб.

0.6
Расход топлива, кг/м3

Автоконтейнеровоз

500000
Опт.цена, руб.

1
Число основных рабочих на машину, чел.

50
Час.тариф. ставка, руб.

1
Число вспомогательных рабочих на машину, чел.

40
Час.тариф. ставка, руб.

0.6
Расход топлива, кг/м3

Назад **Вычислить** Конец

Результаты расчетов по транспортной машине

18,8897433878648	40,4479334082768	43,2814549164565	1260197,11942428
Кап. вложения, руб/м3	Экспл. затраты, руб/м3	Приведенные затраты, руб/м3	Приведенные затраты, руб.
21,8103129237046	23,6333846501783	105,877563232799	29116,3298890197
Время работы, час	Часовая производ. м3/час	См. производ. м3/см	Годовая производ. м3/год

Результаты расчетов по рубильной машине+автоцеповозу

32,8914252199263	74,7737311686718	79,7074449516608	5331370,64511936
Кап. вложения, руб/м3	Экспл. затраты, руб/м3	Приведенные затраты, руб/м3	Приведенные затраты, руб.
9,49420357152759	54,2911799587348	243,224486215132	66886,7337091612
Время работы, час	Часовая производ. м3/час	См. производ. м3/см	Годовая производ. м3/год

Рис. 4. Форма экономических расчетов

Программный комплекс универсален. Можно менять все исходные данные от характеристик машин до цены на топливо. Это значительно расширяет возможности программного комплекса, поскольку программа оперирует не конкретными машинами, а их характеристиками. Программа позволяет учесть и перебазировки рубильной машины от лесосеки к лесосеке.

Библиографический список

1. Слинченков, А.Н. Влияние изменчивости радиуса скопления лесосечных отходов на точность

их оценки методом линейных пересечений / А.Н. Слинченков, С.П. Карпачев, Е.Н. Щербаков // Материалы международной научно-технической конференции. – Вологда: ВГТУ, 2007. – С. 157–159.

2. Карпачев, С.П. Оценка объемов лесосечных отходов / С.П. Карпачев, Е.Н. Щербаков, А.Н. Слинченков // Лесопромышленник, 2007. – № 42. – С. 4–6.

3. Карпачев, С.П. Биоэнергетика начинается на лесосеке: рубильные машины и энергетическое оборудование / С.П. Карпачев, Е.Н. Щербаков, А.Н. Слинченков // Лесопромышленник, 2007. – № 43. – С. 3–9.

АЛГОРИТМ ВЫБОРА И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ

А.В. МАТРОСОВ, *ст. преп. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ,*

В.А. МАКУЕВ, *проф. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ*

Современный лесозаготовительный процесс характеризуется большим многообразием применяемой техники и технологических приемов выполняемых работ. Лесозаготовительные предприятия имеют на своем оснащении как технику с большой долей ручного труда, так и современные ле-

созаготовительные машины отечественного и зарубежного производства.

Наиболее важным в плане эффективности работ в лесу является взвешенный подход в выборе системы машин, в том числе по числу и маркам, имеющий конечную цель обеспечить максимальную выработку отде-

льной машины, оптимальную загрузку всей системы в данных конкретных условиях и эффективность лесозаготовительного производства предприятия в целом. Чтобы выяснить производственную или экономическую эффективность вариантов систем лесосечных машин при сортиментной технологии проведения лесозаготовок в различных природно-производственных условиях, была разработана математическая модель для имитации технологических процессов.

Модель технологического процесса лесосечных работ может быть представлена в виде блочной схемы (рис. 1), состоящей из блоков (подмоделей различного порядка). Если рассматривать систему лесосечных ма-

шин как систему, обслуживающую (обрабатывающую) поток заявок, то на основании теории массового обслуживания такая система является многофазной, многоканальной системой массового обслуживания (СМО) с нестационарным потоком заявок, с ожиданием между фазами и без ожидания на входе, характеризующейся разнообразием взаимодействующих факторов и связей между параметрами, стохастичностью выполнения операций, изменением состояния системы во времени, наличием ограничений. Входящим потоком заявок многофазной СМО является поток, входящий в первую фазу, выходящим потоком – поток, выходящий из последней фазы.

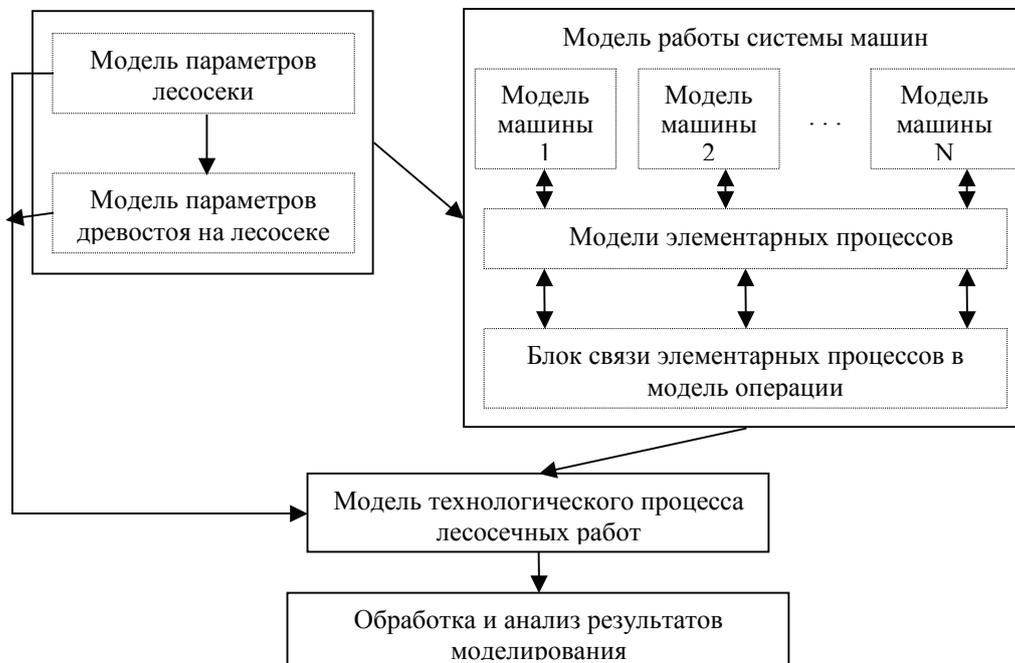


Рис. 1. Блочная структура модели технологического процесса лесосечных работ
Узлы обслуживания (технические средства)

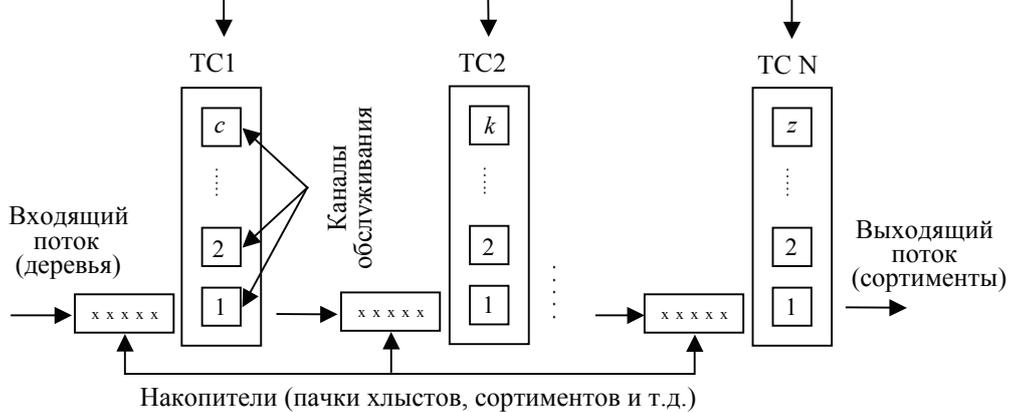


Рис. 2. Блок-схема многофазной системы массового обслуживания с ожиданием на операциях

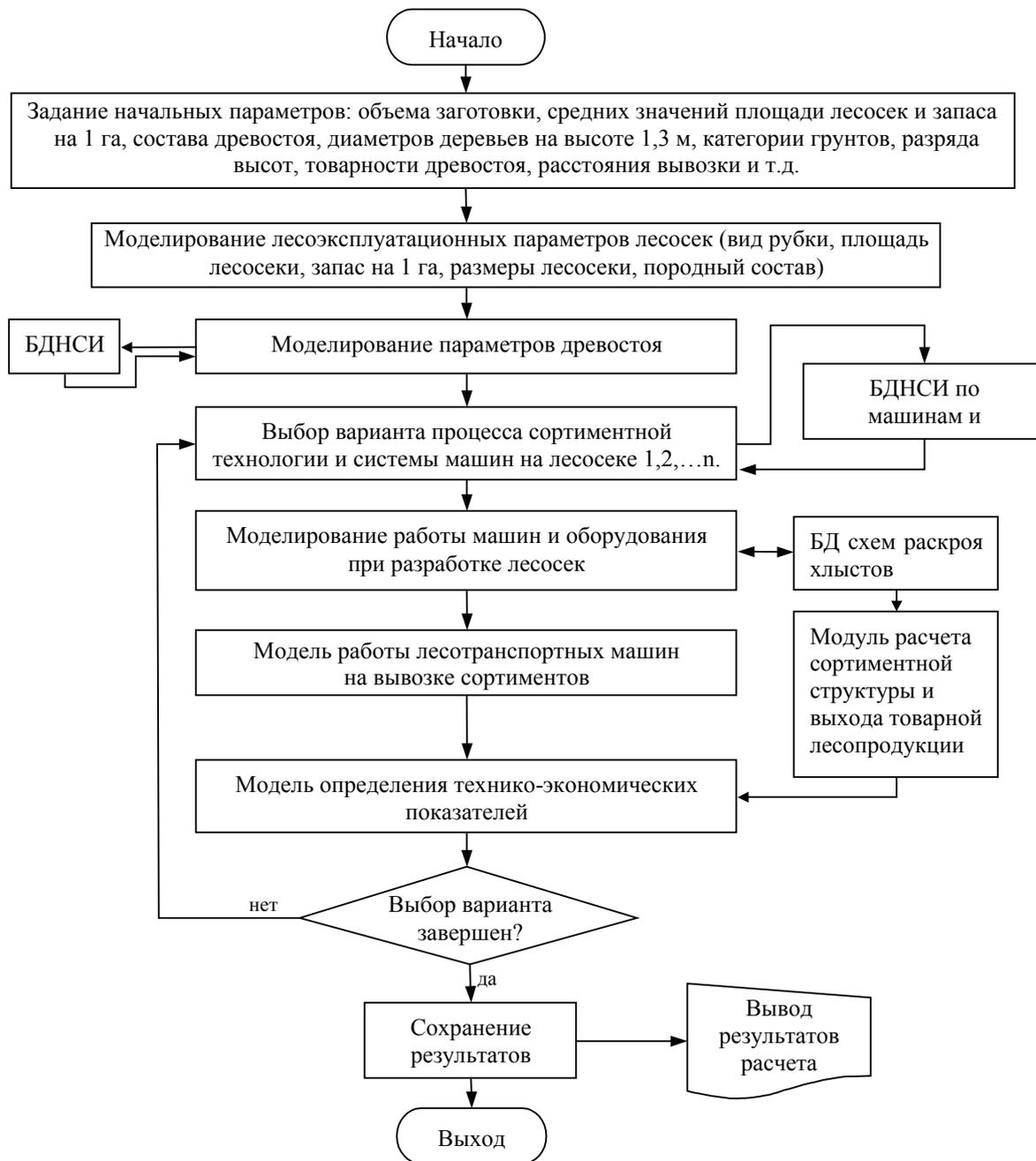


Рис. 3. Алгоритм модели выбора и оценки эффективности функционирования системы лесосечных машин

На рис. 2. представлена упрощенная блок-схема многофазной системы массового обслуживания.

Основной частью модели при оценке функционирования оборудования является модель работы системы машин при разработке лесосек. Процесс функционирования отдельных машин системы можно описать случайной последовательностью временных интервалов, характеризующих время пребывания машины в отдельном состоянии (работа, простой и т. д.), когда определены состоя-

ния перехода машины из одного состояния в другое, а также известны законы или функции распределения временных интервалов. Имитация функционирования системы машин заключается в поиске по времени ближайших смен особых состояний объектов (машин и оборудования), входящих в технологический процесс.

Функционирование СМО определяется основными параметрами: числом каналов в системе n ; плотностью потока заявок λ ; средней продолжительностью обслуживания

каналом одной заявки \bar{t}_{06} ; плотностью потока обслуживания одного канала μ (интенсивность обслуживания), величина, обратная среднему времени обслуживания.

Для создания программы по выбору и оценке эффективности системы лесосечных машин разработан общий алгоритм. Алгоритм решения задачи представляет собой разветвленную систему блоков (модулей) и предусматривает выполнение ряда процедур вычислительного и оптимизационного характера.

Алгоритм поясняется упрощенной схемой (рис. 3).

В программном комплексе созданы модели, имитирующие работу вальщиков, харвестера, погрузочно-транспортных машин (форвардера и трактора с лесовозным прицепом), навесного процессора, тракторов с канатно-чокерным оборудованием. Исходными данными для имитационных моделей работы машин являются данные, полученные в результате моделирования параметров лесосеки и параметров деревьев, а также базы данных нормативно-справочной информации по лесным машинам и механизмам. На основании модели машины, выбранной пользователем для моделирования, из таблицы с характеристиками считываются основные технические данные по машине, в том числе: колесная формула, вес, вылет манипулятора, грузоподъемность манипулятора, максимальный вес трелюемой пачки, скорости движения и т.д.

Технология работы машин при имитационном моделировании представлены как стандартной траекторией движения машин, так и скорректированной траекторией движения машин в лесонасаждениях; расстояниями переезда при смене стоянок, которые зависят от вида рубки, возраста древостоя, интенсивности выборки по запасу и вылета манипулятора машины. Влияние почвенно-грунтовых условий и рельефа местности на работу систем лесосечных машин установлено с помощью коэффициентов, корректирующих скорость передвижения машин по лесосеке, объема набираемой пачки, ограничений по грузоподъемности и др.

В результате имитационного моделирования рассчитывается производительность

машин на каждой операции и системы машин для принятых природно-производственных условий, а также показатели эффективности их работы: коэффициенты использования машинного и рабочего времени смены.

Полученные в результате имитационного моделирования данные применяются в экономико-математической модели, используемой для выбора и оценки эффективности функционирования системы лесосечных машин. Программа по выбранному варианту системы машин выдает капитальные вложения, эксплуатационные затраты, приведенные затраты по фазе лесосечные работы и транспорту леса, доход, себестоимость 1 м³ заготовки сортиментов и другие показатели. В программе можно менять все нормативные данные от характеристик машин до цен на лесозаготовительные машины, горюче-смазочные материалы и т.д. Это позволяет вводить в программу новые конкретные марки лесосечных машин и их характеристики.

Разработанная программа позволяет:

- исследовать возможности выбранных систем лесосечных машин при использовании их на различных видах рубок;
- дать оценку эффективности работы системы лесосечных машин в различных природно-производственных условиях;
- определять влияние изменения природных и производственных факторов на показатели эффективности выполнения лесосечных работ;
- определять основные технико-экономические показатели работы систем лесосечных машин.

Библиографический список

1. Редькин, А.К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок / А.К. Редькин, С.Б. Якимович. – М.: МГУЛ, 2005. – 497 с.
2. Ширнин, Ю.А. Технология и оборудование малообъемных лесозаготовок и лесовосстановления: учебное пособие для вузов / Ю.А. Ширнин, Ф.В. Пошарников. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 398 с.
3. Ширнин, Ю.А. Процессы комплексного освоения участков лесного фонда при малообъемных лесозаготовках: научное издание / Ю.А. Ширнин, К.П. Рукомойников, Е.М. Онучин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 196 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

В.И. ЧЕРНЯКЕВИЧ, доц. каф. транспортно-технологических машин МарГТУ, канд. техн. наук

Важность изучения распределения напряжений в грунтовом основании сборно-разборного дорожного покрытия из железобетонных плит определяется следующими факторами.

Во-первых, контактные напряжения в совокупности с внешней колесной нагрузкой образуют систему сил, воздействующих на дорожную плиту, и в конечном итоге определяют параметры самой плиты (ее армирование, высоту и т. п.).

Во-вторых, распределяемые плитой контактные напряжения являются нагрузкой для подстилающего плиту грунтового основания и их величина, а также и характер распределения во многом определяют условия работы последнего.

Теоретические исследования, рассматривающие плиту как балку или полосу в условиях плоской задачи теории упругости, выполненные М.И. Горбуновым-Посадовым [1], В.А. Флориным [2] и другими учеными, показывают, что контактные напряжения по длине плиты распределяются весьма неравномерно. Их величина, характер распределения определяются величиной, местоположением на плите нагрузки, размерами, жесткостью поперечного сечения плиты и способом стыкования плит, а также и свойствами самого основания. Эти выводы подтверждаются и результатами выполненных экспериментов.

Как известно, дифференциальное уравнение изогнутой оси балки (полосы) имеет следующий вид:

$$Dy^{IV} = q(x) - \varphi(x), \quad (1)$$

где D – жесткость поперечного сечения балки (полосы);

y – вертикальные перемещения нейтральной оси;

$q(x)$ – заданный закон распределения активной нагрузки;

$\varphi(x)$ – закон распределения контактных напряжений, являющийся неизвестной функцией, подлежащей определению.

Основной задачей при решении данного уравнения является установление известного закона распределения контактных напряжений.

Одно из первых теоретических решений по определению контактных напряжений в условиях плоской задачи упругости было получено И.А. Садовским для центрально нагруженной абсолютно жесткой полосы в следующем виде

$$\varphi(x) = p / \pi \sqrt{a^2 - x^2}, \quad (2)$$

где p – сосредоточенная сила;

a – полудлина полосы;

x – текущая координата.

В дальнейшем В.А. Флориным [2] и К.Е. Егоровым [3] указанное выше решение было распространено для случая сосредоточенной силы, приложенной к полосе с эксцентриситетом. Согласно этим решения эпюра контактных напряжений описывается уравнением

$$\varphi(x) = (p / \pi \sqrt{a^2 - x^2}) (1 + (2ex / a^2)), \quad (3)$$

где e – эксцентриситет приложения нагрузки.

Как видно из формулы (3), первый сомножитель уравнения представляет собой решение И.А. Садовского, а второй – поправку на эксцентриситет. Дальнейшие исследования показали, что при $e > (a / 2)$ под противоположным нагруженному краю полосы в грунтовом основании теоретически возникают растягивающие напряжения.

Грунт, как известно, практически не работает на растяжение, и при таком эксцентриситете силы на плите ее противоположный конец отрывается от основания и между плитой и основанием образуется щель. Частное решение с учетом такой щели было дано В.М. Абрамовым, в котором участок основания с растягивающими контактными напряжениями исключен из рассмотрения.

В дальнейшем для решения дифференциального уравнения (1) был предложен ряд методов [1, 2]. Они отличаются видом функций, определяющих эпюру контактных

напряжений, способами решения данного уравнения. Эти методы хорошо разработаны, доведены до практического использования, неоднократно проверены рядом исследователей и рекомендованы методикой [5].

Нами были выполнены теоретические расчеты контактных напряжений по методам М.И. Горбунова-Посадова и В.А. Флорина, которые показаны на рис. 1.

Расчет контактных напряжений выполнялся для наиболее распространенной на лесовозных дорогах свободно лежащей плиты без учета стыков, что и наблюдается на практике из-за несовершенства существующего стыкового соединения плиты длиной 3,0 м. Расчетная нагрузка принималась от заднего колеса лесовозного автомобиля, расположенного в зоне стыка на расстоянии 0,15 м от торца плиты. Такое расположение нагрузки, как отмечает ряд исследователей и подтверждают наши расчеты и эксперименты, является критическим для напряжений, возникающих в грунтовом основании плит покрытия.

Величина нагрузки принималась равной 50 кН (нагрузка группы А) с коэффициентами динамичности и перегрузки 1,5 и 1,3 соответственно. Это согласуется с рекомендациями действующей методики расчета железобетонных дорожных плит.

Из рис.1 видно, что возникающие в краевых зонах подстилающего плитку основания контактные напряжения превосходят величину критических давлений $P_{кр}$, приведенных в [5]. Величина указанных критических напряжений составляет: для среднезернистых и мелкозернистых песков подстилающего слоя 119 кПа и 83 кПа соответственно, а для суглинистого грунта земляного полотна при его влажности, составляющей 0,85 от границы текучести, – 49 кПа.

Отметим, что после выпадения обильных и продолжительных дождей, недостаточном уплотнении грунтового основания, а также с наступлением осенней или весенней распутиц прочность грунта основания может быть гораздо ниже приведенных критических величин.

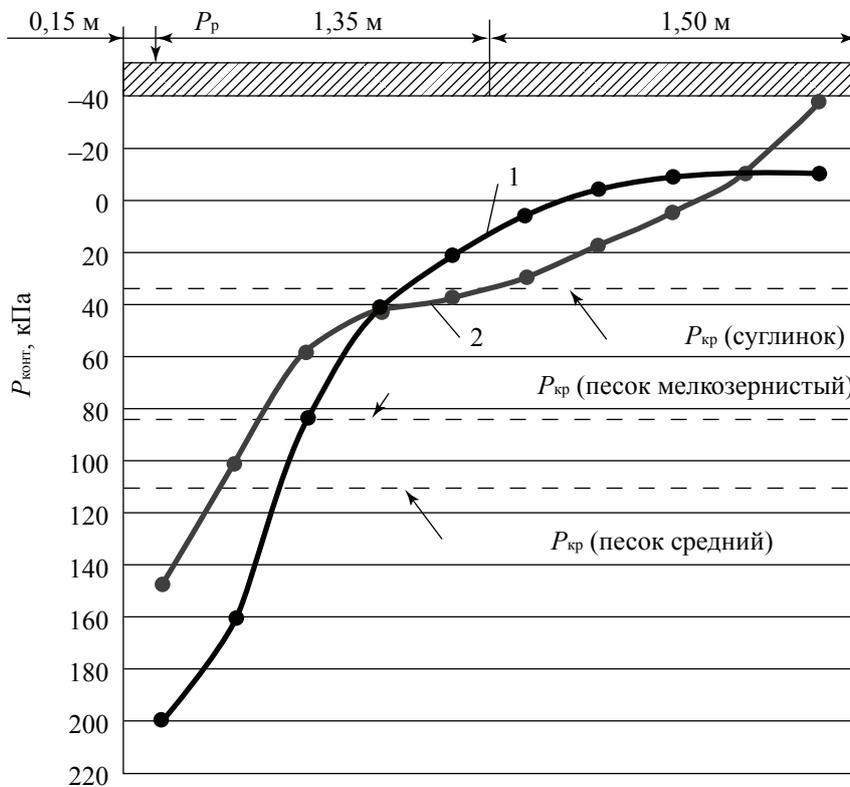


Рис. 1. Эпюры контактных напряжений в основании железобетонных дорожных плит: 1 – по методу М.И. Горбунова-Посадова; 2 – по решению В.А. Флорина; $P_{кр}$ – расчетные критические напряжения для грунтов основания

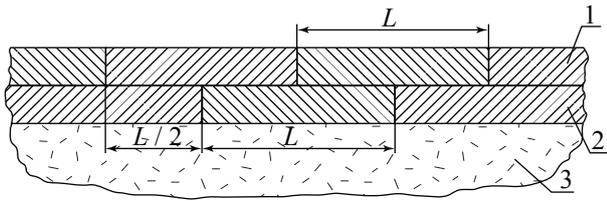


Рис. 2. Конструкция многослойного (двухслойного) дорожного покрытия: 1 – плиты верхнего ряда; 2 – плиты нижнего ряда; 3 – песчаная подушка; L – длина плиты

Для уменьшения контактных давлений в стыковой зоне плит и их выравнивания по длине плиты, по нашему мнению, необходимо оснастить дорожные плиты более совершенным типом стыкового соединения, например сварным, потому что применяемое в настоящее время соединение в колесоприводе деревянным брусом, находящимся в абразивной среде, быстро выходит из строя, и плиты работают как отдельно лежащие.

Одним из путей, позволяющим кардинальным образом решить наболевшую и злободневную проблему стыкового соединения дорожных плит, резко повысить эксплуатационные качества покрытия и увеличить срок его службы, является использование новой конструкции сборного покрытия из железобетонных плит для лесовозных дорог. На кафедре транспорта леса МарГТУ разработана и прошла всесторонние опытно-лабораторные и теоретические исследования многослойная (двухслойная) конструкция сборного дорожного покрытия, которая показана на рис. 2

Основным отличием предлагаемой конструкции сборного дорожного покрытия от существующей является то, что плиты верхнего ряда (1) укладываются на плиты нижнего ряда (2) со смещением равным $0,5$ их длины. При этом происходит смещение стыков, и каждая плита верхнего ряда контактирует с двумя плитами нижнего ряда. В результате увеличивается площадь передачи нагрузки на грунтовое основание, соответственно снижаются контактные напряжения в основании, выравнивается и характер их распределения по длине плиты. В многослойном сборном покрытии, в отличие от применяемого однослойного, отсутствуют сквозные, про-

ходящие через всю конструкцию покрытия и доходящие до подстилающего основания ослабленные стыковые зоны. Известный в дорожном деле принцип многослойности дорожной одежды в полной мере используется и в предлагаемой конструкции. Согласно ему целесообразно усилить верхний слой плит, который подвергается непосредственному воздействию колесной нагрузки, а в нижнем слое – использовать малоармированные и, соответственно, более дешевые плиты. Рекомендуется также оснастить плиты многослойной конструкции сварным типом стыков. В заключение отметим, что нами выполнены экспериментальные исследования, подробные прочностные расчеты плит как верхнего, так и нижнего слоев сборного покрытия, подобран состав мелкозернистого (песчаного) цементного бетона для их изготовления. В заводских условиях проведены испытания на прочность и морозостойкость данного бетона [6]. Считаем, что сборное многослойное покрытие отвечает современным требованиям и тенденциям конструирования, строительства и эксплуатации лесовозных дорог.

Библиографический список

1. Горбунов-Посадов, М.И. Расчет конструкций на упругом основании / М.И. Горбунов-Посадов. – М.: Гос. изд-во литературы по строительству и архитектуре, 1953. – 516 с.
2. Флорин, В.А. Основы механики грунтов. Т. 1 / В.А. Флорин. – М.-Л.: Госстройиздат, 1959. – 372 с.
3. Егоров, К.Е. Распределение напряжений в основании ленточного фундамента / К.Е. Егоров // Вопросы расчета оснований и фундаментов: сб. науч. тр. лаборатории оснований и фундаментов. – М.: ГОНТИ, 1938. – С. 29–48.
4. Коновалов, С.В. Практическая методика расчета жестких дорожных покрытий с учетом повторности воздействия нагрузок / С.В. Коновалов, М.С. Коганзон. – М.: Высш. шк., 1970. – 219 с.
5. Сборник покрытия автомобильных дорог: учеб. пособие для вузов / В.М. Могилевич, Е.Н. Дубровин, С.В. Коновалов и др. – М., 1972. – 384 с.
6. Чернякевич, В.И. Направление совершенствования покрытий лесовозных автомобильных дорог из железобетонных плит / В.И. Чернякевич, Н.Н. Пушкаренко. – Марийск. гос. техн. ун-т. – Йошкар-Ола, 2003. – Деп. в ВИНТИ 17.07.03., № 1416-В. – 2003. – 178 с.

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

З.Н. НАХАЕВ, директор Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН, канд. техн. наук

При разработке моделей необходимо иметь данные о вывозе-ввозе, для расчета которых требуется информация о смежных производствах. В свою очередь, масштабы производства можно обосновать, имея данные о ввозе-вывозе лесоматериалов. Поэтому определение согласованных данных производится в итеративном процессе, включающем следующие процедуры:

1. Предварительный расчет контрольных цифр развития экономического района (по объему производства), определение ориентировочных размеров ввоза-вывоза по смежным производственным процессам лесных грузов.

2. Корректировка полученного товарообмена, включение его в конечный продукт и вычисление новых объемов производства.

3. Анализ производства и корректировка производства и товарообмена в смежных процессах.

4. Проверка размеров товарообмена на соответствие возможностям смежных производств (т.е. исчисление объемов производства по конечному продукту, в который включены скорректированные показатели товарообмена лесными грузами в смежных производствах).

Таким образом, сначала рассчитывается ряд относительных показателей, характеризующих: товарность продукции в целом γ ; ввоз продукции отраслей λ ; ассортиментный обмен ϑ , имеющий контрольное значение (рассчитывается только по смежным отраслям), по формулам

$$\gamma = V / X; \vartheta = W / P; \lambda^{(1)} = W / (W + V) \\ \lambda^{(2)} = V / (W + V); \lambda^{(3)} = W / V, \quad (1)$$

где V, W – ввоз и вывоз;

X, P – объем производства и общий объем.

Коэффициент перевозимости определяется с учетом его динамики за установленный период и тенденций изменения на перспективу. При этом учитываются как общие, так и специфические факторы для каждого

производственного процесса лесных материалов [1].

Наибольшие трудности вызывает определение перспективы средней дальности перевозок. В данном случае необходимо предварительно проектировать схемы развития грузопотоков по смежным производственным направлениям, линиям и участкам сети путей сообщения и по ним определять грузооборот.

Такой подход связан с реализацией довольно сложных расчетов, для которых требуются большие объемы детализированной исходной информации. Основанием для его применения служат территориальные балансы производства и обусловливаемые ими детальные схемы прикрепления поставщиков к потребителям. Такими данными практически чрезвычайно сложно обеспечить анализ и разработку плана развития транспортных связей на определенный период.

Другой подход предусматривает определение средней дальности промежуточного показателя, а итоговым является грузооборот. При этом используется экспертная оценка изменения средней дальности исходя из направлений размещения смежных производственных процессов. Расчет при этом должен базироваться на учете планируемых укрупненных пропорций в размещении производства и связанных с ними закономерностей в развитии межрайонных, межрегиональных связей.

Укрупненная модель расчетов имеет вид

$$R_{cp} = K \sum_{ij} Y_{ij} R_{ij}, \quad (2)$$

где R_{cp} – средняя дальность перевозок, км;

K – поправочный коэффициент, учитывающий круглые перевозки;

Y_{ij}, R_{ij} – удельный вес перевозки (в долях единицы от общего объема лесных грузов) и дальность перевозок груза в соответствующих внутрирегиональных и межрегиональных связях;

i, j – индексы (номера) выделяемых регионов (напр. европейская часть России, Урал и т.п.).

В данной модели выбор регионов должен быть обусловлен теми резервами, которые принимаются для анализа территориальных сдвигов на этапе производства основных параметров и процессов смежных производств. Использование модели предполагает предварительное определение дальности перевозок по обобщенным внутрирайонным и межрайонным связям исходя из отчетных данных о межобластном обмене лесных грузов и на основе кратчайших сетевых расстояний. При этом проверяются и устанавливаются тенденции в изменении удельного веса отправления, прибытия, внутрирайонных и межрайонных перевозок по заданным регионам страны.

На перспективу эти показатели устанавливаются с учетом помещаемых сдвигов

в размещении производства и потребления конкретной продукции и коэффициентов перевозимости грузов по европейским и восточным регионам страны. Для остальных видов транспорта можно при расчетах исходить из сложившихся тенденций в распределении грузооборота между видами транспорта.

Общая сумма доходов от смежных производственных процессов формируется с использованием коэффициентов (удельных весов по отношению к доходам от перевозочной деятельности) от погрузочно-разгрузочных работ, транспортно-экспедиционного обслуживания, хранения и др. Норматив удельного грузооборота и доходов от перевозок лесных грузов устанавливается конкретно по каждой номенклатуре.

Библиографический список

1. Лесдон, Л. Оптимизация больших систем. Л. Лесдон. – М.: Наука, 1975. – 432с.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТРЕНИЯ В ШАРНИРАХ ЛЕСНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

Ф.В. ПОШАРНИКОВ, *проф., зав. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства ВГЛТА, действительный член Академии естествознания РФ, д-р техн. наук*,
А.И. СЕРЕБРЯНСКИЙ, *ст. преподаватель каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства ВГЛТА, канд. техн. наук*

В лесной промышленности широко используются машины манипуляторного типа. В конструкцию манипуляторов входят шарнирные соединения, которые являются слабым местом технологического оборудования, так как при наработке до 3000 моточасов выходят из строя [1]. Одним из факторов, объясняющих низкую износостойкость этих узлов трения, является несовершенство процесса смазки трущихся поверхностей. В случае смазывания трущихся поверхностей шарниров манипуляторов пластичной смазкой под действием высоких нагрузок происходит выдавливание смазки из зоны трения, что приводит к повышенному износу, дополнительным нагрузкам, ударам, вибрациям и преждевременному выходу узла трения из строя.

Температура трения оказывает существенное влияние на износостойкость подшипников скольжения. При повышении температуры выше допустимой для тех или иных материалов в последних происходят физические, химические и механические изменения, особенно в поверхностных и приповерхностных слоях. Такие изменения приводят к повышенному износу, появляются очаги микросваривания, заедания, задиры, проявляются виды изнашивания, которых могло бы не быть при допустимых значениях температуры трения. Повышается износ, достигающий до критического. При экстремальных значениях температуры может полностью остановиться работа узла трения, что ведет к его разрушению.

Для исключения указанных недостатков предлагается использовать в качестве

антифрикционного материала в подшипниках скольжения манипуляторов самосмазывающиеся антифрикционные пластики типа АМАН. Чтобы адекватно судить о работоспособности предлагаемых пластиков в данных узлах трения, необходимо теоретически и экспериментально проанализировать величины температуры трения, возникающие при работе шарниров манипуляторов лесных машин.

Целью данной работы является определение степени влияния температуры трения на работоспособность пластиков типа АМАН (ЭСТЕРАН-29, АМАН-13) в качестве антифрикционного материала в шарнирных соединениях манипуляторов. В качестве примера рассматривались манипуляторы лесозаготовительных машин. Теоретические исследования температуры трения проводились по следующей методике.

Определяется фактор PV

$$P = 100R/dl, \quad (1)$$

где R – нагрузка на подшипник скольжения, Н;

d – диаметр вала, мм;

l – длина подшипника, мм.

$$V = \pi dn / 60000, \quad (2)$$

где n – скорость скольжения, об/с;

d – диаметр вала, мм.

По условию [2] подшипник должен работать без смазки, что и имеет место в данном случае.

Затем устанавливается температурное поле в подшипнике. Вначале определяем мощность теплового потока в единицу времени на поверхности контакта вал – втулка по формуле

$$q_n = (2,3 \cdot 10^6 \cdot PV) / d_b l, \quad (3)$$

где R – нагрузка на подшипник, кН;

Определяется температура на внутренней поверхности втулки t_{p1}

$$t_{p1} = k\beta_n q_n d \left((1/2\lambda) \cdot \ln(1/k_0) + (10^3/\eta \cdot D_1) \right) \cdot 10^{-3} + t_0, \quad (4)$$

где $\beta_n = 0,17$ – коэффициент разделения потоков тепла, определяемый с помощью экспериментальных графиков;

$\lambda = 0,29$ (Вт / м·°С) – коэффициент теплопроводности;

$k = 0,7$ – коэффициент, учитывающий прерывистый цикл работы шарнирных соединений лесных манипуляторов;

$\eta = 7,5$ (Вт / м²) – коэффициент теплообмена от стали к воздуху в зависимости от влажности;

D_1 – наружный диаметр корпуса, мм;

k_0 – коэффициент взаимного перекрытия.

$$k_0 = d/D, \quad (5)$$

где D – внутренний диаметр корпуса, мм.

Рабочая температура корпуса устанавливается по формуле

$$t_{p2} = (k\beta_n q_n D / \eta D_1) + t_0. \quad (6)$$

Средняя температура втулки будет равна

$$t_p = (t_{p1} + t_{p2}) / 2. \quad (7)$$

Для определения рабочей температуры шарнирных соединений с антифрикционными втулками из пластика АМАН-13 исходные данные будут такими же, что и в случае с ЭСТЕРАНОм-29, за исключением коэффициента разделения потоков тепла $\beta = 0,23$ и коэффициента теплопроводности $\lambda = 0,21$ (Вт / м·°С).

Результаты расчета рабочей температуры рассматриваемых шарнирных соединений с антифрикционными пластиками ЭСТЕРАН-29 и АМАН-13 представлены, в табл. 1 и 2.

Как видно из табл. 1, 2, рабочая температура шарнирных соединений с антифрикционными пластиками ЭСТЕРАН-29 и АМАН-13 находится в пределах 30–60 °С. Это не превышает критического значения температуры для этих пластиков, при которой они начинают плавиться.

Т а б л и ц а 1

Рабочая температура шарнирных соединений с пластиком ЭСТЕРАН-29

$t, ^\circ\text{C}$	ЛП-19А	ЛП-49, ЛП-18А	ЛП-17А, ТБ-1М
Подвеска – рукоять			
t_{p1}	50,22	49,5	33,95
t_{p2}	38,8	38,46	33,76
t_p	39,51	38,86	33,86
Рукоять – стрела			
t_{p1}	46,29	40,95	34,95
t_{p2}	44,03	39,43	34,9
t_p	45,16	40,19	34,92
Стрела – поворотная колонка			
t_{p1}	44,01	35,73	31,51
t_{p2}	42,07	34,93	31,5
t_p	43,04	35,33	31,51

Т а б л и ц а 2

Рабочая температура шарнирных соединений с пластиком АМАН-13

$t, ^\circ\text{C}$	ЛП-19А	ЛП-49, ЛП-18А	ЛП-17А, ТБ-1М
Подвеска – рукоять			
t_{p1}	45,76	44,17	36,0
t_{p2}	41,91	41,45	35,09
t_p	43,83	42,81	35,55
Рукоять – стрела			
t_{p1}	55,1	46,87	37,49
t_{p2}	48,98	42,75	36,63
t_p	52,02	44,81	37,06
Стрела – поворотная колонка			
t_{p1}	51,59	38,83	32,29
t_{p2}	46,32	36,67	32,03
t_p	48,96	37,75	32,16

Экспериментальные исследования температуры трения были проведены на стенде и по методике, представленной в работах [3–5]. В данных исследованиях определялась температура трения при различных значениях нагрузки и скорости скольжения. Исходя из нагрузочно-скоростных режимов работы реальных шарнирных соединений манипуляторов были выбраны следующие нагрузочно-скоростные режимы экспериментов: $V = 0,08–0,13$ м/с; $P = 0,8–2,65$ МПа; в случае динамического нагружения частота действия динамической нагрузки принимается $\varphi = 10$ Гц. Полученные результаты исследований были сведены в табл. 3 и 4, для сравнения представлены результаты исследований пластика ВИЛАН-9. Графическое изображение зависимости температуры трения от скорости скольжения и удельной нагрузки при статическом и динамическом нагружении представлено на рис. 1 и 2.

Как показывают данные исследований, увеличение скорости скольжения и удельной нагрузки приводит к возрастанию температуры вблизи поверхности трения. Из рис. 1 и 2 видно, что кривые, характеризующие температуру вблизи поверхности трения, при динамическом нагружении на несколько градусов выше, чем при статическом нагружении. Это говорит о том, что динамическое нагружение интенсифицирует процессы, повышающие рабочую температуру узла трения.

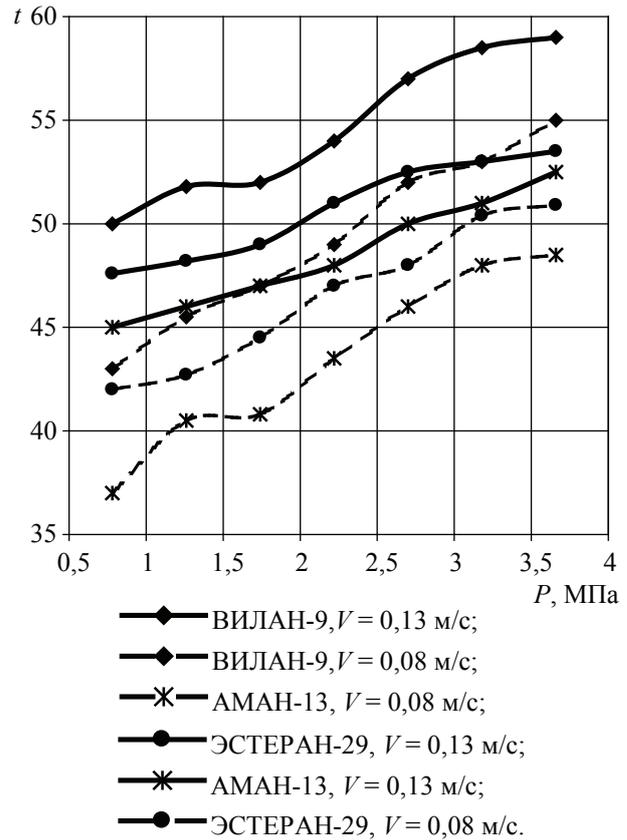


Рис. 1. Зависимость температуры вблизи поверхности трения t от удельной нагрузки и скорости скольжения при статическом нагружении

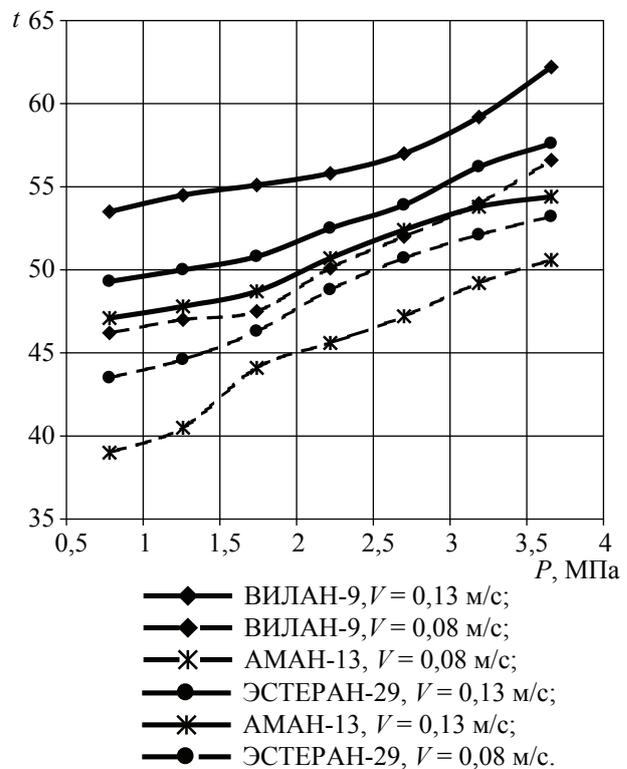


Рис. 2. Зависимость температуры вблизи поверхности трения t от удельной нагрузки и скорости скольжения при динамическом нагружении

Характер изменения температуры при динамическом и статическом нагружении в принципе одинаков. С увеличением нагрузки и скорости скольжения увеличивается температура вблизи поверхности трения. Кривые температуры при скорости скольжения 0,8 м/с лежат ниже, чем при скорости скольжения 0,13 м/с, причем во всех случаях кривая, характеризующая температуру трения ВИЛАН-9 располагается выше, чем кривая, характеризующая температуру трения ЭСТЕРАН-29, а та, в свою очередь, выше кривой, характеризующей температуру трения АМАН-13. Это объясняется индивидуальными особенностями состава пластиков (марка связующего, процентное отношение связующего и наполнителя). В целом же при повышении скорости скольжения температура вблизи поверхности трения увеличивается.

В ходе проведенных исследований был получен диапазон рабочих температур вблизи поверхности трения антифрикционных пластиков ВИЛАН-9, ЭСТЕРАН-29 и АМАН-13, составляющий 37–61 °С. Такие значения температуры находятся в зоне допустимых рабочих температур для этих пластиков и находятся далеко от верхней границы этого диапазона, который для разных пластиков составляет 170–300°.

Основываясь на проведенных теоретических и экспериментальных исследованиях, можно сделать вывод, что антифрикционные пластики типа АМАН с точки зрения рабочих температур вблизи поверхности трения вполне работоспособны в качестве антифрикционного материала в шарнирных соединениях манипуляторов.

Библиографический список

1. Шевченко, В.П. Восстановление шарнирных соединений лесосечных машин электродуговой металлизацией: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / В.П. Шевченко. – Химки, 1986. – 20 с.
2. Ремизов, Д.Д. Пластмассовые подшипниковые узлы / Д.Д. Ремизов. – Харьков, 1982. – 176 с.
3. Смогунов, Н.С. Экспериментальная установка для исследования подшипников скольжения, работающих в условиях реверсивного трения / Н.С. Смогунов, А.И. Серебрянский, В.И. Рубахин. – ВИНТИ. – № 3576 – И98. – 6 с.
4. Смогунов, Н.С. Установка для исследования шарниров манипуляторов. В кн. Рациональное использование ресурсного потенциала в агропромышленном комплексе. Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции / Н.С. Смогунов, А.И. Серебрянский. – Воронеж, 1998. – С. 41.
5. Смогунов, Н.С. Лабораторный стенд для исследования подшипников скольжения. В кн. Теория и практика машиностроительного оборудования. Тезисы докладов Четвертой региональной межвузовской конференции / Н.С. Смогунов, Н.И. Милых, А.И. Серебрянский. – Воронеж, 1999. – Вып. 4.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

В.К. КУРЬЯНОВ, *проф. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, д-р техн наук*,
О.Н. БУРМИСТРОВА, *доц. Ухтинский ГТУ, канд. техн. наук*

Планирование эксперимента – это процесс выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения задачи с требуемой точностью.

Основные преимущества этого метода:

а) стремление к минимизации общего числа опытов;

б) одновременное варьирование всех переменных, определяющих процесс по специальным алгоритмам;

в) использование математического аппарата, формализующего действия экспериментатора.

В результате многофакторного эксперимента (МФЭ) получается математическая полиномиальная модель, связывающая основные параметры, характеризующие исследуемый процесс с независимыми переменными – факторами.

Рассмотрим методику использования многофакторного эксперимента на примере исследований параметров движения автомобиля КамАЗ-5320.

Общая стратегия подготовки, проведения и обработки результатов эксперимента представлена в таблице.

Т а б л и ц а

Постановка задачи	Обработка результатов
Выбор оценочных параметров и факторов	Определение дисперсии воспроизводимости
Выбор плана эксперимента	Проверка на однородность дисперсии
Подготовка поля испытаний, журнала испытаний	Расчет коэффициентов регрессии
Проведение испытаний	Определение значимости коэффициентов регрессии
Первичная обработка результатов (отброс грубых ошибок и т.д.)	Проверка на адекватность
Оценка значимости опытов	Выбор следующего шага

Целью проводимого экспериментального исследования тормозной динамики является определение степени влияния некоторых эксплуатационных факторов на параметры движения автомобиля.

В качестве факторов, оказывающих наибольшее влияние на устойчивость и эффективность торможения в данных дорожных φ и скоростных v_0 условиях, выбрана бортовая неравномерность действия тормозных механизмов, которая определяется коэффициентом остаточной эффективности действия каждого тормозного механизма.

Все факторы, которые входят в планированный эксперимент для исследования тормозной динамики, могли быть заданы по желанию экспериментатора любыми значениями из области их определения и поддерживались постоянными во время опытов.

Были выбраны следующие уровни n_{ij} и интервалы J_j варьирования факторов:

$$(n_{ij})_6 = 0,9(n_{ij})_H = 0,8J_i = 0,05.$$

При этом использовались кодированные их значения, верхний уровень фактора соответствовал + 1, нижний – 1, а основной – 0.

Кодированные значения фактора определялись по формуле

$$X_j = (X_i - X_{j0}) / J_j,$$

где X_j – кодированное значение фактора;

X_i – натуральное значение фактора;

X_{j0} – натуральное значение основного уровня фактора;

J_j – интервал варьирования;

$J = 1, 2, 3$ – номер фактора.

Кодирование факторов соответствует переходу к новой безразмерной системе координат с началом в центре исследуемой области.

Планировался эксперимент 1-го порядка с варьированием факторов на 2-х уровнях. Был реализован план полнофакторного эксперимента, состоящий из $N = 2^3 = 8$ экспериментальных точек с пятикратным повторением опытов в каждой точке факторного пространства.

Общее количество заездов было проведено $n = 8 \times 5 = 40$.

По результатам параллельных опытов подсчитывается дисперсия воспроизводимости в каждой горизонтальной строке матрицы

$$S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2}{n - 1},$$

где Y_{ij} – значение параметра оптимизации в i - m параллельном опыте;

\bar{Y}_i – среднее значение параметра оптимизации в данной серии параллельных опытов.

Расчет средней дисперсии воспроизводимости при условии неравномерного дублирования опытов проводится по формуле

$$S^2 \{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^N f_i S_i^2}{\sum_{i=1}^N f_i},$$

где S_i^2 – дисперсия 1-го опыта;

f_i – число степеней в 1-ом опыте, равное числу параллельных опытов минус единица.

При равномерном дублировании опытов используется критерий Барлетта

$$x^2 = \frac{1}{2} (f \lg S^2 \{y\} - \sum_{i=1}^N f_i \lg S_i^2),$$

где

$$C = 0,4343 \left[1 + \frac{1}{3(N-1)} \left(\sum_{i=1}^N \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f} \right) \right];$$

N – число серии опытов.

Сравнение полученных величин $X_{St}^2 = 2,073$ и $X_{Zea6}^2 = 0,692$ с табличными, равными 14,07 для семи степеней свободы, показало на однородность дисперсий.

В общем случае для нахождения коэффициентов регрессии необходимо решить матричное уравнение

$$B = (X^T P X)^{-1} X^T P Y,$$

где X – матрица полнофакторного эксперимента 2^3 ;

P – диагональная матрица весов; по диагонали матрицы находится количество параллельных опытов в серии;

X^T – матрица, транспонированная к X ;

Y – столбец усредненных выходных параметров;

B – столбец коэффициентов регрессии.

Следующим этапом обработки является определение значимости коэффициентов.

Из матрицы дисперсий по вариации $(X^T P X S^2 \{y\})^{-1}$ имеем $(X^T P X)^{-1} S^2 \{y\} = 0,0625$.

Следовательно,

$$S^2 \{b_o\} = S^2 \{b_1\} = S^2 \{b_2\} = S^2 \{b_3\};$$

в нашем случае

$$S_{ST}^2 \{b_j\} = 1,85 \cdot 10^{-3}; S_{Zab}^2 \{b_j\} = 0,827 \cdot 10^{-3}.$$

Значимость коэффициентов регрессии определяется по критерию

$$t_j = |B_j| / S \{b_j\} = t_{кр}, \\ |B_j| \leq S = \{b_j\} t_{кр}.$$

Для проверки адекватности модели сначала рассчитывается дисперсия адекватности

$$S_{ag}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N r_i (\bar{Y}_i - \hat{Y}_i)}{N - f_i - 1},$$

где \hat{Y}_i – значение параметра оптимизации, предсказываемое уравнением для i -го опыта;

f_i – число степеней свободы;

\bar{Y}_j – среднее арифметическое из r_i параллельных опытов в i -о точке плана.

Полученные уравнения адекватно описывают экспериментальные данные. Эти уравнения позволяют, заранее задавшись значениями снижения эффективности действия тормозных механизмов K_{ij} , получить характеристики траектории движения $S_T, Z_{габ}$ автомобиля КамАЗ-5320 и на основе этого определить допустимые значения неравномерности действия тормозных механизмов.

Аналогичное применение теории МФЭ к теоретическим исследованиям динамики торможения автомобиля КамАЗ-5320 для тех же эксплуатационных условий позволили получить следующие уравнения регрессии

$$S_{top} = 12,915 + 0,1905X + 0,0315X + 0,0325X; \\ Z_{габ} = 1,3805 + 0,0836X + 0,0125X + 0,0103X.$$

С целью сопоставления данных, полученных при расчетах на результатах, определяемых по регрессионным зависимостям (S_T и $Z_{габ}$) и экспериментальных данных, был поставлен следующий эксперимент. При фиксированном значении бортовой неравномерности действия тормозных механизмов ($бндтм = 0,3$) для нескольких начальных скоростей торможения v_0 были получены конечные параметры процесса торможения S_T и $Z_{габ}$.

Различие между экспериментальными данными и расчетными для S_T и $Z_{габ}$ не превышают соответственно 8 %, 10 %, а для регрессионных зависимостей и данных эксперимента 10 %, 15 %, что также свидетельствует о возможности применения результатов данных теоретических исследований при изучении процесса торможения многоосных автомобилей.

Некоторое различие в коэффициентах регрессии, полученное при сравнении формул S_T и $Z_{габ}$, получается в результате того, что при экспериментальных исследованиях не учитывались случайные факторы переменного коэффициента сцепления под каждым из колес, появление ризок и заусениц в тормозных механизмах, попадание грязи между трущимися парами и т.д.

Это сказалось на трудной точной установке значения коэффициентов снижения эффективности действия тормозных механизмов K_{ij} .

Однако можно отметить, что в каждом конкретном случае сравнения теоретических значений и экспериментальных S_{top} и $Z_{габ}$ суммарное влияние коэффициентов регрессии на них не даст разницы больше, чем на 15 %.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИОРГАНОСИЛОКСАНОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

В.И. АЗАРОВ, *проф. каф. химической технологии древесины и полимеров МГУЛ, д-р техн. наук,*
Г.Н. КОНОНОВ, *доц. каф. химической технологии древесины и полимеров МГУЛ,*
канд. техн. наук,

Д.Б. ЧЕКУНИН, *асп. каф. химической технологии древесины и полимеров МГУЛ*

Задачей исследования являлось установление ряда умозаключений, сделанных по предварительным данным с помощью исследований, проведенных косвенными и прямыми методами, а также установление возможности промышленного применения полиорганосилоксанов при производстве композиционных целлюлозно-полимерных материалов.

Полимерные кремнийорганические соединения содержат в молекуле атом кремния, связанный с атомом углерода непосредственно или через атомы других элементов, к ним относятся органогалогенсиланы, органосиланы, органосилоксаны и другие соединения. Они применяются для получения кремнийорганических жидкостей, каучуков, клеев, лаков и различного рода дисперсий [3].

Кремнийорганические соединения обладают рядом специфических свойств. Например, некоторые из них растворимы в воде. В связи с этим они довольно быстро нашли применение в технологии производства бумаги и картона. Но до сих пор большие группы таких соединений остаются мало изученными в области применения в технологии целлюлозно-полимерных материалов.

Как известно, бумага и картон обладают способностью поглощать влагу из окружающей среды, причем повышенная влажность, как и другие воздействия, оказывает существенное влияние на их физические и механические свойства. При повышении влажности всего на 30 % потери в физико-механических свойствах для бумаги и картона составляют в среднем 70 %, что не позволяет, к примеру, создавать прочные конструкции для тары без дополнительных затрат на ее производство [6].

При производстве бумаги и картона требуется задать определенный уровень гиг-

роскопичности, антиадгезионности, химической, биологической и термической стойкости. Сейчас в бумажной промышленности этого добиваются нанесением различного вида пленок и покрытий, в том числе с применением низкомолекулярных кремнийорганических соединений (силиконизированные виды бумаги и картона). Но перерабатывать такие материалы достаточно трудоемко и нецелесообразно, а иногда и просто невозможно вследствие отсутствия доступной технологии переработки.

Для повышения всех перечисленных характеристик предлагается использовать группу синтезированных полиорганосилоксанов.

Воздействие на волокнистые материалы кремнийорганическими соединениями осуществляется как в массе при их производстве, так и с поверхности при их переработке [3]. Поверхностную обработку бумаги и картона выполняют двумя способами:

- газофазным;
- жидкофазным.

Более удобным решением для гидрофобизации является применение водно-дисперсионных составов на основе высокомолекулярных кремнийорганических соединений. Они не требуют катализаторов полимеризации и прочих вспомогательных веществ при производстве бумаги и картона. Такие дисперсии предполагается как вводить в массу, так и производить поверхностную обработку.

Предложенная к рассмотрению группа дисперсий является коллоидным раствором высокомолекулярных полимеров кремнийорганических соединений в водной среде. На данной стадии изучения возможности их применения имеется мало информации об их свойствах применительно к целлюлозно-бу-

мажным материалам, но доподлинно установлено, что применение этих веществ способно составить конкуренцию традиционным методам улучшения свойств бумажно-картонных материалов.

Установлено, что, как и прочие кремнийорганические соединения, группа рассматриваемых веществ в достаточной мере улучшает физико-механические показатели полотна, что может позволить полностью или частично исключить гидрофобизацию в массе промышленными клеями. Кроме того эти соединения обладают способностью к лучшему удержанию наполнителей.

Все выше сказанное объясняется

- механизмом реакции целлюлозы с кремнийорганическими соединениями;
- геометрическим расположением глобул полимера после его осаждения на волокнах целлюлозы;
- созданием специфичной полимикрорешетки в процессе термообработки.

Происходит не только химическое модифицирование, но и, по-видимому, отложение полимера вдоль стенок волокон за счет проникновения во внутриклеточные полости через поры – импрегнирование.

Применение подобных соединений не предполагает существенных изменений современных технологий производства бумаги и картона. Их можно легко внедрить на любом этапе производства. Потребуется небольшая модернизация существующих линий с небольшими капиталовложениями.

К недостаткам подобных соединений можно отнести большой расход по сухому веществу.

Кремнийорганические соединения этой группы нетребовательны к температурным режим производства, что является их существенным достоинством по сравнению с веществами низкомолекулярного характера. Это может уменьшить так называемое сезонное (температурное) воздействие на качество вырабатываемых целлюлозно-полимерных материалов.

Условия хранения данной дисперсии предельно просты, необходима лишь герметичность применяемой тары, так как углекислый газ, содержащийся в воздухе, приводит

к снижению устойчивости дисперсии. Время хранения в таких условиях не ограничено. При снижении температуры ниже точки замерзания перед применением в технологическом процессе дисперсию следует нагреть до состояния текучести и перемешать. Во время хранения возможно образование осадка, который устраняется диспергированием при нагревании.

Следует сказать, что при небольшом изменении условий синтеза рассматриваемых соединений мы сможем получать вещества, способные улучшать весь комплекс свойств бумажно-картонных материалов [7]. Планомерное и всестороннее изучение высокомолекулярных кремнийорганических соединений позволит производить совершенно новые виды целлюлозно-композиционной продукции с повышенной долговечностью, антиадгезионными свойствами, устойчивостью к воздействию агрессивных сред и повышенных температур.

Упаковочная индустрия требует все большего количества высокогидрофобизированных видов бумаги и картона. Использование таких материалов позволит обходиться без вторичной упаковки продукции в пленки различного вида и сократить расходы времени и средств на технологические операции и транспортировку продукции. Представленный ряд задач можно решить применением полиорганосилоксанов при производстве целлюлозно-композиционных материалов на разных стадиях технологического процесса [3].

В данном случае предлагается к рассмотрению технология производства картона тарного массой 150 г/м² из макулатуры марок МС-6, МС-7 с использованием нанодисперсии полиорганосилоксанов на водной основе.

С использованием листоотливного аппарата ЛА-1 были изготовлены образцы картона для плоских слоев массой 150 г/м². Для приготовления отливок использовалось макулатурное волокно (смесь марок МС-6 и МС-7) без добавления каких-либо химикатов с концентрацией массы в потоке 2,4 %.

Далее на отжимном прессе была осуществлена поверхностная пропитка материала нанодисперсией полиорганосилоксана.

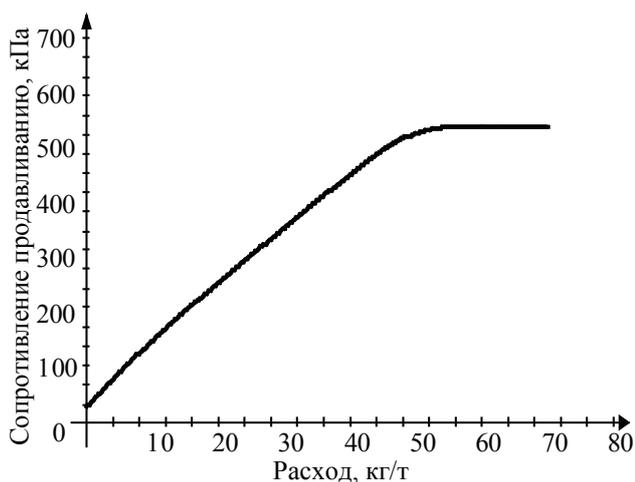


Рис. 1. Зависимость сопротивления продавливанию от расхода нанодисперсии

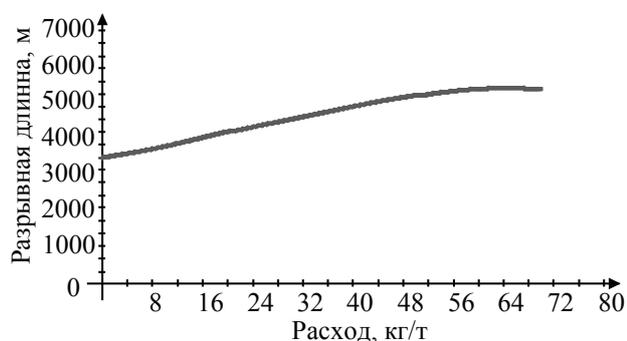


Рис. 2. Зависимость разрывной длины от расхода нанодисперсии

Следующим этапом процесса являлась досушка материала (она же термическая обработка), которая проводилась на том же листоотливном аппарате в течение 3–5 минут до достижения постоянной массы образца.

Таким образом был получен материал, который впоследствии подвергли ряду стандартных и нестандартных (сертификационных) испытаний:

Измерение рН водных вытяжек

Испытание проводилось на 10 различных образцах с выдержкой в интервале 1 минута – 24 часа. При этом было выяснено, что рН водных вытяжек для всех образцов был равным 8,5, что допустимо для производственного процесса[4].

Определение сопротивления продавливанию

Испытание осуществлялось на приборе для определения сопротивления продавли-

ванию ПР-1. По результатам, определенным независимой лабораторией, сопротивление продавливанию составило 568 кПа. Причем этот показатель пропорционально возрастает с увеличением расхода нанодисперсии полиорганосилоксана до величины 50 кг/т (рис. 1). Дальнейшее увеличение расхода практически не приводит к изменению определяемого показателя.

Определение разрывной длины

Испытание осуществлялось на разрывной машине РМБ-30-2М. По результатам, определенным независимой лабораторией, максимальное значение разрывной длины составляет 5200 м. Зависимость разрывной длины от расхода нанодисперсии полиорганосилоксана (рис. 2) аналогично зависимости сопротивления продавливанию (рис. 1). При этом оптимальный расход – около 50 кг/т, что указывает, по-видимому, на завершение процессов структурирования в целлюлозно-полимерной композиции при указанной концентрации полиорганосилоксанов за счет специфического механизма взаимодействия кремнийорганической дисперсии с целлюлозной матрицей [2, 5].

Значения величины степени проклейки бумаги по методу Кобба (Cobb₆₀)

Результаты испытаний свидетельствуют о соответствии данного показателя требованиям ГОСТа на данный вид продукции. Для сравнения результатов, полученных на опытных образцах картона, была проведена аналогичная обработка нанодисперсией полиорганосилоксана промышленных образцов картона из подобной по составу волокнистой массы с применением канифольного гидрофобизирующего состава. Результаты испытаний образцов тарного картона превышают требования для данного вида продукции в 1,5–2 раза.

Таким образом, применение полиорганосилоксанов при производстве целлюлознокомпозиционных материалов, возможно, и приводит к решению ряда вопросов, поставленных выше [6].

Освоение производства тарного картона с применением полиорганосилоксанов

возможно на любом современном предприятии с небольшим вложением средств в модернизацию существующего производственного цикла [1].

Задачей следующих исследований являлось моделирование структурообразования полиорганосилоксанов [1] на целлюлозосодержащих подложках в сравнении с подложками, не содержащими целлюлозу, а также воздействия внешних факторов на структурообразование полиорганосилоксанов.

Для проведения опытов по микроскопии были подготовлены образцы различных типов подложек: кремнийсодержащая (стекло), гидрофильная-целлюлозосодержащая (целлофан) и гидрофобная (полиэтилен). На указанные подложки наносилась нанодисперсия полиорганосилоксана, затем она высушивалась при комнатной температуре, а часть образцов при температуре 105 °С.

Затем проводились микроскопические исследования на универсальном исследовательском биологическом микроскопе МБИ-15 (предназначен для визуального наблюдения и фотографирования объектов в проходящем и отраженном свете) [9]. Для фотографирования исследуемых объектов в микроскоп была встроена цифровая монохромная видеокамера «G2», синхронизированная с персональным компьютером системы IBM.

При рассмотрении образцов под микроскопом был получен ряд изображений. Для наилучшего сравнения результатов работы они проводились с различной кратностью увеличения, также варьировалась концентрация полиорганосилоксана в дисперсии.

На первых двух фотографиях видно образование глобулярных структур, которые в дальнейшем при термообработке образуют кристаллоподобные агломераты. Это происходит, по-видимому, за счет структурирующего воздействия подложки, содержащей атомы кремния.

Причем размеры сферических структур увеличиваются при термическом воздействии на покрытие, что говорит о развитии процессов структурирования вокруг центров кристаллизации в кремнийсодержащих подложках (стекле).

Из последующих двух фотографий видно, что на гидрофобной поверхности высушивание при комнатной температуре дает образование крупных агломератов неправильной формы. При термообработке они частично сохраняются, образуются достаточно однородные структуры аморфного характера.

Из следующих трех фотографий видно, что при комнатной температуре образуется достаточно ровный неструктурируемый слой с включением достаточно крупных агломератов, связанных, по-видимому, с дефектами кристаллической решетки подложки из регенерированной целлюлозы (целлофана) [8]. При термообработке равномерность покрытия возрастает с разбавлением дисперсии, что связано с увеличением содержания воды, выполняющей роль структурирующего агента за счет увеличения количества водородных связей между целлюлозной подложкой и кремнийорганическим составом [2].

Проведенные микроскопические исследования подтверждают наши предположения о том, что природа подложки существенно влияет на процесс структурообразования в кремнийорганических покрытиях. Подложки, содержащие химически активные центры (активный кремний – стекло или гидроксилы – целлофан), оказывают очевидное влияние на этот процесс за счет физико-химического взаимодействия на границе раздела фаз, но структура образующихся покрытий говорит о том, что эти взаимодействия имеют разную природу [5].

Результаты проведенного исследования могут быть полезны при изучении вопросов, связанных с обработкой кремнийорганическими дисперсиями таких материалов, как бумага и картон, которые имеют в составе как целлюлозную составляющую, так и кремнийсодержащую (каолин в качестве наполнителя или компонента меловального покрытия) [4].

Целью следующего исследования являлось доказательство возможности взаимодействия полиорганосилоксана с компонентами лигно-углеводной матрицы методом лазерной-конфокальной микроскопии.

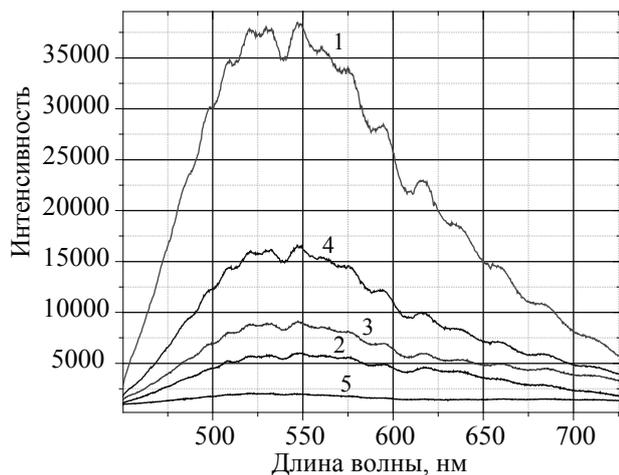


Рис. 3. Влияние пропитки дисперсией полиорганосилоксана и термообработки на интенсивность флуоресцентного свечения: 1 – древесина; 2 – Pal + nano2; 3 – Pal + nano3; 4 – Pal + nano1; 5 – Pal

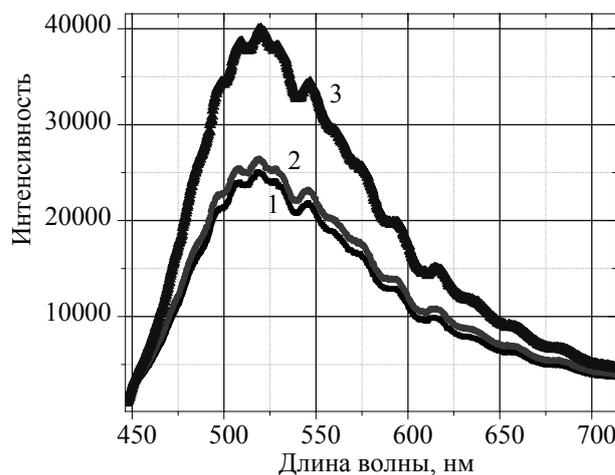


Рис. 5. Влияние химической анизотропии древесины на интенсивность флуоресцентного свечения: 1 – 1`st point; 2 – 2`nd point; 3 – 3`rd point

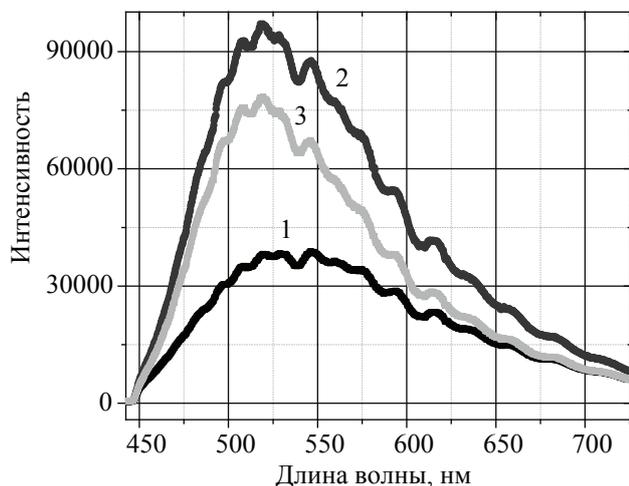


Рис. 4. Интенсивность флуоресцентного свечения обработанных дисперсией полиорганосилоксана и необработанных древесных подложек: 1 – древесина 1; 2 – древесина 2; 3 – древесина 3

Метод позволяет производить сканирование по объему $100 \times 100 \times 80$ мкм с разрешением до 200 нм по осям X и Y , до 500 нм по оси Z на определенной длине волны. В результате можно получить данные о составе и структуре образца по его объему за сравнительно короткое время. Кроме того, возможно провести сканирование по длинам волн от 445 до 1200 нм с разрешением $\sim 2-1$ см. Интенсивность флуоресцентного свечения косвенным образом определяет глубину ковалентного взаимодействия в сканируемом образце.

В работе использовались целлюлоза сульфатная беленая, полученная из смеси лиственных пород древесины по ГОСТ 28172-89 марки ЛС-1, высшего сорта без молекулярного хлора и древесный строганный шпон древесины ясеня.

Целлюлозные и древесные образцы пропитывались нанодисперсией в течение определенного времени, высушивались при комнатной температуре или при 105°C и исследовались описанным методом с целью получения сравнимых результатов.

Полученные данные в координатах длина волны – интенсивность флуоресцентного свечения представлены на рис. 3, 4, 5.

Показаны зависимости, полученные на образцах целлюлозы и древесины, обработанных нанодисперсией полиорганосилоксана в течение различного времени и высушенные при разной температуре. Приведенные результаты свидетельствуют о том, что увеличение времени пропитки (кривые 2 и 4) и повышение температуры последующей термообработки пропитанной целлюлозы (кривые 3 и 4) приводят к возрастанию количества ковалентных связей (интенсивности свечения) между макромолекулами целлюлозы в сравнении с необработанным образцом. По нашему мнению, это происходит за счет увеличения количества сорбированных частиц нанодисперсии на целлюлозных волокнах с увеличением времени пропитки и снижения

межмолекулярных расстояний между макромолекулами целлюлозы за счет удаления молекул воды из межмолекулярных пространств и замены водородных связей ковалентными с участием олигомерных молекул полиорганосилоксана.

Также на рис. 3 для сравнения приведенных зависимостей получены на необработанной целлюлозе и древесине кривые 1 и 5, которые наглядно демонстрируют равномерность распределения интенсивности свечения во всех диапазонах длин волн для целлюлозного образца и кривая 1, что свидетельствует об однотипности ковалентных взаимодействий внутри макромолекулы целлюлозы и их практическом отсутствии в межмолекулярных пространствах. Что же касается древесины, то интенсивность ковалентного взаимодействия гораздо выше и разнородней, что лишней раз подтверждает существование в древесине прочно связанного лигно-углеводного комплекса, а не смеси отдельных компонентов [2].

На рис. 4 показано изменение интенсивности и в какой-то мере характера ковалентного взаимодействия при обработке древесины нанодисперсией с последующей сушкой при разных температурах. Приведенные данные свидетельствуют о том, что интенсивность ковалентного взаимодействия резко возрастает даже при комнатной температуре, тем более при повышении температуры по сравнению с необработанным образцом (кривая 1).

Резкое возрастание интенсивности взаимодействия на древесине по сравнению с целлюлозой может быть объяснено, по-видимому, разными механизмами образования межмолекулярных связей за счет участия не только гидроксильных целлюлозы, но и более «кислых» фенольных гидроксильных лигнина, а также его карбонильных групп и высокоактивных карбоксильных гемичеселлюлоз.

На рис. 5 представлены различия интенсивности взаимодействия в разных зонах одного и того же древесного образца (кривые 8, 9 и 10). Приведенные данные говорят о зна-

чительной химической анизотропии древесины по сравнению с целлюлозой, что связано в большей степени со сложностью ее анатомического строения и неоднородностью химического состава.

Полученные результаты косвенным образом подтверждают наши предположения о возможности химического взаимодействия олигомеров нанодисперсии полиорганосилоксанов как с целлюлозой, так и с другими компонентами лигно-углеводного комплекса древесины, причем последние проявляют к ним большую химическую активность за счет наличия высокорекреационных функциональных групп. Поэтому эффективность применения указанной дисперсии на лигно-углеводных подложках должна быть выше, чем на подложках, содержащих только целлюлозу.

Библиографический список

1. Гаудашвили, В.М. Применение кремнийорганических соединений в производстве бумаги. Обзор информ. Целлюлоза, бумага и картон / В.М. Гаудашвили, О.В. Богданова, Г.Б. Орехова. – М.: ВНИПИЭлеспром, 1983. – 44 с.
2. Кононов, Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов: монография / Г.Н. Кононов. – М.: МГУЛ, 2002. – 259 с.
3. Крылатов, Ю.А. Проклейка бумаги / Ю.А. Крылатов, И.Н. Ковернинский. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 288 с.
4. Иванов, С.Н. Технология бумаги. Изд. 2-е, переработ. / С.Н. Иванов. – М.: Лесная пром-сть, 1970. – 696 с.
5. Зубов, П.И. Структура и свойства полимерных покрытий / П.И. Зубов, Л.А. Сухарева. – М.: Химия, 1982. – 256 с.
6. Покровская, Е.Н. Химико-физические основы увеличения долговечности древесины. Сохранение памятников зодчества с помощью элементоорганических соединений: монография / Е.Н. Покровская. – М.: АСВ, 2003. – 104 с.
7. Цейнтлин, А.Г. Ацетаксилосиланы для гидрофобизации древесины и древесных материалов / А.Г. Цейнтлин, Г.Н. Кононов: сб. науч. тр. МЛТИ. – Вып. 230. – 1990 с.
8. Атлас ультраструктуры древесных полуфабрикатов, применяемых для производства бумаги. – М.: Лесная пром-сть, 1984.
9. Alfred A. Blaker, RBP, "Handbook for scientific photography", W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1977.

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ДЕКОРАТИВНЫХ БУМАГ НА ПРОЦЕСС ИХ ПРОПИТКИ РАСТВОРАМИ ОЛИГОМЕРОВ

В.И. АЗАРОВ, проф. каф химической технологии древесины и полимеров МГУЛ, д-р техн. наук,
Г.Н. КОНОНОВ, доц. каф химической технологии древесины и полимеров МГУЛ,
канд. техн. наук,

А.А. НИКИТИН, доц. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, канд. техн. наук,
Е.С. БЕРСЕНЕВА, асп. каф химической технологии древесины и полимеров МГУЛ

Наряду с натуральным шпоном для производства мебели широко используются искусственные облицовочные материалы, такие как декоративные пленки на основе бумаг, декоративные бумажно-слоистые пластики и полимерные пленки.

Декоративные пленки, применяемые в производстве мебели, по виду используемых бумаг можно подразделить на две группы: пленки на основе бумаг, не требующих пропитки (преимпрегнаты – заранее пропитанные), и пленки на основе бумаг, подлежащих пропитке растворами полимеров в процессе изготовления.

Пленки первой группы изготавливаются на основе бумаг, не требующих пропитки, и закупаются по импорту (фирма «Маза – Декор», «Бауш»). Особенность этих бумаг состоит в том, что уже при изготовлении они пропитываются композицией полимеров, содержание которых в пленке составляет 25–35%. В связи с тем, что пропитка производится до печати, пленки, производимые таким образом, за рубежом называют «преимпрегнатами» – заранее пропитанными. Масса используемых бумаг составляет 45–120 г/м². Пленки, не требующие пропитки, как более тонкие и менее жесткие, обладающие высокой эластичностью, в большей степени повторяют структурные неровности подложки, в связи с чем повышаются требования к качеству поверхности подложки.

Пленки на основе бумаг, подлежащих пропитке, по объему производства и применения доминируют. Они более универсальны по отношению к подложке, могут быть различной толщины, жесткости, эластичности, пропитываться различными растворами полимеров. При изготовлении декоративных пленок пропитка связующим производится в специальных установках (пропиточных

машинах), в которых также осуществляется сушка и нарезка бумаги на заданный формат. В результате этого процесса получается полуфабрикат (пропитанная и высушенная бумага), пригодный для прессования [1].

При пропитке раствор связующего проникает не только между волокнами целлюлозы, но и пропитывает их стенки, причем недостаточная пропитка приводит к получению некачественного материала, что непосредственно зависит от свойств используемых бумаг и пропиточных растворов.

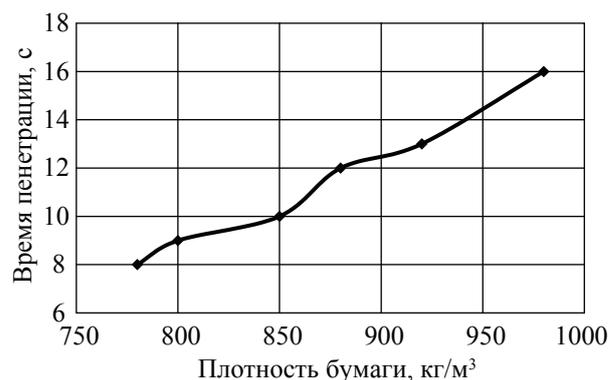


Рис. 1. Зависимость скорости пропитки бумаги от ее плотности пропиточной смолой МП вязкостью 19 с по ВЗ – 4

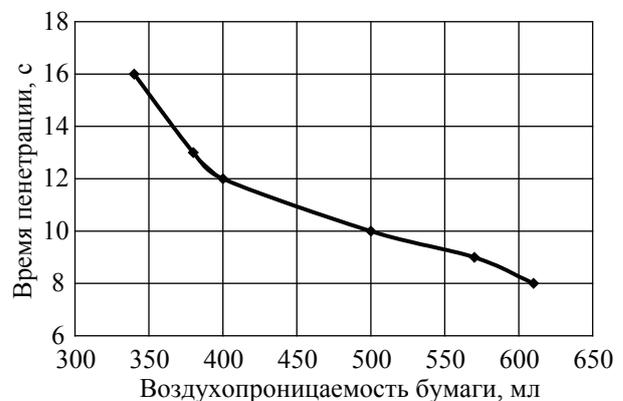


Рис. 2. Зависимость времени пенетрации от воздухопроницаемости декоративных бумаг (пропиточная смола МП вязкостью 19 с по ВЗ-4)

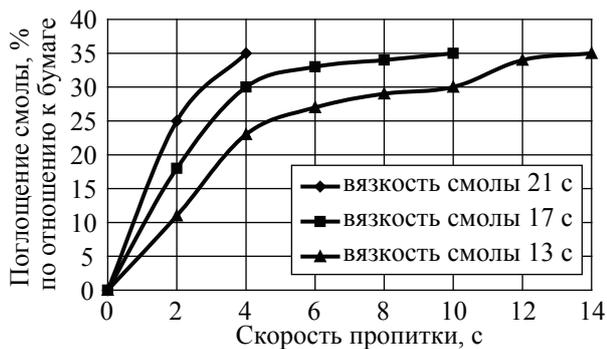


Рис. 3. Оценка поглощения смолы во времени для бумаги $m = 85 \text{ г/м}^2$, $\rho = 940 \text{ кг/м}^3$, $h = 84 \text{ мкм}$, зольность – 34 %



Рис. 4. Скорость пропитки декоративной бумаги МФС

Следует отметить: по мере развития бумажных декоративных материалов прослеживается тенденция к снижению массы 1 м^2 бумаги при одновременном сохранении укрывистости за счет повышенного содержания минеральных веществ, что значительно повышает качество изделий, т.к. при снижении массы и толщины декоративного слоя уменьшается коробление готового материала.

Ранее в ходе практической работы проводилась комплексная оценка бумаг различных производителей (Interprint, Schattdecor, Masa, «Пензадекор») [2], было выявлено для всех декоративных бумаг повышенное содержание минеральных веществ (до 39,2 %), что обуславливает их высокую плотность (800–1160 кг/м^2) и гладкость (79–116 с), сниженную воздухопроницаемость (до 720 мл), и, следовательно, отрицательно влияет на процесс их пропитки.

Целью работы являлось изучение процесса пропитки некондиционных бумаг рас-

творами аминокальдегидных олигомеров. Исследовалось влияние вязкости пропиточных растворов, а также воздухопроницаемости, плотности и гладкости бумаг на скорость пропитки. Результаты проведенных исследований представлены ниже, из которых следует, что эффективно можно перерабатывать такие виды бумаг, плотность которых будет ниже 800 кг/м^3 (рис. 1), воздухопроницаемость выше 450 мл (рис. 2), вязкость используемых пропиточных растворов ниже 14 с (рис. 3), что значительно повышает скорость пропитки и, соответственно, производительность пропиточных машин.

Одним из контролируемых показателей является также гладкость лицевой поверхности бумаги, повышенное значение которой определяет качество декоративного рисунка, сокращает расход печатных красок, уменьшает износ печатных форм, но отрицательно сказывается на процессе пропитки. Анализируя рис. 4, можно сделать вывод, что при пропитке сеточной стороны бумаги процесс идет более интенсивно при минимальном поглощении пропиточного раствора. Это связано с тем, что показатель гладкости с лицевой стороны выше за счет того, что печатная краска, которая представляет собой тонкодисперсную суспензию пигментов в связующем, проникает между волокнами, тем самым затрудняя поглощение пропиточного состава.

Таким образом, в производственных условиях рассматриваемые декоративные бумаги эффективно можно перерабатывать, используя низковязкие пропиточные растворы, в связи с чем конструкция пропиточных узлов должна обеспечивать полное погружение бумажного полотна в пропиточный состав.

Библиографический список

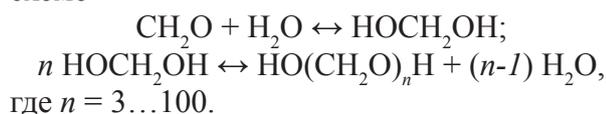
1. Вольнова, Г.Г. Декоративные пленки на основе бумаги / Г.Г. Вольнова / Информационно-аналитический журнал для профессионалов «Мебельщик». – 2005. – № 4(28). – 65 с.
2. Азаров, В.И. Изучение свойств декоративных бумаг / В.И. Азаров, Г.Н. Кононов, А.А. Никитин и др. // Технология и оборудование для переработки древесины: сб. науч. тр. – Вып. 333. – М.: МГУЛ. – 2007.
3. Трухтенкова, Н.Е. Бумага для производства декоративных облицовочных материалов / Н.Е. Трухтенкова. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 256 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПАРАФОРМА ПРИ СИНТЕЗЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ

В.Е. ЦВЕТКОВ, *проф. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, д-р. техн. наук*,
О.П. МАЧНЕВА, *каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, канд. техн. наук*

Данная работа посвящена исследованию процессов модификации карбаминоформальдегидных олигомеров (КФО) с целью дальнейшего снижения их токсичности, и, как следствие, получению экологически безопасных древесностружечных плит на их основе. В настоящей работе в качестве модификатора предлагается использование параформа.

Параформ (ПФ) образуется при хранении формалина при температуре ниже 10 °С путем выпадения в осадок в результате протекания реакции поликонденсации гликолей с образованием полиоксиметиленгликолей по схеме



Параформ (параформальдегид) представляет собой смесь низкомолекулярных полиоксиметиленгликолей общей формулы $\text{HO}(\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$ [1, 4]. Метиловый спирт, добавляемый в технический формалин, играет роль стабилизатора. Безметанольные растворы формальдегида устойчивы только выше некоторого температурного предела насыщения, который зависит от концентрации раствора. Ниже предела насыщения наблюдается спонтанное образование смеси

твердых полиоксиметиленгликолей (ПОМ) различной молекулярной массы. Детальное изучение свойств низших полиоксиметиленгликолей провел Штаундингер, которому удалось выделить многие из них в чистом виде. В общих чертах методика выделения заключалась в экстракции полиоксиметиленов ацетоном из концентрированного водного раствора формальдегида и дробном осаждении фракций петролевым эфиром после предварительной сушки смеси безводным сернокислым натрием.

Фракции полиоксиметиленгликолей с различной степенью полимеризации различались температурой плавления и растворимостью.

Наиболее легкая фракция представляла собой смесь ди- и триоксиметиленгликолей с температурой плавления 82–85 °С. Характеристики различных фракций, являющихся кристаллическими веществами, приведены в табл. 1.

Внешне ПФ – это аморфный порошок белого цвета с сильным запахом формальдегида. Переработка этого продукта (ПФ) затруднена, так как он не растворяется в воде и плавится с разложением в интервале высоких температур ($T = 120\text{--}150$ °С). Содержание формальдегида в ПФ до 95 % [4].

Т а б л и ц а 1

Свойства низкомолекулярных полиоксиметиленгликолей

Степень полимеризации	Содержание CH_2O , %		Температура плавления, °С	Растворимость в ацетоне
	вычислено	найдено		
2–3	76,9–83,3	79,3	82–85	Легко растворяется на холоде
4	87,0	86,5	95–105 (с разложением)	То же
6	90,9	90,9	–	Растворяется на холоде
7	92,1	92,0	–	То же
8	93,0	92,9	115–120 (с разложением)	Растворяется при нагревании
9	93,8	93,9	–	То же
11	94,8	94,8	–	Растворяется при кипении
12	95,2	95,0	–	С трудом растворяется при кипении
Параформальдегид	95–98	95,5	140 (с разложением)	Почти не растворяется

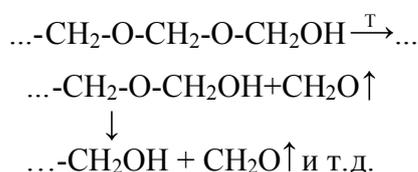
Характерная особенность всех полиоксиметиленов заключается в том, что при нагревании происходит отщепление молекул мономера. Такой процесс разложения обычно называют деполимеризацией в отличие от деструкции – процесса разложения, не сопровождающегося выделением летучих продуктов, который приводит к резкому снижению молекулярной массы полимера. Оба эти процесса могут происходить одновременно, причем в этом случае общая картина деструкции заметно усложняется [4].

Механизм деструкции полиформальдегида (параформа) может протекать по пяти типам элементарных реакций.

В данной работе на основе предварительных экспериментов и анализа литературных источников выдвинуто предположение о трех наиболее эффективных реакциях деструкции.

1. Деполимеризация, начинающаяся с концов цепей.

Известно, что такая реакция, начиная с 90 °С, протекает как реакция первого порядка путем последовательного отщепления звеньев формальдегида с конца цепи:



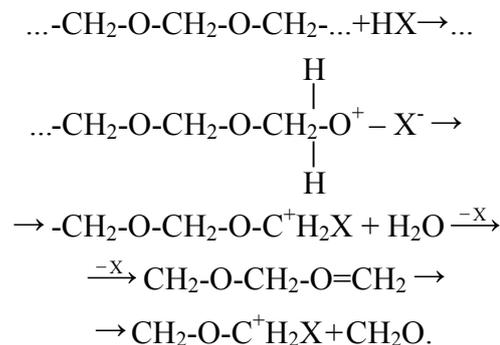
Глубина и скорость деструкции по такому механизму связаны со скоростью удаления образовавшегося формальдегида.

Подобный механизм деструкции параформальдегида позволяет проводить модификацию им в процессе синтеза карбамидо-формальдегидных олигомеров. Наличие карбамида как акцептора формальдегида и температуры синтеза 90–95 °С создает предпосылки для реализации указанного механизма.

2. Термоокислительная деструкция под действием кислотных агентов (ацидолиз).

Известно, что в состав продуктов разложения в присутствии различных кислот и хлорида железа (III), изученных методом газовой хроматографии, входят формальдегид, вода, метанол, эфир, триоксан и тетраоксан.

По мнению авторов [4], схема процесса деструкции протекает по закону случая или по концевым группам через образование промежуточного оксониевого иона

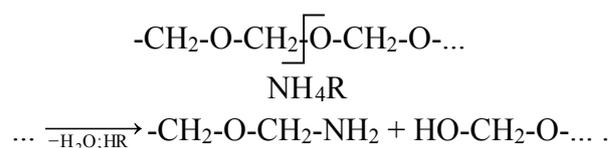


В данной работе в качестве деструктирующего реагента был применен хлорид железа (III), использование которого приводит к образованию как формальдегида, так и триоксана.

3. Термоокислительная деструкция под действием аммониевых солей (аммолиз).

Аммониевые соли как реагенты деструкции параформа в научно-технической литературе неизвестны.

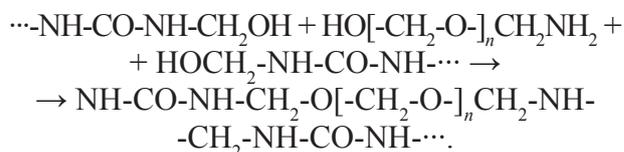
Однако предположительно, что деструкция параформа под действием аммониевых солей может протекать по следующему механизму



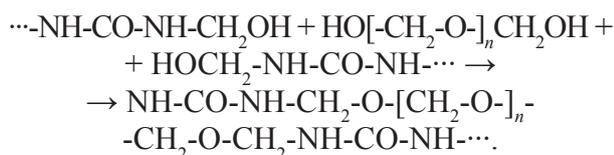
Представленный механизм может привести к образованию аминоспиртов и полиоксиметиленгликолей со степенью полимеризации $n = 2 \div 6$, легко растворимых в воде [4].

Образовавшиеся продукты деструкции способны вступать в реакцию с компонентами карбамидоформальдегидного олигомера с образованием более высокомолекулярных олигомерных продуктов:

а) взаимодействие функциональных групп КФО с продуктами аммолиза



б) взаимодействие функциональных групп КФО с продуктами ацидолиза



Таким образом, рассмотренные механизмы деструкции позволяют использовать параформ как в твердом виде, так и в виде растворов.

С экологической точки зрения ПФ является очень вредным отходом. Следовательно, вывоз ПФ в чистом виде на свалки является нежелательным, а его утилизация (сжигание) в условиях предприятия является экономически невыгодной, так как эта операция требует высоких энергозатрат. Поэтому самым оптимальным вариантом переработки ПФ является использование этого продукта при синтезе карбамидо-формальдегидных олигомеров. Таким образом будет решена не только экологическая проблема, но и производственная.

Целью работы является разработка технологии синтеза и применения карбамидоформальдегидных смол, модифицированных параформом.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- определить вид и количество модифицирующей добавки;
- определить способ загрузки модифицирующей добавки;
- разработать технологию растворения параформа;
- разработать технологию синтеза клеевых модифицированных КФ смол для достижения требуемого качества продукции;
- исследовать влияние модификатора на физико-химические свойства КФ смол и плит на их основе;
- разработать рациональные режимы прессования ДСтП класса Е-I на основе модифицированных КФ смол.

Растворы параформа: РП-1 и РП-2

При продолжительном хранении формалина в цистернах образуется осадок – параформ (который не дает возможности

эксплуатировать эти цистерны для приема формалина), который трудно поддается переработке и утилизации. И несомненно, что на сегодняшний день данная проблема остро стоит перед каждым деревообрабатывающим предприятием, имеющим цех для производства синтетических смол. Поэтому предлагается весьма необычное решение этой проблемы, которое даст возможность без вреда для человека и окружающей среды одновременно утилизировать и перерабатывать параформ.

Это решение заключается в использовании параформа при синтезе карбамидоформальдегидных смол как вещества, содержащего формальдегид. Таким образом, в ходе синтеза часть формалина заменяется параформом. И в результате этого предприятие сможет экономить определенное количество формалина, что в конечном итоге приведет к снижению себестоимости смол и изделий с их применением. А кроме того есть предположение, что параформ может оказывать некоторое модифицирующее действие на карбамидоформальдегидные смолы.

Таким образом, было принято решение об использовании параформа при синтезе КФ смол по двум направлениям:

1. Применение параформа в виде порошка.
2. Применение параформа в растворенном виде.

Для осуществления второго варианта применения параформа возникла необходимость в разработке специальных растворителей, которые в дальнейшем должны обеспечить возможность использования растворенного параформа при синтезе карбамидоформальдегидных смол.

Для приготовления раствора параформа необходимы: препарат РП, предназначенный для растворения параформа и используемый в виде 20 %-го водного раствора; вода, используемая как растворитель продукта РП и имеющая температуру 20–80 °С.

Растворение параформа происходит по следующей схеме:

1. Приготовленный раствор закачивается в цистерну с параформом.
2. Растворение параформа протекает в течение 8–10 суток.

Свойства растворов параформа

Показатели	Растворы параформа	
	РП-2	РП-1
Цвет	бесцветный и прозрачный	красный и прозрачный
Показатель преломления	1,375	1,380
pH	0,80	0,71
Плотность, кг/м ³	1,121	1,320
Содержание св. формальдегида, %	21,0	21,0
Длительность растворения		
– при 20 °С.	не более 14 сут.	около 6 мес.
– при 100 °С, мин	не более 10	не более 25

Свойства вакуумированных КФ смол с различным количеством параформа

Показатели	Количество параформа от количества формалина, %			
	0	10	15	20
Показатель преломления	1,466...1,470			
pH	7,5...8,5			
Вязкость по ВЗ-4, с	51...60	45...49	57...64	60...68
Сухой остаток, %	63 ± 2	63 ± 2	64 ± 2	67 ± 2
Время желатинизации с NH ₄ Cl:				
– при 100 °С, с	49...57	55...61	60...65	57...65
– при 20 °С, ч	≥ 11	≥ 24	≥ 30	≥ 24
Смешиваемость с водой, мл/мл	1:1...1:2			
Содержание свободного формальдегида, %	0,41	0,22	0,15	0,20
Содержание метилольных групп, %	18,0	15,5	14,0	14,0

3. После этого раствор анализируют на pH, показатель преломления, плотность и содержание свободного формальдегида.

4. Затем раствор выдерживают еще в течение 5 суток и вновь анализируют на вышеуказанные показатели.

Процесс растворения считается законченным, если показатели двух предыдущих значений одинаковы. Приготовление раствора РП можно осуществлять непосредственно в цистерне следующим образом:

- в цистерну, где хранится 3–4 тонны параформа, засыпается две тонны препарата РП;
- затем заливается 8 тонн водопроводной воды ($T = 20\text{--}80\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Процесс растворения происходит по вышеописанной методике.

Полученный раствор параформа подается в реактор посредством насосных систем.

В данной работе предлагается использование двух видов растворителей для параформа: РП-1 и РП-2. Оба растворителя заслуживают внимания с научной и практической

точек зрения. Эти растворители не похожи друг на друга, но в данном случае они имеют одно назначение – растворение параформа с целью использования его в качестве модифицирующей добавки при синтезе КФ смол.

Свойства полученных растворов параформа представлены в табл. 2.

РП-1 – это FeCl₃, предназначен для растворения параформа по кислотному механизму – ацидолизу.

РП-2 – смесь аммониевых солей, предназначен для растворения параформа по аммониевому механизму – аммонолизу.

Смолы, синтезированные в присутствии сухого параформа, получили название КФ-ПС, смолы, синтезированные в присутствии раствора параформа РП-1, были названы КФ-РП-1, а смолы, полученные с применением РП-2 – КФ-РП-2.

Основные физико-химические показатели синтезированных КФ смол, содержащих различное количество порошкового параформа, представлены в табл. 3.

Физико-механические свойства ДСтП на основе КФ смол, синтезированных с различным количеством параформа

Показатели	Количество параформа от количества формалина, %			
	0	10	15	20
Предел прочности при:				
– статическом изгибе, МПа	16,5	16,9	19,2	18,7
– разрыве перпендикулярно пласти, МПа	0,36	0,38	0,60	0,42
Разбухание по толщине, %	29,0	25,5	22,9	31,2
Содержание формальдегида, мг/100 г а.с.п.	32,6	11,8	8,04	13,2

Свойства вакуумированных КФ смол с различным количеством РП-2

Показатели	Количество РП-2 от количества формалина, %			
	0	10	20	30
Показатель преломления	1,467...1,470			
рН	7,95...8,3			
Вязкость по ВЗ-4, с	51...60	48...52		
Сухой остаток, %	65±1			
Время желатинизации с NH ₄ Cl:				
– при 100 °С, с	49...57	60...69	65...75	135...139
– при 20 °С, ч	≥ 11	≥ 30	≥ 30	≥ 30
Смешиваемость с водой, мл/мл	1:1...1:2			
Содержание свободного формальдегида, %	0,41	0,23	0,18	0,30
Содержание метилольных групп, %	18,0	17,0	13,0	14,0

Свойства вакуумированных КФ смол с различным количеством РП-1

Показатели	Количество РП-1 от количества формалина, %			
	0	10	20	30
Показатель преломления	1,466...1,469			
рН	7,35...8,10			
Вязкость по ВЗ-4, с	51...60	47...57	59...64	
Сухой остаток, %	65±2			
Время желатинизации с NH ₄ Cl:				
– при 100 °С, с	49...57	55...61	90...95	116-120
– при 20 °С, ч	≥ 11	≥ 24	≥ 28	≥ 28
Смешиваемость с водой, мл/мл	1:1...1:2			
Содержание свободного формальдегида, %	0,41	0,26	0,20-0,23	
Содержание метилольных групп, %	18,0	15,0	12,0	

Из анализа табл. 3 видно, что увеличение параформа до определенного количества приводит к уменьшению содержания свободного формальдегида в смоле, при этом не ухудшая другие свойства.

Физико-механические показатели плит с использованием синтезированных КФ смол представлены в табл. 4. Анализ табл. 4 показывает, что смолы, синтезированные в

присутствии параформа, обеспечивают возможность получения плит с прочностными показателями, соответствующими ГОСТ 10632-89 и классу Е-1.

Основные физико-химические показатели синтезированных КФ смол, содержащих различное количество растворенного параформа, представлены в табл. 5 (с РП-2) и 6 (с РП-1).

Физико-механические свойства ДСтП на основе КФ смол, синтезированных с различным количеством растворенного параформа (РП-2)

Показатели	Количество РП-2 от количества формалина, %		
	0	10	20
Предел прочности при:			
– статическом изгибе, МПа	16,5	17,8	16,2
– разрыве перпендикулярно пласти, МПа	0,36	0,40	0,31
Разбухание по толщине, %	29,0	22,3	25,9
Содержание формальдегида, мг/100 г а.с.п.	32,6	10,4	7,9

Физико-механические свойства ДСтП на основе КФ смол, синтезированных с различным количеством растворенного параформа (РП-1)

Показатели	Количество РП-1 от количества формалина, %		
	0	10	20
Предел прочности при:			
– статическом изгибе, МПа	16,5	21,6	15,9
– разрыве перпендикулярно пласти, МПа	0,36	0,83	0,27
Разбухание по толщине, %	29,0	21,9	28,2
Содержание формальдегида, мг/100 г а.с.п.	32,6	11,2	10,15

С увеличением содержания раствора параформа РП-2 до 20 % наблюдается уменьшение содержания свободного формальдегида в смоле, при этом другие свойства смолы не ухудшаются, за исключением того, что происходит некоторое увеличение времени желатинизации (табл. 5).

Дальнейшее увеличение количества раствора параформа РП-2 не имеет смысла, так как содержание свободного формальдегида в смоле и время ее желатинизации резко возрастают.

С увеличением содержания раствора параформа РП-1 до 20 % наблюдается уменьшение содержания свободного формальдегида в смоле, при этом другие свойства смолы не ухудшаются, за исключением того, что происходит увеличение времени желатинизации и при этом смола должным образом так и не отверждается, а пастуется. Поэтому, судя по всему, оптимальное количество РП-1 – это 10 % (табл. 6).

Физико-механические показатели однослойных плит с использованием синтезированных КФ смол представлены в табл. 7 и 8.

Смолы, синтезированные в присутствии 10 и 20 % РП-2, обеспечивают возможность получения плит с прочностными пока-

зателями, соответствующими ГОСТ 10632-89. Однако наименьший показатель на разбухание по толщине имеет плита, полученная на основе смолы, синтезированной с РП-2 в количестве 10 %; а классу Е-I соответствует плита, полученная на основе смолы с РП-2 в количестве 20 % (табл. 7).

Смола, синтезированная в присутствии 10 % РП-1, при указанных выше режимах прессования обеспечивает возможность получения плит с прочностными показателями, соответствующими ГОСТ 10632-89 и классу Е-II (табл. 8).

Проведенные исследования показывают перспективность использования параформа при синтезе карбамидоформальдегидных смол как в сухом, так и в растворенном виде, одновременно и в качестве продукта – источника формальдегида, и в качестве модификатора, а полученные КФ смолы могут быть использованы для производства древесностружечных плит только в случае доработки технологии получения этих плит. То есть для данных смол необходимо разработать оптимальные режимы прессования, которые позволят получать плиты, по физико-механическим показателям соответствующие ГОСТ 10632-89, а по токсичности – классу Е-I.

Т а б л и ц а 9

Варьируемые факторы и диапазон их изменения

Фактор	Обозначение	Ед. изм.	Диапазон изменения факторов
Температура плит пресса	X_1	°С	150...190
Расход связующего	X_2	%	10...14
Продолжительность прессования	X_3	мин/мм	0,3...0,5

Т а б л и ц а 10

Нормализованные и натуральные значения факторов

Уровни	Натуральные значения факторов			Нормализованные значения факторов		
	X_1	X_2	X_3	x_1	x_2	x_3
Верхний уровень факторов	$X_{1max}=190$	$X_{2max}=14$	$X_{3max}=0,5$	+	+	+
Нижний уровень факторов	$X_{1min}=150$	$X_{2min}=10$	$X_{3min}=0,3$	-	-	-
Основной уровень факторов	$X_1^0=170$	$X_2^0=12$	$X_3^0=0,4$	0	0	0
Интервал варьирования	$\Delta_1=20$	$\Delta_2=2$	$\Delta_3=0,1$			

Т а б л и ц а 11

Значения показателей качества плит

Показатели	Значения оптимизации	Экспериментальные значения
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	21,49	21,04
Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, МПа	0,67	0,66
Разбухание по толщине плиты, %	12,07	12,39
Содержание формальдегида в ДСтП, мг/100 г а.с.п.	6,90	6,57

Оптимизация технологических режимов прессования древесностружечных плит

При прессовании следует учитывать ряд факторов: тип связующего и отвердителя и их расход, температуру плит пресса, породу древесины и геометрию частиц, влажность пакета, продолжительность прессования, удельное давление прессования и т. д.

В ходе данной работы была сформулирована и решена задача оптимизации технологических режимов прессования древесностружечных плит на основе модифицированной смолы КФ-ПС. На первом этапе в результате анализа технической литературы был выбран В-план второго порядка, в качестве варьируемых факторов были выбраны температура прессования, расход связующего и давление прессования.

Выбранные варьируемые факторы и диапазоны их изменения представлены в табл. 9.

Верхний, нижний и основной уровни в натуральных и нормализованных значениях и интервалы варьирования для факторов представлены в табл. 10.

В качестве выходных величин были выбраны: предел прочности ДСтП при статическом изгибе; предел прочности ДСтП при растяжении перпендикулярно пласти плиты; разбухание по толщине на образцах 100 × 100 мм; содержание свободного формальдегида в ДСтП.

Единичный опыт не может дать точного представления о характере изучаемого процесса, особенно в деревообработке. В связи с этим для получения статистически достоверного результата необходимо один и тот же опыт повторить несколько раз. В данной работе число дублированных опытов принято равным пяти. Далее были получены регрессионные уравнения.

Полученные уравнения регрессии, адекватно описывающие влияние технологических факторов на свойства ДСтП, позволяют не только определить значение этих параметров в области экспериментальных исследований, но и дают возможность решить соответствующие задачи оптимизации. Оптимальные технологические параметры должны обеспечивать высокую прочность при минимальном

разбухания и минимальном содержании свободного формальдегида. То есть, чтобы найти оптимальные значения технологических факторов, необходимо решить экспериментальную многокритериальную задачу для отыскания максимума и минимума [5].

Задачу оптимизации можно сформулировать следующим образом. Фиксированные параметры: плотность плиты – $\rho_{пл} = 700 \text{ кг/м}^3$; влажность стружки – $W_{стр} = 2 \%$; параметры проектирования: температура прессования – $X_1 = T$; расход связующего – $X_2 = \gamma$; время прессования – $X_3 = \tau$; параметрические ограничения: $150 \leq X_1 \leq 190, \text{ } ^\circ\text{C}$; $10 \leq X_2 \leq 14, \%$; $0,3 \leq X_3 \leq 0,5, \text{ мин/мм}$ плиты; критерии качества: полученные уравнения регрессии.

Ограничения критериев качества первоначально выберем в достаточно широком диапазоне: $\Phi_{сн} \geq 16,0$; МПа; $\Phi_{сл} \geq 0,3$; МПа; $\Phi_{\Delta h} \leq 22,0 \%$; $\Phi_{\text{CH}_2\text{O}} \leq 8,0 \text{ мг/100 г}$ а. с. плиты.

Дальнейший расчет был выполнен с использованием пакета программ многокритериальной оптимизации «Оптимум» [6] при числе расчетных точек 100. В результате расчета были найдены следующие технологические параметры прессования ДСтП: $X_1 = 171,9 \text{ } ^\circ\text{C}$; $X_2 = 13,3 \%$; $X_3 = 0,48 \text{ мин/мм}$. При этих параметрах были получены наилучшие значения показателей качества, представленные в табл. 11.

Принятые параметры прессования: плотность однослойной плиты $\rho_{пл} = 700 \text{ кг/м}^3$, влажность стружки $W_{стр} = 2 \%$, толщина плиты $h = 16 \text{ мм}$, давление прессования – 2,0 МПа, температура прессования $T = 170 \text{ } ^\circ\text{C}$, расход связующего $\gamma = 13 \%$, время прессования $\tau = 0,48 \text{ мин/мм}$.

Библиографический список

1. Цветков, В.Е. Синтез и свойства карбамидоформальдегидных олигомеров, модифицированных параформом / В.Е. Цветков, О.П. Мачнева // Тезисы докладов конференции «Состояние и перспективы развития производства древесных плит», 24-25 марта 2004 г. – Балабаново, 2004. – С. 105–107.
2. Мачнева, О.П. Свойства древесностружечных плит на основе карбамидоформальдегидных смол, модифицированных раствором параформа / О.П. Мачнева: сб. науч. тр. – Вып. 329 (6). – М.: МГУЛ, 2004. – 352 с.
3. Цветков, В.Е. Синтез и свойства карбамидоформальдегидных олигомеров, модифицированных раствором параформа. / В.Е. Цветков, О.П. Мачнева: сб. науч. тр. МГУЛ, 2005. – № 331.
4. Ениколопян, Н.С. Химия и технология полиформальдегида / Н.С. Ениколопян, С.А. Вольфсон. – М.: Химия, 1968. – 280 с.
5. Соболев, И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И.М. Соболев, Р.Б. Статников. – М.: Наука, 1981. – 110 с.
6. Шымкович, Д.Г. Пакет программ многокритериального оптимального проектирования лесозаготовительных машин и механизмов / Д.Г. Шымкович: сб. науч. тр. МГУЛ. – 1994. – Вып. 271. – 224 с.

СОЛИ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МОДИФИКАТОР, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В.Е. ЦВЕТКОВ, *проф. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ, д-р. техн. наук*,
А.А. ЯКУНЬКИН, *асп. каф. технологии древесных плит и пластиков МГУЛ*

Производство древесностружечных плит (ДСтП) является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей деревообрабатывающей промышленности.

Для изготовления ДСтП применяются карбамидоформальдегидные (КФС), фенолоформальдегидные, меламинакарбамидоформальдегидные смолы.

Все применяемые КФС для производства ДСтП включают такую технологическую ступень, как вакуум-сушка, при которой

отгоняется лишняя вода с многократным превышением ПДК по формальдегиду. Во избежание этой операции в настоящее время применяется карбамидоформальдегидный концентрат (КФК), содержащий 60 % формальдегида, 20–25 % карбамида и 15–20 % воды.

Для улучшения свойств смол и изделий на их основе в настоящей работе в качестве модифицирующего компонента был выбран модификатор-катализатор ЦН.

Т а б л и ц а 1

Сравнительные свойства смол

Показатель	Название смолы			
	КФ-О	КФ-ЦН	КФК	КФК-ЦН
Концентрация, %	66	68	66	67
Вязкость ВЗ-4,с	80	85	85	85
Содержание свободного формальдегида, %	0,27	<0,1	0,15	0,06
рН	7,6	7,6	7,6	7,6
Время желатинизации при 100 °С с 1 % NH ₄ Cl, с	60	90	65	85

Т а б л и ц а 2

Молекулярно-массовое распределение олигомеров

Наименование	<i>M_n</i>	<i>M_w</i>	<i>M_z</i>	<i>D</i>	<i>N</i>
Kaurit 345	108	248	714	2,37	6,6
КФ-ЦН	114	356	1150	2,86	10

Примечание: *M_n* – среднечисловая молекулярная масса, *M_w* – среднемассовая молекулярная масса, *M_z* – среднестатистическая молекулярная масса, *D = M_w/M_n* – коэффициент полидисперсии, *N* – степень поликонденсации.

Т а б л и ц а 3

Сравнительные свойства плит на основе различных смол

Показатель	Марка смолы			
	КФО	КФ-ЦН	КФК	КФК-ЦН
Предел прочности при изгибе, МПа	18,5	24,5	20,5	21,2
Предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти, МПа	0,65	0,655	0,36	0,64
Плотность, кг/м ³	710	715	714	710
Разбухание по толщине, %	28	21	45,6	30
Содержание свободного формальдегида, мг/100г а.с.п	18,5	7,3	15,5	7,8

Модификатор-катализатор ЦН представляет собой соли органических кислот, образованных катионом сильного основания и анионом слабой кислоты. В результате гидролиза этих солей происходит образование гидроксид-ионов, то есть происходит повышение рН.

Смолы были синтезированы как на основе формалина, так и карбамидоформальдегидного концентрата (КФК). Свойства смол представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, применение модификатора ЦН приводит к значительному снижению свободного формальдегида как на формалине, так и с применением КФК.

Далее проводились исследования свойств КФО-олигомеров методом гель-проникающей хроматографии и спектроскопии на основе ядерно-магнитного резонанса.

Для исследования взяты смолы КФ-ЦН (карбамидоформальдегидная смола, синтезированная в присутствии катализатора – модификатора ЦН) и Kaurit 345 (фирма BASF AG):

Свойства смол	КФ-ЦН	Kaurit 345
Содержание твердых веществ, %	64,45	69,3
Молярное соотношение		
Карбамида и формальдегида	1 : 1,21	1 : 1,04
Время желатинизации,с	80–100	60–80

Результаты молекулярно-массового распределения олигомеров представлены в табл. 2

Анализ табл. 2 позволяет заключить, что КФО марки КФ-ЦН имеет большую имеет большую молекулярную массу и степень поликонденсации по сравнению с маркой Kaurit 345, что должно привести к повышению эластичности и уменьшению реактивной способности смолы КФ-ЦН.

Были проведены исследования влияния температурных режимов, содержания связующего, а также времени прессования.

Оптимальные условия прессования для смол на основе формалина: температура плит пресса *T* = 150 °С; расход связующего *P* = 10 % и продолжительность прессования τ = 0,5 мин/мм; для КФК: *T* = 190 °С; *P* = 10 %; τ = 0,3мин/мм. Сравнительные данные представлены в табл. 3.

Применение модификатора приводит к улучшению физико-механических свойств и снижению токсичности, что позволяет получать плиты класса эмиссии Е-1 (табл. 3).

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ОРИЕНТИРОВАННО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В.В. АБРАЗУМОВ, доц. каф. материаловедения и ТКМ МГУЛ, канд техн. наук

Ориентированно-стружечные плиты (OSB) относятся к классу плитных древесных композиционных материалов и, являясь прекрасным конструкционным материалом, нашли широкое применение за рубежом в строительной индустрии как альтернатива клееной фанере. Не уступая по физико-механическим свойствам, они превосходят фанеру по себестоимости изготовления за счет использования сырья более низкого качества и, соответственно, более дешевого, а также за счет высокого коэффициента его использования.

Эти материалы успешно применяются в промышленном панельном и каркасном домостроении. В строительстве наибольшее применение нашли плиты толщиной от 6 до 18 мм. Совершенствование технологии прессования за счет внедрения прессов непрерывного действия и установок предварительного прогрева ковра позволили существенно расширить спектр выпускаемой продукции. В настоящее время производятся плиты толщиной до 38 мм, а в ближайшее время предполагается выпуск специальных изделий толщиной до 63 мм, что даст возможность использовать эти материалы для изготовления несущих элементов силовых конструкций и тем самым значительно расширить область применения OSB.

В условиях промышленного производства ориентированно-стружечные плиты проходят весь цикл механической обработки (пиление, фрезерование, сверление, шлифование), а также отделочные операции пластей плиты. На процесс их резания, как и других плитных древесных композиционных материалов, оказывают влияние строение и свойства древесного композита. Для изучения обрабатываемости плит резанием рассмотрена структура плит OSB толщиной 10 мм на основе древесины сосны, которые производятся фирмой Glunz (Германия).

OSB представляет собой плотнопрессованную трехслойную плиту из плоской ориентированной щепы сосны или лиственных пород древесины, проклеенную синтети-

ческими экологически чистыми клеями под воздействием высокого давления и температуры. Структурные особенности плиты рассмотрены в работе [1].

Крупноразмерные древесные частицы, называемые в западной литературе стрендами, имеют малую толщину (0,5–0,75 мм) и укладываются в трех слоях, причем в наружных слоях располагаются вдоль главной оси плиты, а во внутреннем – перпендикулярно (рис. 1). Каждый слой формируется отдельными ориентирующими головками, которые укладывают стружку на движущийся поддон конвейера.

В наружном слое плиты укладывается длинная стружка, которая ориентирована преимущественно в направлении вдоль плиты (по главной оси). Основную долю (по площади) составляют стренды шириной 10–30 мм и длиной 70–120 мм (70–80 %), имеющие, как правило, правильную прямоугольную форму. Крупная стружка (6–10 %) шириной 35–45 мм (в отдельных случаях до 60 мм) отличается широким диапазоном размеров по длине (от 50 до 160 мм) и разнообразием форм частиц. Она имеет наибольшее число дефектов на поверхности в виде трещин, расслоений и разрывов. Основную массу мелких частиц составляет стружка шириной 5–10 мм и длиной от 40 до 80 мм. Особо мелкие частицы (менее 3 мм) имеют иглообразную форму.



Рис. 1. Характер распределения стрендов в наружном слое плиты



Рис. 2. Распределение стрендов во внутреннем слое плиты ($\times 12$)

Угол, образованный направлением укладки отдельных стрендов и главной осью плиты, зависит от длины стружки и составляет от 10 до 45° для длинных частиц размером более $100\text{--}120$ мм. Мелкие стренды располагаются в наружном слое достаточно хаотично, и угол укладки их может достигать 80° .

Толщина наружного слоя, стренды в котором ориентированы в продольном направлении плиты, неодинакова и колеблется по сечению плиты в пределах $2\text{--}3,5$ мм. Соответственно, внутренний слой с поперечной ориентацией стрендов по отношению к главной оси плиты имеет толщину от 3 до 6 мм.

Внутренний слой плиты (рис. 2) сформирован мелкой стружкой, оставшейся при сортировке щепы для наружного слоя. Части-

цы самой разнообразной формы, ориентированные в поперечном направлении, располагаются в этом слое достаточно хаотично.

При производстве OSB в качестве связующего для наружных слоев используются меламиновомочевинные смолы, а для внутреннего слоя – фенолоформальдегидные или эфиры изоцианатов. Стружечный ковер в процессе горячего прессования уплотняется и нагревается до температуры отверждения связующего ($170\text{--}200$ °С). Смола, растекаясь по поверхности частиц при нагреве и прессовании, затвердевает и образует клеящее соединение. Избыточное количество смолы частично выдавливается в поровое пространство, которое создается в результате неплотной укладки стрендов при формировании ковра. Смола затвердевает с образованием плотной пленки.

За счет гибкости стрендов обеспечивается высокая плотность их укладки, поэтому вероятность структурных дефектов в наружных слоях у OSB ниже по сравнению с ДСтП. Тем не менее, в наружном слое формируются открытые поры размером от 2 до 5 мм и глубиной $0,5\text{--}2,5$ мм, имеющие чаще всего треугольную (рис. 3, а), трапециевидальную (рис. 3, б) или щелевидную (рис. 3, в) форму.

Распределение пор на поверхности плиты неравномерное и зависит от размеров стружки. При уменьшении размеров стружки увеличивается их глубина и количество на единице площади.

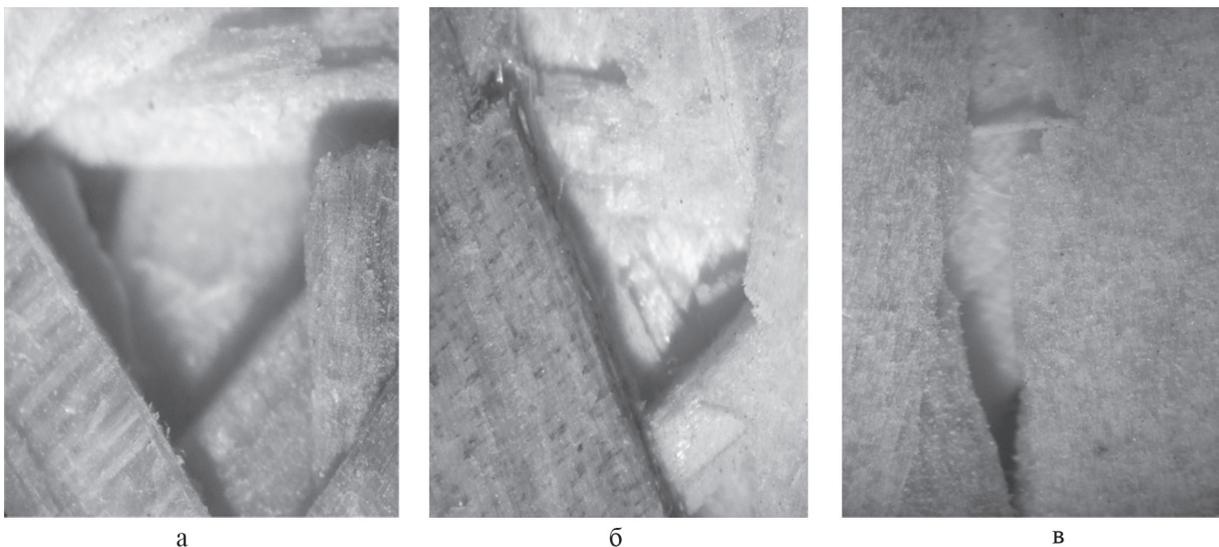


Рис. 3. Форма открытых пор плиты: а – треугольная; б – трапециевидальная; в – щелевидная ($\times 12$)

Физико-механические свойства ориентированно-стружечных плит

Показатели	Стандарт EN 300					
	OSB-2			OSB-3		
	толщина плиты, мм			толщина плиты, мм		
	6–10	11–18	19–25	6–10	11–18	19–25
Плотность, кг/м ³	650–720			650–720		
Предел прочности при статическом изгибе, МПа:						
продольная ось	22	20	18	22	20	18
поперечная ось	11	10	9	11	10	9
Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, МПа	0,34	0,32	0,3	0,34	0,32	0,3
Модуль упругости при изгибе, МПа, для толщины плиты, мм:						
продольная ось	3500			3500		
поперечная ось	1400			1400		
Влажность, %	3–11					
Разбухание за 24ч по толщине при полном погружении в воду, %	20			15		
Содержание формальдегида в плите, мг на 100г абсолютно сухой плиты	≤8			≤8		

Внутренний слой имеет поры закрытого типа, форма которых может быть самой разнообразной. Размеры пор в 1,5–2 раза меньше по сравнению с наружным слоем, однако количество их в единице объема больше. Таким образом, внутренний слой имеет более высокую пористость.

Шероховатость поверхности плиты обеспечивается гладкостью частиц. Крупные стренды могут иметь трещины в продольном направлении, которые образуются на стадии формирования ковра и прессования плиты, но они практически не влияют на шероховатость и прочностные показатели плиты. Частицы во внутреннем слое подвержены большей степени деформации при прессовании и могут иметь разрушения как в продольном, так и поперечном направлениях.

Физико-механические свойства ориентированно-стружечных плит зависят от распределения стружечной массы по толщине плиты. С увеличением доли высококачественных стрендов по толщине прочность OSB возрастает. В таблице представлены физико-механические свойства ориентированно-стружечных плит низкой влагостойкости (OSB-2), используемых для внутренних помещений, и высокой влагостойкости (OSB-3) для наружных условий эксплуатации.

Анализ строения и физико-механических свойств ориентированно-стружечных плит с точки зрения влияния их на обрабатываемость резанием позволяет сделать следующие выводы:

1. Плиты OSB представляют собой анизотропный древесный композиционный материал, механические свойства которого зависят от направления главной оси плиты, распределения высококачественных стрендов и толщины плиты. При увеличении толщины плиты прочностные показатели уменьшаются.

2. Ориентированно-стружечные плиты являются пористыми материалами, что влияет на характер стружкообразования при резании и качество обработанной поверхности.

3. Анизотропию свойства плиты в продольном и поперечном направлении необходимо учитывать при выборе режимов резания с целью получения требуемого качества обработки.

4. OSB являются трехслойными материалами, и особенности строения каждого слоя оказывают различное влияние на режущие свойства инструмента.

Библиографический список

1. Леонович, А.А. Технология древесных плит: прогрессивные решения: учеб. пособие / А.А. Леонович. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2005. – 208 с.

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ПЛИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ХВОСТОВЫМИ ФРЕЗАМИ

В.В. АБРАЗУМОВ, доц. каф. материаловедения и ТКМ МГУЛ, канд техн. наук,
С.П. РАЗУВАЕВ, ВНИИинструмент,
А. ТОЛЧЕЕВ, асп. каф. материаловедения и ТКМ МГУЛ

Обработка плитных древесных композиционных материалов (ПКДМ) концевыми фрезами (в основном на обрабатывающих центрах) в последнее время получила достаточно широкое распространение, главным образом в производстве деталей корпусной мебели. Применение концевой фрезеровки обуславливается универсальностью и гибкостью метода, возможностью за один установ получать детали сложных криволинейных форм и широкого диапазона размеров. Однако существует ряд особенностей, ограничивающих применение данного вида обработки, которые связаны с его спецификой.

Трудность отвода стружки из зоны резания

Припуск на обработку при концевом фрезеровании очень часто оказывается равным диаметру фрезы (закрытое пазовое фрезерование, рис. 1). В этом случае стружка остается в стружечной канавке, образованной поверхностью фрезы и заготовкой, и может удаляться только в направлении оси вращения фрезы до тех пор, пока зуб не выйдет из контакта с обрабатываемой поверхностью.

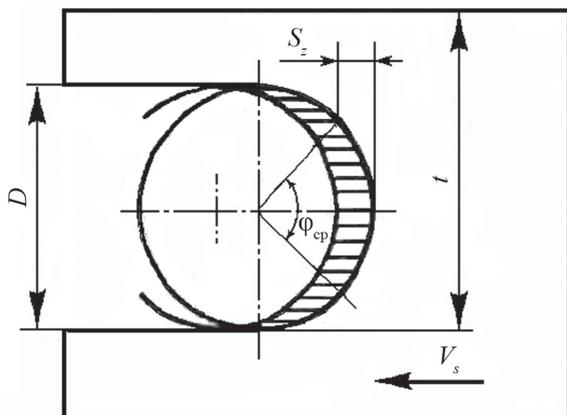


Рис. 1. Схема закрытого пазового фрезерования

Кроме того, стружка (в основном пылевидная и с высокой концентрацией твердых абразивных частиц), вторично попадая в зону

резания, дополнительно изнашивает резец и ухудшает качество обработанной поверхности. Для уменьшения негативных последствий этого явления следует применять фрезы с направленным отводом стружки, в которых используются винтовые стружечные канавки, работающие по принципу шнека (рис. 2).

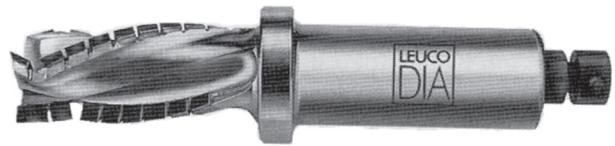


Рис. 2. Фреза с винтовой стружечной канавкой

Высокая частота вращения шпинделя

Поскольку диаметр концевой фрезы невелик (как правило не более 25 мм), а частота вращения шпинделя рассчитывается исходя из скорости резания, то для обеспечения оптимального ее значения необходимо назначать высокую частоту вращения шпинделя. В связи с этим приходится предъявлять более высокие требования к точности изготовления шпинделя и его балансировке. Высокие требования по балансировке предъявляются также и к самой фрезе, а точнее паре – фреза-оправка. Необходимость выполнения динамической балансировки объясняется тем, что диаметр фрезы в несколько раз меньше ее длины и при вращении инструмента возможно появление значительного по величине неуравновешенного момента, который нельзя устранить при статической балансировке. Динамическая балансировка фрезы и оправки по отдельности невозможна, так как каждая из них по конструктивным соображениям имеет только одну балансировочную плоскость, а для динамической балансировки их требуется две. Балансировка производится перед установкой на станок на специальном балансировочном станке. При этом одна плоскость балансировки находится на фрезе, а другая на оправке (рис. 3).

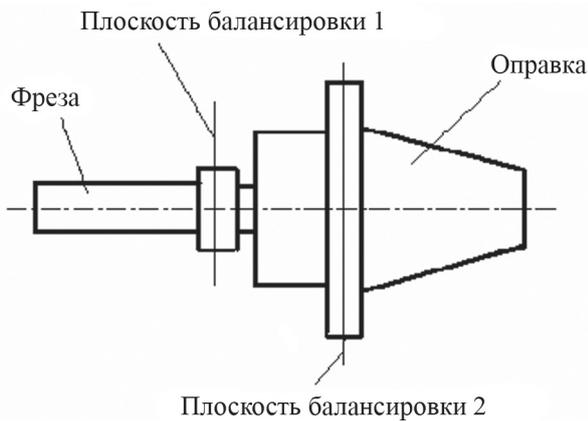


Рис. 3. Местоположение балансировочных плоскостей фрезы и оправки

Возможность появления сколов на кромке плиты

При работе фрез с винтовым режущим лезвием (рис. 4) возникает осевая составляющая силы резания, направленная вдоль оси фрезы.



Рис. 4. Фреза с винтовой канавкой

При обработке кромки плиты под действием этой силы в поверхностном слое пласти возникают напряжения растяжения, которые создают условия для отрыва частиц и образования сколов. Для исключения подобных явлений режущие лезвия хвостовой фрезы необходимо ориентировать в плоскости резания таким образом, чтобы они создавали в нижней и верхней пластьях плиты напряжения сжатия и исключали разрушение поверхностного слоя. Схема расположения режущих элементов такой фрезы представлена на рис. 5.

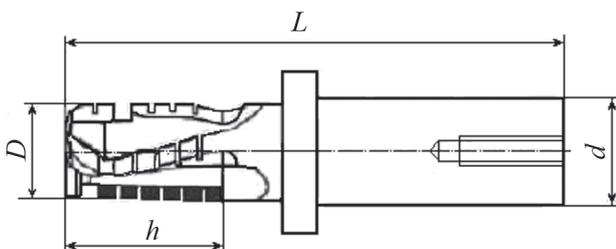


Рис. 5. Схема расположения режущих пластин для уменьшения сколов на пластьях плиты

Малый ресурс фрезы между переточками

Концевые фрезы, предназначенные для обработки ПКДМ, имеют малое число зубьев (как правило, 2–3 зуба, реже – четыре) и, следовательно, их фактический путь резания и ресурс инструмента между переточками будут также невелики. Трудности удаления стружки из зоны резания в совокупности с невозможностью использования СОЖ еще более осложняют работу хвостового инструмента.

Чтобы увеличить показатели износостойкости, применяют сверхтвердые инструментальные материалы. Однако их применение создает определенные трудности, основными из которых являются высокая стоимость инструмента и невозможность его обслуживания (заточки и балансировки) непосредственно у потребителя, так как для этого необходимо специальное дорогостоящее оборудование.

Для снижения стоимости инструмента, оснащенного СТМ, изготовители выпускают фрезы с упрощенной формой корпуса – без единой винтовой стружечной канавки. В этом случае применяют индивидуальные стружечные канавки под каждый режущий элемент (рис.6). Такая форма стружечной канавки, хотя и несколько ухудшает отвод стружки по сравнению с винтовой, уменьшает затраты на проектирование и изготовление инструмента.

Недостаточная жесткость системы станок-приспособление-инструмент-деталь

Деформация технологической системы в процессе обработки приводит к изменению положения режущих кромок инструмента относительно обрабатываемой заготовки, что является одной из главных причин возникновения вибраций и погрешностей обработки. Жесткость технологической системы при резании хвостовыми фрезами зависит, главным образом, от упругих деформаций инструмента, возникающих под действием радиальной составляющей силы резания, величина которой зависит от режимов резания.



Рис. 6. Фреза с индивидуальной стружечной канавкой под каждый режущий элемент

При уменьшении диаметра фрезы снижается жесткость системы и ее виброустойчивость. В процессе резания возникают низкочастотные и высокочастотные автоколебания переменной амплитуды. Они оказыва-

ют влияние не только на качество обработанной поверхности, но и значительно снижают стойкость инструмента, особенно из твердых сплавов и поликристаллических алмазов.

Библиографический список

1. Любченко, В.И. Резание древесины и древесных материалов: учебник для вузов / В.И. Любченко. – М.: МГУЛ, 2002. – 310 с.
2. Суханов, В.Г. Резание древесины и дереворежущий инструмент / В.Г. Суханов, В.В. Кищенко. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 168 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННОЙ ФАНЕРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОСТРЫ ЛЬНА

С.А. УГРЮМОВ, *доц. каф. механической технологии древесины КГТУ*, канд. техн. наук,
Е.А. БОРОВКОВ, *студент КГТУ*,
А.Е. ЩЕРБАКОВ, *студент КГТУ*

В последние годы наметился рост производства и переработки льна как в России, так и во всем мире, что обусловлено повышенным интересом к производству и потреблению льняных тканей и одежды, которые обладают повышенными экологическими и эксплуатационными качествами. В связи с этим возрастает количество образующихся отходов – костры, которая, как правило, не находит экономически выгодного применения. Однако костра льна является эффективным материалом для переработки в материалы различного назначения, что обусловлено особенностями ее физико-химического строения и дешевизной. Возможны различные направления использования костры льна, основные из которых следующие:

1. Вывоз костры на поля запахивания с целью ее перегнивания и использования как удобрения почвы.

2. Сжигание костры льна для производства тепловой энергии в специальных топках котельных с полным сгоранием, включающим оседание золы, и наоборот, с образованием золы и ее последующим использованием в качестве удобрений. Кроме этого на основе костры могут формироваться топливные брикеты для использования населением или котельными предприятиями.

3. Льняная костра по химическому строению сходна с древесиной, она содержит много стойких химических соединений – лигнин, целлюлозу, высокополимерные пентозаны [1, 2], поэтому может склеиваться с применением клеев на основе традиционных смол, применяемых в деревообработке. Частицы костры образуют фракцию, пригодную для использования в плитном производстве без дополнительной обработки. Начальная влажность костры, поступающей с льноперерабатывающих заводов, составляет от 12 % до 30 %, что позволяет снизить затраты на сушку в сравнении с производством древесностружечных плит. На основе костры возможно изготовление конструктивных строительных и мебельных плит плотностью от 600 кг/м³ и теплоизоляционных плит плотностью порядка 300 кг/м³. Данная технология разработана и освоена в Чехии, Польше, России [3, 4]. Недостатком данной технологии является необходимость выделения из костры пылевидной фракции и волокна с целью снижения расхода связующего и повышения физико-механических свойств плит.

4. Костра может использоваться в комбинированных древесностружечных плитах. При этом основу прочности плите будет при-

давать внутренний слой из древесной стружки, желательна плоская резаной, а наружные слои на основе костры льна будут создавать мелкоструктурную поверхность. При этом сокращаются затраты на поверхностную обработку плит (шлифование) и уменьшается количество образующихся отходов.

5. С 1985 г. известна технология производства тепло- звукоизоляционных плит малой плотности и с малым содержанием связующего (MDF). Они состоят из разволокненных частиц костры с добавлением до 8 % смолы и 1 % парафина. Выпуск таких плит освоен в Таиланде, Великобритании и Канаде [4]. При производстве плит MDF костра не требует предварительной очистки, измельчения и сортировки. Эта технология очень проста. Она заключается в разволокнении увлажненной костры на дефибриляторе и приготовлении однородной кострово-клеевой массы. После структурной гомогенизации смеси идет легкое формование плит нужной конфигурации. Плиты обладают высокой структурной однородностью, мелкоструктурной поверхностью и необходимой формой.

6. Костра может быть использована для изготовления плит без вяжущего. Данное производство включает процессы замачивания костры для ее разволокнения и формования, затем ведется обезвоживание плит пневмоотсосами или валковыми прессами, завершает процесс сушка плит. Полученные данным методом плиты имеют малую плотность (250–420 кг/м³), обладают высокими звуко- и теплоизоляционными свойствами, могут быть использованы в строительстве.

7. В льняной костре содержится до 64 % целлюлозы [1,2], тогда как в древесине лиственных пород ее содержится до 47 % , в хвойных породах – до 58 % [5]. Содержание легкогидролизуемой части (пентозанов) в костре меньше, чем в древесине, поэтому применение костры в производстве плит с минеральными вяжущими, например с цементом, вполне оправдано. При этом воздействие так называемых «цементных ядов» на процесс структурообразования материала существенно снижается, а физико-механические показатели продукции возрастают.

Экономически выгодной можно считать переработку костры льна в плитные клееные материалы конструкционного или теплоизоляционного назначения, так как при относительно невысоких затратах на сырьевые материалы и связующее происходит выпуск качественной продукции с физико-механическими показателями, сравнимыми с показателями традиционных клееных древесных материалов.

По литературным данным [3] и результатам проведенных предварительных экспериментов выяснено, что прочность клееных плитных материалов на основе костры льна на 10–20 % ниже аналогичных древесных, что объясняется меньшей когезионной прочностью отдельных частичек костры, деформированных и частично разрушенных в процессе первичной обработки. Поэтому с целью повышения прочности конструкционных материалов на основе костры льна рекомендуется комбинация древесных материалов и материалов на основе костры.

Эффективным можно считать производство композиционной фанеры, наружные слои которой состоят из взаимно перпендикулярных слоев лущеного шпона, а внутренним заполнением является клеевая композиция на основе костры льна по принципу изготовления кстроплит [6]. Основу прочности данному материалу придают слои лущеного шпона, при этом его расход на единицу продукции существенно снижается. Чем больше толщина композиционной фанеры и меньше толщина шпона в наружных слоях, тем меньше себестоимость готовой продукции.

Производство композиционной фанеры можно организовать по одно- и двухстадийной схемам. В первом случае сборка пакетов шпона для нижнего и верхнего слоев фанеры, насыпка внутреннего слоя, подпрессовка и горячее прессование материала должно осуществляться за один общий цикл на одной технологической линии. Во втором случае возможно изготовление в отдельном потоке тонких плит для внутреннего слоя (кстроплит), а их облицовывание слоями шпона должно осуществляться на другом технологическом потоке.



Рисунок. Блок-схема технологии производства композиционной фанеры

Менее трудоемок, технологичен и экономически выгоден первый вариант производства композиционной фанеры по одностадийной схеме. Поэтому данный вариант принят за основу при разработке технологической последовательности ее производства. Разработанная блок-схема процесса представ-

лена на рисунке. Производство начинается с подготовки исходного сырья. Доставленная костра должна быть высушена до влажности 2–3 % и отсортирована для удаления оцеса и пылевидной фракции, наличие которых приводит к снижению прочности материала. Доставленные лесоматериалы должны прой-

ти гидротермическую обработку, окорку, раскрой на чураки и разлущивание с целью выработки лушеного шпона. После сушки шпона до влажности около 7 %, его сортировки и нормализации можно приступить к формированию пакетов композиционной фанеры.

На стадии сборки пакетов происходит формирование нижней подложки шпона путем укладки наружного сухого листа и внутреннего, намазанного клеем, насыпка на подготовленную подложку осмоленной костры, накрывание сформированного внутреннего слоя листами шпона.

С целью улучшения транспортабельности пакета и предотвращения смещения наружных листов в процессе загрузки в многоэтажный горячий пресс рекомендуется производить холодную подпрессовку единичных пакетов. Затем производится горячее пресование партии пакетов и комплекс работ по облагораживанию материала – охлаждение, форматная обрезка, шлифование, нормализация качества, маркировка, упаковка, отправка на склад готовой продукции.

Предложенная технология производства композиционной фанеры позволяет эффективно использовать образующиеся отходы льнопроизводства (костру) с выработкой композиционной фанеры конструкционного назначения.

Библиографический список

1. Марков, В.В. Первичная обработка льна и других лубяных культур / В.В. Марков. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 375 с.
2. Суслов, Н.Н. Проектирование предприятий первичной обработки лубяных волокон / Н.Н. Суслов. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 375 с.
3. Чижек, Я. Свойства и обработка древесно-стружечных и древесно-волоконистых плит / Я. Чижек; пер. с чешск; под общ. ред. В.Д. Бекетов. – М.: Лесная пром-сть, 1989. – 392 с.
4. Живетин, В.В. Лен и его комплексное использование / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург, О.М. Ольшанская. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.
5. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 386 с.
6. Угрюмов, С.А. Использование костры льна в производстве композиционной фанеры / С.А. Угрюмов // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2005. № 6. – С. 63–65.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ

В.М. ПОПОВ, *проф. каф. электротехники, теплотехники и гидравлики ВГЛТА, д-р. техн. наук*,
 А.Д. ПЛАТОНОВ, *доц. каф. древесиноведения ВГЛТА, д-р. техн. наук*,
 А.В. ИВАНОВ, *асп. каф. электротехники, теплотехники и гидравлики ВГЛТА*,
 М.А. ШЕНДРИКОВ, *асп. каф. электротехники, теплотехники и гидравлики ВГЛТА*.

На современных деревообрабатывающих предприятиях широко применяется технологический прием, основанный на склеивании отдельных деталей и узлов. В основу производства древесно-стружечных плит, фанеры, мебели заложено применение синтетических клеев [1]. Основопологающим критерием качества клееных деталей из древесины является прочность клеевых соединений [2]. Для повышения прочности клеевых соединений древесины разрабатываются новые клеевые композиции, совершенствуются технологические схемы склеивания, применяются принципиально новые технологии. Особенно перспективными представляются способы склеивания древесины, основанные на принципах нанотехнологий.

В данном сообщении предлагается технология склейки древесины, в основу которой заложено воздействие постоянным электрическим полем на клеевое соединение на стадии отверждения связующего. Ранее проведенными исследованиями поведения в постоянном электрическом поле мыл, диспергированных в жидких диэлектриках, установлен эффект образования между электродами упорядоченных ленточных структур мыл [3]. Из физики твердого тела известно, что создание упорядоченных микроструктур большинства материалов сопровождается их упрочнением. Отсюда можно ожидать подобного эффекта и для полимеров, составляющих клеевые швы. В этом случае должна повышаться когезионная прочность клеевых соединений.

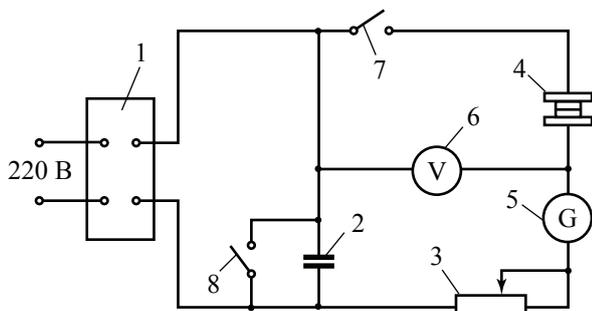


Рис. 1 Схема высоковольтной установки для обработки клеевых прослоек между субстратами из древесины в электрическом поле. 1 – высоковольтный выпрямитель; 2 – батарея конденсаторов; 3 – магазин сопротивлений; 4 – рабочая ячейка с образцом; 5 – гальванометр; 6 – вольтметр; 7 – выключатель; 8 – разрядник.

Для проведения исследований по влиянию постоянного электрического поля на микроструктуру клеевой композиции и прочность склеек из древесины создана высоковольтная установка, принципиальная схема которой представлена на рис. 1. Установка позволяет создавать в рабочей ячейке с образцом электрическое поле напряженностью до 2000 В/см. Для получения заданного температурного режима склеивания образцов рабочая ячейка помещалась в термошкаф.

В начальной стадии исследований проведен микроструктурный анализ обработанной в электрическом поле и необработанной клеевых композиций. С помощью предметного и покровного стекол на микроскопе марки «Биолан» сделаны снимки микроструктуры для клеев марки ПВА (поливинилацетатный) и КФЖ (карбомидоформальдегидный жизне-способный). Полученные снимки представлены на рис. 2.

Из анализа микроструктур клея на рис. 2 видно, что в процессе обработки в электрическом поле микрочастицы полимера выстраиваются в упорядоченные структуры.

Для исследования влияния электрического поля на прочность склеек из древесины применялись стандартные образцы, используемые при испытаниях предела прочности при скалывании τ . Для этого на склеиваемые поверхности образцов из предварительно высушенных дубовых заготовок наносился клей. Затем склеиваемые поверхности соединялись и образец помещался в рабочую ячейку меж-

ду электродами в положение, когда линии тока направлены по нормали к поверхности склеивания. Специальное приспособление позволяло выдерживать сборку с образцом под давлением до 0,5 МПа. Рабочая ячейка с образцом помещалась в термошкаф, в котором поддерживалась температура порядка 60°C. Образец подвергался обработке в электрическом поле при заданной напряженности в течение 20–30 мин. Обработанные в электрическом поле образцы подвергались затем плавному охлаждению и выдержке в течение суток. После этой операции образцы испытывались на разрывной машине на предел прочности при скалывании по стандартной методике испытаний. В большинстве случаев разрыв клеевого шва носил комбинированный (адгезионно-когезионный) характер.

Данные проведенных испытаний представлены в таблице. Анализ табличных данных показывает, что для клеев различной природы характер зависимости предела прочности склеек на скалывание от напряженности электрического поля носит идентичный характер. С повышением напряженности поля E предел прочности на скалывание τ возрастает. При этом в начальной стадии зависимости $\tau = f(E)$ более выражена, чем при более высоких значениях напряженности поля.

Для режима обработки, когда $E > 1500$ В/см, зависимость $\tau = f(E)$ практически вырождается.

Физически просматриваемая экспериментально зависимость $\tau = f(E)$ объясняется следующим образом. По мере повышения напряженности поля макромолекулы полимера выстраиваются в упорядоченные структуры, что сопровождается повышением прочности клеевого соединения. В этом случае возрастает когезионная прочность соединения. При достижении максимальной напряженности поля прекращается процесс структурообразования макромолекул и соответственно стабилизируется прочность клеевого соединения.

Если руководствоваться специальными исследованиями основ адгезии полимеров [4], то можно объяснить комбинированный характер разрушения системы адгезив-субстрат. Здесь следует учитывать особый характер анатомического строения древесины.

Зависимость предела прочности склеек из древесины на скалывание от напряженности электрического поля

Марка клея	Предел прочности на скалывание τ , МПа от напряженности поля E , В/см											
	0	303	378	454	530	606	681	757	892	1070	1430	1680
ПВА	11,5	11,6	11,67	11,8	11,9	12,3	12,5	13,6	14,6	15,4	15,8	15,9
Супро-терм 436	2,8	4,7	5,5	5,8	6,3	7,2	7,5	7,8	8,1	8,3	8,5	8,7

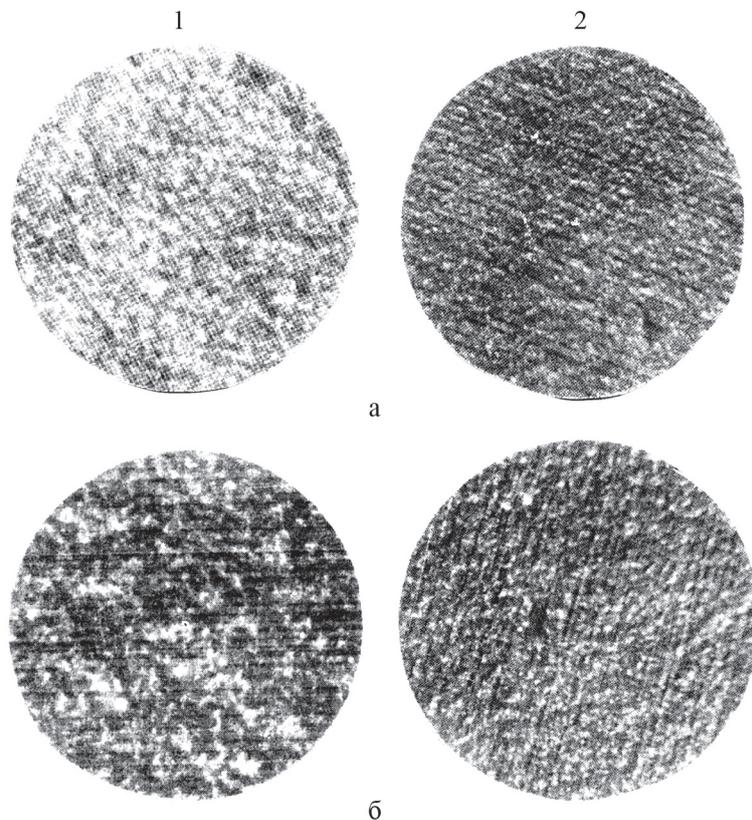


Рис. 2. Микроструктура клеев ПВА (1) и КФЖ (2). а – исходный клей; б – обработанный в электрическом поле напряженностью 750 В/см

Древесина является высокопористым субстратом. Поэтому при любом положении плоскости среза на поверхности древесины оказывается некоторая часть перерезанных волокон с открытыми внутрь полостями, в которые затекает клей. Обработка склейки в электрическом поле интенсифицирует этот процесс, в результате чего повышается адгезионная прочность соединения.

В заключение следует отметить, что предлагаемый способ повышения прочности клееной древесины, в основу которого входят принципы нанотехнологий, может найти применение в производственных условиях. При этом следует обратить внимание технологических служб деревообрабатывающих предприятий на такой существенный в пози-

тивном плане факт, как ускорение процесса склеивания при воздействии электрическим полем.

Библиографический список

1. Темкина, Р.З. Синтетические клеи в деревообработке / Р.З. Темкина. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 288 с.
2. Фрейдин, А.С. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины / А.С. Фрейдин, К.Т. Вуба. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 224 с.
3. Путилова, И.Н. О поведении в постоянном электрическом поле мыл, диспергированных в жидких диэлектриках / И.Н. Путилова, Л.Г. Гиндин, Л.М. Мороз // Док. АН СССР. Сер. Физическая химия, 1950. – Т. 61. – № 1. – С. 81–83.
4. Берлин, А.А. Основы адгезии полимеров / А.А. Берлин, В.Е. Басин. – М.: Химия, 1974. – 392 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ В ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕБЕЛИ

С.Б. ЗВАРЫГИНА, доц. каф механической технологии древесины КГТУ, канд. техн. наук,
Т.И. КАРАСОВА, доц. каф механической технологии древесины КГТУ, канд. экон. наук,
А.С. ГАЛАН, студент КГТУ

Успех любого предприятия зависит от своевременного отказа от производства малоэффективных, морально изношенных товаров и технологий и перехода на так называемые новинки, обеспечивающие большие возможности в удовлетворении нужд, запросов и вкусов потребителей, а также более рациональное и экономичное их производство.

Принципиально новые изделия – результаты изобретений, открытий и разработок в области фундаментальных наук. Это изделия, не имеющие аналогов по основному назначению или принципу действия.

К 2006 г. структура рынка мебели в России изменилась: сократилась доля кухонной мебели, занимающей третье место в объеме продаж (16 %). За ней следует мягкая мебель, занимающая 23 % рынка, затем идет мебель для спальни (14 %). Особое место на рынке занимают продажи деревянных кроватей, прирост объемов продаж которых по отношению к 2006 г. составил 22,8 %.

Одна из проблем у российских производителей мебели в том, что они конкурируют в основном на рынке недорогой мебели, что приводит к снижению прибыльности, в то же время растет потребность в дорогой мебели. Мало кто учитывает данные маркетинговых исследований при запуске нового продукта. У российских производителей практически отсутствует позиционирование продукции и маркетинговая стратегия. Однако не следует забывать, что деньги не единственная мера стоимости. Время – это еще один вид стоимости, необходимый для реализации проекта. Надо помнить, что стоимость или стоимость в денежном выражении определяется ситуацией. И если реализация проекта затягивается, то время может быть более важным показателем, чем деньги. Таким образом, стоимость – это результат потребительской ситуации, а метод, который предназначен для управления дан-

ной ситуацией, называется функционально-стоимостным анализом (ФСА).

В данной статье предлагается анализ значимости функций в дизайн-проектировании кровати на одном из мебельных предприятий в городе Костроме – на ООО «Такос».

С помощью функционального подхода можно более систематизированно оценить связи в таких процессах, как повышение эффективности производства, внедрение новой техники и технологии, специализация и кооперирование предприятий, техническое перевооружение производства.

В процессе ФСА исследуются зависимости между уровнем удовлетворения потребностей (требований потребителя) и уровнем качества. Так, в Японии применяют ФСА в 90 % случаев при проектировании новой продукции и в 50–85 % случаев при модернизации продукции.

В России с начала 2000-х годов возросло количество публикаций по ФСА, подготовка и переподготовка специалистов. Достоинством ФСА является наличие достаточно простых расчетных и графических методов, позволяющих дать двойственную количественную оценку выявленных причинно-следственных связей.

ФСА определяется как метод комплексного технико-экономического исследования функций объекта, направленный на оптимизацию соотношения между качеством исполнения заданных функций и затратами на их осуществление [1]. Чем выше степень полезности, тем большую выгоду получает потребитель от владения данным объектом и соответственно тем выше его стоимость при прочих равных условиях. Иногда этот метод называют анализом затрат на основе потребительской стоимости. Потребительная стоимость – это экономическая категория. Потребительная стоимость продукции – это ее полезность, способность удовлетворять

ту или иную потребность пользователя, что предполагает также оценку степени его предпочтений и способствует выявлению как избыточного, так и недостаточного уровня функциональных возможностей продукции. Конечной целью ФСА является не снижение издержек или улучшение качества, а максимизация потребительной стоимости объекта, которая проявляется лишь в использовании или потреблении. Применение ФСА позволяет разработать вариант продукции с максимально воспринимаемым для данной ситуации уровнем потребительной стоимости, которая рассматривается как ее количественная сторона.

При проведении ФСА были выявлены, сформулированы, проанализированы и оценены эстетические и рабочие функции, которые в совокупности характеризуют полезность объекта. ФСА базируется на предположении о том, что в каждом объекте, системе, подлежащих анализу, сосредоточены как необходимые в соответствии с существующим развитием производства, так и излишние затраты. Излишние затраты обычно связаны с повышенной, не требующейся потребителю функциональностью изделий, либо с недостаточно экономичной конструктивно-технологической или организационной реализацией производства.

Основные идеи ФСА:

- потребителя интересует не продукция как таковая, а польза, которую он получит от ее использования;
- потребитель стремится сократить свои затраты;
- интересующие потребителя функции можно выполнить различными способами, а следовательно, с различной эффективностью и затратами;
- среди возможных альтернатив реализации функций существуют такие, в которых соотношение качества и цены является наиболее оптимальным для потребителя.

Нами представлена функциональная характеристика изделия, предусматривающая классификацию функций в области:

- проявления;
- удовлетворения потребностей;
- процесса эксплуатации;

– характера проявления.

Каждая из функций компонентов изделия может быть полезной и бесполезной, нейтральной или вредной.

Выявление функций осуществляется по структурной схеме изделия.

В области проявления функции различают внешние (взаимодействующие с внешней средой) и внутренние (их выполняют элементы корпуса или каркаса). Например, внешнюю функцию в корпусных изделиях выполняют стенки корпуса, а их внутренняя функция заключается в восприятии нагрузок от массы элементов изделия и тех предметов, которые заполняют объем корпуса.

В области удовлетворения потребностей функции бывают главными (отражают цель создания изделия) и второстепенными (побочными). Например, главная функция стенки – образование корпуса, побочная – создание плоскостей для защитно-декоративного покрытия.

В области процесса эксплуатации функции могут выполнять основную (обуславливается работоспособностью изделия) и вспомогательную роль (применяется для реализации внешних, внутренних, главных, второстепенных, а также подчиненных главной роли основной функции). Например, основная функция стенки – защита от воздействия внешней среды. В области характера проявления функции подразделяются на номинальные (задаются при формировании изделия) и обязательны для выполнения, потенциальные (отражают возможность выполнения других функций при изменении условий эксплуатации изделия) и действительные (фактические функции, выполняемые изделием). Например, номинальная функция – обеспечение эстетического восприятия изделия. Потенциальная – возможность использования стенки в качестве перегородки корпуса, действительная – создание профиля изделия.

Характеристика функций элементов кровати, выбранная в качестве исследуемого объекта, представлена в табл. 1.

Принципы ФСА предполагают распределение функций изделия по категориям А, В, С: А – категория, в которую включают функции главные, основные и полезные;

В – объединяет функции второстепенные, вспомогательные, действительные; С – категория, объединяющая номинальные, нейтральные и бесполезные функции.

Т а б л и ц а 1

Характеристика функций элементов кровати

Виды функций	Характеристики функций														
	в области проявления			в области удовлетворения потребностей			в области процесса эксплуатации			в области характера проявления			по степени полезности		
	внешняя			главная			основная			номинальная			полезная		
1. Формирование габаритов изделия	О	СГ	СН	О	СГ	СН	О	СГ	СН	О	СГ	СН	О	СГ	б/п СН
2. Эстетическое восприятие (создание профиля изделия)	О	СГ	СН	О	СГ	СН	О	СГ	–	О	д СГ	СН	О	СГ	СН
3. Формирование спальной зоны	О	–	–	О	–	–	О	–	–	д			полезная		
4. Обеспечение потребной емкости спального места	О	–	–	О	–	–	всп			номинальная			О		
5. Создание плоскости для защитно-декоративных покрытий	О	СГ	СН	О	вт		основная			д			О		
6. Использование в интерьере в качестве перегородки	О	СГ	СН	–	СГ	СН	–	СГ	–	номинальная			–		
7. Восприятие нагрузок	внутренняя			О	вт		О	СГ	–	д			О		
8. Устойчивость конструкции	О	–	–	О	–	–	О	–	–	О	–	–	полезная		
9. Прочность основания	О	–	–	второстепенная			О	–	–	О	–	–	О		
10. Прочность крепления опорных брусков к царгам	О	–	–	О	–	–	всп			О	–	–	нейтральная		
11. Прочность соединения опорных спинок кровати к царгам	О	–	–	главная			основная			О	–	–	полезная		
12. Жесткость каркаса	О	–	–	второстепенная			основная			О	–	–	О		
13. Удобство в эксплуатации	О	СГ	СН	главная			О	–	–	номинальная			нейтральная		
14. Долговечность	О	СГ	СН	второстепенная			всн			п			О		
15. Безопасность	О	СГ	СН	главная			О	–	–	д			полезная		
16. Экологичность	О	СГ	СН	О	СГ	СН	основная			О	СГ	СН	О		
17. Опорная поверхность для подушек	внешняя			главная			основная			номинальная			–		
18. Крепление элементов освещения	внутренняя			–	СГ	–	всп			д			–		
19. Крепление навесных тумб	–	СГ	–	второстепенная			основная			–	СГ	–	–		
20. Ограничение ростовой категории человека	внешняя			главная			всп			д			нейтральная		

Примечание. Сокращенные названия функций: б/п –бесполезная ; д – действительная; п – потенциальная; всп – вспомогательная, вт –второстепенная; О – основание; СГ – спинка головная; СН – спинка ножная

АВС функции элементов кровати

Сборочные единицы и детали	Функции																			Итого по элементу изделия	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20
Основание	A	A	A	B	A	-	A	B	B	A	B	A	B	A	A	A	-	-	-	-	10 A
Спинка головная	A	A	A	B	A	A	B	-	-	-	-	-	-	-	A	A	B	A	-	8 A	
Спинка ножная	C	C	B	C	B	A	B	-	-	-	-	-	-	-	B	-	-	-	C	4 C	

Распределение функций элементов кровати по категориям представлено в табл. 2.

Как видно из табл. 2, наибольшее количество второстепенных, вспомогательных и бесполезных функций содержит такой элемент, как спинка ножная (СН). Поэтому при проектировании новой продукции возможно исключение из конструкции изделия.

Таким образом, системная форма ФСА позволяет проектировать мебельные изделия с использованием востребованной функциональности и снижением уровня затрат ресурсов [2]. Потребительская стоимость продукции – это ее полезность, способная

удовлетворять спрос покупателей, она отражает уровень функциональных возможностей продукции. Для производителя функциональность мебели определяет ее ценность на рынке и себестоимость производства, связанную с затратами материальных, трудовых и временных затрат.

Библиографический список

1. Кузьмина, Е.А. Функциональный анализ – основы методологии ФСА / Е.А. Кузьмина, А.М. Кузьмин // Методы менеджмента качества. – 2003. – № 6,7.
2. Высоковская, Е.А. Понятие стоимости в контексте функционально-стоимостного анализа / Е.А. Высоковская, А.М. Кузьмин // Стандарты и качество. – 2007. – №1. – С. 94–98.

НЫНЕШНЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОБЛИЦОВЫВАНИЯ СТРОГАНЫМ ШПОНОМ

Г.В. ФОМИНОВ, *асп. каф. древесиноведения МГУЛ*

В мебельном производстве под облицовыванием понимают процесс наклеивания на поверхность заготовки какого-либо достаточно тонкого материала, обладающего определенными декоративными или защитными свойствами, с целью ее облагораживания.

Именно поэтому и само облицовывание раньше тоже относилось к процессам отделки (обработки поверхности), которые улучшают внешний вид изделий и защищают их от воздействия окружающей среды. Сюда относилось лакирование, резьба, выжигание, инкрустация, золочение и т. д.

Сегодня облицовывание выделилось в отдельную самостоятельную технологию, включающую довольно много разновидностей, особенности которых в первую очередь определяются облицовочными материалами, используемыми клеями и видом подложки.

Широкое распространение в мебельной промышленности получило применение строганого шпона как отечественных, так и иноземных пород древесины. По данным ФГУП «ГНЦ ЛПК», потребность в натуральном строганом шпоне постоянно растет, что связано не только с увеличением объемов производства мебели, но и с постепенным спадом интереса к синтетическим материалам. Так, уже к 2010 г. ожидаемое потребление строганого шпона в России составит 200 млн м², а к 2015 г. 320 млн м² против 110 млн м² в 2005 г. В качестве плитного материала подложки широко используются древесно-стружечные плиты и плиты средней плотности (МДФ).

Увеличение спроса на мебель не могло не сказаться на истощении сырьевой базы и, как следствие, повышении цен на древесное сырье. На сегодняшний день основной

задачей для мебельных производств является использование ресурсосберегающих технологий.

Действительно, с развитием мебельного производства, усовершенствованием технологий и деревообрабатывающего оборудования наблюдается тенденция к уменьшению толщины применяемого шпона. Ранее использовался строганный шпон толщиной 0,8–1,0 мм. В начале 70-х годов в мебельной промышленности была поставлена задача перейти на облицовывание щитовых деталей шпоном толщиной 0,6 мм вместо 0,8 мм. Применение такого шпона потребовало строгого соблюдения технологических режимов подготовки деталей и в процессе облицовывания. Имело место просачивание клея на лицевую поверхность облицовки, связанное с низким качеством ДСтП, повышенным расходом и неравномерным нанесением клея. Большинство ДСтП поступало со значительными отклонениями по толщине, предприятия не имели нужного оборудования для калибрования и шлифования плит. Не все предприятия имели клеевые вальцы с дозирующим устройством.

За последние тридцать лет было проведено большое количество работ, направленных на снижение толщины шпона, а следовательно, и расхода ценных пород древесины.

Но важным негативным фактором при использовании шпона пониженной толщины является возрастающая вероятность просачивания клея на лицевую поверхность. Просачивание, или пробой клея, является наиболее распространенным дефектом облицовывания, который обнаруживается при внешнем осмотре облицованных деталей и во время операций крашения и лакирования поверхностей. При использовании карбамидоформальдегидного клея пятна на поверхности почти не заметны, но резко выделяются при крашении поверхности, потому что в местах просочившегося клея древесина не окрашивается. Некоторое смягчение этого дефекта может дать предварительное подкрашивание смолы теми же красителями, которыми будет окрашена облицованная поверхность. Поэтому при облицовывании щитовых деталей мебели существуют пределы, до которых можно уменьшать толщину шпона.

Принято считать, что степень просачивания клея допустима при наличии на поверхности шпона отдельных смоляных пятен размером до 3–5 мм и суммарной площади пятен не более 10 %. Такая величина площади просачивания клея приемлема в производственных условиях. Она оказывает мало влияния на качество отделочного покрытия.

Существует ряд факторов, оказывающих влияние на возможный пробой клея. Прежде всего, на величину просачивания клея оказывает влияние пористость и влагопроницаемость древесины, т.е. порода древесины.

Известно, что плотность и прочность анатомических элементов древесины неодинаковы. Разница в плотности отдельных элементов обуславливает разную плотность поздней и ранней древесины годовых слоев, отличающихся также количеством и размером сосудов.

Особенности анатомического строения древесины, а также ее смолистость предопределяют различную влагопроницаемость древесных хвойных и лиственных пород [3]. Проницаемость характеризует способность древесины пропускать жидкости или газы под давлением.

На проницаемость влияет содержание и характер распределения в ядре смолистых и других экстрактивных веществ, затрудняющих или вовсе исключающих возможность перемещения воды по микрокапиллярам в мембранах пор и клеточных стенках [3].

При облицовывании сухой шпон будет впитывать водноколлоидный раствор связующего. Высокая проницаемость спелодревесных и заболонных лиственных пород (бук, клен, береза, ольха и так далее) способствует миграции клеевого раствора в наружные слои облицовки и приводит к увеличению просачивания клея.

Заболонь имеет намного большую влагопроницаемость, чем ядро (спелая древесина), которое у некоторых пород вообще не пропускает воду. Вода в древесине движется по системе капилляров, включающей полости клеток, отверстия в мембранах пор и субмикроскопические каналы в клеточных стенках. У сухой древесины в ядре и заболони клетки имеют в основном закрытые поры, у которых торус прижат к окаймлениям [3]. С ростом дерева происходит отмирание живых элементов

древесины, закупорка водопроводящих путей и отложение экстрактивных веществ в центральной зоне [3]. Поэтому древесина ядра и спелой древесины ядровых и спелодревесных пород более плотная, менее проницаема. В древесине ядра в полость клеток вырастают паренхимные клетки (тиллы), то есть сосуды в той или иной степени закупориваются выростами паренхимы, что препятствует проникновению жидкости через сосуды.

Важным фактором при облицовывании является влажность строганого шпона и подложки. Влажность склеиваемых материалов оказывает большое влияние на скорость полимеризации клея и прочность клеевого соединения. Согласно нормативным требованиям влажность склеиваемых материалов не должна превышать 8–10 %. Однако при низкой влажности подложки после нанесения клея увеличивается диффузия растворителя (воды), содержащегося в клеевом растворе, в наружные слои основы. За счет этого клеевой слой получается более тонкий и прочный, повышается сухой остаток. Это предотвращает миграцию клея через шпон, так как часть влаги клеевого раствора впитывается в поверхность подложки. При повышенной же влажности основы происходит обратный эффект – снижается вязкость нанесенного клея, замедляется процесс отверждения клея, поэтому нецелесообразно использование плит с повышенной влажностью.

Низкая влажность шпона приводит к интенсивному поглощению влаги из клея древесиной и с уменьшением толщины шпона неизбежно приведет к просачиванию клея наружу, а также может привести к увеличению внутренних напряжений в клеевом слое после облицовывания. Более того, увеличивается жесткость и покоробленность листов облицовки, вследствие чего ухудшается деформативность древесины и ее контактирование с основой и клеевым слоем.

При повышении влажности шпона несколько замедляется процесс отверждения клея, адсорбированная древесиной влага, частично связанная с ней химически, уменьшает число свободных радикалов на ее поверхности и, следовательно, ухудшает взаимодействие клея с древесиной [1]. Однако в процессе прессования при контакте с горячими плитами пресса вода,

содержащаяся в шпоне, превращается в пар, который создает избыточное давление между плитой пресса и поверхностью шпона, препятствуя тем самым выходу клея на лицевую поверхность, и способствует ускорению процесса прогревания клеевого слоя.

На этом явлении основан способ снижения просачивания клея путем использования «парового удара» [1]. Суть метода заключается в нанесении перед запрессовкой на лицевую поверхность шпона воды из расчета 50 г/м². Воду можно наносить распылением. Экспериментальные исследования показывают, что применение «парового удара» позволяет значительно уменьшить или полностью исключить просачивание клея.

Вязкость клея оказывает большое влияние на его просачивание и прочность клеевого соединения. С повышением вязкости увеличивается удельный расход клея, ухудшается равномерность его нанесения, что требует повышенного давления при склеивании [2]. Ухудшается смачивающая способность клея, что приводит к отсутствию сплошного клеевого слоя. Образование пустот в клеевом слое является причиной возникновения очагов концентрации внутренних напряжений, приводящих к снижению прочности клеевого соединения [1]. Образуется более толстый клеевой слой, что приводит к избытку клея на поверхности основы, возрастанию внутренних напряжений при усадке клеевого слоя. С этой точки зрения целесообразно применять клеи пониженной вязкости.

Повышению вязкости клея и уменьшению его впитываемости способствует вспенивание клея [1], которое производят путем перемешивания компонентов клея в специальных вспенивателях, устанавливаемых над клееносными станками вместо смесителей. Перемешивание продолжают в течение 10–15 минут до увеличения объема клея в 1,5–2 раза. Тем самым снижается плотность клеевого раствора и его расход при нанесении на основу. В качестве пенообразователей используют альбумин, поверхностно-активные вещества (ОП-7, ОП-10 и другие). Во вспененный клей могут вводиться и наполнители.

При снижении содержания сухих веществ в клее увеличивается количество рас-

творителя, поглощаемого шпоном, а с увеличением влажности шпона, как отмечалось выше, замедляется процесс отверждения клея, снижается прочность клеевого соединения. Рекомендуемые пределы содержания сухих веществ в клее [1] не менее 62 %.

Продолжительность отверждения (время желатинизации) клея влияет на его просачивание при облицовывании и зависит от вида и количества вводимого отвердителя и марки смолы. Быстроотверждающиеся клеи дают меньший процент просачивания, чем клеи, отверждающиеся медленно. Опыты, проведенные со смолой МФ-17, отверждающейся при 100 °С в течение 120 с и со смолой М-70, отверждающейся при тех же условиях в течение 40 с, показали, что степень просачивания при работе с клеем М-70 была в несколько раз меньше, чем при использовании клея МФ-17.

Применение высоких давлений способствует просачиванию клея на поверхность облицовочного слоя [2]. Основное назначение внешнего давления – создать и сохранить контакт склеиваемых поверхностей до завершения в клее физико-механических процессов, обеспечивающих образование прочных клеевых связей. Давление способствует проникновению клея в полости клеток. Величину давления устанавливают в зависимости от толщины шпона, свойств клея (вязкости, марки смолы и т.д.) и ряда других факторов. Давление должно быть тем больше, чем выше плотность древесины, больше шероховатость шпона и размеры облицовываемых деталей, выше вязкость клея. По типовому режиму давление составляет 0,5–0,8 МПа, в зависимости от вышеперечисленных факторов.

С повышением температуры плит пресса продолжительность отверждения клея снижается и, следовательно, снижается просачивание клея. При этом повышается пластичность древесины, улучшаются условия взаимодействия между клеем и древесиной (рост реакционной способности клея, улучшение условий смачивания и растекания и т.д.), повышается прочность клеевого соединения. Следует отметить, что при облицовывании деталей тонким шпоном при высоких температурах возможно расхождение фуг, так как шпон подсыхает быстрее, чем происходит схватывание клея,

клеевой слой получается хрупким [2], происходит термодеструкция отвержденного связующего и разрушение клеевых соединений, что снижает прочность облицовывания.

При повышении температуры плит пресса снижается и продолжительность прессования. При температуре 100–120 °С продолжительность прессования в многопролетном прессе согласно действующим режимам составляет 3–4 мин, а при 130–140 °С – 2–3 мин.

Удельный расход клея оказывает большое влияние на степень просачивания клея налицевую поверхность. Увеличение удельного расхода клея приводит к образованию избытка клея на поверхности основы, и степень просачивания резко увеличивается. Образуется утолщенный и неравномерный клеевой слой, в котором могут возникать значительные внутренние напряжения и, как следствие, микротрещины, ослабляющие клеевые швы. Известно, что более тонкий клеевой слой обеспечивает и более высокую прочность склеивания при условии его равномерного нанесения. Однако при малом расходе перенос клея на поверхность шпона при облицовывании может быть неполным, что снижает прочность склеивания.

Расход клея зависит в основном от качества плиты. Для облицовывания ДСтП из крупной стружки с малой плотностью расход клея необходимо принять выше, чем для плит с мелкой стружкой и повышенной плотности. При значительных значениях микро- и макронеровностей поверхности увеличивается расход клея, создается неравномерная по толщине клеевая прослойка, приводящая к снижению прочности склеивания и возникновению внутренних напряжений в клеевом слое [1]. Поэтому важно, чтобы шероховатость поверхности основы при облицовывании тонкими облицовочными материалами не превышала допустимых значений $Rm_{max} = 32$ мкм.

Для уменьшения просачивания можно использовать смешанные клеи. Карбамидополивинилацетатные смеси в свободном состоянии не имеют текучести, обладают желеподобной консистенцией, в силу чего их вязкость невозможно измерить приборами типа ВЗ-4, но они легко наносятся на склеиваемые поверхности, ложась ровным слоем.

Оптимальные режимы облицовывания ДСтП строганым шпоном толщиной 0,4 мм в однопролетном прессе с использованием клея на основе смолы КФ-Ж

Параметр	Оптимальное значение для породы		
	дуб	бук	ясень
Давление прессования, МПа	0,4	0,35	0,35
Температура плит пресса, °С	135	140	145
Продолжительность отверждения клея при 100°С, не более, с	60	60	60
Условная вязкость клея при $t = 20 \pm 0,5$ °С по ВЗ-246 с диаметром сопла 6 мм, с	40–45	40–45	40–45
Удельный расход клея, г/м ²	130	110	100
Выдержка под давлением, с	60	60	60
Показатель			
Относительная площадь просачивания	0	2,5 %	8,5 %
Прочность клеевого соединения на неравномерный отрыв, кгс/см	1,2	1,07	1,0

Эта композиция плохо впитывается в пористые материалы, за счет чего при облицовывании основы шпоном с применением этого клея не наблюдается просачивания его на лицевую сторону шпона.

Просачивание клея уменьшается до 30–40 % при предварительной подсушке клеевого слоя – выдержке намазанных клеем поверхностей в свободном состоянии. Происходит частичное испарение влаги и ее диффузия во внутренние слои основы. При этом нарастает концентрация и вязкость связующего. Частичное впитывание клеевого раствора наружными слоями основы исключает возникновение избытка влаги при прессовании. Однако применение подсушки клея увеличивает производственный цикл облицовывания и требует дополнительных производственных площадей.

Также известен способ, согласно которому с целью ускорения процесса облицовывания тонким шпоном без просачивания

клея основу подогревают до температуры 60–65 °С, после чего наносят клей.

И.М. Гальцевой были проведены исследования, направленные на изучение механизма просачивания клея. Исходя из экспериментальных работ, даны рекомендации по технологическим режимам работы с тонким строганым шпоном наиболее популярных в использовании пород. По мнению автора, данные режимы способствуют снижению просачивания клея до минимума, что делает возможным получение хорошего качества поверхности при работе с тонким шпоном (таблица).

Библиографический список

1. Мурзин, В.С. Клеи и процесс склеивания древесины: учеб. пособие / В.С. Мурзин. – Воронеж, ВГЛТА, 1993. – 89 с.
2. Онищенко, З.А. Изготовление и применение тонкого строганого шпона / З.А. Онищенко, И.Д. Борисюк. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 39 с.
3. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учеб. для лесотехнич. вузов / Б.Н. Уголев. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.

ИЗУЧЕНИЕ КОРОБЛЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПОСЛЕ СУШКИ

Е.Г. ВЛАДИМИРОВА, *асп. каф. технологии лесопиления и деревообработки МГУЛ*

До последнего времени для изменения свойств древесины самой распространенной была химическая обработка древесины. Однако из-за вредности получаемого продукта с начала 2004 г. в Евросоюзе был введен запрет на использование химически обработанного дерева. В настоящее время в

мире активно развиваются различные технологии термообработки древесины, являющиеся единственной альтернативой химической обработке и приводящие к существенному улучшению свойств древесины, что открывает новые области ее применения. На основании методики, разработанной Государствен-

ным исследовательским центром Финляндии, была создана технология высокотемпературной сушки древесины. Древесина нагревается до температуры не менее 180 °С и при этом защищается паром. Обеспечивая защиту, пар также влияет на химические изменения древесины. После высокотемпературной сушки древесина содержит значительно меньше гемицеллюлозы. С разложением гемицеллюлозы концентрация водопоглощающих гидроксильных групп снижается, а формоустойчивость высушенной древесины улучшается по сравнению с хвойными породами древесины, высушенными в камере конвективной сушки. Температура разложения гемицеллюлозы составляет около 200–260 °С, а соответствующая температура для целлюлозы около 240–350 °С. Поскольку в лиственных породах древесины гемицеллюлозы больше, чем в хвойных, разложение в лиственных породах идет легче. Однако в отличие от разрыва цепочек целлюлозы разрыв цепочки гемицеллюлозы не снижает прочность древесины. Напротив, разрыв цепочки гемицеллюлозы улучшает устойчивость древесины к усушке и снижает уровень развития напряжений и образования упругих деформаций в древесине.

В результате появляется высокоэкологичная термически модифицированная древесина, прошедшая высокотемпературную сушку. Ее цвет темнее, в отличие от обычной древесины она более стабильно реагирует на изменения уровня влажности, а теплоизоляционные характеристики при этом существенно улучшены. Будучи проведенной при достаточно высоких температурах, высокотемпературная сушка также повышает сопротивляемость дерева гниению. С другой стороны, при высокотемпературной сушке снижаются физико-механические показатели, связанные с динамическим воздействием на древесину.

Высокотемпературной сушке можно подвергать любые породы древесины.

Термически модифицированная древесина благодаря разнообразию получаемых оттенков может заменить некоторые породы ценной тропической древесины.

Поскольку свойства хвойных и лиственных пород древесины четко различают-

ся, они имеют отдельную классификацию. Существует два класса высокотемпературной сушки. Иметь более двух классов нецелесообразно, поскольку свойства древесины поначалу, по мере увеличения температуры, меняются медленно. Как только температура превышает 200°С, свойства начинают меняться очень быстро.

При стандартном классе высокотемпературной сушки древесины разбухание и усушка древесины из-за влаги, изменение цвета, а также долговечность подчеркиваются как ключевые свойства.

Высокотемпературная сушка древесины предусматривает два стандартных класса сушки, «Thermo S» и «Thermo D», которые представлены в табл.1 и табл.2.

«Thermo S». «S» в данном термине означает «стабильность». Среднее значение тангенциальной усушки древесины, прошедшей сушку класса «Thermo S», составляет 6–8 %.

«Thermo D». «D» в данном термине означает «долговечность». Среднее значение тангенциальной усушки древесины, прошедшей сушку класса «Thermo D», составляет 5–6 %.

Т а б л и ц а 1

Классы высокотемпературной сушки хвойных пород (сосна и ель)

	«Thermo S»	«Thermo D»
Температура сушки	190 °С	212 °С
Стойкость против атмосферных воздействий	+	++
Стабильность размеров	+	++
Прочность при изгибе без изменений	без изменений	–
Цвет	+	++

Т а б л и ц а 2

Классы высокотемпературной сушки лиственных пород (береза и осина)

	«Thermo S»	«Thermo D»
Температура сушки	185 °С	200 °С
Стойкость против атмосферных воздействий	без изменений	+
Стабильность размеров	+	+
Прочность при изгибе без изменений	без изменений	–
Цвет	+	++

Во время высокотемпературной сушки в древесине происходит ряд существенных изменений, что сказывается на качестве конечного продукта.

Подвергнутая высокотемпературной сушке древесина не испытывает нагрузки при высыхании. Это является очевидным преимуществом, заметным, например, при раскросе материала и изготовлении столярной продукции. Кроме того, уровень усушки древесины очень низок.

В данной работе изучалось влияние высокотемпературной сушки на покоробленность древесины.

Суть опытов заключалась в следующем: были использованы 333 доски размером $32 \times 95 \times 3500$ мм породы береза, которые были отобраны случайным образом. Начальная влажность древесины соответствует свежесрубленной. Доски были высушены в камере конвективной сушки до транспортной влажности. Затем в камере высокотемпературной сушки в течение 40 часов до влажности 6%. Тепло в камере создавалось за счет электрического сопротивления.

Технологию используемого процесса высокотемпературной сушки можно разделить на три основные фазы, представленные на рис.1:

1. Сушка. Повышение температуры и сушка при высокой температуре. Посредством тепла и пара температура в камере стремительно поднимается приблизительно до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. После чего температура неуклонно повышается до $130\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом происходит сушка при высокой температуре, содержание влаги снижается почти до нуля.

2. Термообработка. После высокотемпературной сушки температура внутри камеры повышается до $185\text{--}215\text{ }^{\circ}\text{C}$. По достижении необходимого уровня температура остается неизменной на 2–3 часа в зависимости от конечного назначения изделия.

3. Закаливание. Охлаждение и регулирование влажностного режима. На окончательном этапе температура снижается при помощи системы водяного орошения; когда температура доходит до $80\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$, древесина снова увлажняется с тем, чтобы содержание влаги дошло до приемлемого уровня 4–7%.

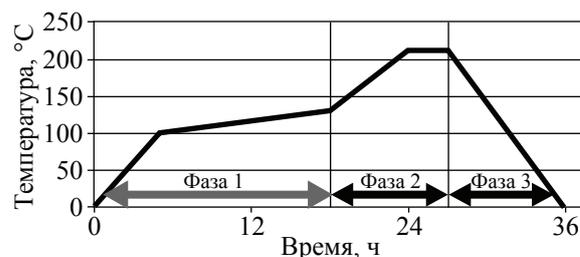


Рис. 1. Схема производственного процесса термически модифицированной древесины



Рис. 2. Скандинавский стандарт на измерение покоробленности пиломатериалов

Высушенные пиломатериалы были измерены по скандинавской методике учета пиломатериалов: покоробленность продольная по пласти, мм; покоробленность продольная по кромке, мм; покоробленность поперечная, %; крыловатость, % (рис. 2).

Данные измерений были занесены в таблицы. По полученным данным были построены гистограммы, которые показывают количественное и процентное содержание досок с различной степенью покоробленности в определенных интервалах.

Для обработки полученных данных была использована описательная статистика. Для вычисления выборочного среднего значения \bar{x} и выборочной дисперсии в подобных случаях применяется группировка данных.

Величина покоробленности после высокотемпературной сушки

Покоробленность	Число досок	Минимум, мм	Максимум, мм	Среднее, мм	Стандартное отклонение
продольная по пласти	188	0,71	15,05	2,48	2,69
продольная по кромке	223	1,34	14,62	2,94	2,66
поперечная	10	0,21	1,58	0,03	0,49
крыловатость	302	0,23	22,15	7,83	14,31

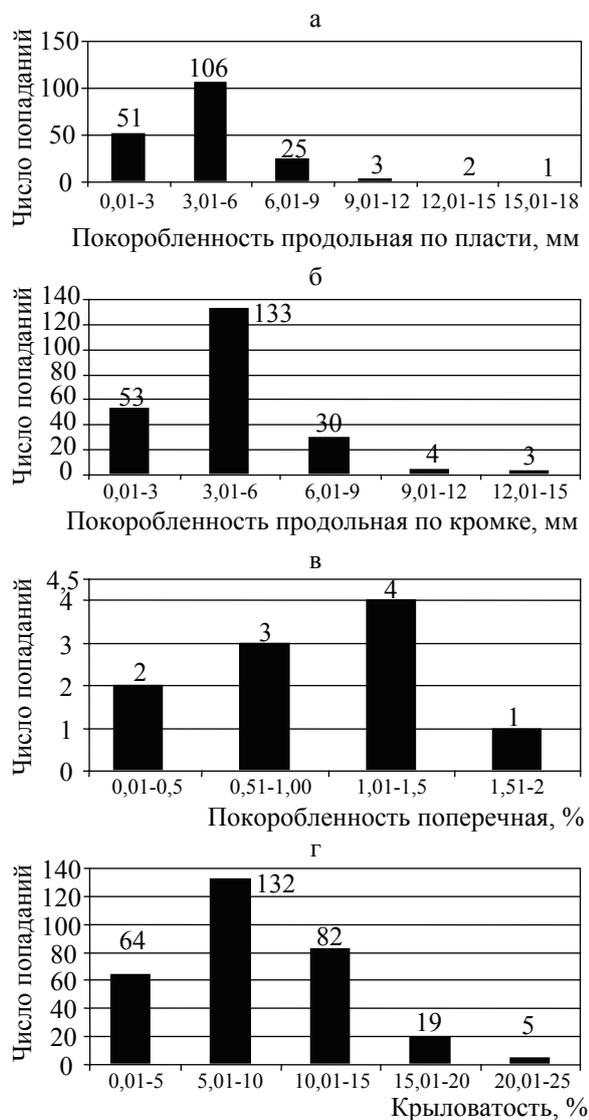


Рис 3. а) покоробленность продольная по пласти; б) покоробленность продольная по кромке; в) покоробленность поперечная; г) крыловатость

Таким образом весь диапазон значений из множества от y до y_{min} к y_{max} разделен на интервалы. Затем определялась длина и число интервалов. Полученные данные были сведены в табл. 3.

С использованием регрессионного анализа были построены гистограммы. В статистике линейная регрессия является методом

оценки условного математического ожидания значения одной переменной y или нескольких переменных x .

Линейная регрессионная модель в общем виде выглядит следующим образом

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon. \quad (1)$$

Правая сторона уравнения может принимать другие формы, но в общем включает линейную комбинацию параметров, которые здесь обозначаются α и β . Символ ε обозначает непредсказуемое или необъясненное изменение в отклике; это традиционно называют «ошибкой», в независимости от того, является ли это действительно ошибкой измерения или нет. Термин «ошибка» традиционно принят, чтобы получать ожидаемое значение, равное нулю, поскольку ненулевое ожидаемое значение может быть поглощено в α .

После проведенных измерений мы получили ряд параметров (величина покоробленности, номер доски). Предположим, что существует зависимость линейного характера между величиной покоробленности и номером доски (говорит о местоположении доски в штабеле). Для того, чтобы проверить гипотезу, мы можем сопоставить данные и построить оптимальную *прямую линию* через данные. Эта связь описывается знакомым уравнением $y = mx + b$. Зависимость между двумя наборами данных линейна. Когда данные сопоставляются, результатом является прямая линия. Эта зависимость известна как линейная корреляция и подчиняется уравнению прямой линии $y = mx + b$.

Возможно определить и коэффициент корреляции, R , который дает нам меру достоверности линейных зависимостей между значениями y и x . Значение $R = 1$ указывает на точную линейную зависимость между x и y . Значение R , близкое к 1, указывает на превосходную линейную надежность. Если коэффициент корреляции относительно далек от единицы, предска-

зания, основанные на линейных отношениях $y = mx + b$, будут менее надежными.

Учитывая набор данных (x_i, y_i) с n -ым числом результатов обработки данных, коэффициент корреляции R может быть определен

$$R = \frac{n\sum(xy) - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum(x^2) - (\sum x)^2][n\sum(y^2) - (\sum y)^2]}}. \quad (2)$$

Анализируя полученные данные, мы можем сказать, что наиболее распространенным пороком после высокотемпературной сушки является крыловатость (91 % из общего числа досок), затем покоробленность продольная по кромке (67 %), покоробленность продольная по пласти (56 %) и поперечная покоробленность только 3 %.

В ходе эксперимента измерялось 333 доски. Из них 188 досок имеют покоробленность продольную по пласти (3–6 мм); 223 доски имеют покоробленность продольную по кромке (3–6 мм); 10 досок имеют покоробленность поперечную; 302 доски имеют крыловатость.

В работе также был проведен линейный регрессионный анализ результатов эксперимента. Полученные зависимости представлены на рис. 8.

Из рис. 4 видно, что покоробленность продольная по пласти и покоробленность продольная по кромке убывают по высоте штабеля, а крыловатость возрастает по высоте штабеля.

В данной работе использован линейный регрессионный анализ, и полученные данные дают весьма грубую оценку результатов эксперимента. Однако полученное значение R^2 для такого материала, как древесина, является довольно хорошим показателем. Для крыловатости и покоробленности продольной по пласти значение R^2 считается довольно высоким, а для покоробленности продольной по кромке – грубым.

Из полученных данных можно сделать вывод, что высокотемпературная сушка не оказывает существенного влияния на покоробленность древесины. Подобные исследования по термически модифицированной древесине не велись ранее, поэтому в работе проведено сравнение с данными покоробленности древесины после обычной сушки.

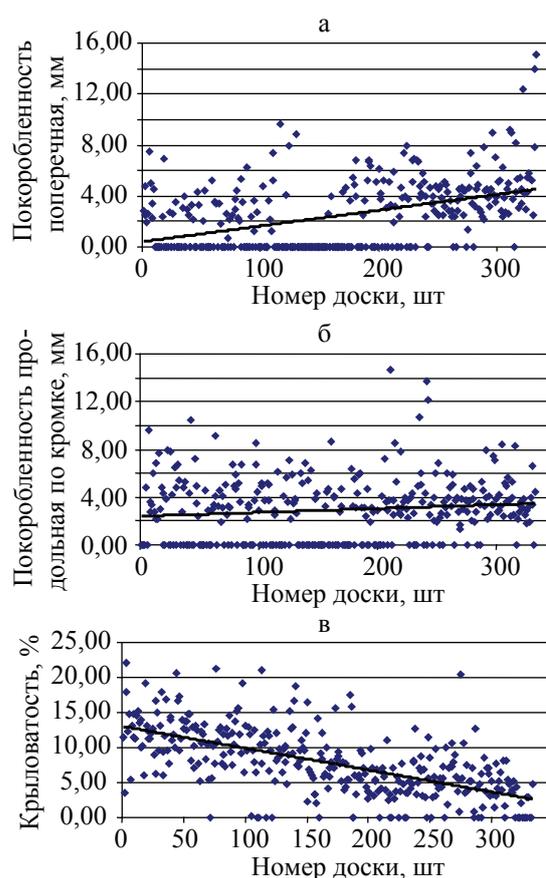


Рис. 4. Покоробленность продольная по пласти, покоробленность продольная по кромке, крыловатость: а – покоробленность продольная по пласти (bow) регрессионный анализ $R^2 = 0,1963$; б – покоробленность продольная по кромке (spring) регрессионный анализ $R^2 = 0,0135$; в – крыловатость (twist) регрессионный анализ $R^2 = 0,389$

Данные эксперимента отражают полную картину поведения пиломатериалов в камере, позволяют выявить дефекты процесса сушки и своевременно их устранить. Полученный материал относится к высокому сорту по скандинавской классификации пиломатериалов, что свидетельствует о высоком качестве и конкурентоспособности продукта.

Библиографический список

1. Birkinshaw, C. & Dolan, S. 2005. Heat Treatment of Fast Grown Irish Softwoods to Improve Stability and Durability. University of Limerick, H.P.M. Bongers, B. Tjeerdsma, SHR, 26 p.
2. Nordic timber. 1997. Grading rules for pine and spruce sawn timber. Published by Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys (STMY), Finland
3. ThermoWood Handbook. 2003. FINLAND Finnish ThermoWood Association c/o Wood Focus Oy, P.O. Box 284 (Snellmaninkatu 13), FIN-00171 Helsinki.

СРАВНЕНИЕ ДВУХ АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ В РАЗНЫХ ФАЗАХ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Н.В. ЗВЕРЕВ, доц. каф. физики МГУЛ, канд. физ.-мат. наук

Одной из важных задач квантовой теории поля является создание и реализация эффективных алгоритмов для исследований моделей элементарных частиц. Практический интерес представляет векторная модель частиц, построенная на матричной группе преобразований $U(1)$ для обеспечения необходимой инвариантности действия модели относительно преобразований волновых функций частиц. Для аналитического и численного исследований моделей частиц Вильсоном предложен математический метод моделирования – метод решетки [9]. Этот метод основан на аппроксимации непрерывного пространства-времени дискретной совокупностью точек с заменой непрерывных волновых функций дискретными величинами. При исследовании моделей на решетке пространства-времени вычисляют их корреляционные функции, используемые для вычисления физических характеристик элементарных частиц. Вычисления корреляционных функций выполняют, главным образом, методом континуального интеграла по всем волновым функциям от произведения определенного оператора на экспоненту действия [2, 3].

Для численных исследований векторных моделей элементарных частиц на решетке с существенным сокращением времени вычислений были предложены два алгоритма вычислений с генерацией случайных комплексных матричных полей, распределенных с заданным весом (плотностью вероятности): метод гибридного Монте-Карло [3, 4] и двухшаговый мультибозонный алгоритм [5, 6, 7]. Однако эти два альтернативных алгоритма, отличающиеся многими сложными процедурами и формулами, не были усовершенствованы оптимизацией параметров алгоритмов, не была доказана пригодность алгоритмов и не были сравнены их характеристики применительно к исследованию векторной $U(1)$ модели элементарных частиц в разных ее фазах на решетке. Рассмотрение и решение этих проблем представляется весьма актуальным.

Целью данной работы являются анализ двух указанных алгоритмов применительно к векторной $U(1)$ модели частиц на четырехмерной решетке пространства-времени, установление соотношений для оптимальных параметров и характеристик этих алгоритмов, вычисление с помощью каждого алгоритма значений трех важных корреляционных функций в Кулоновской фазе и фазе конфайнмента данной модели, выяснение пригодности рассматриваемых алгоритмов для данной модели по результатам вычислений, а также сравнение времени вычислений каждым алгоритмом.

Действие и корреляционные функции векторной $U(1)$ модели

Согласно Вильсону [9], действие $S[U, \psi, \bar{\psi}]$ векторной $U(1)$ модели на четырехмерной решетке является суммой действия $S_G[U]$ калибровочного поля частиц – переносчиков взаимодействия и действия $S_F[U, \psi, \bar{\psi}]$ фермионных частиц (фермионов)

$$S[U, \psi, \bar{\psi}] = S_G[U] + S_F[U, \psi, \bar{\psi}].$$

Здесь

$$S_G[U] = \beta \sum_{\substack{x,\mu,\nu \\ \mu < \nu}} \text{Re}(1 - U_{x,\mu\nu}), \quad S_F[U, \psi, \bar{\psi}] = \sum_{f=1}^{N_f} \sum_{x,y} \bar{\psi}_x^f M[U]_{xy} \psi_y^f, \quad (1)$$

$U_{x,\mu\nu}$ – решеточный компактный тензор напряженностей калибровочного поля:

$$U_{x,\mu\nu} = U_{x,\mu} U_{x+\hat{\mu},\nu} U_{x+\hat{\mu},\nu}^* U_{x,\mu}^*$$

$U_{x,\mu} = \exp(iA_{x,\mu})$ – решеточное компактное калибровочное поле с вещественным потенциалом $A_{x,\mu}$ в интервале $(-\pi, \pi)$;

$\beta = 1/e^2$ – обратный квадрат заряда; ψ_x^f и $\bar{\psi}_x^f$ – поля фермионов;

$M[U]$ – фермионная матрица

$$M[U]_{xy} = \delta_{xy} - k \sum_{\mu} \{ (1 - \gamma_{\mu}) U_{x,\mu} \delta_{x+\hat{\mu},y} + (1 + \gamma_{\mu}) U_{y,\mu}^* \delta_{y+\hat{\mu},x} \};$$

$k = 1/(8 + 2m)$ – хоппинг-параметр;

m – фермионная масса;

γ_{μ} – эрмитовы матрицы Дирака размером 4×4 ;

f – индекс поколения фермионов;

N_f – число поколений фермионов;
 x, y – узлы четырехмерной конечной решетки пространства-времени с координатами $n_\mu = 0, 1, \dots, N_\mu - 1$;
 $\mu, \nu = 1, 2, 3, 4$ – направления решетки;
 $\hat{\mu}$ – единичный вектор в положительном направлении;
 N_μ – число узлов решетки вдоль направления μ .

Шаг решетки выбран равным $a = 1$.

В модели на решетке вычисление какой-либо корреляционной функции $\langle O \rangle$ выполняют методом континуального интеграла, состоящим в интегрировании соответствующей функции $O[U]$ по всем полям U, ψ и $\bar{\psi}$ с весом $\exp(-S[U, \psi, \bar{\psi}])$. При этом после интегрирования по полям ψ и $\bar{\psi}$ получается следующая формула [2–3, 9]

$$\langle O \rangle = 1/Z \int O[U] \exp(-S_G[U]) \det_f^N M[U] [dU], \quad (2)$$

где Z – нормировочная постоянная.

При исследовании моделей на решетке обычно вычисляют следующие важные корреляционные функции $\langle O \rangle$: среднюю «энергию» калибровочного поля $\langle E_G \rangle$, скалярный конденсат $\langle \bar{\psi} \psi \rangle$ и «пионную» норму $\langle \Pi \rangle$. Эти величины рассчитывают по формуле (2), в которой зависимость $O[U]$ полагают одной из следующих [1, 10]

$$E_G = 1/6V \sum_{\substack{x,\mu,\nu \\ \mu < \nu}} \text{Re}(1 - U_{x,\mu\nu}), \quad (3)$$

$$\bar{\psi} \psi = 1/4V \text{Tr} M^{-1}[U], \quad (4)$$

$$\Pi = 1/4V \text{Tr}(\gamma_5 M^{-1}[U] \gamma_5 M^{-1}[U]), \quad (5)$$

где $V = N_1 N_2 N_3 N_4$ – полное число узлов четырехмерной решетки пространства-времени, называемое объемом решетки; $\gamma_5 = \gamma_1 \gamma_2 \gamma_3 \gamma_4$ – киральная матрица Дирака; Tr – след в пространстве, являющемся прямым произведением пространства матриц Дирака и пространства узлов решетки x .

Метод гибридного Монте-Карло

Метод гибридного Монте-Карло *HMC* (*hybrid Monte Carlo*) предназначен для приближенных, но относительно быстрых вычислений корреляционных функций моделей на решетке с учетом детерминанта фермионной матрицы при четном числе поколений фермионных частиц N_f . В данном методе вводят вспомогательные поля P и χ таким обра-

зом, что формула (2) переходит в следующее соотношение [4, 5]:

$$\langle O \rangle = 1/Z \int O[U] \exp(-H[U, P, \chi]) [dU dP d\chi], \quad (6)$$

где $H[U, P, \chi]$ – гамильтониан алгоритма, определенный формулой

$$H[U, P, \chi] = S_G[U] + \frac{1}{2} \sum_{x,\mu} P_{x,\mu}^2 + \sum_{f=1}^{N_f/2} \chi_f^\dagger (M^\dagger[U] M[U])^{-1} \chi_f, \quad (7)$$

где $P_{x,\mu}$ – вещественные компоненты поля P , называемого сопряженным импульсом калибровочного поля;

f – поля с $4V$ комплексными составляющими, называемые псевдофермионами.

Поля U, P и χ генерируют случайным образом с весом $\exp(-H[U, P, \chi])$. Тогда формула (6) переходит в следующее соотношение для численных расчетов

$$\langle O \rangle = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{\alpha=1}^N O[U^{(\alpha)}], \quad (8)$$

где $O[U^{(a)}]$ – значения функции $O[U]$ при конфигурации поля $U^{(a)}$;

N – число конфигураций $U^{(a)}$.

Каждую конфигурацию полей U, P и χ с указанным весом распределения получают по следующей схеме [4, 5]. Сначала генерируют случайную конфигурацию сопряженного импульса калибровочного поля P с весом

$$\exp\left(-\sum_{x,\mu} P_{x,\mu}^2 / 2\right)$$

и выбирают конфигурацию псевдофермионов χ по формуле

$$\chi_f = M^\dagger[U] \eta_f,$$

где η_f – случайный вектор с $4V$ комплексными составляющими, генерируемый с весом $\exp(-\eta_f^\dagger \eta_f)$; $f = 1, \dots, N_f/2$.

Поля P и η_f генерируют методом стохастического вектора [3].

Затем выполняют процедуру молекулярной динамики, состоящую в получении промежуточной U' и вспомогательной P' конфигураций полей по известным конфигурациям U, P и χ по следующим формулам

$$U_{x,\mu}^{(k)} = U_{x,\mu}^{(k-1)} \exp(i \Delta\tau P_{x,\mu}^{(k-1/2)}),$$

$$P_{x,\mu}^{(k+1/2)} = P_{x,\mu}^{(k-1/2)} + \Delta\tau F_{x,\mu} [U^{(k)}],$$

где $\Delta\tau$ – шаг «времени»;

N_τ – число шагов «времени»;

$$k = 1, \dots, N_\tau; U_{x,\mu}^{(0)} = U_{x,\mu}; U_{x,\mu}^{(N_\tau)} = U'_{x,\mu};$$

$$F_{x,\mu} [U] = -\partial H / \partial A_{x,\mu}.$$

Рассматриваемая схема заканчивается шагом Метрополиса, в котором полученную конфигурацию U' принимают за последующую U с вероятностью

$$w_{acc}[U', U] = \min\{1, \exp(H[U, P, \chi] - H[U', P', \chi])\}.$$

Если U' не принято, то новая конфигурация совпадает с прежней U .

В процедуре молекулярной динамики и в шаге Метрополиса необходимо умножать псевдофермионы χ_f на обратные матрицы M^{-1} и $[M^\dagger]^{-1}$. Это умножение выполняют путем решения систем уравнений $M\xi = \eta$ с заданными η и неизвестными ξ векторами с $4V$ комплексными составляющими. Для ускорения решения таких систем используют «шахматное» разложение решетки на одинаковое число четных e (*even*) и нечетных o (*odd*) узлов с соответствующим разложением величин M , ξ и η

$$M = \begin{bmatrix} 1_e & M_{eo} \\ M_{oe} & 1_e \end{bmatrix}, \quad \eta = \begin{pmatrix} \eta_e \\ \eta_o \end{pmatrix}, \quad \xi = \begin{pmatrix} \xi_e \\ \xi_o \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Тогда вместо указанной системы решают следующую эквивалентную ей систему для неизвестных векторов ξ_e и ξ_o с $2V$ составляющими:

$$\begin{cases} Q\xi_o = \eta_o - M_{oe}\eta_e, \\ \xi_e = \eta_e - M_{eo}\xi_o, \end{cases} \quad (10)$$

где Q – матрица размером $2V \times 2V$

$$Q = 1_e - M_{oe}M_{eo}. \quad (11)$$

Нахождение вектора ξ_o в системе (10) выполняют методом сопряженных градиентов [3]. Для этого верхнюю часть системы (10) путем умножения на матрицу Q^\dagger приводят к системе вида $Ax = y$, где $A = Q^\dagger Q$, $x = \xi_o$ – неизвестный вектор, y – заданный вектор. Метод сопряженных градиентов *CG* (*conjugate gradient*) представляет собой следующую схему решения указанной системы путем построения векторов x_n , быстро сходящихся к x :

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n + \alpha_n g_n; \quad \alpha_n = \|r_n\|^2 / g_n^\dagger A g_n; \quad r_n = y - Ax_n; \\ g_{n+1} &= r_{n+1} + \beta_n g_n; \quad \beta_n = \|r_{n+1}\|^2 / \|r_n\|^2, \end{aligned} \quad (12)$$

где $n = 0, 1, \dots$; $\|a\| = \sqrt{a^\dagger a}$; $g_0 = r_0$.

Выполнение этой схемы прекращают при достижении условия

$$\|r_{n+1}\| < \delta, \quad (13)$$

где δ – заданная величина.

$\delta = \delta_{md}$ в процедуре молекулярной динамики, $\delta = \delta_{acc}$ в шаге Метрополиса, причем $\delta_{acc} \ll \delta_{md} \ll 1$.

$$\|r_n\| \leq 2\rho^n / (1 + \rho^{2n}) \|r_0\|,$$

$\rho = (\sqrt{\zeta} - 1) / (\sqrt{\zeta} + 1)$, $\zeta = \lambda_{max} / \lambda_{min}$,
где λ_{max} и λ_{min} – максимальное и минимальное собственные значения матрицы $A = Q^\dagger Q$;
 ζ – ее число обусловленности.

Из указанного неравенства для нормы $\|r_n\|$ получим при $\zeta \gg 1$ следующее соотношение для числа итераций $N^{(CG)}$ схемы (12) метода *CG* до достижения условия (13):

$$N^{(CG)} \sim \frac{\sqrt{\zeta}}{2} \ln \frac{2}{\delta}. \quad (14)$$

Двухшаговый мультибозонный алгоритм

Двухшаговый мультибозонный алгоритм *TSMB* (*two-step multiboson algorithm*) предназначен для приближенных быстрых вычислений в моделях на решетке при любом числе их поколений N_f . В данный алгоритм вводят вспомогательные поля мультибозоны Φ , мультибозонное действие $S_B[\Phi, U]$ и аппроксимирующие многочлены $P_k(x)$ таким образом, что формула (2) преобразуется к виду [8]

$$\langle O \rangle = \frac{\langle O[U] \det^{-1} P_4(Q^\dagger[U]Q[U]) \text{signdet}^{N_f} Q[U] \rangle_{12}}{\langle \det^{-1} P_4(Q^\dagger[U]Q[U]) \text{signdet}^{N_f} Q[U] \rangle_{12}}. \quad (15)$$

Здесь обозначено:

$$\langle A \rangle_{12} = 1/Z[A[U] \exp(-S_G[U] - S_B[\Phi, U]) \det^{-1} P_2(Q^\dagger[U]Q[U]) [dUd\Phi]], \quad (16)$$

где $S_G[U]$ – действие по (1);

Q – матрица по (11);

$$S_B[\Phi, U] = \sum_{j=1}^{n_j} \Phi_j^\dagger \hat{M}_j^\dagger [U] \hat{M}_j [U] \Phi_j,$$

$$\hat{M}_j = \begin{bmatrix} 1_e & M_{eo} \\ \gamma_j M_{oe} & (\gamma_j - \rho_j)_e \end{bmatrix};$$

Φ_j – поля мультибозоны с $4V$ комплексными составляющими;

$1_e, M_{eo}$ и M_{oe} – матрицы по (9);

ρ_j – комплексные корни многочлена $P_1(x^2)$;

$P_1(x), P_2(x), P_4(x)$ – положительные многочлены степеней n_1, n_2, n_4 для грубой, промежуточной и достаточно точной аппроксимаций функции $x^{-N_f/2}$ на интервале $x \in [\varepsilon, \lambda]$

$$\begin{aligned} P_1(x) &\approx x^{-N_f/2}, \quad P_1(x)P_2(x) \approx x^{-N_f/2}, \\ P_1(x)P_2(x)P_4(x) &= x^{-N_f/2}. \end{aligned} \quad (17)$$

Интервал $[\varepsilon, \lambda]$ содержит средние собственные значения $\langle \lambda_{\min} \rangle$ и $\langle \lambda_{\max} \rangle$ матрицы $Q^\dagger Q$, усредненные по всем полям U с весом $\exp(-S_G[U]) \det^{NM}[U]$.

Поля U и Φ генерируют случайным образом с весом $\exp(-S_G[U] - S_B[\Phi, U]) \times \det^{-1} P_2(Q^\dagger[U]Q[U])$. Тогда формула (16) переходит в следующее соотношение для численных расчетов, аналогичное (8)

$$\langle A \rangle_{12} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{\alpha=1}^N A[U^{(\alpha)}]. \quad (18)$$

Каждую конфигурацию полей U и Φ с указанным весом распределения получают путем выполнения двух шагов [6, 7, 8]. Для этого используют «шахматное» разложение решетки и действия $S_B[\Phi, U]$ и $S_G[U] + S_B[\Phi, U]$ разбивают на слагаемые, содержащие составляющие полей $\Phi_{j,x,r}$ и $U_{x,\mu}$, и слагаемые без этих составляющих, где $j = 1, \dots, n_1$; x, μ – узел и направление решетки; r – индекс строк или столбцов матриц Дирака.

В первом шаге каждую новую конфигурацию поля Φ' и промежуточную конфигурацию U' получают из предыдущих конфигураций Φ и U путем выполнения следующих четырех процедур методами «тепловой бани» *HB* (*heatbath*) и верхней релаксации *OR* (*overrelaxation*) [6, 8]:

$$\begin{aligned} HB \begin{cases} \Phi'_{j,x,r} = -V_{j,x,r} / A_{j,x,r} + \xi_{j,x,r}, \\ U'_{x,\mu} = (F_{x,\mu} / |F_{x,\mu}|)^{-1} \exp(i\eta_{x,\mu}), \end{cases} \\ OR \begin{cases} \Phi'_{j,x,r} = -\Phi_{j,x,r} - 2V_{j,x,r} / A_{j,x,r}, \\ U'_{x,\mu} = U_{x,\mu}^* (F_{x,\mu} / |F_{x,\mu}|)^2, \end{cases} \end{aligned}$$

где $V_{j,x,r} = V[\Phi, U]$ не зависит от $\Phi_{j,x,r}$;
 $F_{x,\mu} = F[\Phi, U]$ не зависит от $U_{x,\mu}$;
 $A_{j,x,r}$ не зависит от Φ и U ;
 $\xi_{j,x,r}$ – комплексное случайное число, генерируемое методом стохастического вектора с весом $\exp(-A_{j,x,r} |\xi_{j,x,r}|^2)$;
 $\eta_{x,\mu}$ – вещественное случайное число в интервале $(-\pi, \pi]$, генерируемое с весом $\exp(|F_{x,\mu}| \cos \eta_{x,\mu})$.

Далее выполняют второй шаг алгоритма *TSMB* – метод Метрополиса [7, 8]. В этом шаге полученную конфигурацию поля U' принимают за последующую U с вероятностью

$$w_{acc}[U', U] = \min(1, \det^{-1} P_2(Q^\dagger[U']Q[U']) / \det^{-1} P_2(Q^\dagger[U]Q[U])). \quad (19)$$

Если U' не принята, то новая конфигурация совпадает с прежней U . Здесь отношения детерминантов вычисляют по формуле [8]

$$\det^{-1} P_2(Q^\dagger[U']Q[U']) / \det^{-1} P_2(Q^\dagger[U]Q[U]) = \langle \exp(-\xi^\dagger P_2(Q^\dagger[U']Q[U']) \xi \eta + \eta^\dagger \eta) \rangle_\eta, \quad (20)$$

где

$$\langle B \rangle_\eta = 1/Z[B[\eta] \exp(-\eta^\dagger \eta [d\eta]); \quad (21)$$

U – вектор с $2V$ комплексными составляющими;

$$\xi = P_3(Q^\dagger[U]Q[U])\eta;$$

$P_3(x)$ – положительный многочлен степени n_3 , аппроксимирующий с высокой точностью функцию $P_2^{-1/2}(x)$ на интервале $x \in [\varepsilon, \lambda]$

$$P_3(x) = P_2^{-1/2}(x). \quad (22)$$

При вычислениях величин $\langle O \rangle$ по (15) с (16) и (18) используют следующую формулу [8]

$$\det^{-1} P_4(Q^\dagger Q) = \langle \exp(-\eta^\dagger P_4(Q^\dagger Q) \eta + \eta^\dagger \eta) \rangle_\eta, \quad (23)$$

где усреднение выполнено согласно (21).

Коэффициенты аппроксимирующих многочленов $P_k(x)$ с заданными степенями n_k , где $k = 1, 2, 4$, на интервале $x \in [\varepsilon, \lambda]$ вычисляют интегральным методом наименьших квадратов. Коэффициенты многочлена $P_3(x)$ с заданной степенью n_3 находят итерационным методом, аналогичным методу Ньютона касательных. Вычисление матриц $P_k(Q^\dagger Q)$, где $k = 2, 3, 4$, в формулах (20) и (23) осуществляют по следующим соотношениям, в которых x заменяют на $Q^\dagger Q$

$$\begin{aligned} P_k(x) &= \sum_{j=0}^{n_k} c_j^{(k)} O_j^{(k)}(x), \quad O_{j+1}^{(k)} = \\ &= (x + \beta_j^{(k)}) O_j^{(k)}(x) + \gamma_{j-1}^{(k)} O_{j-1}^{(k)}(x), \end{aligned}$$

где $O_j^{(k)}(x)$ – ортогональные многочлены степени j .

Собственные значения λ_{\min} и λ_{\max} матрицы $A = Q^\dagger Q$, необходимые для выбора границ интервала $[\varepsilon, \lambda]$, для каждой конфигурации поля U находят явно повторяемым методом Ланцоша. Этот метод представляет собой итерации, включающие:

1) для итерации с номером n последовательное вычисление M единичных взаимно ортогональных векторов $e_j^{(n)}$, где $j = 0, 1, \dots, M - 1$, по формуле

$$Ae_j^{(n)} = \beta_j^{(n)} e_{j+1}^{(n)} + \alpha_j^{(n)} e_j^{(n)} + \beta_{j-1}^{(n)} e_{j-1}^{(n)};$$

2) вычисление либо $\lambda_{\min}^{(n)}$, либо $\lambda_{\max}^{(n)}$ собственного значения трехдиагональной

матрицы $T^{(n)}$ размером $M \times M$ с элементами $\alpha_j^{(n)}$ на главной и $\beta_j^{(n)}$ на соседних диагоналях, а также вычисление соответствующего единичного собственного вектора $s^{(n)}$ с составляющими $s_j^{(n)}$;

3) нахождение для следующей итерации вектора

$$e_0^{(n+1)} = \sum_{j=0}^{M-1} s_j^{(n)} e_j^{(n)}.$$

Средняя вероятность $\langle w_{acc} \rangle$ принятия новых полей U равна отношению числа конфигураций, принятых за новые, к полному числу генерируемых конфигураций. Учитывая соотношения (19) и (20) получим для алгоритма *TSMB* при $\langle (\Delta E)^2 \rangle \leq 1$:

$$\langle w_{acc} \rangle = 1 - \sqrt{\frac{1}{2\pi} \langle (\Delta E)^2 \rangle},$$

$$\langle (\Delta E)^2 \rangle \sim V \|P_2(x) - 1\|^2, \quad (24)$$

где

$$\|f(x)\| = \left(\frac{1}{\lambda - \varepsilon} \int dx |f(x)|^2 \right)^{1/2}; \quad (25)$$

$\Delta E = \xi^\dagger P_2(Q^\dagger[U]Q[U'])\xi - \eta^\dagger \eta$; ξ определено в (20);

$\langle C \rangle = 1/Z \int C p_{12} \exp(-S_G[U] - S_B[\Phi, U] - \eta^\dagger \eta) [dU d\Phi dU' d\Phi' d\eta]$;

$C = C[U'\Phi'U\Phi\eta]$; $p_{12} = p_{12}[U'\Phi'U\Phi]$ – плотность вероятности перехода от конфигурации полей U и Φ к последующей конфигурации U' и Φ' .

Параметры метода гибридного Монте-Карло

Точность и продолжительность расчетов методом НМС зависят от значений его следующих исходных параметров: $\Delta\tau$, N_τ , δ_{md} и δ_{acc} .

Для получения необходимых соотношений рассмотрим следующую матрицу Ω размером $4V \times 4V$

$$\Omega = \left\langle \left[\left(\frac{\partial^2 H}{\partial A^2} \right)^\dagger \left(\frac{\partial^2 H}{\partial A^2} \right) \right]^{1/2} \right\rangle,$$

где H – гамильтониан по (7);

A – потенциал поля U ; усреднение выполнено, как в (6).

Оценим норму этой матрицы $\|\Omega\|$ при $N_f = 2$. Для этого используем свойства симметрии $U(1)$ модели относительно дискретных сдвигов и поворотов, формулы

$\langle \chi \chi^\dagger \rangle_\eta = M^\dagger M$ и $\lambda_j(M^\dagger M) = \lambda_j^2[(M^\dagger M)^{1/2}]$, а также сумму по j заменим интегрированием. В результате получим следующее соотношение

$$\|\Omega\| \sim \left\langle \text{Tr}(M^\dagger M)^{-1} \right\rangle \sim \left\langle \sum_j \frac{1}{\lambda_j^2} \right\rangle \sim \int_{\langle \lambda_{\min} \rangle}^{\langle \lambda_{\max} \rangle} \frac{d\lambda}{\lambda^2} \sim \sqrt{\zeta}, \quad (26)$$

где λ_j , λ_{\min} и λ_{\max} – собственные значения матрицы $(M^\dagger M)^{1/2}$;

ζ – число обусловленности $Q^\dagger Q$

$\zeta = \langle \lambda_{\max}(Q^\dagger Q) \rangle / \langle \lambda_{\min}(Q^\dagger Q) \rangle$. (27)

При исследовании модели свободного бозонного поля методом *HMC* ранее были получены следующие соотношения для обеспечения достаточно точных и быстрых вычислений

$$V \|\tilde{\Omega}\|^2 (\Delta\tau)^4 \lesssim 1, \quad \sqrt{\|\tilde{\Omega}\|} N_\tau \Delta\tau \sim 1, \quad (28)$$

где

$$\tilde{\Omega} = \frac{\partial^2 H}{\partial A^2}$$

– матрица, не зависящая от бозонного поля A ;
 H – гамильтониан бозонного поля; V – объем решетки.

Мы применим к $U(1)$ модели соотношения (28), в которых положим $\tilde{\Omega} = \Omega$ и учтем (26). Тогда получим следующие соотношения для параметров $\Delta\tau$ и N_τ

$$\Delta\tau \lesssim \frac{1}{(V\zeta)^{1/4}}, \quad N_\tau \gtrsim V^{1/4}. \quad (29)$$

Для остальных параметров метода НМС принимаем следующие соотношения

$$\delta_{md} \sim 1/V, \quad \delta_{acc} \sim 1/V^2. \quad (30)$$

Из (14) и (30) получим следующее соотношение для среднего числа итераций $\langle N^{(CG)} \rangle$ в методе *CG* применительно к методу *HMC*

$$\langle N^{(CG)} \rangle \sim \sqrt{\zeta} \ln V. \quad (31)$$

Параметры двухшагового мультибозонного алгоритма

Для расчетов алгоритмом *TSMB* должны быть заданы его следующие исходные параметры: границы ε и λ интервала аппроксимаций функции $x^{-N_f/2}$ по (17) и степени n_1 , n_2 , n_3 и n_4 аппроксимирующих многочленов.

Границы ε и λ выберем следующим образом

$$\varepsilon = 0,5 \langle \lambda_{\min} \rangle; \quad \lambda = (1,2 - 1,4) \langle \lambda_{\max} \rangle, \quad (32)$$

где $\langle \lambda_{\min} \rangle$ и $\langle \lambda_{\max} \rangle$ – средние собственные значения матрицы $Q^\dagger Q$, усредненные, как в (15).

Такой выбор учитывает необходимость нахождения значений $\langle \lambda_{\min} \rangle - \sigma_{\lambda_{\min}}$ и $\langle \lambda_{\max} \rangle + \sigma_{\lambda_{\max}}$ внутри интервала $[\varepsilon, \lambda]$, где $\sigma_{\lambda_{\min}}$ и $\sigma_{\lambda_{\max}}$ – среднеквадратичные отклонения.

Достаточно точные и быстрые вычисления алгоритмом *TSMB* обеспечиваются при условиях

$$\langle w_{acc} \rangle \sim 1, \langle \det^{-1} P_4(Q^+Q) \rangle \sim 1.$$

При этих условиях из (23) и (24), а также из условий достаточно точных аппроксимаций (17) и (22) получим следующие соотношения

$$\|x^{N_f/2} \tilde{P}_1(x) - 1\| \sim \frac{1}{\sqrt{V}}, \quad \|x^{N_f/2} P_1(x)P_2(x) - 1\| \sim \frac{1}{V}, \quad (33)$$

где $\|f(x)\|$ определено по (25).

Для оценки значений степеней n_k многочленов $P_k(x)$ введем вспомогательные многочлены $\tilde{P}_k(x)$ степеней \tilde{n}_k , составленные из многочленов Чебышева $T_{\tilde{n}_k+1}(x)$, со следующими аппроксимациями:

$$\begin{aligned} \tilde{P}_1(x) &\approx P_1(x) \approx x^{-N_f/2}, \quad \tilde{P}_2(x) \approx P_1(x)P_2(x) \approx x^{-N_f/2}, \\ \tilde{P}_3(x) &\approx P_2(x)P_3^2(x) = 1, \\ \tilde{P}_4(x) &\approx P_1(x)P_2(x)P_4(x) \approx x^{-N_f/2}, \end{aligned} \quad (34)$$

где

$$\begin{aligned} \tilde{P}_k(x) &= \frac{1}{x} \left(1 - \frac{T_{\tilde{n}_k+1}\left(\frac{2x - (\lambda' + \varepsilon')}{\lambda' - \varepsilon'}\right)}{T_{\tilde{n}_k+1}\left(-\frac{\lambda' + \varepsilon'}{\lambda' - \varepsilon'}\right)} \right), \\ T_{\tilde{n}_k+1}(x) &= \cos[(\tilde{n}_k + 1) \arccos x]. \end{aligned} \quad (35)$$

Согласно нашим расчетам при $N_f = 2$, многочлены $\tilde{P}_1(x)$ и $P_1(x)$ практически одинаково аппроксимируют функцию $x^{-N_f/2}$ при выполнении следующих условий

$$\tilde{n}_1 = n_1, \quad \varepsilon' \approx \sqrt{\varepsilon\lambda}, \quad \lambda' = \lambda. \quad (36)$$

Из (27) и (32) следует соотношение в виде

$$\lambda/\varepsilon \sim \zeta. \quad (37)$$

Из (33, 34, 35–37) получим

$$\|x^{N_f/2} \tilde{P}_1(x) - 1\| \sim \left| T_{\tilde{n}_1+1}\left(-\frac{\lambda' + \varepsilon'}{\lambda' - \varepsilon'}\right) \right|^{-1} \sim e^{-2(\tilde{n}_1+1)\zeta^{-1/4}} \sim \frac{1}{\sqrt{V}}.$$

откуда имеем соотношение для степени n_1

$$n_1 \sim \zeta^{1/4} \ln V. \quad (38)$$

Наши расчеты при $N_f = 2$ показали, что многочлены $\tilde{P}_2(x)$ и $P_1(x)P_2(x)$ практически одинаково аппроксимируют функцию $x^{-N_f/2}$ при условиях

$$\tilde{n}_2 = n_1 + n_2, \quad \varepsilon' \approx \varepsilon, \quad \lambda' = \lambda. \quad (39)$$

Из (33, 34, 35, 37, 39) получим

$$\|x^{N_f/2} \tilde{P}_2(x) - 1\| \sim \left| T_{\tilde{n}_2+1}\left(-\frac{\lambda' + \varepsilon'}{\lambda' - \varepsilon'}\right) \right|^{-1} \sim e^{-2(\tilde{n}_1+n_2+1)\zeta^{-1/2}} \sim \frac{1}{V}.$$

откуда имеем соотношение для степени n_2

$$n_2 \sim \zeta^{1/2} \ln V. \quad (40)$$

Результаты аналогичных расчетов значений многочленов $\tilde{P}_3(x)$, $\tilde{P}_4(x)$, $P_2(x)P_3^2(x)$ и $P_1(x)P_2(x)P_4(x)$ с аппроксимациями (34) и последующий анализ приводят к следующим соотношениям для степеней n_3 и n_4

$$n_3 \gtrsim n_2, \quad n_4 \gtrsim n_2. \quad (41)$$

Производительности алгоритмов

Производительностью алгоритма вычислений конкретной корреляционной функции $\langle O \rangle$ модели на решетке называем величину P , равную

$$P = 1/\langle N_{op} \rangle \langle \tau_{int} \rangle, \quad (42)$$

где $\langle N_{op} \rangle$ – среднее число компьютерных операций, необходимых для перехода от одной конфигурации полей к последующей;

$\langle \tau_{int} \rangle$ – интегральное время автокорреляций, равное среднему расстоянию между ближайшими статистически независимыми значениями $O[U^{(\alpha)}]$ этой корреляционной функции [3].

Это время вычисляют несколькими способами, например, способом «суммирования» $\langle \tau_{int} \rangle$ рассчитывают по формуле

$$\langle \tau_{int} \rangle = \frac{1}{2} + \frac{1}{W} \sum_{\alpha=1}^W \frac{\Gamma_o(\alpha)}{\Gamma_o(0)}, \quad (43)$$

где

$$\begin{aligned} \Gamma_o(\alpha) &= \frac{1}{N-\alpha} \times \\ &\times \sum_{j=1}^{N-\alpha} \left(O_j - \frac{1}{N-\alpha} \sum_{k=1}^{N-\alpha} O_k \right) \left(O_{j+\alpha} - \frac{1}{N-\alpha} \sum_{k=\alpha+1}^N O_k \right); \\ 1 &\ll W \ll N; \quad O_\alpha = O[U^{(\alpha)}]; \end{aligned}$$

остальные обозначения, как в (8).

Время вычисления t величины $\langle O \rangle$ с заданной точностью, практически равное времени генерации N конфигураций полей $U^{(\alpha)}$, определяется формулой

$$t = \langle t_{CPU} \rangle N = t_c N_i / P, \quad (44)$$

где $\langle t_{CPU} \rangle = t_c \langle N_{op} \rangle$ – среднее компьютерное время перехода от одной конфигурации полей к последующей;

t_c – среднее время выполнения одной компьютерной операции;

$N_i = N/\langle \tau_{int} \rangle$ – число статистически независимых значений O_α .

Лучшим алгоритмом, т.е. алгоритмом с меньшим временем вычислений $\langle O \rangle$ при одинаковых точности вычислений, параметрах модели N_p , V , β , k и числе N_p является алгоритм с большей производительностью P .

Получим соотношения для производительностей рассматриваемых алгоритмов. В случае метода *HMC* на модели свободного бозонного поля на решетке было получено следующее соотношение

$$\langle \tau_{int}^{HMC} \rangle \sim (N_\tau \Delta \tau)^{-2}. \quad (45)$$

Мы применим к $U(1)$ модели это соотношение, в которое подставим параметры по (29).

В случае алгоритма *TSMB* справедливо следующее соотношение

$$\langle \tau_{int}^{TSMB} \rangle \sim (\min |\text{Im} \rho_j^2|)^{-1}, \quad (46)$$

где ρ_j определены в матрице M_j к (16). Заменим, согласно (34), многочлен $P_1(x)$ на $\tilde{P}_1(x)$ и с учетом (35) получим соотношение для корней ρ_j^2 многочлена $\tilde{P}_1(x)$. Подставляя это соотношение в (46) и учитывая (27, 32, 36, 37), получим

$$\begin{aligned} \langle \tau_{int}^{TSMB} \rangle &\sim \left(\sqrt{\lambda' \varepsilon'} \sin \frac{2\pi}{\tilde{n}_1 + 1} \right)^{-1} \sim \\ &\sim \frac{\tilde{n}_1 (\lambda')^{1/2}}{\lambda' (\varepsilon')^{1/2}} \sim \frac{n_1 (\lambda)^{1/2}}{\lambda (\sqrt{\lambda \varepsilon})^{1/2}} \sim n_1 \zeta^{1/4}. \end{aligned} \quad (47)$$

Для каждого алгоритма вычислений в $U(1)$ модели имеем

$$\langle N_{op}^{HMC} \rangle = 4VN_\tau(1 + 2\langle N^{(CG)} \rangle) + 8V\langle N^{(CG)} \rangle \sim V\langle N^{(CG)} \rangle N_\tau, \quad (48)$$

$$\langle N_{op}^{TSMB} \rangle = 2V(128n_1 + n_2 + n_3) \sim Vn_2. \quad (49)$$

Из (42) с учетом (29), (31), (45) и (48) для метода *HMC*, и с учетом (38, 40, 47, 49) для алгоритма *TSMB* получим следующие соотношения для производительностей этих алгоритмов применительно к $U(1)$ модели:

$$P_{HMC} \sim 1/\zeta V^{5/4} \ln V, P_{TSMB} \sim 1/\zeta V \ln^2 V. \quad (50)$$

Отсюда для отношения производительностей имеем

$$P_{TSMB}/P_{HMC} \sim V^{1/4}/\ln V. \quad (51)$$

Результаты вычислений и сравнение алгоритмов

Нами были разработаны, отлажены и применены для расчетов программы вычисле-

ний средних значений корреляционных функций рассматриваемой векторной $U(1)$ модели на четырехмерной решетке как методом *HMC*, так и алгоритмом *TSMB*. По этим программам были вычислены указанные в п. 2 величины $\langle E_G \rangle$, $\langle \bar{\psi} \psi \rangle$ и $\langle \Pi \rangle$ данной $U(1)$ модели в областях Кулоновской фазы и фазы конфайнмента. Вычисления проведены на суперкомпьютере VPP-300 (Ганновер, Германия).

Были заданы следующие параметры $U(1)$ модели, одинаковые при вычислениях каждым алгоритмом: число поколений фермионов $N_f = 2$; объем решетки $V = 6^3 \times 12$ при $N_1 = N_2 = N_3 = 6$ и $N_3 = 12$; параметры $\beta = 2$ и $k = 0,130$ для Кулоновской фазы, $\beta = 0$ и $k = 0,238$ для фазы конфайнмента; число генерируемых полей $U^{(a)}N = 10000$; периодические граничные условия по направлениям $\mu = 1, 2, 3$ и антипериодические по направлению $\mu = 4$ для фермионных полей, а также периодические условия по всем направлениям $\mu = 1, 2, 3, 4$ для калибровочных полей. Выбранные значения β и k находятся вблизи линии раздела фаз, что необходимо для правильного описания свойств частиц. Кроме того, интересно узнать характеристики алгоритмов при «трудном» для них значении $\beta = 0$ [10].

Для расчета значений исходных параметров каждого алгоритма в каждой фазе сначала были вычислены предварительные значения $\langle \lambda_{\min} \rangle$ и $\langle \lambda_{\max} \rangle$ матрицы $Q^\dagger Q$ путем усреднения λ_{\min} и λ_{\max} по полям U с весом $\exp(-S_G[U])$. При этом использован явно повторяемый метод Ланцоша, а генерация конфигураций U выполнена методом НВ при $\Phi = 0$. По формулам (27, 29, 30) с этими значениями $\langle \lambda_{\min} \rangle$ и $\langle \lambda_{\max} \rangle$ были найдены предварительные значения параметров метода *HMC*. Затем методом *HMC* с этими предварительными параметрами была снова выполнена генерация полей U , но с весом $\exp(-S_G[U]) \det^N M[U]$. С помощью этих полей были получены следующие окончательные значения, одинаковые в каждом алгоритме: $\langle \lambda_{\min} \rangle = 0,13(1)$ и $\langle \lambda_{\max} \rangle = 1,63(1)$ в Кулоновской фазе, и $0,0005(1)$ и $6,59(1)$ в фазе конфайнмента.

Используя эти окончательные значения $\langle \lambda_{\min} \rangle$ и $\langle \lambda_{\max} \rangle$, по (27, 29, 30) для метода *HMC*, и по (27, 32, 38, 40, 41) для алгоритма *TSMB* были рассчитаны значения парамет-

ров алгоритмов (табл. 1). В случае алгоритма *TSMB* интегральным методом наименьших квадратов найдены коэффициенты аппроксимирующих многочленов $P_k(x)$, $k = 1, 2, 3, 4$, а также найдены корни многочлена $P_1(x^2)$.

Каждым из рассматриваемых алгоритмов с использованием формул (3–5, 8, 15, 16, 18, 23) были рассчитаны корреляционные функции $\langle E_G \rangle$, $\langle \bar{\psi} \psi \rangle$ и $\langle \Pi \rangle$ данной $U(1)$ модели в двух ее фазах. Кроме того, были рассчитаны значения величин $\langle w_{acc} \rangle$, $\langle \tau_{int} \rangle$ по (43), $\langle t_{CPU} \rangle$, а также отношение производительностей по формуле, следующей из (42) с учетом (44)

$$P_{TSMB}/P_{HMC} = \langle t_{CPU}^{HMC} \rangle \langle \tau_{int}^{HMC} \rangle / \langle t_{CPU}^{TSMB} \rangle \langle \tau_{int}^{TSMB} \rangle.$$

Результаты выполненных расчетов приведены в табл. 2. Значения каждой из трех корреляционных функций в каждой из двух фаз модели, полученные с применением двух разных алгоритмов, оказались одинаковыми. Одинаковой оказалась также точность вычислений. Это свидетельствует о пригодности каждого из рассматриваемых алгоритмов, отличающихся многими сложными процедурами и формулами, для вычислений с существенным сокращением времени в $U(1)$ модели по Вильсону на четырехмерной решетке. Кроме того, это подтверждает правильность установленных соотношений для исходных параметров каждого алгоритма. Особо отметим совпадение результатов вычислений каждым алгоритмом и пригодность этих алгоритмов для «трудного» случая $\beta = 0$ в фазе конфайнмента.

Полученные средние значения $\langle w_{acc} \rangle$ для каждого алгоритма находятся в пределах 0,48–0,94, что соответствует принятой оценке $\langle w_{acc} \rangle \sim 1$. Значения $\langle \tau_{int} \rangle$ для каждой корреляционной функции оказались одного порядка величины для разных алгоритмов, причем для величин $\langle E_G \rangle$ и $\langle \bar{\psi} \psi \rangle$ в фазе конфайнмента при $\beta = 0$ они оказались на полтора порядка больше, чем в Кулоновской фазе при $\beta = 2$, а для корреляционной функции $\langle \Pi \rangle$ – одного порядка величины. Значения $\langle t_{CPU} \rangle$ оказались одного порядка величины в каждой фазе при разных алгоритмах, но в фазе конфайнмента они были в 5–8 раз больше, чем в Кулоновской фазе.

Отношения производительностей алгоритмов для шести рассмотренных случаев (три корреляционные функции и две фазы)

оказались в пределах $P_{TSMB}/P_{HMC} = 0,5–1,8$. Этот диапазон соответствует аналитическому соотношению (51), по которой для данного объема решетки $V = 6^3 \times 12$ отношение $P_{TSMB}/P_{HMC} \approx 0,91$. При увеличении объема решетки производительность каждого алгоритма, согласно (50), уменьшается, а время вычислений, соответственно, увеличивается. Но отношение P_{TSMB}/P_{HMC} , согласно (51), возрастает, и алгоритм *TSMB* становится лучшим по производительности, т.е. с меньшим временем вычислений, чем метод *HMC*.

Т а б л и ц а 1

Значения исходных параметров двух алгоритмов для двух фаз $U(1)$ модели

Фаза	HMC					
	$\Delta\tau$	N_τ	δ_{md}	δ_{acc}		
Кулоновская	0,025	40	10^{-3}	10^{-7}		
конфайнмента	0,01	10	10^{-3}	10^{-7}		
фаза	TSMB					
	ε	λ	n_1	n_2	n_3	n_4
Кулоновская	0,025	2,5	6	36	48	200
конфайнмента	0,000225	9	50	360	450	500

Т а б л и ц а 2

Значения корреляционных функций $\langle O \rangle$ в двух фазах $U(1)$ модели, вычисленные двумя алгоритмами, и характеристики алгоритмов

Параметры	$\langle E_G \rangle$	$\langle \bar{\psi} \psi \rangle$	$\langle \Pi \rangle$
	Кулоновская фаза		
$\langle O^{HMC} \rangle$	0,1332(1)	0,9381(1)	1,378(1)
$\langle O^{TSMB} \rangle$	0,1331(1)	0,9379(1)	1,376(1)
$\langle w_{acc}^{HMC} \rangle$	0,94(1)		
$\langle w_{acc}^{TSMB} \rangle$	0,48(1)		
$\langle \tau_{int}^{HMC} \rangle$	3,2(3)	2,0(2)	25(4)
$\langle \tau_{int}^{TSMB} \rangle$	3,0(3)	2,8(2)	50(8)
$\langle t_{CPU}^{HMC} \rangle, c$	15,1(2)		
$\langle t_{CPU}^{TSMB} \rangle, c$	8,96(2)		
P_{TSMB}/P_{HMC}	1,8(2)	1,2(2)	0,8(2)
фаза конфайнмента			
$\langle O^{HMC} \rangle$	0,939(1)	0,95(1)	13,9(2)
$\langle O^{TSMB} \rangle$	0,938(1)	0,96(1)	13,7(2)
$\langle w_{acc}^{HMC} \rangle$	0,72(1)		
$\langle w_{acc}^{TSMB} \rangle$	0,68(1)		
$\langle \tau_{int}^{HMC} \rangle$	65(7)	60(7)	35(5)
$\langle \tau_{int}^{TSMB} \rangle$	120(20)	125(15)	45(5)
$\langle t_{CPU}^{HMC} \rangle, c$	76(1)		
$\langle t_{CPU}^{TSMB} \rangle, c$	69(1)		
P_{TSMB}/P_{HMC}	0,6(1)	0,5(1)	0,9(1)

Рассмотрены и реализованы два алгоритма для векторной $U(1)$ модели на четырехмерной решетке пространства-времени: метод гибридного Монте-Карло и двухшаговый мультибозонный алгоритм. В каждый алгоритм входят генерация калибровочных полей переносчиков взаимодействия при одинаковом весе распределения с детерминантом фермионной матрицы, метод стохастического вектора и «шахматное» разложение решетки.

Данные алгоритмы отличаются многими входящими в их состав формулами, методами, процедурами и подходами. В метод гибридного Монте-Карло входят использование вспомогательных полей псевдофермионов и сопряженного импульса калибровочного поля, процедура молекулярной динамики для обновления значений полей, метод сопряженных градиентов и шаг Метрополиса для гамильтониана алгоритма. Двухшаговый мультибозонный алгоритм включает использование вспомогательных полей мультибозонов, методы «тепловой бани» и верхней релаксации для обновления полей, применение многочленов для аппроксимации детерминанта фермионной матрицы, явно повторяемый метод Ланцоша для собственных значений этой матрицы и шаг Метрополиса.

Установлены соотношения для оптимальных параметров и характеристик этих алгоритмов применительно к рассматриваемой $U(1)$ модели. Это зависимости для шага «времени», числа шагов «времени» и параметров остановки метода сопряженных градиентов в методе гибридного Монте-Карло, соотношения для границ интервала аппроксимаций и для степеней четырех аппроксимирующих многочленов в случае двухшагового мультибозонного алгоритма, а также зависимости для производительности каждого алгоритма.

Разработаны, отлажены и реализованы программы вычислений корреляционных функций $U(1)$ модели каждым из указанных алгоритмов. С помощью каждого алгоритма в областях Кулоновской фазы при параметре модели $\beta = 2$ и фазы конфайнмента при «трудном» значении $\beta = 0$ вычислены значения следующих важных корреляционных функций: средней «энергии» калибровочного поля, скалярного конденсата и «пионной» нормы. Значения корреляционных

функций в каждой фазе, рассчитанные разными алгоритмами, оказались одинаковыми при одинаковой точности.

Установлено аналитически и подтверждено численными расчетами, что для выбранной решетки пространства-времени с числом ее узлов $6^3 \times 12$ время вычислений корреляционных функций с помощью каждого алгоритма является примерно одинаковым. При увеличении объема решетки время вычислений каждым алгоритмом возрастает, но алгоритмом с меньшим временем вычислений становится двухшаговый мультибозонный алгоритм.

Указанные алгоритмы с параметрами по установленным зависимостям целесообразно использовать при исследованиях моделей элементарных частиц методом решетки.

Автор выражает благодарность за плодотворные дискуссии д-ру физ.-мат. наук И.Л. Боголюбскому, проф. И. Монтвею, канд. физ.-мат. наук В.К. Митрюшкину и проф. М. Мюллеру-Пройскеру. Работа выполнена при финансовой поддержке грантом Правительства Москвы и Департамента образования города Москвы в области наук и технологий в сфере образования за 2003 и 2005 гг.

Библиографический список

1. Кройц, М. Кварки, глюоны и решетки / М. Кройц. – М.: Мир, 1988.
2. Славнов, А.А. Введение в квантовую теорию калибровочных полей / А.А. Славнов, Л.Д. Фаддеев. – М.: Наука, 1988. – 272 с.
3. Montvay I., Münster G. Quantum Fields on a Lattice. Cambridge: University Press, 1994.
4. Duane S., Kennedy A., Pendleton B., Roweth D. Hybrid Monte Carlo // Phys. Lett. B. 1987. V. 195. P. 216–222.
5. Gottlieb S., Liu W., Toussaint D., Renken R., Sugar R. Hybrid molecular dynamics algorithms for the numerical simulation of quantum chromodynamics // Phys. Rev. D. 1987. V. 35. P. 2531–2542.
6. Loscher M. A new approach to the problem of dynamical quarks in numerical simulations of lattice QCD // Nucl. Phys. B. 1994. V. 418. P. 637–648.
7. Borici A., de Forcrand Ph. Systematic errors of Loscher's fermion method and its extensions // Nucl. Phys. B. 1995. V. 454. P. 645–662.
8. Montvay I. An algorithm for gluinos on the lattice // Nucl. Phys. B. 1996. V. 466. P. 259–284.
9. Wilson K.G. Confinement of quarks // Phys. Rev. D. 1974. V. 10. P. 2445–2459.
10. Hoferichter A., Mitrjushkin V.K., Müller-Preussker M., Stoben H. Dynamical Wilson fermions and the problem of the chiral limit in compact lattice QED // Phys. Rev. D. 1998. V. 58. P. 114505–114510.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ В ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА ПРИНЦИПАХ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ

А.И. КОЗОРИЗ, *асп. каф. информатики и вычислительной техники МГУЛ,*

В.А. СКОРНЯКОВ, *доц. каф. информатики и вычислительной техники МГУЛ, канд. техн. наук*

Широкое распространение компьютерной техники и ее активное применение для решения задач оперативного управления, моделирования и прогнозирования применительно к различным реальным и абстрактным динамическим процессам делают необходимым повышение эффективности и удобства взаимодействия человека с компьютером. В связи с особенностями человеческого восприятия наиболее доминирующим в этой сфере является «визуальный» подход к организации человеко-машинных интерфейсов, заключающийся прежде всего в широком использовании компьютерной графики. Применение подобного инструмента, в частности для оперативного анализа и управления сложными объектами класса космических аппаратов, связано с целым рядом задач, затрагивающих вопросы аналитической геометрии, графического программирования, математического моделирования динамических систем, представления и хранения визуальной информации, а также психологии восприятия и особенностей человеческого зрения.

Динамические системы как объект визуализации

Под динамической системой будем понимать любую систему, изменяющуюся во времени и представленную реальной физической структурой или математической моделью, имитирующей ее поведение. Поведение такой системы подчиняется определенному закону, представляющему ее функциональную зависимость от времени. Практическая необходимость визуализации процессов в таких системах связана с тем, что формальные математические соотношения, описывающие их поведение, часто не могут быть представлены в форме классических аналитических соотношений и их исследование требует разработки специальных подходов с использованием различных численных методов, алгоритмов и т.д. Представление результатов

математического моделирования таких систем в виде наглядных графических образов позволяет отобразить реальный ход процесса и существенно облегчить исследование закономерностей их поведения.

Подход к визуализации данных, основанный на применении трехмерной графики, является особенно актуальным в задачах, связанных с оперативным управлением динамическими процессами в реальном масштабе времени, где оператору часто бывает необходимо обрабатывать большие информационные потоки. В этом случае применение подобного подхода существенно сокращает время реакции оператора на события и позволяет уменьшить количество допускаемых им ошибок.

Особенности визуализации информации в динамических системах

Создание программно-математических комплексов визуализации динамических данных связано прежде всего с созданием графического интерфейса, корректно отображающего динамику моделируемых процессов в рамках, заданных требованиями выбранной математической модели. Создание такого интерфейса подразумевает разработку графической модели динамической системы, которая будет определять состав и структуру отображаемой графической информации, содержащей данные о визуализируемых объектах динамической системы, характере ее изменений во времени и способе их отображения.

Результат графического моделирования представляет собой множество вершин, однозначно определяющих набор геометрических объектов тех типов, которые поддерживаются аппаратными и программными средствами конкретной графической системы. В зависимости от используемого алгоритма моделирования геометрический объект может формироваться либо как множество

элементарных поверхностей в форме многоугольников (полигонов), аппроксимирующих реальную поверхность объекта, либо как совокупность параметрических полиномиальных поверхностей, описывающихся математическими уравнениями. Последний подход используется в прикладных системах автоматизации и проектирования, которые строятся на базе систем компьютерной графики. Его преимуществом является возможность локального контроля формы объектов, гладкость и непрерывность в математическом смысле, возможность аналитического вычисления производных, устойчивость к малым возмущениям, а также возможность использовать простые и высокоскоростные методы тонирования. Однако применение такого подхода при моделировании динамических систем с большим количеством сложных объектов подразумевает использование математических методик и алгоритмов, которые значительно медленнее и менее надежны, чем алгоритмы, используемые для полигональных конфигураций, поэтому при моделировании таких систем, как правило, используется аппроксимация поверхностей геометрических объектов множеством полигонов.

Одной из самых актуальных задач трехмерной графики, направленных на повышение скорости обработки трехмерной сцены, является минимизация количества объектов, передаваемых графической системе для дальнейшей обработки и отображения, за счет удаления поверхностей, не попадающих в зону видимости. Алгоритмы удаления невидимых поверхностей основаны на анализе пространственных отношений между объектами и реализуются как часть геометрической обработки сцены.

Наиболее распространенный алгоритм удаления невидимых поверхностей основывается на использовании буфера глубины (z -буфера), в котором по мере выполнения обработки очередных многоугольников сохраняется информация о расстоянии между центром проецирования и точками на объекте. Если в процессе растрового преобразования многоугольников отслеживать расстояние от центра проецирования до ближайшего многоугольника вдоль каждого луча проецирова-

ния, то эту информацию можно обновлять по мере проективного преобразования всех многоугольников, описывающих объекты сцены. В изображение от каждого луча проецирования включается только точка многоугольника, ближайшего к центру проецирования. Недостатком этого метода являются большие затраты времени на обработку всех многоугольников. Методы предварительного отбора, такие как выделение объема видимости или стирание обратных сторон, не намного уменьшают сложность по глубине, а переключение уровней детализации уменьшает ее только для удаленных объектов.

Метод, основанный на использовании z -пирамиды, является дальнейшим развитием метода z -буфера. В качестве первого уровня пирамиды берется стандартный z -буфер. Значения z , содержащиеся на следующем уровне, формируются путем выбора наиболее удаленного значения из четырех соседних значений z с предыдущего уровня. Количество измерений по x и y уменьшается в 2 раза. Для каждого примитива находится уровень z -пирамиды, на котором ему можно сопоставить один пиксель. Если ближайшее значение z примитива находится дальше этого пикселя, то примитив оказывается вне зоны видимости. В противном случае примитив отрисовывается и пирамида обновляется. Этот метод эффективен только при условии предварительной сортировки объектов от ближних к дальним. Поэтому построение z -пирамиды часто комбинируется с методами, основанными на «восьмеричных деревьях». Все пространство разбивается на множество кубов, которые организованы иерархически в «восьмеричное дерево». Каждый примитив сопоставляется с содержащим его кубом наименьшего размера. Далее осуществляется обход дерева: кубы рекурсивно просматриваются от передних к задним и осуществляется проверка их видимости. Если куб видим, то принадлежащие ему примитивы отображаются. Как правило, проверка осуществляется с использованием трафаретного буфера или хранящего информацию о попытках записи в z -буфер «флага видимости», реализованного на некоторых видеокартах аппаратными средствами. «Флаг видимости» устанавлива-

ется при попытке записи в z -буфер в процессе обработки объекта, без фактического изменения содержимого буфера. Вместо записи в z -буфер можно направлять куб видимости в трафаретный буфер. В этом случае куб считается видимым, если оставляет отпечаток в трафаретном буфере. Однако при таком подходе следует помнить, что чтение трафаретного буфера производится медленнее, чем чтение из z -буфера. Недостатком рассматриваемого метода является то, что при этом отрисовываются все невидимые примитивы, чей куб оказывается в видимом пространстве, что требует непроизводительных затрат ресурсов.

Для работы с моделями замкнутых пространств используется метод порталов. Суть его в том, что пространство подразделяется на ячейки, видимые только сквозь небольшие проемы (порталы). Для каждой ячейки заранее вычисляются данные о видимости, которые будут использоваться в реальном времени для удаления невидимых объектов.

Также в процессе геометрической обработки сцены реализуются вычисления, связанные с закрасиванием и распределением освещенности, оперирующие с геометрической информацией для определения степени почернения или оттенка цвета. В результате геометрической обработки и выполнения проективного преобразования графическая система имеет дело только с двухмерными объектами, представленными характерными точками – вершинами. Для вывода получившихся объектов на экран необходимо сформировать на основе координат этих вершин последовательность точек раstra – пикселей. Формирование промежуточных точек графических образов объектов выполняется в процессе растровой обработки, в результате которой и получается итоговое изображение сцены.

Помимо вопросов оптимизации формирования изображения актуальным вопросом повышения эффективности отображения трехмерных динамических сцен являются вопросы анимации сложных моделей графических объектов, динамический характер поведения которых зависит от пространственных отношений между отдельными компонентами модели.

Наиболее очевидным способом описания взаимосвязей, существующих между отдельными компонентами физической модели, является использование иерархических древовидных структур, таких как деревья и ориентированные ациклические графы. Примером может служить представление сложного объекта деревом, корню которого будет соответствовать вся поверхность объекта, узлам – более простые составные объекты, а терминальным узлам – отдельные примитивы, из которых складываются все поверхности объектов. В узлах дерева могут храниться матрицы преобразований, матрицы перехода от фрейма «объекта-предка» к фрейму «объекта-потомка», данные о цветовых характеристиках, свойствах материалов и т.д. При проходе по такому дереву хранящаяся в узлах информация считывается и обрабатывается, что позволяет повысить эффективность отображения иерархических отношений между графическими объектами за счет гибкости построения иерархических структур и минимизации количества выполняемых операций.

Кроме проблем, связанных с программной реализацией динамических сцен, существует также проблема организации непосредственного интерфейса с пользователем с учетом «человеческого фактора». Требование интуитивного восприятия («дружественности») интерфейса подразумевает способность пользователя распознавать выводимые графические образы и быстро разбираться в основных функциях программы и в средствах управления процессом. Возможности человека распознавать объекты и выделять необходимую информацию при динамическом изображении зависят прежде всего от скоростных характеристик информационного потока, цветовых и яркостных свойств объектов сцены, от типа и скорости изменений их взаимного положения и т.п. Эти параметры сцены необходимо выбирать с таким расчетом, чтобы значимые объекты (характеризующие состояние динамической системы) отображались наиболее узнаваемыми знаками и цветами, а промежуток времени между тактами обновления сцены соответствовал времени, необходимому для распознавания образа с учетом толерантности визуальной сенсорики человека.

Одним из наиболее важных требований к интерфейсу в системе «человек-машина» является свойство сохранения его функциональных характеристик в условиях возможных ошибок пользователя и других сбоев. Средства управления моделируемым процессом должны предоставлять необходимую обратную связь, обеспечивающую обратимость любого действия, возможность возврата системы к исходному устойчивому состоянию и полный контроль над динамическим процессом в ходе моделирования. При этом должна быть обеспечена возможность управления характеристиками отображаемых на экране объектов, в том числе их динамикой, возможность варьирования исходных данных, а также свободный доступ к промежуточным данным на всех стадиях моделируемого процесса. Средства управления изображением сцены должны обеспечивать реализацию гибких способов исследования объектов, таких как возможность вхождения в виртуальную модель динамической систе-

мы, позволяющую свободное перемещение по сцене с изменением ракурсов обзора и т.п.

Использование графических интерфейсов на принципах трехмерной графики имеет большое практическое значение для моделирования и изучения динамических систем, а также для задач оперативного управления динамическими процессами. Предлагаемые разработки предназначаются для реализации отображения динамической информации в процессе оперативного управления космическими аппаратами на средствах отображения коллективного и индивидуального пользования в ЦУП-М.

Библиографический список

1. Эйнджел, Э. Интерактивная компьютерная графика: Вводный курс на базе OpenGL / Э. Эйнджел. – 2 изд.: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.
2. Хилл, Ф. OpenGL. Программирование компьютерной графики / Ф. Хилл. – СПб.: Питер, 2002.
3. Гайдуков, С. Профессиональное программирование трехмерной графики на C++. Volero / С. Гайдуков. – Озон, 2004.

ТИПОЛОГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗАДАЧ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

П.А. КУРЗИН, *ст. преп. каф. высшей математики МГУЛ*

При решении задач инвестиционной деятельности существенное значение имеют различные целевые функции, факторы влияния и варианты принятия решений. При создании математической модели требуется ряд упрощений в отношении действительности, поэтому не все цели, альтернативы, факторы влияния, ограничения и взаимосвязи могут быть учтены в соответствующей действительности форме. Модель принятия решений обычно содержит следующие элементы:

- цели (или некоторую совокупность целей), охватывающие как множество целевых функций, так и приоритетные соотношения, отражающие относительную достижимость различных целевых функций, а также характерные проявления целевых функций;

- альтернативы (модели или отдельные варианты действий, или комплекс этих действий);

- состояния внешней среды (состояние в будущем, факторы влияния);

- функции результативности.

Все наблюдаемые состояния внешней среды, взаимоисключающие друг друга, образуют полное пространство состояний. При необходимости учета нескольких вариантов состояния внешней среды имеют место два типа условий поиска решения задачи:

- неопределенности;

- риска.

В условиях риска проявляется либо объективная, либо субъективная вероятность наступления события внешнего характера.

Прогноз принятия решения при определенном состоянии внешней среды оценивается *функцией результативности*. Относительно нее условия решения могут подразделяться на ситуации определенности, риска или неопределенности.

Типология математических моделей задач инвестиционной деятельности

Критерий	Характер проявления критерия			
	Определенность	Неопределенность		
Степень неопределенности			Полная неопределенность	Условия риска
Альтернативы	Абсолютная выгода	Относительная выгода	Срок эксплуатации	Срок погашения кредитов
Количество целей	Одна	Несколько		
Учет временных изменений условий	Статические модели	Динамические модели		
	Динамические модели	одноступенчатые		многоступенчатые
				жесткие

Для системы из альтернативы и состояния внешней среды однозначные решения задач получаются только в условиях определенности, а в ситуациях неопределенности и риска возможно некоторое нечеткое множество решений.

Анализ математических моделей задач инвестиционной деятельности предприятий (табл. 1) в упрощенном виде предусматривает следующие этапы [1,2]:

- определение проблемы (характеристики ситуации, при которой принимается решение);
- создание модели (определение степени сходства между ситуацией, при которой принимается решение, и построенной математической моделью);
- обеспечение данными;
- оценка модели.

В рамках стратегического инвестиционного планирования преследуется цель создания потенциала успеха. Преобразование этой целевой установки в операционные и по возможности количественные целевые функции – важная и трудоемкая проблема. Особенно трудным является количественное отражение факторов влияния и расчета данных в случае осуществления инвестиций нематериального характера или включения в модель новых технологий или новых рынков, а также учет в модели фактора доступа к источникам информации или влияния внешних факторов и вероятности их наступления.

Выделенные при создании модели варианты решения, состояния внешней среды, функции результативности и полезности обуславливают определенные требования к

обеспечению данными. Информация прогнозного характера приоритетна при обеспечении данными. Особенно важно применение определенного круга методов составления прогнозов и сценариев развития внешней среды предприятия. Для одноразовых инвестиций наиболее применимы интуитивные методы. Для динамических моделей расчета инвестиций характерен следующий набор данных:

- будущие поступления и платежи, относящиеся к определенным периодам и срокам;
- расчетные процентные ставки для конкретных периодов;
- вероятности для определенных сценариев в условиях риска.

Сведения, получаемые при оценке модели относительно влияния инвестиционных альтернатив, составляют основу принятия решения. Анализ модели позволяет определить степень влияния нескольких альтернатив в понятной форме и интегрировать в модель фактор неопределенности в будущем.

В статистических моделях принятия решений о выгодности инвестиций при одной целевой функции рассматривают либо определенный срок эксплуатации, либо гипотетический средний период, а в качестве целевых функций – издержки, прибыль, рентабельность, срок амортизации. В соответствии с этим модели и методы в условиях определенности подразделяются на расчеты по сопоставлению затрат; прибыли; рентабельности; статистические амортизационные расчеты. Например, оценка выгодности инвестиций с помощью метода сравнительного учета затрат формулируется правилом: *объем инвестиций*

абсолютно (относительно) выгоден, если его издержки ниже затрат при альтернативе отказа от инвестирования (на любой другой предлагаемый на выбор объект).

Пример 1. Для изготовления нового вида деловых столов и освоения производства требуются инвестиции в цеха *A* и *B*, характеризующиеся следующими данными (табл.2). Альтернативой инвестированию выступают закупки столов (альтернатива *C*) по цене 14 тыс. руб./ед. Провести сравнительный учет затрат и принять окончательное решение по инвестированию.

Решение. Переменные издержки (*ПИ*) определяются как сумма затрат на сырье, зарплату и прочих переменных затрат и при максимуме объема производства для цехов *A* и *B* равны

$$ПИ_A = 2000 + 2880 + 33 = 4913 \text{ тыс. руб./год};$$

$$ПИ_B = 2500 + 4500 + 84 = 7084 \text{ тыс. руб./год}.$$

Приведенные переменные издержки для цеха *B*, пересчитанные на объем производства цеха *A*, равны

$$ППИ_B = ПИ_B \cdot 200/250 =$$

$$= 7084 \cdot 4/5 = 5667,2 \text{ тыс. руб./год}.$$

Средние амортизационные отчисления (*CAO*) имеющихся вариантов инвестиций определим по линейному методу как

$$CAO = (\text{Закупочная цена} - \text{Выручка от ликвидации})/\text{Срок эксплуатации}.$$

$$CAO_A = (140 - 0)/14 = 10 \text{ тыс. руб./год};$$

$$CAO_B = (460 - 10)/15 = 30 \text{ тыс. руб./год}.$$

Т а б л и ц а 2

Потребности в инвестициях для изготовления нового вида продукции

Основные характеристики	Цех <i>A</i>	Цех <i>B</i>
Затраты на приобретение, тыс. руб.	140	460
Срок эксплуатации, лет	14	15
Выручка от ликвидации, тыс. руб.	0	10
Оплата персонала управления, тыс. руб./год	240	530
Максимум объема производства, ед./год	200	250
Зарплата, тыс. руб./год	2880	4500
Прочие постоянные издержки, тыс. руб./год	35	84
Сырье и материалы, тыс.руб./год	2000	2500
Прочие переменные издержки, тыс. руб./год	33	41
Расчетная процентная ставка, %	11	11

Предположим, что в промежутке между привлечением капитала в размере затрат на приобретение в начале планового периода и привлечением капитала в размере выручки от ликвидации в конце планового периода происходит его непрерывная амортизация; при этом показатель средних затрат капитала определяется следующим образом:

$$СЗК = (\text{Затраты на приобретение} + \text{Выручка от ликвидации})/2.$$

В нашем случае для вариантов инвестирования *A* и *B* имеем

$$СЗК_A = (140 + 0)/2 = 70 \text{ тыс. руб./год};$$

$$СЗК_B = (460 + 10)/2 = 235 \text{ тыс. руб./год}.$$

Проценты при заданной процентной ставке составляют $75 \cdot 0,11 = 8,25$ тыс. руб./год для варианта *A* и $235 \cdot 0,11 = 25,85$ тыс. руб./год для варианта *B* соответственно.

Средние величины совокупных постоянных издержек (*СВСПИ*) по вариантам инвестиций равны:

$$СВСПИ_A = 240 + 35 + 10 +$$

$$+ 8,25 = 293,25 \text{ тыс. руб./год};$$

$$СВСПИ_B = 530 + 84 + 30 +$$

$$+ 25,85 = 669,85 \text{ тыс. руб./год}.$$

Тогда средняя величина совокупных издержек (*СВСИ*) при объеме выпуска 200 ед./год по вариантам инвестиций *A* и *B* равна

$$СВСИ_A = ПИ_A + СВСПИ_A =$$

$$= 4913 + 293,25 = 5204,25 \text{ тыс. руб./год};$$

$$СВСИ_B = ППИ_B + СВСПИ_B =$$

$$= 5667,2 + 669,85 = 6337,05 \text{ тыс. руб./год}.$$

Для варианта *C* получаем:

$$СВСИ_C = 14 \cdot 200 = 2800 \text{ тыс. руб./год}.$$

Таким образом, из сравнения вариантов инвестиций видим:

$$СВСИ_C < СВСИ_A < СВСИ_B,$$

т.е. альтернатива *C* является наиболее предпочтительной по сравнению с альтернативами *A* и *B*.

Оценивая статическую модель, отметим следующее.

1. Простой сравнительный учет затрат.
2. Трудно обеспечить необходимые и надежные данные по общей проблеме инвестиционных расчетов, качеству и адекватности модели реальной действительности, так как нет взаимосвязи с другими сферами функционирования предприятия; выработка реше-

ния ограничена одной функцией; применена единая ставка процента для любого момента времени и любых размеров капитала.

3. В модели применен единый срок эксплуатации, игнорируется фактор загрузки мощностей и состав издержек, хотя наличие свободных производственных мощностей, различие в составе совокупных издержек по отдельным компонентам постоянных и переменных издержек могут иметь значение для принятия решения по предприятию.

4. При отклонении фактических объемов производства от прогнозируемых относительная выгодность инвестиций может изменяться вследствие различий в показателях переменных и постоянных затрат.

5. Абстрагирование модели от результатов производства (невозможность выдачи оценки абсолютной выгодности для всех видов инвестиций; продукция, производимая в рамках различных вариантов инвестирования, предполагается равноценной по качеству и др.).

Применяются такие статические модели, как метод сравнительного учета прибыли, метод сравнительного учета рентабельности, метод статических амортизационных расчетов. Все они имеют похожие с методом сравнительного учета затрат ограничения и отличаются:

- учетом производственных результатов вариантов инвестиций (метод сравнительного учета прибыли);
- видом целевой функции и предположением об уравнивании различий в объеме инвестирования (метод сравнительного учета рентабельности);
- абстрагированием от последствий, проявляющихся по истечении срока амортизации (метод статических амортизационных расчетов).

В целом использовать сравнительный учет рентабельности рекомендуется при большом числе вариантов инвестиций с очень высоким уровнем рентабельности, конкурирующих между собой за ограниченные финансовые ресурсы. Амортизационные расчеты могут использоваться для оценки возможной степени связанного с инвестициями риска, а амортизационный срок можно рассматривать как критический показатель

срока эксплуатации или как результат анализа чувствительности системы.

Инвестиционные объекты при использовании динамических моделей связаны с многократными поступлениями и выплатами по времени. Исследование динамики показателей поступлений и выплат по нескольким периодам – существенная специфика отличия динамических моделей от статических.

Динамические модели оценки выгоды инвестиций можно подразделить на две основные группы: в моделях первой группы предполагается существование рынка совершенного капитала, когда платежи ревальвируются или дисконтируются по единой ставке в процентах [3,4]; в моделях второй группы процентные ставки различаются при вложении и привлечении финансовых средств, что применимо в деятельности банков.

Например, метод определения стоимости капитала предполагает наличие совершенного рынка и служит для оценки альтернатив инвестиций относительно целевой функции стоимости капитала. Целевая функция представляет собой сумму всех дисконтируемых или ревальвируемых по единой процентной ставке на какой-либо момент времени поступлений и выплат, возникших при инвестировании объекта. Стоимость капитала представляет собой фактическую стоимость, характеризующую прирост имущества в денежной форме, приносимый инвестиционным объектом в начале планового периода с учетом процентов. При этом можно пользоваться правилом: инвестиционный объект абсолютно (относительно) выгоден, если стоимость его капитала выше нуля (выше аналогичного показателя).

Поскольку расчетная процентная ставка одинакова для всех периодов, то стоимость капитала (СК) на начало планового периода ($t = 0$) равна

$$СК = \sum_{t=0}^T (e_t - a_t)q^{-t},$$

где t – индекс времени;

T – последний момент времени, в который осуществляются платежи;

e_t – поступления в момент времени t ;

a_t – выплаты в момент времени t ;

q^{-t} – коэффициент дисконтирования на момент времени t .

Относительную выгодность двух инвестиционных объектов A и B можно определить разницей стоимостей их капиталов $\Delta CK = CK_A - CK_B$. Если $\Delta CK > 0$, то объект A является относительно более выгодным по сравнению с объектом B .

Абсолютную выгодность оценить при этом нельзя.

Имеются различные модификации метода определения стоимости капитала, в которых ценой дополнительных допущений удается построить детализированные формулы для вычисления СК.

Метод определения стоимости капитала в самом общем виде опирается на допущения: а) целевая функция одна – стоимость капитала; б) существует совершенный рынок капитала.

В реальности при принятии решений относительно инвестиций приходится учитывать не одну, а несколько целевых функций. Также известно, что процентные ставки при инвестировании и заимствовании существенно отличаются друг от друга, так как составляют основу банковской прибыли, и важно определить наиболее подходящий размер этой ставки, влияющей как на сравнимость альтернатив, так и на инвестиционные возможности в настоящем и в будущем. При расчете ее используют средневзвешенную величину собственного и заемного капитала, средний показатель долгосрочной рентабельности, а также дифференцированные ставки по вложению и привлечению финансовых средств и получаемые величины реальных доходов и расходов.

Аналогичными методу определения стоимости капитала являются метод аннуитетов, метод определения внутренней процентной ставки, метод динамических амортизационных расчетов. Различия между ними состоят в выборе целевой функции и некоторых дополнительных допущений.

Более сложными динамическими моделями принятия выгодности инвестиций при одной целевой функции являются такие модели, как метод определения конечной стоимости имущества, метод определения процентной ставки привлечения финансовых средств, метод составления полных финансовых планов (ПФП).

В методе определения конечной стоимости имущества предполагается наличие двух процентных ставок – привлечения и вложения в неограниченном размере финансовых средств. Конечная стоимость имущества (КСИ) – прирост имущества в денежной форме, вызванный реализацией инвестиционного объекта в завершающий момент планового периода. Инвестиционный объект считается абсолютно (относительно) выгодным, если КСИ выше нуля (выше подобного показателя для любого другого представленного на выбор объекта).

Метод определения процентной ставки привлечения финансовых средств как целевую функцию использует критическую процентную ставку привлечения финансовых средств (КПСПФС), представляющую собой такую ставку, при применении которой конечная стоимость имущества (КСИ) равна нулю.

Метод составления полных финансовых планов (ПФП) предусматривает составление полного финансового плана, в котором отражаются платежи, относящиеся к одному финансовому объекту (вложению) и включающиеся как платежные ряды этого инвестиционного объекта, так и платежи, относящиеся к выплатам финансового характера по данному объекту (так называемые деривативные платежи). Для ПФП-метода инвестиционный объект абсолютно (относительно) выгоден, если его конечная стоимость превышает конечную стоимость собственного капитала, относящегося к инвестиционному объекту на начало планового периода (конечную стоимость любого другого представленного на выбор объекта). В целом ПФП-метод более эффективен по сравнению с другими динамическими методами. Этот метод позволяет определить оптимальные сроки эксплуатации и замены с включением фактора неопределенности в модели инвестиционных расчетов, а также интегрировать как различия между процентной ставкой по привлечению и вложению финансовых средств, так и самофинансирование, учесть многообразие условий при привлечении кредитов, дифференцированность процентных ставок при вложении собственных средств.

В любой оптимизационной динамической модели инвестирования на выбор решений при оценке альтернатив инвестиционных вложений и приоритета покупки или лизинга материальных средств влияет налоговый компонент. В модель следует включать лишь налоги, размер которых непосредственно зависит от прибыли, размер которой должен быть достаточным для немедленного покрытия убытков в периодах их возникновения вследствие реализации рассматриваемого инвестиционного проекта.

Расчет стоимости капитала с учетом налогов предусматривает два дополнительных шага, не учитываемых в ранее рассмотренных моделях:

1. Первоначальный платежный ряд следует модифицировать на платежи, связанные с налогообложением;

2. Расчетная процентная ставка должна быть изменена.

В модели стоимости капитала с учетом налогов действуют те же правила определения выгодности инвестиционных объектов, что и в модели без учета налогов.

При стратегических инвестициях, преследующих серьезное повышение эффективности и качества функционирования сложных производственно-технологических, социально-экономических систем, приходится рассматривать не одну, а несколько целевых функций.

Множество моделей и методов нахождения единичных решений при нескольких целевых функциях можно подразделить на две большие группы: многоцелевые единичные решения и многообъектные решения (проблемы векторного максимума).

Многоцелевые методы принятия решений различают

А) по упорядоченности альтернатив:

– классические (существует слабый порядок и упорядочение альтернатив с целью отыскания оптимальных из них);

– технологические (отсутствует слабый порядок в альтернативах);

Б) по возможности влияний:

– компенсаторные (неблагоприятные проявления в отношении одной целевой функции можно компенсировать благоприятным проявлением другой целевой функции;

– некомпенсаторные;

В) по виду имеющейся в распоряжении лица, принимающего решения ЛПР, и используемой информации. Речь может идти как об уровне требований или норм замены, информации о порядковых и количественных величинах, а также об отсутствии сведений о каких-либо предпочтениях ЛПР.

При использовании метода полезной стоимости [5] учитывают несколько целевых функций, взвешенных по их значимости для ЛПР. При этом стремятся определить степень достижения отдельных целей посредством ряда инвестиционных объектов, указывая их в форме частичной полезности стоимости и сводя в единую полезную стоимость для каждой альтернативы с присвоением весов критериям. Это позволяет скомпенсировать неблагоприятные проявления отдельных целевых функций.

В целом анализ полезной стоимости включает этапы:

1. Определения и взвешивания целевых критериев;

2. Определения показателей частичной полезной стоимости и полной полезной стоимости;

3. Оценки выгодности инвестиционных объектов.

Целевые критерии предполагаются независимыми друг от друга относительно показателя полезности. Оценка показателей частичной полезности производится с помощью единой шкалы количественных измерений. Показатели частичной полезности n_{ik} альтернатив i в отношении критериев k низшего уровня иерархии делаются сопоставимыми посредством умножения на веса критериев w_k , а затем суммируются друг с другом. Полезная стоимость N_{Ni} альтернативы i является суммой взвешенных показателей частичной полезности, рассчитываемой как

$$N_{Ni} = \sum_{k=1}^k n_{ik} w_k.$$

Инвестиционный объект абсолютно (относительно) выгоден, если его показатель полезности превышает заранее заданный критический показатель полезности (выше подобного показателя любого другого представленного на выбор объекта).

АНР-метод, предложенный Т.Л. Саати, используется при декомпозиции проблемы на отдельные части. Он предусматривает выделение иерархии, содержащей различные главные цели, подцели, критерии или уровни мероприятий, подлежащие оценке. Относительная значимость различных количественных и качественных критериев определяется в отдельности для каждого вышестоящего элемента путем сопоставления пар. В этом методе учитывается выгодность мероприятий. Трудоемкость этого метода очень высока. Результат АНР-метода пригоден только для множества стоящих на выбор альтернатив.

Кроме этих методов на практике часто применяют методы теории полезности с многими признаками. Многоцелевая проблема решается с помощью функций полезности, выраженных в количественном отношении и основывающихся на нормах замены между признаками. По сравнению с методом анализа полезности и АНР-методом при нахождении решения при нескольких целевых функциях обеспечивается стабильный ранговый порядок.

Наряду с рассмотренными выше существуют методы принятия инвестиционно-финансовых программных решений в услови-

ях определенности ситуаций, когда учитывается не только инвестиционная программа, но и финансовая, производственная и социально-экономическая деятельность предприятия. Известно множество групп моделей синхронного планирования, связывающих воедино с инвестициями политику сбыта, управления персоналом, производством, налогообложением, размещением производственных мощностей и др. [1]. Они применяются ЛПР, когда ставится задача исследования взаимосвязи инвестиций с другими сферами и прежде всего с финансированием и производством.

Библиографический список

1. Шелобаев, С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах и бизнесе / С.И. Шелобаев. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 367 с.
2. Хачатрян, С.Р. Методы и модели решения экономических задач / С.Р. Хачатрян, М.В. Пинегина, В.П. Буянов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 384 с.
3. Блех, Ю. Инвестиционные расчеты / Ю. Блех, У. Гетце; пер. с нем. – Калининград: Янтар. сказ, 1997. – 578 с.
4. Meyhak H. Simultane Gesamtplanung im mehrstufigen Mehrproduktunternehmen. Ein Modell der dynamischen linearen Planungsrechnung. – Mannheim, 1968.
5. Schinweis C. Planung, Systemanalytische und entscheidungstheoretische Grundlagen. – Berlin u.a., 1991.

МОДЕЛИ С ДЕТЕРМИНИРОВАННЫМИ И НЕОПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОПТИМИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Я.М. ИВАНЬО, *проф. Иркутской ГСХА, д-р техн. наук,*
М.Н. БАРСУКОВА, *асп. Иркутской ГСХА*

Модели оптимизации производственных процессов являются весьма актуальными, поскольку позволяют определять наиболее эффективные варианты получения продукции при экономии затрат. При этом с их помощью можно моделировать различные ситуации для оценки перспектив развития предприятия.

В условиях усложнения управления, поддержания конкурентоспособной продукции, увеличения степени влияния внешних воздействий моделирование различных сторон деятельности промышленных и сельско-

хозяйственных объектов представляет собой мощный инструмент для снятия неопределенности при управлении производственными процессами. К особо сложным системам моделирования относятся сельскохозяйственные предприятия, которые характеризуются различными формами собственности, являются многоотраслевыми, подвержены влиянию природных факторов и испытывают жесткую конкуренцию со стороны иностранных товаропроизводителей.

Экономико-математические модели, используемые для оптимизации производства

сельскохозяйственной продукции, обычно не вкладываются в задачи линейного программирования. При разработке оптимального решения для сельскохозяйственного предприятия возникает проблема выбора адекватных математических методов и моделей, позволяющих отражать структуру производства, оперировать оценками экспертов, учитывать неясность, неточность данных. Другими словами, при решении практических задач можно использовать оптимизационные модели в условиях неопределенности.

В математической теории оптимизации создана совокупность методов, помогающих при компьютерной поддержке эффективно принимать решения при фиксированных и известных параметрах, характеризующих исследуемый процесс. Однако основные трудности возникают в том случае, когда параметры оказываются вероятностными и неопределенными и когда они в то же время сильно влияют на результаты решения. Такие ситуации могут возникать как вследствие недостаточной изученности процессов, так и из-за участия в управлении нескольких лиц, преследующих различные цели.

Согласно [2] неопределенность – это отсутствие, неполнота, недостаточность информации об объекте, процессе, явлении или неуверенность в достоверности информации. Причем неопределенные явления не поддаются анализу и измерению с большой точностью [4].

Неопределенность как характеристика внешней среды (природы), в которой принимается управленческое решение о развитии (или функционировании) экономического объекта вызвана отсутствием, недостатком информации о действительных условиях (факторах), при которых развивается объект управления.

В работе [5] приводится классификация различных видов неопределенностей, часть из которых связана с недостаточностью знаний о природных явлениях и процессах, например:

– неопределенности, связанные с недостаточными знаниями о природе (неизвестен точный объем полезных ископаемых в конкретном месторождении);

– неопределенности природных явлений, таких как погода, влияющая на урожайность, на затраты и др.;

– неопределенности, связанные с осуществлением действующих и проектируемых технологических процессов.

Анализ результатов работы множества сельскохозяйственных предприятий показывает, что они могут быть выделены в группы, в одной из которых преобладают детерминированные производственно-экономические показатели, а в другой – вероятностные и неопределенные характеристики [1]. Модели с детерминированными параметрами предпочтительнее для прогнозирования развития предприятия. В то же время модели в условиях неопределенности ближе к отображению реальной ситуации, но с их помощью получают многовариантные решения.

Соблюдение современных технологий получения сельскохозяйственной продукции, как правило, уменьшает пагубное влияние природных явлений на финансовое состояние предприятий, что в условиях резко континентального климата является крайне сложной задачей. Между тем хозяйств с устойчивым производством в регионах страны незначительное количество. Для этих хозяйств характерна неубывающая многолетняя динамика производственно-экономических показателей.

Статистические исследования многолетних рядов характеристик деятельности устойчивых сельскохозяйственных предприятий позволили выявить следующие закономерности отраслей растениеводства и скотоводства [1]. Во-первых, в большинстве рассматриваемых случаев имеют место значимые линейные тренды. Во-вторых, многолетние ряды, описывающие скотоводство, характеризуются высокими первыми коэффициентами автокорреляции и значимыми авторегрессионными уравнениями при сдвиге на величину 1 год.

Из всего этого следует, что для оптимизации продукции растениеводства, скотоводства и их сочетания применимы модели задачи параметрического программирования. При этом в качестве параметра предлагаются два показателя. Первым из них является

время, а вторым – предшествующие значения рядов производственно-экономических показателей. Задача линейного параметрического программирования для этих случаев представляема в следующей редакции

$$F = \sum_{j \in J} (c'_j + c''_j) x_j, \quad (1)$$

$$\sum_{j \in J} (a'_j + a''_j) x_j = b'_j + b''_j t, i \in I, \quad (2)$$

$$x_j \geq 0, j \in J, \quad (3)$$

где F – целевая функция;

x_j – переменная;

t – параметр;

$c'_j, c''_j, a'_j, a''_j, b'_j, b''_j$ – заданные коэффициенты и свободные члены линейных уравнений.

В качестве параметра t используются годы или предшествующие значения многолетних рядов характеристик, входящих в целевую функцию, и ограничения.

На основе задачи (1–3) построены модели для растениеводства, скотоводства и их сочетания. Модели реализованы для известного хозяйства СХОАО «Белореченское» Иркутской области. При решении реальных задач коэффициенты при неизвестных в целевой функции и коэффициенты левых частей ограничений приняты как постоянные значения. Только правые части условий описаны в виде значимых линейных уравнений.

Полученные модели проверены на адекватность и точность. Исследования остатков рядов и оценка значимости уравнений и их коэффициентов позволяют считать модели качественными. Кроме того, результаты ретроспективного прогноза с помощью оптимизационной модели с упреждением 1 год показали удовлетворительную сходимость модельных значений с реальными данными. Наименьшее расхождение между фактическими и прогностическими затратами на производство оказались для скотоводства, составив 3–6 %. При этом предпочтительнее выглядит модель, включающая авторегрессионные уравнения. Максимальное расхождение между значением целевой функции и фактическими затратами получено для растениеводства (25 %), что вполне объяснимо, поскольку эта отрасль сельского хозяйства в наибольшей степени подвержена влиянию

климатических условий и факторов подстилающей поверхности. По результатам моделирования сочетания отраслей отличия прогностических и реальных значений затрат составили около 20 %.

Таким образом, моделирование производства продукции скотоводства на основе задачи линейного параметрического программирования позволяет прогнозировать производственно-экономические показатели с наиболее высокой точностью как с параметром время, так и с параметром в виде предшествующего значения ряда. Приемлемые результаты получены для растениеводства и сочетания отраслей – растениеводства и скотоводства. Однако ретроспективный прогноз показывает не столь высокое качество этих моделей по сравнению с моделью, описывающей скотоводство.

Добавим к сказанному, что наличие случайных составляющих в предложенных детерминированных моделях уменьшает точность полученных результатов. Поэтому, помимо точечного прогнозирования, выполнен интервальный ретроспективный прогноз при уровне значимости 5 %. Для отрасли скотоводства разности между верхним и нижним значением прогнозов составили 5–6 %. Этот показатель для растениеводства и скотоводства находится на уровне чисел, определенных при сравнении точечных прогностических значений с реальными данными.

Полученные результаты показывают, что для предприятий с неубывающими показателями производства приемлемо моделирование оптимальной структуры отраслей и их сочетания на основе задачи параметрического программирования. Вместе с тем приведенные модели несут в себе ряд допущений и упрощений, не учитывая многих факторов, касающихся как производственных, так и природных условий. В частности, даже устойчивые сельскохозяйственные предприятия не в состоянии предотвратить воздействие на производство продукции природных стихийных явлений. Так, засуха 2003 г. в Иркутской области отрицательно сказалась на урожайности зерновых культур. Последствия стихии для стабильно работающих организаций привели к уменьшению продукции на 25–30 %.

Наряду со сложностью учета погодных факторов и изменений ландшафтов трудности при моделировании сельскохозяйственных процессов возникают при оценке некоторых производственно-экономических параметров, входящих в оптимизационные модели. Во многих случаях приведенные затраты, стоимостные показатели и коэффициенты, характеризующие трудовые и земельные ресурсы, не являются постоянными величинами. В лучшем случае они колеблются в незначительных пределах и могут усредняться, а в худшем – несут в себе неопределенность. Поэтому модели с детерминированными параметрами ограничены для практического использования.

Несмотря на то, что в большинстве устойчивых сельскохозяйственных предприятий наблюдаются значимые тенденции роста по основным производственно-экономическим показателям, многим из них свойственна неопределенность.

В работе [3] рассматриваются задачи планирования с учетом неопределенности применительно к сельскохозяйственному производству

$$\min \{c^T x : g_i(x, y) \leq 0, x \in R_x, y \in R_y, i = 1, m\} = \psi(y), \quad (4)$$

где $R_x \in E^n, R_y \in E^m$ – выпуклые ограниченные множества;

x – вектор в распоряжении ЛПР;
 y – вектор исходных данных возмущений, поступающих извне в рассматриваемую систему.

Как правило, множество R_y задается верхними и нижними границами на компоненты y_i вектора y .

Компонентами (y_i) вектора y могут быть урожайности j -ой сельскохозяйственной культуры на почве i -ого типа (a_{ij}), сток рек, уровень зеркала водохранилища, трудовые и другие виды ресурсов.

Зачастую необходимо знать верхние и нижние оценки $\psi(y)$ или лучший и худший варианты работы предприятия. Для этого нужно решить две следующие задачи

$$\min \{\psi(y) : y \in R_y\}, \quad (5)$$

$$\max \{\psi(y) : y \in R_y\}. \quad (6)$$

Обозначим решение этих задач $\underline{\psi}, \bar{\psi}$. При этом, если $\bar{\psi} - \underline{\psi} \leq \varepsilon$ (ε – малое по-

ложительное число), то задача (5–6) устойчива к возмущениям, в противном случае ($\bar{\psi} - \underline{\psi} \gg \varepsilon$) эти возмущения могут привести к катастрофическим последствиям, и лицу, принимающему решение, следует использовать дополнительные меры для дальнейшего устойчивого функционирования системы.

Приведенная задача применена к определению оптимальной структуры производства отраслей сельского хозяйства и их сочетания в условиях неопределенности. Предложено минимизировать затраты на производство при неопределенных характеристиках в целевой функции и правой части ограничений. При этом использованы задачи как линейного, так и параметрического программирования.

Математическая модель сочетания отраслей с использованием неопределенных параметров записывается следующим образом. Критерий оптимальности имеет вид

$$\sum_{s \in S} c_s x_s + \sum_{h \in H} c_h x_h \rightarrow \min, \quad (7)$$

при условии, что затраты на получение продукции с 1 га (c_s) и 1 головы скота (c_h) находятся в некоторых пределах

$$\underline{c}_s \leq c_s \leq \bar{c}_s, \underline{c}_h \leq c_h \leq \bar{c}_h.$$

Модель связана с рядом условий:

1) ограниченностью производственных ресурсов

$$\sum_{s \in S} f_{ls} x_s + \sum_{h \in H} f_{lh} x_h \leq F_l, l \in L; \quad (8)$$

2) использованием в животноводстве побочной продукции растениеводства

$$\sum_{s \in S} p_{js} x_s \geq x_j, j \in J; \quad (9)$$

3) ограниченностью размера отраслей – по растениеводству

$$\underline{n}_r \leq \sum_{s \in S} (1 + \alpha_s) x_s \leq \bar{n}_r, r \in R, \quad (10)$$

– по скотоводству

$$x_h = \lambda_{hh'} x_{h'}, h, h' \in H; \quad (11)$$

4) производством конечной продукции не менее заданного объема, в том числе

– по растениеводству

$$\sum_{s \in S} v_{qs} x_s \geq V_q, q \in Q_1, \quad (12)$$

– по скотоводству

$$\sum_{h \in H} v_{qh} x_h \geq V_q, q \in Q_2 \quad (13)$$

при условии, что $\underline{V}_q \leq V_q \leq \bar{V}_q$;

Результаты решения задач с неопределенными параметрами, тыс. руб.

Неопределенность	Верхняя оценка $\bar{\psi}$	Нижняя оценка $\underline{\psi}$	Разность $\bar{\psi} - \underline{\psi}$
Растениеводство (ЗЛП)			
Целевая функция	153 914	153 100	814
Целевая функция и параметр правой части ограничений	156 632	155067	1565
Скотоводство (ЗЛП)			
Целевая функция	80 922	76 106	4816
Целевая функция и параметр правой части ограничений	81256	78812	2444
Сочетание отраслей (ЗЛП)			
Целевая функция	200 543	188 650	11893
Целевая функция и параметр правой части ограничений	220562	198564	21998
Растениеводство (ЗЛПП)			
Целевая функция	194879	189918	4961
Скотоводство (ЗЛПП)			
Целевая функция	139327	131877	8050
Сочетание отраслей (ЗЛПП)			
Целевая функция	230112	220665	9447

5) увязкой растениеводства и скотоводства, в том числе

– по балансированию рационов животных по элементам питания

$$\sum_{s \in S} a_{is} p_s x_s + \sum_{j \in J} a_{ij} x_j \geq \sum_{h \in H} b_{ih} x_h, \quad i \in I, \quad (14)$$

– по структуре производства кормов

$$\sum_{h \in H} \underline{d}_{kh} x_h \leq \sum_{s \in S_k} a_{1s} p_s x_s + \sum_{j \in J_k} a_{1j} x_j \leq \sum_{h \in H} \bar{d}_{kh} x_h, \quad k \in K; \quad (15)$$

6) неотрицательностью переменных

$$x_s, x_h \geq 0, \quad (16)$$

где x_s – искомая переменная площадь s -культуры или вида кормовых угодий;

f_{ls} – расход l -ресурса на единицу площади s -культуры или вида кормовых угодий;

F_l – наличие ресурса l -вида;

V_q – гарантированный объем производства продукции q -вида;

p_{js} – выход с единицы площади s -культуры j -вида корма;

x_j – количество кормов j -вида, используемое скотоводством;

$\bar{n}_r, \underline{n}_r$ – максимально и минимально возможная площадь культур r -группы;

v_{qs} – соответственно выход товарной продукции q -вида с единицы площади s -культуры;

p_s – выход основной кормовой продукции с единицы площади s -культуры или вида кормовых угодий;

$\underline{d}_{kh}, \bar{d}_{kh}$ – минимально и максимально допустимый нормативный размер потребности в кормах k -группы единицы поголовья h -вида (группы) животных, выраженный в кормовых единицах;

a_{is} – содержание i -элемента питания в единице кормовой продукции, получаемое от s -культуры;

a_{ij} – содержание i -элемента питания в j -виде корма или компоненте кормосмеси;

a_s – коэффициент, учитывающий площадь семенных посевов для s -культуры;

a_{ij} – содержание i -элемента питания в j -виде корма или компоненте кормосмеси;

a_{1s} – содержание кормовых единиц в единице корма, получаемого от s -культуры;

x_h – искомая переменная с h -видом скота;

B_h – количество необходимого поголовья;

f_{lh} – расход l -ресурса на единицу поголовья h -вида (группы) животных;

v_{qh} – выход товарной продукции q -вида с единицы поголовья h -вида;

b_{ih} – минимальная потребность в i -элементе питания единицы поголовья h -вида (группы).

При моделировании использованы данные крупного сельскохозяйственного предприятия СХОАО «Белореченское». По результатам решения задач линейного программирования затраты по растениеводческой отрасли составили 154197 тыс. руб., на производство продукции скотоводческой отрасли – 81552 тыс. руб., для сочетания отраслей – 203676 тыс. руб.

В таблице приведены верхние $\bar{\psi}$ и нижние $\underline{\psi}$ оценки затрат на производство продукции отраслей и их сочетания для задач линейного (ЗЛП) и параметрического (ЗЛПП) программирования.

Полученные результаты показывают возможности вариации параметров моделей для управления реальными производственными процессами. Обращает на себя внимание тот факт, что разности верхних и нижних оценок в задаче параметрического программирования менее значительны. Это объясняется учетом в модели с параметром развития производства.

Конечно, хозяйству в своей деятельности не следует ориентироваться на экстремальные реализации случайных и неопределенных факторов, однако такие постановки не только возможны, но и необходимы для прогнозирования и оценки критических ситуаций.

Таким образом, для определения оптимального варианта развития устойчивого сельскохозяйственного предприятия прием-

лемы модели задачи линейного параметрического программирования, позволяющие прогнозировать искомые значения с упреждением 1 год. При этом в качестве параметров могут использоваться время и предшествующие значения характеристик модели.

Детерминированные модели предлагается дополнять оценками неопределенных параметров, что расширяет возможности моделирования различных ситуаций, включая экстремальные, при оптимизации структуры производства отраслей сельского хозяйства и их сочетания.

Библиографический список

1. Барсукова, М.Н. Об оптимизационных моделях сельскохозяйственного производства: классификация и применение / М.Н. Барсукова, А.Ю. Белякова, Я.М. Иванько // Информационные и математические технологии в научных исследованиях: тр. XI междунар. конф.: Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН. – Иркутск, 2005. – Ч. 1. – С. 49–57.
2. Блюмин, С.Л. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности / С.А. Блюмин, И.А. Шуйкова. – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
3. Булатов, В.П. Об одном эффективном методе выпуклого программирования / В.П. Булатов, Н.И. Федурин // Дискретный анализ и исследование операций. Сер. 2. – 2004. – Т. 11. – № 1. – С. 1–5.
4. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / Под ред. Р.Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 406 с.
5. Орлов, А.И. Менеджмент: учеб. / А.И. Орлов. – М.: Знание, 1999. – 79 с.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРИ АНАЛИЗЕ И СИНТЕЗЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ДОЗИРОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

В.М. РЯБКОВ, доц. каф. управления автоматизиров. производствами МГУЛ, канд. техн. наук,
Д.С. СМЕРНОВ, асп. каф. управления автоматизиров. производствами МГУЛ

Автоматическое дозирование является одной из важнейших операций при производстве композиционных древесных материалов. К ним относятся операции дозирования щепы при подаче в стружечные станки, дозирование стружки при приготовлении связующего и приготовлении клее-стружечных смесей, дозирование клее-стружечной смеси при формировании ковра. От выбора систе-

мы дозирования и точности дозатора зависят в значительной степени качество и технико-экономические показатели готовой продукции. Нами проведен анализ существующих систем автоматического дозирования компонентов при производстве древесных композиционных материалов. На основе проведенного анализа составлена классификация систем дозирования (рис. 1).



Рис. 1. Классификация схем дозирования в производстве композиционных древесных материалов

Если дозирование сырых сыпучих и жидких материалов (цемент, магнезит, смолы и т.д.) не представляет особых трудностей, то дозирование древесных стружек и древесного волокна связано с известными проблемами. При дозировке связующих в производстве композиционных древесных материалов необходимо учитывать породный, фракционный и другие показатели измельченной древесины [1, 2].

Проблемы выбора оптимальной системы и критериев дозирования при производстве композиционных материалов до настоящего времени не теряют своей актуальности [1–6].

При решении задач оптимизации систем дозирования применяют различные технологические и экономические критерии, характеризующие те или иные стороны процесса управления и качества функционирования производства в целом.

Технологические критерии требуют достижения экстремальных значений отдельных технологических параметров: максимума прочности изделий, минимума перерасхода материала, минимума времени, затрачиваемого на отдельные операции и др. Экономические критерии предполагают наибольшую экономическую эффективность производства, прибыль, производительность, наименьшие затраты и т.п.

Для оценки показателей качества технологического процесса или отдельных фаз обычно используют несколько частных критериев. Правильный их выбор определяет весь дальнейший ход синтеза и оптимизации.

Частные критерии могут быть в некоторых случаях объединены в единый комплексный критерий, однако в общем случае получить аналитические выражения довольно трудно. В ряде случаев оказывается, что выбрать один критерий практически невозможно, потому что эффективность процесса характеризуется одновременно несколькими равнозначными критериями, во многих случаях противоречивыми. Классическим примером такого противоречия критериев является случай, когда необходимо оптимизировать точность измерения нестационарного случайного процесса. С одной стороны, как известно, при увеличении числа измерений среднеквадратическая погрешность уменьшается по закону σ/\sqrt{n} ; с другой стороны, при увеличении числа измерений, ввиду изменения регулярной составляющей процесса во времени, увеличивается погрешность определения среднего значения.

Аналогичные противоречия возникают между быстродействием и точностью порционного дозирования. Например, применение методов импульсной дозировки позволяет повысить точность – уменьшить случайную составляющую погрешности, но в то же время требует большой затраты времени на дозирование компонентов.

Методы поиска компромиссных решений заключаются в выборе головного критерия, в то время как остальные критерии рассматриваются как ограничения. В этом отношении показательными являются задачи управления, в которых критерий формулируется в виде функции риска. Ввиду важности критериев, заданных в форме риска, рассмотрим пример оптимизации настройки уставки задатчика дозаторов порционного действия [3].

Как известно, условный закон распределения дозированных масс компонентов смеси X_i ($i = 1, 2, \dots, n$) при некотором положении уставки задатчика U_i дозатора можно представить в виде нормального закона с плотностью

$$f(X_i / U_i) = (1 / \sigma_{xi}) \exp\{-(X_i - m_{xi})^2 / 2\sigma_{xi}^2\}, \quad (1)$$

где m_{xi} – математическое ожидание дозированной массы при некотором заданном значении уставки задатчика дозатора i -го компонента;

σ_{xi}^2 – дисперсия погрешностей дозирования i -го компонента.

При настройке задатчика дозатора обычно стремятся найти такое значение уставки U_i , при котором заданная по технологическим нормам масса i -го компонента X_{i0} совпадает с математическим ожиданием $X_{i0} = m_{xi}$ закона $f(X_i / U_i)$. В действительности, если известны верхний и нижний допустимые пределы изменения массы дозируемого компонента X_{ie} и X_{in} , то стоимости передозировки и недовеса компонента в денежном выражении в пределах допуска неравноценны.

Разобьем область возможных значений изменения массы дозируемого компонента на дискретные полосы. С каждой полосой сопоставим стоимость C_j , равную прибыли в зависимости от израсходованной массы дозированного компонента (например связующее), которая так или иначе фигурирует при подсчете отпускной цены готового изделия. Естественно, за областью допустимых значений X_{ie} и X_{in} стоимость готового изделия будет иметь отрицательную величину, ввиду того что она не будет соответствовать технологическим нормам, например по такому показателю, как прочность.

Каждой дискретной полосе стоимостей C_j соответствует вероятность $P_j(U_i)$, зависящая от положения уставки задатчика дозатора U_i . Таким образом, зная C_j и P_j , можно записать функцию риска в виде

$$I(U_i) = \sum_{j=1}^m C_j \int_{X_{ij}}^{X_{j+1}} f(X_i / U_j) dX_j. \quad (2)$$

Минимум функции риска (2) получим при некотором значении уставки задатчика дозатора i -го компонента $U_{i \text{ опт}}$, которое можно определить из уравнений оптимизации

$$dI(U_i) / dU_i = d[\sum_{j=1}^m C_j \int_{X_{ij}}^{X_{j+1}} f(X_i / U_j) dX_j] / dU_i = 0. \quad (3)$$

В общем случае условное математическое ожидание $m_{xi} | u_i$ закона распределения (1) не равно заданной по технологическим нормам массе i -го компонента X_{i0} .

В ряде случаев при выборе структуры и алгоритмов управления применяют вероятностный критерий оценки эффективности систем дозирования [2]. Вероятностный критерий обладает свойством вне зависимости от

технических особенностей систем управления устанавливать объективную сравнительную оценку эффективности предложенных вариантов. Помимо этого, на основе вероятностного критерия путем статистических натурных или модельных испытаний можно установить преимущества той или иной системы управления с эксплуатационной точки зрения.

Вероятностный критерий оценки эффективности можно определить как вероятность точного выполнения предписаний алгоритма управления тем или иным техническим устройством или общем случае – вероятность того, что технологический критерий будет развиваться (протекать) в соответствии с заданным алгоритмом функционирования.

Множество технических решений A и значений критерия B – эквивалентные множества. Между множествами A и B взаимно однозначное соответствие, так как каждому техническому решению из множества A соответствует только одно значение вероятностного критерия (один элемент) из B .

Для того чтобы выбрать оптимальное решение по вероятностному критерию, необходимо найти максимум вероятности P_i множества B

$$\max P_i, P_i \in B. \quad (4)$$

Тогда наилучшей, оптимальной будет та система автоматизации, для которой имеем максимум из (4). Это задача оптимизации по структуре.

В действительности при проектировании имеется ограниченное число вариантов принципиальных решений по автоматизации, каждый из которых имеет то или иное преимущество перед другими по чисто техническим критериям, таким как быстрдействие, время установления стационарного режима, точность и т. п. Помимо этого, одни и те же технические решения могут отличаться типом используемых элементов (компонентов схемы). Поэтому в общем случае выбор варианта может основываться на сравнении надежностей предложенных решений по каждому из разработанных технических вариантов и не требует специальных методов поиска оптимальных вариантов.

Рассмотрим пример, иллюстрирующий возможность синтеза конечного мно-

жества A алгоритмов управления процессом дозирования клее-стружечных смесей с последующим анализом этого множества вариантов на основе вероятностного критерия (4).

Для реализации процесса дозирования n компонентов смеси можно синтезировать конечное множество A систем управления процессом связанного дозирования – в дальнейшем алгоритмов управления, отличающихся между собой последовательностью дозирования: отдельных компонентов, способом корректировки установок дозаторов, количеством компонентов, дозируемых на каждом этапе.

Осуществить связанное дозирование, например четырех компонентов X_1, X_2, X_3, X_4 , можно многими способами. В отличие от независимого при связанном дозировании компоненты отмеряются в некоторой установленной очередности. Например, четыре компонента можно дозировать в два, три и четыре этапа. Если принята схема двухэтапного дозирования, то на первом этапе можно дозировать три компонента, а на втором – один, и наоборот, на первом этапе – один, на втором – три компонента. Для каждого варианта поэтапного дозирования будем иметь вполне определенный алгоритм управления.

В общем случае предполагаем, что дозирование n компонентов X_1, X_2, \dots, X_n смеси производится в m этапов ($m = 1, 2, \dots, n$). Алгоритм управления процессом дозирования в этом случае будем называть n -этапным алгоритмом управления.

Алгоритмы управления изображаем следующим образом. Компоненты, дозируемые на различных этапах, располагаем вертикально, показывая их кружочками (вершинами). Наличие корректирующих связей между отдельными компонентами указываем стрелкой, выходящей из i -й вершины и входящей в j -ю вершину. Направление стрелки указывает на то, что j -й компонент корректируется по массам тех компонентов, из которых исходят стрелки.

В качестве примера рассмотрим множество алгоритмов управления дозированием четырехкомпонентной клеевой смеси, состоящей из X_1 (смола), X_2 (вода), X_3 (отвердителя), X_4 (добавок). При этом предположим, что вода X_2 дозируется во всех случаях на последнем этапе. Множество алгоритмов управле-

ния A (4) разобьем вначале на подмножество алгоритмов, отличающихся количеством этапов дозирования. Подмножество алгоритмов одноэтапного дозирования будет представлено всего одним алгоритмом независимого (несвязанного) дозирования компонентов.

Рассмотрим подмножество алгоритмов двухэтапного дозирования A_2 . Нетрудно убедиться, что оно будет представлено двумя подмножествами – A_2^1, A_2^2 , (подмножество алгоритмов A_2^1 , при котором на первом этапе дозируется один компонент, а на втором – два; подмножество алгоритмов A_2^2 , при котором на первом этапе дозируются два компонента, а на втором – один). Подмножество A_3 будет представлено алгоритмами, осуществляющими на каждом из трех этапов дозирование по одному компоненту.

Вернемся вновь к подмножеству двухэтапных алгоритмов. Рассмотрим подмножество A_2^2 , в котором на первом этапе дозируется один компонент, а на втором – два компонента (рис. 2). В зависимости от количества связей оно будет представлено двумя подмножествами $A_2^2(1)$ и $A_2^2(2)$ (рис. 2 б, в). Таким образом, имеем

$$A_2 = A_2^1(2) + A_2^2(1) + A_2^2. \quad (2)$$

Если корректирующие связи ориентированы, то тот или иной алгоритм является представителем подмножеств подобных алгоритмов, различающихся только типом компонентов, дозируемых на каждом этапе. Подмножества подобных алгоритмов, имеющих структуру, показанную на рис. 2, а, б, в, будут представлены тремя алгоритмами (рис. 2), отличающимися только порядком дозирования компонентов X_1, X_2, X_3 .

Рассмотрим теперь подмножество трехэтапных алгоритмов A_3 . В зависимости от количества связей это подмножество можно разделить на два подмножества $A_3(2)$ и $A_3(3)$ подобных алгоритмов.

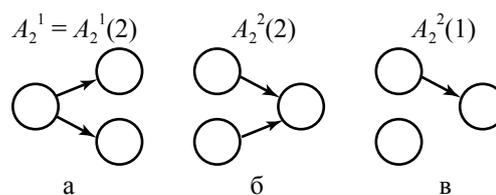


Рис. 2. Подмножества двухэтапных алгоритмов дозирования трех компонентов

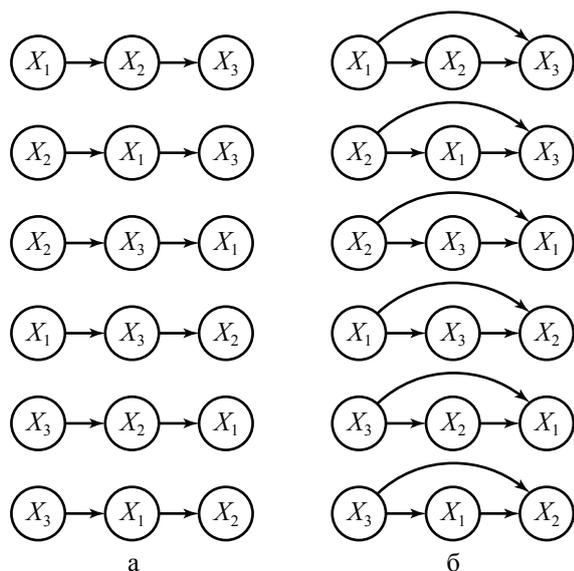


Рис. 3. Подмножества подобных трехэтапных алгоритмов управления (а – с минимальным числом корректирующих связей; б – с максимальным числом корректирующих связей)

Таким образом, имеем два подмножества подобных алгоритмов с двумя и тремя корректирующими связями.

На рис. 3 а, б показаны подмножества алгоритмов $A_3(2)$ и $A_3(3)$, отличающиеся типом компонентов, дозируемых на последовательных этапах. Подмножества трехэтапных алгоритмов представлены двенадцатью алгоритмами. Общее количество $N(A_4)$ алгоритмов на множестве алгоритмов управления следовательно, будет равно 25 алгоритмам. Множество алгоритмов управления в этом случае будет содержать 5 подмножеств подобных алгоритмов.

Количественно технологическим показателем качества многокомпонентной смеси может служить величина γ_i – отношение массы i -го компонента $X_{ik}(u_i)$ к результирующей массе смеси V_{pk} в k -м цикле дозирования $\gamma_{ik} = X_{ik}(u_i) / [X_{1k}(u_1) + X_{2k}(u_2) + \dots + X_{nk}(u_n)]$, где V_{pk} – результирующая масса смеси в k -м цикле дозирования:

$$V_{pk} = \sum_{i=1}^n X_{ik}(u_i),$$

$X_{ik}(u_i)$ – дозированная (измеренная) масса i -го компонента при значении установки задатчика дозатора, равном u_i .

Если известны допустимые пределы отклонения γ_i , то вероятность того, что все γ_i будут находиться в заданных пределах, представляет собой вероятностный критерий оценки качества системы управления многокомпонентным дозированием

$$P_i = p\{\gamma_{1H} \leq \gamma_{1k} \leq \gamma_{1B}, \gamma_{2H} \leq \gamma_{2k} \leq \gamma_{2B} \dots \gamma_{nH} \leq \gamma_{nk} \leq \gamma_{nB}\},$$

где γ_{iB}, γ_{iH} – соответственно верхний и нижний пределы отклонения γ_i ($i = 1, 2, \dots, n$).

Эти пределы обычно задаются на основе технологических требований.

Для каждого из 25 алгоритмов управления можно рассчитать вероятность по (2). Таким образом, множество значений критерия (2) $N(B)$ также равно 25.

Оптимальным алгоритмом в соответствии с (4) будем называть такой, для которого вероятность P_j максимальна

$$P_{\text{опт}} = \max\{P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_{25}\}. \quad (6)$$

Библиографический список

1. Карпин, Е.Б. Средства автоматизации для измерения и дозирования массы. Расчет и конструирование / Е.Б. Карпин // Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1971.
2. Объемное и весовое дозирование измельченной древесины и связующего в производстве древесностружечных плит. Пер. с немецкого. Деревообрабатывающая промышленность. – 1965. – № 4. – С. 33–34.
3. Рябков, В.М. Анализ методов автоматического дозирования компонентов плиты и ее дозировки в формы в производстве фибролитовых плит / В.М. Рябков: сб. науч. тр. МЛТИ. – Вып. 62. – 1975. – С. 33–47.
4. Шварцман, Г.М. Производство древесно-стружечных плит / Г.М. Шварцман, Д.А. Щедро. – М.: Лесная пром-сть, 1987.
5. Волинский, В.М. Технология стружечных и волокнистых древесных плит. Учебное пособие для ВУЗов / В.М. Волинский. – Таллин, DESIDERATA, 2004. – С. 192.
6. Поляков, С.И. Проблема достижения точности дозирования материалов. Актуальные проблемы лесного комплекса / С.И. Поляков. – Брянск, БГТИ, 2005. – С. 145.
7. Скотников, С.И. Современные системы дозирования и смешивания в производстве древесно-стружечных плит / С.И. Скотников: сб. науч. тр. МГУЛ. – Вып. 335. – С. 179–182.

СОЗДАНИЕ ПИЛОТНОЙ ВЕРСИИ РОССИЙСКОГО ИНТЕРНЕТ-СЕКМЕНТА GFIS

В.С. ШАЛАЕВ, *проректор МГУЛ, проф., д-р техн. наук,*

С.И. ЧУМАЧЕНКО, *проф., начальник управления информации МГУЛ, канд. биол. наук,*

Global Forest Information Service (GFIS) – Глобальная лесная информационная служба (www.gfis.net) – это проект, инициированный Международным партнерством по лесам (Collaborative Partnership on Forests – CPF), действующим под эгидой ООН.

Проект реализуется Международным союзом лесных научно-исследовательских организации (International Union of Forest Research Organizations – IUFRO) www.iufro.org, Продовольственной и сельскохозяйственной организацией объединенных наций (Food and Agricultural Organization of United Nations – FAO) www.fao.org, Центром международных исследований по лесному хозяйству (Center for International Forest Research – CIFOR) www.cifor.cgiar.org, Национальной биоинформационной инфраструктурой (National Biological Information Infrastructure – NBII) www.nbii.org, секретариатом Форума объединенных наций по лесам (United Nations Forum on Forests – UNFF) www.un.org/esa/forests, рядом других организаций.

Миссией GFIS является распространение информации и знаний среди представителей глобального лесного сообщества, тем самым развивая общие подходы и стандарты и выстраивая своеобразную сеть партнерских отношений.

Цель GFIS состоит в обеспечении всех желающих, чья деятельность связана с лесами и лесным хозяйством, легкой возможностью получения и обмена взаимноинтересной информацией. Участниками GFIS являются государственные и негосударственные организации по всему миру, включая развитые и развивающиеся страны.

История создания GFIS начинается с 1998 г., когда при проведении международных консультаций по исследованиям и информационным системам в лесном хозяйстве в Австрии было рекомендовано Межправительственному форуму по лесам (Intergovernmental

Forum on Forests – IFF) способствовать созданию и развитию Глобальной лесной информационной службы. Реализуя рекомендации IFF Международный союз лесных исследовательских организаций (IUFRO) инициировал деятельность по созданию Глобальной лесной информационной службы (GFIS) в том виде, что функционирует в настоящее время. Была организована группа исполнителей, информационный сервер, веб-интерфейс, начат региональный проект GFIS-Africa. Начиная с 1998 г., кроме IUFRO, определенный вклад в работу внесли CIFOR, FAO, Европейский лесной институт (EFI), Финский лесной научно-исследовательский институт (METLA), Оксфордский университет, Международное сельскохозяйственное бюро (Commonwealth Agricultural Bureaux International – CABI), Американская лесная служба, NBII, Канадская лесная служба, Всемирный центр мониторинга окружающей среды (World Conservation Monitoring Centre – WCMC), ряд организаций-членов IUFRO.

Первая версия GFIS была презентована на Европейской конференции IUFRO в 2002 г. в Копенгагене и успешно продемонстрирована на Мировом лесном конгрессе в 2003 г. в Канаде. Она включала в себя информацию от более чем 60 лесных институтов всех регионов мира.

В 2004 г. IUFRO совместно с FAO и CIFOR разработали концепцию развития GFIS, которая была одобрена на 13-м заседании CPF в Нью-Йорке. Суть концепции GFIS состоит в том, что участники проекта помещают на своих интернет-сайтах или сайте головной организации информацию, которую они хотели бы донести до сведения коллег. Затем они в определенном формате готовят данные, описывающие эту информацию, так называемые метаданные. GFIS использует Международную систему описания метаданных DCMES (Dublin Core Metadata Element Set),

разработанную для описания содержимого библиотек и впоследствии расширенную для других видов данных (включая документы, карты, изображения, программные продукты и даже информацию о физических объектах). Для обеспечения доступа к информации GFIS использует стандарт RSS 2.0. Простой пример метаданных: каталожная карточка в библиотеке. В результате этих действий метаданные становятся доступны другим участникам в виде новостных лент, а также для тематических поисковых запросов.

Стандарт RSS обычно расшифровывают как really simple syndication – «действительно простое распространение». Этот механизм позволяет распространять информацию среди всех интересующихся без особых сложностей. Физически вся информация находится на сайте. Задача – сформировать метаданные в формате RSS на языке XML, однако его знание не является обязательным. Существует немало бесплатных (и доступных для свободного скачивания в Интернете) RSS-редакторов, при использовании которых от пользователя требуется лишь ввести информацию в окна экранной формы, после чего необходимые файлы будут сгенерированы и загружены на сайт автоматически. После этого данные поступают в базу данных поисковой системы GFIS. В настоящее время наибольший охват международной аудитории имеют англоязычные каналы. Однако используемые механизмы позволяют обмениваться информацией и на других языках, включая русский. Таким образом, участие в GFIS позволяет всегда быть в курсе деятельности коллег и оповещать о своей деятельности.

На XXII Всемирном конгрессе IUFRO в 2005 г. в Австралии была представлена новая поисковая система GFIS, которая включает

ключи информационных ресурсов: новости, события, публикации, вакансии.

GFIS – развивающаяся система. В настоящее время декларированы 17 типов метаданных. Это контактная информация, данные о странах (территориях), образование (учебные курсы), базы данных, словари/терминологические справочники, изображения, звуки, интерактивные ресурсы, проекты/программы, программное обеспечение, информация о видах растительности, Web ресурсы, встречи/события, вакансии, новости, публикации.

В начале 2007 г. было осуществлено обновление версии GFIS. В этом случае появляются большие возможности перед информационными провайдерами GFIS. В настоящее время GFIS как инициатива Международного партнерства по лесам (CPF) – это инновационное партнерство 14 ведущих международных лесных организаций, институтов, других структур.

Идея создания российского сегмента GFIS (Global Forest Information Service) обсуждалась в рамках Ассоциации российских организаций-членов ИЮФРО несколько лет. Реализации этой идеи мешала определенная ведомственная разобщенность научных организаций, работающих в интересах лесного комплекса страны. Определенный толчок началу создания пилотной версии российского сегмента GFIS был дан в 2005 г. во время стажировки в Московском государственном университете леса научного сотрудника Сеульского национального университета (Seoul National University) доктора Хо Сан Кана (Ho Sang Kang), одного из функционеров ИЮФРО.

В том же 2005 г. была продумана структура GFIS-Russia (рис.) и организована рабочая группа исполнителей.



Рисунок. Общая структура российского сегмента GFIS

Вузовский сектор российского сегмента GFIS должен включить все 59 высших учебных заведений России, входящих в Учебно-методическое объединение по образованию в области лесного дела, во главе с Московским государственным университетом леса (МГУЛ).

Академический сектор российского сегмента GFIS должен быть представлен прежде всего Институтом леса имени В.Н.Сукачева Сибирского отделения РАН, Институтом лесоведения РАН, Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Институтом леса Карельского научного центра РАН, научными учреждениями различных отделений и научных центров, работающих в интересах лесного комплекса страны. Во главе этого сектора создания пилотной версии российского сегмента GFIS – Институт леса имени В.Н.Сукачева Сибирского отделения РАН (ИЛ СО РАН).

Отраслевой сектор российского сегмента GFIS должен быть представлен прежде всего 14 научными учреждениями и рядом проектных организаций, подведомственных Федеральному агентству лесного хозяйства (Рослесхозу), во главе с Всероссийским научно-исследовательским институтом лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ).

В соответствии с инициативой вуза, поддержанной всеми исполнителями, головной организацией по созданию пилотной версии российского сегмента GFIS стал Московский государственный университет леса.

В марте 2006 г. соответствующей договоренностью с руководством ИЮФРО (Dr. Peter Mayer) была поддержана инициатива создания пилотной версии российского сегмента GFIS и на базе МГУЛ проведена рабочая встреча представителей российских организаций-исполнителей проекта и функционеров ИЮФРО. Уже в мае 2006 г. на базе МГУЛ под руководством координатора мировой GFIS Эро Микколы был проведен обучающий семинар по рабочим моментам создания пилотной версии российского сегмента GFIS, на котором присутствовало до 20 человек.

В мае 2006 г. в г. Суздале на заседании Учебно-методического объединения по обра-

зованию в области лесного дела ректорам и другим руководителям ведущих вузов страны, руководящим работникам Федерального агентства лесного хозяйства была презентована краткая брошюра-буклет о GFIS-Russia проекте.

В июне 2006 г. были осуществлены две презентации GFIS-Russia проекта: на Международном симпозиуме «ЕС-Россия: перспективы сотрудничества в области биотехнологии в 7-ой Рамочной программе», который состоялся в г. Санкт-Петербурге; на Международной конференции «Влияние изменений климата на бореальные и умеренные леса» в г. Екатеринбурге, где был представлен доклад «Российский Интернет-сегмент GFIS (Global Forest Information Service)».

В целом в 2006 г. была завершена работа по созданию пилотной версии российского сегмента GFIS (www.gfis.ru). МГУЛ, ИЛ СО РАН, ВНИИЛМ создали свои специализированные интернет-сайты для организации работы других российских учреждений лесного профиля в среде Global Forest Information Service. На этих сайтах размещена информация о событиях, новостях, публикациях и конференциях. Установлена связь с головным сервером GFIS для автоматического обновления данных и включения в глобальную базу данных. Это позволяет пользователям GFIS осуществлять поиск данных по ключевым словам, включая и сайты российских организаций.

Участники создания российского сегмента GFIS отчетливо понимают, что его успешная работа возможна только в случае оперативной подготовки и предоставления информации. Действительно, какой смысл в информации о конференции, если она уже завершилась, или о конкурсе, который уже прошел. В идеале работа GFIS видится так. Каждая организация или исследователь самостоятельно подготавливает и передает на GFIS.NET свою информацию (статья участником GFIS – www.gfis.ru). Однако анализ российских сайтов лесной тематики показывает, что только единицы из них имеют англоязычные версии оперативной информации (в большинстве случаев это перевод общей информации об организации). Никто не возражает против тезиса, что в России существу-

ет и еще будет некоторое время существовать языковой барьер. Следовательно, надо искать в современных условиях другие пути.

Основная цель – создание единого пути доступа к информации о лесных ресурсах, состоянии науки, образовании, лесной промышленности в России и странах СНГ. Планируется

в автоматическом режиме фиксировать изменения выбранных интернет-страниц, переводить наиболее интересные данные, помещая их на сервере GFIS.RU, и передавать метаданные на сервер GFIS.NET. На наш взгляд, в настоящее время это необходимый этап развития работ по проекту GFIS-Russia.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ СТРУЙНОМ ЛАМИНАРНОМ ОБТЕКАНИИ ЦИЛИНДРА В РЕЖИМЕ СМЕШАННОЙ КОНВЕКЦИИ

А.В. АФАНАСЬЕВ, *асп. каф. теплотехники МГУЛ,*

В.В. АФАНАСЬЕВА, *асп. каф. теплотехники МГУЛ*

Практическое применение струйного охлаждения в промышленности разнообразно: сушка текстиля и бумаги, охлаждение заготовок из металла и стекла, тепловое регулирование в электронике и т.д. Актуальность данной задачи связана с возрастающей потребностью в технологии охлаждения микрочипов и «тепловых трубок», находящихся внутри портативных электронных устройств (персональных компьютеров). Широкое применение в данной области нашли именно ламинарные струи [4], так как они обеспечивают практически пассивное тепловое регулирование и позволяют экономить заряд батареи.

На сегодняшний день существует большое количество работ, посвященных исследованию теплообмена при естественной конвекции от горизонтального цилиндра при обтекании цилиндра струей в режиме вынужденной конвекции. Однако имеется небольшое количество работ по исследованию взаимодействия плоской струи с нагретым цилиндром в режиме смешанной конвекции, хотя эта задача представляет практический интерес.

Постановка задачи

Рассматривается двумерная задача ламинарного обтекания цилиндра плоской струей жидкости. На горизонтальный изо-термический цилиндр, диаметр которого D , а температура поверхности T_w , из сопла шириной H натекает струя жидкости, темпе-

ратура которой на срезе сопла постоянна T_f ($T_f < T_w$). Расстояние от среза сопла до цилиндра равно h . Профиль скорости на срезе сопла прямоугольный. Скорость истечения жидкости из сопла V . Цилиндр находится в начальном участке струи, т.е. $h < 4 \cdot H$, и ширина сопла не превосходит радиуса цилиндра $H < 0,5 \cdot D$.

В основу модели положены уравнения Навье-Стокса в приближении Буссинеска с переходом к функции тока (Ψ) и функции интенсивности вихря (ω) и уравнение энергии.

Определяющими параметрами являются: число Рейнольдса $Re = V \cdot D / \nu$, число Грасгофа $Gr = g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot D^3 / \nu^2$, число Ричардсона $Ri = Gr / Re^2$, число Прандтля $Pr = \nu / a$, отношение ширины сопла к диаметру цилиндра – H/D и отношение расстояния от среза сопла до цилиндра к ширине сопла – h/H , γ – угол между вектором ускорения свободного падения и вектором скорости на срезе сопла.

Полная математическая постановка задачи и метод численного решения описаны авторами в работе [1].

Обсуждение результатов расчетов

В настоящей статье рассматривались цилиндр диаметром $D = 0,0762$ м и сопло шириной $H = 0,02$ м, расстояние от сопла до цилиндра составляло $h = 0,04$ м.

При струйном охлаждении цилиндра одним из предельных случаев является естественная конвекция.

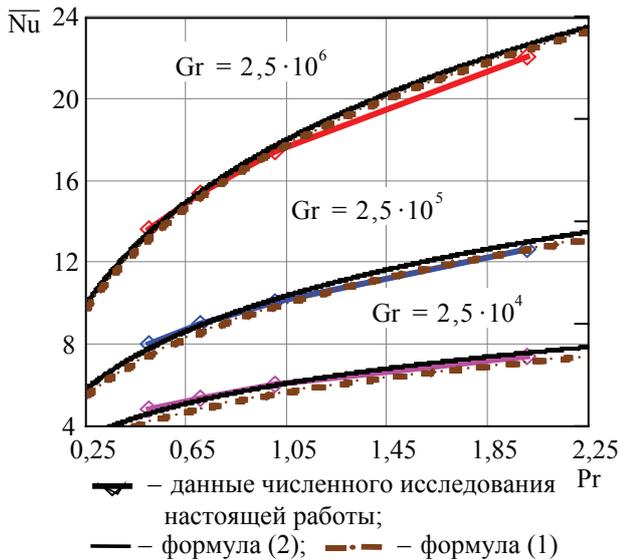


Рис. 1. Зависимость среднего числа Нуссельта от Pr и Gr при естественной конвекции

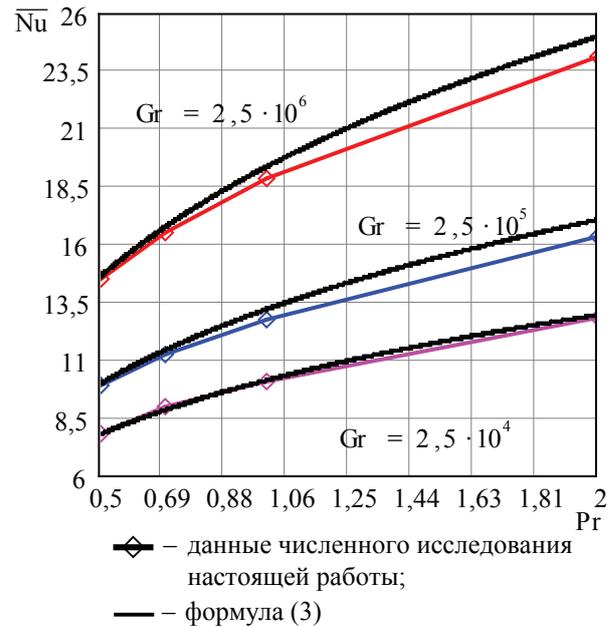


Рис. 4. Зависимость среднего числа Нуссельта от Gr и Pr для Re = 500 при струйном обтекании цилиндра в режиме смешанной конвекции

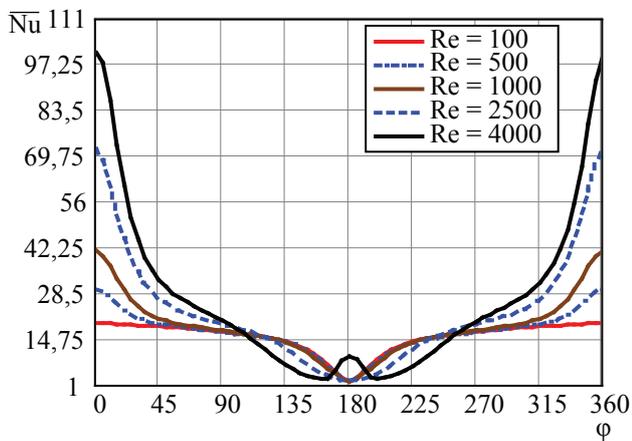


Рис. 2. Распределения локальных чисел Нуссельта при струйном обтекании цилиндра в режиме смешанной конвекции для параметров: Gr = 2,5 * 10^6, Pr = 0,7

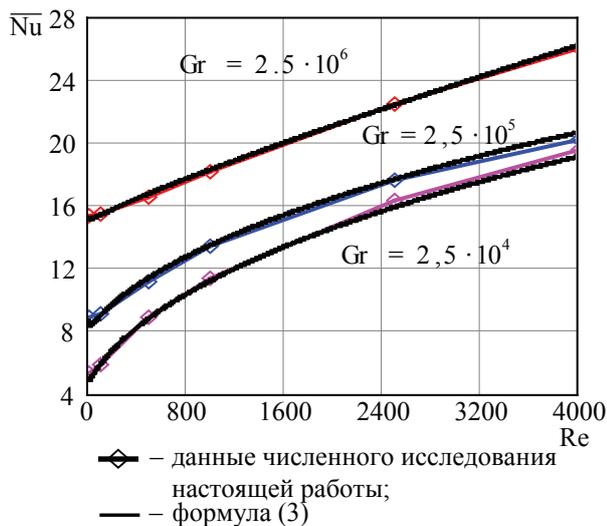


Рис. 3. Зависимость среднего числа Нуссельта от Gr и Re для Pr = 0,7 при струйном обтекании цилиндра в режиме смешанной конвекции

Существует целый ряд работ, посвященных исследованию естественной конвекции около горизонтального изотермического цилиндра.

Имеются формулы для \overline{Nu} , в работе [2] предложена формула

$$\overline{Nu}(Gr; Pr) = 0,53 \cdot Gr^{1/4} \cdot Pr^{1/4} \cdot (Pr / (1,14 + Pr))^{1/4}, \quad (1)$$

в работе [3]

$$\overline{Nu}(Gr; Pr) = 0,505(Gr; Pr)^{0,25} \cdot (1 + (1,25 / (Gr; Pr)^{0,25})(Pr / (1 + 0,875 \cdot Pr))^{0,25}). \quad (2)$$

Авторы провели серию опытов по исследованию теплообмена в режиме естественной конвекции для следующих определяющих параметров: $Gr = 2,5 \cdot 10^4 \div 2,5 \cdot 10^6$, $Pr = 0,5 \div 2$.

На рис. 1 представлены зависимости среднего числа Нуссельта от чисел Прандтля и Грасгофа по данным вычислительных экспериментов и данные, полученные по формулам (1) и (2). Максимальное расхождение результатов вычислительных экспериментов и данных, полученных по формуле (1), составляет 13,7 %, а по формуле (2) – 5,0 %.

На рис. 2 представлены данные по распределению локальных чисел Нуссельта на цилиндре для следующих определяющих параметров задачи: $Gr = 2,5 \cdot 10^6$, $Pr = 0,7$, где число Рейнольдса изменялось в диапазоне

$Re = 100 \div 4000$ (соответствующее ему число Ричардсона изменялось в пределах $Ri = 0,00156 \div 250$).

При увеличении числа Рейнольдса происходит качественное изменение распределения локальных чисел Нуссельта как в лобовой, так и в кормовой зонах. При $Re = 4000$ наблюдаются два локальных минимума, что связано с образованием двух симметричных вихрей в кормовой зоне цилиндра.

Рассматривая естественную конвекцию как предельный случай струйного обтекания цилиндра при смешанной конвекции, можно предположить, что среднее число Нуссельта для режима смешанной конвекции можно представить в виде суммы среднего числа Нуссельта при естественной конвекции и некоторой функции от определяющих параметров:

$\overline{Nu}(Re; Gr; Pr) = \overline{Nu}_e(Gr; Pr) + F(Re; Gr; Pr)$, где $\overline{Nu}_e(Gr; Pr)$ среднее число Нуссельта при естественной конвекции.

Авторами предложена эмпирическая зависимость \overline{Nu} от параметров Pr , Gr и Re . Формула справедлива для следующих диапазонов изменения параметров задачи: $Pr = 0,5 \div 2$; $Gr = 2,5 \cdot 10^4 \div 2,5 \cdot 10^6$; $Re = 0 \div 4000$; $H/D = 0,262$; $h/H = 2$. Максимальное отклонение результатов расчетов от данных, полученных по формуле, составляет 5,0 %.

$$\overline{Nu}(Re; Gr; Pr) = \overline{Nu}_e(Gr; Pr) + f_1(Gr) \ln(Re + 1) + f_2(Gr)(Re)^{1/2} + f_3(Gr)Re \cdot Pr^{0,07(\log(Gr)+1)}, \quad (3)$$

где

$$f_1(Gr) = 0,244 \cdot (\log(Gr))^2 - 2,441 \cdot \log(Gr) + 5,37;$$

$$f_2(Gr) = -5,146 \cdot 10^{-6} \cdot Gr^{0,744} + 0,39;$$

$$f_3(Gr) = 1,21 \cdot 10^{-9} \cdot Gr - 7,3 \cdot 10^{-4};$$

$\overline{Nu}_e(Gr; Pr)$ соответствует формуле (2).

В работе рассматривается задача о взаимодействии плоской струи с нагретым горизонтальным круговым цилиндром в поле силы тяжести. Авторы, используя математическую модель и метод численного решения, описанные в работе [1], провели вычислительные эксперименты по исследованию структуры течения вблизи цилиндра, локального и среднего теплообмена при струйном обтекании изотермического цилиндра в режиме смешанной конвекции.

В результате обобщения результатов исследования авторы предложили эмпирическую зависимость для \overline{Nu} при $H/D = 0,262$ и $h/H = 2$.

Библиографический список

1. Афанасьев, А.В. Численное исследование совпадающей смешанной конвекции при обтекании горизонтального цилиндра плоской струей вязкой несжимаемой жидкости / А.В. Афанасьев, В.В. Афанасьева, А.В. Хроменко // Вычислительные методы и программирование. – 2007. – Т 8. – № 1. – С. 65–72.
2. Хроменко, А.В. Гидродинамика и теплообмен горизонтального цилиндра при ламинарной смешанной конвекции: дис... канд. техн. наук / А.В. Хроменко. – М., 1990. – 252 с.
3. Брдлик, П.М. Теплотехника и теплоснабжение предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности / П.М. Брдлик, А.В. Морозов, Ю.П. Семенов, – М.: Лесная пром-сть, 1988. – 454 с.
4. Guarino J.R., Manno V.P. Characterization of laminar jet impingement cooling in portable computer applications. // Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium. San Jose (California, USA), 2001 (<http://www.rostenaward.org/manno1.pdf>).

ОБЗОР ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ УГЛЕРОДА

Т.Н. ШИМОН, *ст. преподаватель каф. безопасности жизнедеятельности МГУЛ*

По оценкам исследований [1] общая площадь лесов России составляет 776×10^6 га при суммарном пуле углерода около 158×10^9 тС, что составляет 14 % мировых запасов углерода в лесах без учета углерода торфяников [4].

Результаты исследований [1] свидетельствуют, что пул углерода в лесах России в настоящее время повышается на $(40 \div 120) \times 10^9$ тС ежегодно, а дополнительное проведение лесозащитных мероприятий может привести к увеличению депонирования углерода на $(21 \div 25) \times 10^9$ в год при условии инвестиций не менее 5–10 у.е. на тС [1]. Объектом исследований в приведенной работе явились углеродные эффекты управления лесным хозяйством. При этом главной проблемой является обеспечение дальнейшего увеличения запасов углерода в лесах России за счет проведенных лесозащитных мероприятий, минимизирующих влияние биотических факторов на лесные насаждения и определение справедливой стоимости таких мероприятий и выгод, получаемых вследствие их проведения.

Наиболее целесообразным подходом при проведении подобных исследований, на наш взгляд, является анализ вероятностных трендов в лесном хозяйстве России и определение базовой линии поглощения (секвестра) углерода.

Расчеты дополнительного поглощения углерода следует вести относительно базовой линии. При этом следует учитывать степень и характер влияния на величину стоимости депонируемого углерода тенденций развития глобальных рынков товарной древесины и квот на выбросы парниковых газов.

Разработанная на основе такого подхода модель [3] позволяет имитировать динамику стоимости деловой древесины региональных величин заготовки леса, интенсивность управления лесами, регулирования запасов древесины, запасов углерода. Расчет перечисленных переменных осуществляется для лю-

бого количества хозяйствующих субъектов в разных регионах мира и России. При этом чем больше субъектов вовлечено в расчеты, тем выше точность оценки.

При создании модели принято допущение, что каждый из хозяйствующих субъектов представляет собой совокупность насаждений одной из 3 групп пород (хвойные, твердолиственные, мягколиственные), относящихся к одной из 3 категорий доступности (доступные, недоступные, малодоступные) в пределах 12 зонально-провинциальных районов России. Предполагается, что доступные леса используются в оптимальном ротационном цикле. В недоступных лесах заготовки древесины не проводятся. Малодоступными лесами условно названы те, которые в процессе модельной имитации переводятся из категории доступных в недоступные. Недоступные леса начинают осваиваться в том случае, если стоимость заготавливаемой древесины с добавлением приведенной стоимости будущих заготовок превышает предельные затраты освоения. Для оценки величин площадей лесохозяйственных предприятий, а также скорости изменения запасов по мере роста насаждений использована информация последнего ГУЛФ (2003).

Использованный подход, связанный с применением глобальной, а не региональной модели лесопользования, к территории России, обладает рядом преимуществ. Во-первых, на региональные рынки древесины, в том числе и российский, все возрастающее влияние оказывает мировой (глобальный) рынок. Изменение спроса и предложения в одних регионах мира может оказывать существенное воздействие на стоимость лесоматериалов, в других регионах соответственно на объемы лесозаготовок. Во-вторых, деятельность, направленная на увеличение поглощения углерода, разворачивается во многих регионах мира, т.к. она признается потенциально важным компонентом глобаль-

ной стратегии смягчения климатических изменений [3, 5, 8]. Стремление сохранять как можно больший пул в лесах может повлиять на будущий отпуск леса и на стоимость деловой древесины. Именно поэтому столь важно оценить экономический потенциал повышения углерода лесами того или иного региона с учетом глобальных тенденций в этой сфере человеческой деятельности.

Наиболее важным показателем, отражающим экономические аспекты регулирования уровня депонирования углерода лесными насаждениями, на наш взгляд, является стоимость способности леса депонировать углерод. При этом такая способность леса рассматривается как услуга, предоставляемая лесопользователям и стоимость рассматриваемой способности (функции) леса оценивается как стоимость указанной услуги на основе рентной оценки.

Стоимость поглощения углерода как рентная плата исследовалась в работах ряда иностранных исследователей [8]. По их мнению, цены на углерод могут меняться в течение столетия – среднего периода, соответствующего времени роста насаждений, однако поскольку современная глобальная климатическая политика не ориентирована на ограничение отдаленных по времени объектов эмиссии углерода, крайне трудно спрогнозировать будущий уровень цен с необходимой степенью точности. В перспективе при достаточной развитости рынка углерода возможно применение таких финансовых инструментов, как фьючерсы и опционы, т.е. сделки, заключаемые в текущий момент времени, но по ценам, прогнозируемым на определенную дату в будущем. Однако осуществление таких сделок требует проведения глубоких институциональных изменений правил функционирования рынка в глобальном масштабе, которые в настоящий момент не осуществляются. Таким образом, использование в расчетах постоянной по времени цены на углерод является вполне оправданным.

Допустим, что одинаковые величины годовой ренты углерода применимы ко всем регионам мира. Преимущество данного допущения состоит в том, что она позволяет исключить влияние так называемых утечек, т.е.

потерь углерода в одних регионах, индуцируемых проведением акций по поглощению углерода в других. Утечки также весьма вероятны в том случае, если только часть лесов региона включена в Киотский процесс [6, 7]. При использовании единой для всех регионов мира и всех лесов региона углеродной ренты утечки будут отсутствовать, и, таким образом, оказывается возможно получить несмещенную оценку стоимости поглощения углерода.

Отрицательным аспектом такого подхода является недостаточная экономическая мотивация лесохозяйственных организаций при единой величине ренты, так как уровень затрат на содержание лесных массивов, состояние лесных массивов, величина необходимых инвестиций будут различными для разных регионов. Для регионов с большими лесными массивами уровень доходности депонирования углерода при таком подходе окажется меньше, чем для регионов с меньшей лесистостью. При этом в малолесных регионах также не будет достаточно стимулов для роста лесонасаждений, т.к. рост вложений в лесоразведение, а впоследствии и в уход за лесными массивами снижает уровень доходности данного вида деятельности.

С другой стороны, при ограничении доходности по одному виду деятельности – депонированию углерода, часть капиталов будет направлена в другой сектор лесного рынка – лесопереработку, и, таким образом, сбалансированное развитие получают различные сегменты лесного рынка.

В случае, если величина ренты углерода будет формироваться на свободном рынке, то возможно перетекание значительного объема капиталов в этот сегмент лесного рынка, что приведет к дефициту средств в других его секторах, т.к. очевидно, что уровень затрат на углеродном рынке, не требующем значительных инвестиций на строительство перерабатывающих мощностей существенно, а потенциальная доходность этого рынка с учетом нарастания неблагоприятных тенденций в глобальном изменении климата достаточно высока. Однако на определенном этапе привлечение инвестиций в повышение

углеродоемкости лесных массивов может решить проблему ограниченности финансовых ресурсов, направляемых в данную сферу из государственных бюджетов стран за счет привлечения дополнительных ресурсов частных инвесторов.

На наш взгляд, оптимальным является гибкий подход к определению величины ренты депонирования углерода в зависимости от двух факторов:

1. Уровня экономического развития различных сегментов лесного рынка.

2. Тенденций глобальных изменений климата и связанного с ними прогноза воздействия неблагоприятных факторов на период, сопоставимый со средним сроком роста лесных насаждений.

Различные сочетания величины и значимости действия приведенных выше факторов позволяют гибко управлять величиной углеродной ренты для регулирования состояния лесов и движения финансовых ресурсов. Рациональный выбор способа использования величины ренты возможен лишь при наличии точно сформулированных долгосрочных и краткосрочных целей лесной политики, а также при грамотном распределении уровней ответственности за принимаемые решения как в структуре органов государственного (регионального) управления, так и в сфере межгосударственных отношений.

При этом возможны следующие основные сочетания указанных выше факторов:

1. Прогнозируются неблагоприятные климатические изменения и повышение интенсивности воздействия неблагоприятных факторов, в частности вспышки численности насекомых и патогенных микроорганизмов. Уровень развития углеродного сегмента лесного рынка недостаточен для их нейтрализации.

Приемлемо в этом случае применение дифференцированной величины углеродной ренты, позволяющей лесохозяйственным организациям получать прибыль, достаточную для финансирования инвестиций в лесоза-

щитные мероприятия, а также привлекать внешние инвестиции.

2. При том же прогнозе климата и неблагоприятных факторов в углеродный сегмент лесного рынка привлечено достаточно инвестиций для минимизации действия прогнозируемых негативных тенденций.

Оптимально в этом случае применение фиксированной величины углеродной ренты, ограничивающей приток инвестиций в углеродный сегмент и распределяющей их в пользу других сегментов.

Таким образом, важным условием при рассмотрении величины и способа применения углеродной ренты является сбалансированность развития различных сегментов лесного рынка, характер которой зависит от конкретных условий хозяйствования.

Библиографический список

1. Замолодчиков, Д.Г. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России / Д.Г. Замолодчиков, Г.Н. Коровин, А.И. Уткин и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – С. 200.
2. Лесной фонд России. Справочник. – М., 2003.
3. Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group 3 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. Metz B., Davidson O., Swart R., Pan J. Cambridge University Press.– 2001. P. – 752с.
4. Dixon R.K., Brown S., Houghton R.A., Solomon A.M., Trexler M.C., Wisniewski J. Carbon Pools and flux of global forest ecosystems // Science. – Ч 1994. – P. 185–190.
5. Manne A., Richeis R. The Kyoto Protocol: A Cost-effective Strategy for Meeting Environmental Objectives? // The Energy Journal. – 1999. – P. 1–23.
6. Murray B. Overview of Agricultural and Forestry GHG Offsets on the US Landscape // Choices. – V. 19. N 3. –2004. –P.2481-82.
7. Sohngen B., Brown S. Measuring Leakage from Carbon Projects in open Economies: A Stop Timber Harvesting Project as a Case Study // Canadian Journal of Forest Research. – V. 34. – 2004. – P. 829–839.
8. Sohngen B., Mendelsohn R. An Optimal control Model of Forest Carbon Sequestration // American Journal of Agricultural Economics. – V.85.– 2003.– P. 448–457

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ФОНДОВОГО РЫНКА В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.Е. БАРАБАНОВ, *асп. каф. финансов МГУЛ*

О том, какие богатства зарыты в российских лесах, в начале 90-х ходили легенды. Естественно, что с момента начала строительства капитализма в России сибирский, архангельский и прочие леса интересовали будущих капиталистов не меньше, чем нефть, газ и алюминий. Впрочем, первое десятилетие в лесной отрасли прошло на удивление спокойно: очень быстро выяснилось, что она слишком консервативна, чтобы дать инвестору возможность заработать быстрые деньги. В итоге все 10 лет капитализма продемонстрировали лишь одну простую истину: дерево растет медленно, и успеха в отрасли добиваются лишь предприниматели, готовые работать без видимых прибылей не менее пяти лет.

1991

История «капитализма» в лесной отрасли начинается с создания в начале года Рослесбиржи. Несколько позднее появляются конкуренты – Лесная биржа и прочие профильные и непрофильные биржевые структуры. Успеха ни одна из них не имела. В результате на них начинают торговать не лесом, а экспортными квотами на лес и пиломатериалы. После либерализации экспорта роль этих бирж плавно сходит на нет.

Вместе с тем активно развивается бизнес-ассоциация «Российские лесопромышленники» – сторонница «рыночного» подхода к развитию отрасли, близкая к АО «Экспортлес». Ее естественным конкурентом выступает компания «Рослеспром».

Весь 1991 год проходит под девизом «Экспортируй, кто может». На нелегальном и полуполюгальном экспорте леса создаются состояния, которые тут же «съедаются» инфляцией. Тем временем руководители крупных предприятий делают попытки организовать поставки западного оборудования на западные кредиты, которые позволят наконец провести техническое перевооружение отрасли. Большинство целлюлозно-бумажных (ЦБК) и лесоперерабатывающих комбинатов (ЛПК) реконструировались в 70-х годах, за исключе-

нием относительно нового Выборгского ЦБК. Впрочем, Выборгский ЦБК так и не станет флагманом новой экономики.

1992

В 1992 г. создается большинство крупных предприятий отрасли – пока в виде открытых акционерных обществ с участием государства: большинство целлюлозно-бумажных комбинатов, в том числе «Сегежабумпром», Архангельский ЦБК.

В начале 1992 г. создано ЗАО «Ilim Pulp Enterprise» – поначалу торговая компания-экспортер. Через девять лет фирма, основанная предпринимателем Захаром Смушкиным и четверью его коллегами, станет крупнейшей компанией отрасли.

В середине 1992 г. отмечен резкий рост производства в лесозаготовительной отрасли – на 5–10 % в месяц, который продлится до середины 1993 г. Объем производства в лесопереработке и лесохимии падает в то же время на 20 % в год; падение остановится в конце 1994 г.

В июле одной из первых частных структур, пришедших в лесную отрасль, становится концерн «Гермес», участвовавший в приватизации ряда мелких предприятий Сибири. Впрочем, уже тогда у него находятся конкуренты. В Тюменской области активы объединения «Тюменьлеспром», интересующие «Гермес», при содействии Комитета по лесу РФ перехватывают «Российские лесопромышленники», по поводу чего «Тюменьлеспром» более двух лет будет с ними судиться.

В ноябре Европейский Союз впервые вводит пошлины на ввоз российской лесопродукции – фанеры и древесно-стружечной плиты (ДСП). А уже в декабре Государственный таможенный комитет резко снижает таможенные пошлины на экспорт леса. Из 132 существующих спецэкспортеров 80 получили лицензии на операции с лесом. Это решение вызывает в 1993 г. бум в создании некрупных предприятий в лесодобывающем секторе. Зна-

чительная часть их дожила до наших дней: в традиционных лесных регионах (Карелия, Коми, Архангельская и Иркутская области) лесодобывающие предприятия – одна из основ среднего бизнеса.

В декабре создан Союз лесопромышленников России. Президентом союза избран председатель правления «Российских лесопромышленников» Давид Липман.

В конце года объявлено о преобразовании в акционерные общества многих крупных игроков лесной отрасли, таких как ВЭО «Экспортлес» и концерн «Российские лесопромышленники». Любопытно, что это преобразование сопровождалось потерей государственного пакета в капитале. Например, при создании АО «Российские лесопромышленники» – а оно создавалось на базе концерна и департамента лесной и целлюлозно-бумажной промышленности Минэкономики – Минимуму досталось всего 23 % акций; остальное ушло в капитал 63 еще не приватизированных предприятий лесопромышленного комплекса страны. Президентом АО избран бывший директор департамента Игорь Санкин.

1993

В начале 1993 г. созданная в конце 1992 г. государственная корпорация «Росконтракт» перехватывает значительную часть экспортных поставок леса по государственным обязательствам. Тогда же Верховный Совет вводит в действие налог на воспроизводство лесов – 20 % от оборота. Союз лесопромышленников при поддержке Российского союза промышленников и предпринимателей (РСП) добивается снижения парламентом ставки налога до 5 %, но избыточное налогообложение заставляет большую часть лесодобывающего комплекса уйти в тень.

В апреле начинается приватизация первых предприятий лесного комплекса – лесодобывающих компаний Дальнего Востока, из которых крупнейшее – АО «Находкалес». Приватизация на этом этапе пойдет очень спокойно и незаметно и сформирует слой мелких собственников в лесной отрасли, которые будут определять ситуацию на рынке в течение нескольких лет.

К весне конъюнктура на лесном рынке ухудшается. Одним из первых пострадавших

от усиления конкурентной борьбы становится крупное российско-корейское совместное предприятие с участием Hyundai «Светлая» в Приморье – на нем неизвестные злоумышленники устроили пожар. Через несколько месяцев совместное предприятие закрылось.

Июль. Первым крупным лоббистом отрасли в правительстве становится вице-премьер Олег Лобов. Во время визита в ФРГ он делает неожиданное заявление: «В перспективе российский лес должен стать не менее мощным генератором доходов бюджета, чем нефть». Он приглашает немецких промышленников создавать в России совместные предприятия по переработке леса. Отдаленным итогом этого визита становится участие ряда немецких фирм, среди которых компания Conrad Jacobson, в капитале ряда ЦБК Северо-Запада.

В этом же месяце президиум Верховного Совета РФ поручает госкомпания «Рослеспром» подготовить в месячный срок проект постановления об отнесении лесозаготовительных предприятий, а также предприятий лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности исключительно к федеральной собственности. Так «Рослеспром», который возглавит Мирон Тацюн, делает первый шаг к борьбе за активы отрасли.

1994

В январе государственная компания «Рослеспром» во главе с Мироном Тацюном при поддержке Олега Лобова начинает кампанию по реорганизации всей структуры управления отраслью. Указом президента «Рослеспром» получает функции генерального распределителя экспортных квот на лесоматериалы управляющей компании ряда лесопромышленных холдингов, а также координатора распределения государственных средств, предназначенных для поддержки отрасли. Первой мишенью «Рослеспрома» становится близкий к «Российским лесопромышленникам» «Экспортлес», управляющий в лесной отрасли государственной собственностью в совместных предприятиях с западными компаниями, созданных еще во времена СССР.

В середине 1994 г. создана холдинговая компания «Усть-Илимский ЛПК». Ее ус-

тавный капитал сформирован из госпакетов акций самого комбината и местных лесозаготовительных предприятий.

На инвестиционном тендере 4 октября 1994 года концерн Herlitz приобретает 20 % акций АО «Волга» по номиналу, предложив трехлетнюю инвестиционную программу на \$12,1 млн. Позже этот пакет был доведен до 48 % – на это немцы потратили \$45 млн. Существуют мнения, что идеологом приватизации «Волги» стал губернатор-реформатор Борис Немцов, который поставил перед собой задачу сделать из Балахнинского ЦБК «флагман рыночной экономики».

Летом и осенью 1994 г. «Рослеспром» пытается вернуть ситуацию в лесном комплексе под контроль государства, иными словами, под свой. Давление на всех независимых экспортеров оказывается всеми доступными средствами и всей мощью силовых ведомств. Глава «Рослеспрома» Мирон Тацун тогда заявляет: «Речь, по сути, идет о практически полном возврате лесного экспорта в лоно государственного регулирования». А все предпринимаемое «Рослеспромом» делается, по его словам, «во имя сложившегося десятилетиями экспортно-импортного баланса».

Приватизируется АО «Кондопога» – второй по размеру ЦБК Карелии. Это наиболее мирная история приватизации предприятия отрасли – 80 % акций переходит в руки трудового коллектива, а за счет хороших отношений с правительством Карелии власть на комбинате сохраняет команда Виталия Федермессера, который остается гендиректором комбината и по сей день, являясь одним из наиболее авторитетных бизнесменов региона, несмотря на репутацию «красного директора».

Середина 1994 г. – острый системный кризис в отрасли, на этот раз не связанный с экспортной конъюнктурой. Практически на грани банкротства оказываются Архангельский, Соломбальский и Камский ЦБК, Неманский ЦБЗ, АО «Онега».

В 1994 г. Архангельский ЦБК проводит реструктуризацию, в ходе которой создается 11 самостоятельных дочерних предприятий компании.

В ноябре 1994 г. «Рослеспром» добился выхода указа президента, по которому го-

сударственная собственность в зарубежных компаниях, принадлежащая «Экспортлесу», передается «Рослеспрому». Штат трейдеров «Экспортлеса» переходит в «Росэкспортлес» – дочернюю структуру «Рослеспрома». Мирон Тацун становится человеком номер один в отрасли.

В декабре Сбербанк объявляет, что в 1995 г. считает приоритетными для своих инвестиций две отрасли – пищевую и лесоперерабатывающую. Впрочем, на этом поприще крупнейший российский банк опередят крупные частные капиталы как российские, так и западные.

1995

В начале 1995 г. «Экспортлес» капитулирует в войне с «Рослеспромом», подписав с компанией Мирона Тацуна договор о сотрудничестве.

11 января 1995 г. региональное антимонопольное управление дает разрешение Herlitz приобрести более 35 % акций АО «Волга». Контрольный пакет ЦБК переходит в руки иностранного капитала, ЦБК переориентируется на экспорт газетной бумаги за пределы России.

Февраль. Госкомимущество принимает решение превратить Братский ЛПК в холдинг, в который необходимо включить 17 леспромхозов Иркутской области. Этим решением пользуется российско-французское совместное предприятие «Континенталь-Инвест», которое владеет 15 % акций БЛПК, тогда как его оппоненты – санкт-петербургский концерн «Орими» и западные банки – контролируют более 35 % акций. Борьбу выигрывает «Орими», а «Континенталь-Инвесту» придется переориентироваться на соседний Усть-Илимский ЛПК. Правда, контроль над ним он получит лишь в 1999 г.

Март. На инвестиционный конкурс выставляется госпакет Выборгского ЦБК. «Рослеспрому» удается заблокировать проведение инвестиционного конкурса по акциям Выборгского ЦБК. В ответ компания «Alliance Cellulose», владеющая 9 % акций ЦБК, использует «бреешь» в законодательстве и покупает контрольный пакет акций по номиналу. Тем временем на комбинате, который так яростно делят в Госкомимуществе и «Рослеспроме»,

останавливается производство. Так начинается «революционная эпопея» на Выборгском ЦБК, которая завершится лишь к 1999 г.

В мае «Рослеспром» начинает борьбу с Herlitz за Балахнинский ЦБК. Мирон Тацун направляет в Госкомимущество и Совет Безопасности письмо, в котором заявляет, что в 1991 году при формировании уставного капитала данного акционерного общества в оценку имущества не было включено оборудование стоимостью \$145 млн. «Рослеспром» потребовал у правительства увеличить уставный фонд «Волги», а вторую эмиссию передать в государственное управление – самому «Рослеспрому». Госкомимущество отвергло это предложение.

Май ... бум на фондовом рынке. Акции крупнейших предприятий лесопереработки, в том числе Сыктывкарского и Братского ЛПК, Архангельского ЦБК, растут в цене на 300–700 %, их практически не остается на рынке.

В конце мая РФФИ выставил на продажу первый крупный пакет акций крупного лесохимического комбината – Усть-Илимского ЛПК. Продается 51 % акций, и их покупает банк «МЕНАТЕП».

30 мая в Берлине подписано соглашение о предоставлении иностранных инвестиций и кредитов АО «Волга» (Балахнинский ЦБК) на сумму \$150 млн. Начинается трехлетняя программа финансирования «Волги» международными финансовыми организациями под патронатом губернатора Бориса Немцова, которая так и не приведет «Волгу» к полному благополучию.

В июле банковский консорциум предлагает выставить на залоговые аукционы акции таких компаний, как Братский ЛПК, Архангельский и Соломбальский ЦБК.

Реанимацией почти разгромленного «Экспортлес» решил заняться Александр Смоленский. В июле «Экспортлес» подписывает со Столичным банком сбережений договор об обмене долями капитала и инвестициях примерно на \$1 млрд. Впрочем, восстановить «Экспортлес» на банковские деньги так и не удалось.

В сентябре разразился крупный приватизационный скандал на лесном рынке: губернатор Коми Юрий Спиридонов отменил аукцион 15 % акций Сыктывкарского ЛПК.

Фаворитами на конкурсе считались «МЕНАТЕП» и «Plim Pulp» (их губернатор назвал «инвесторами-спекулянтами»), и управляющая компания ЛПК – совместное предприятие правительств Республики Коми и Москвы «Коммос» – боялась потерять контроль над комбинатом. Конкурс переносится Спиридоновым на три года.

В октябре Архангельский ЦБК подает в суд на Госкомимущество, которое вместо того чтобы выставить пакет акций ЦБК на инвестконкурс, выставило их 7 декабря на залоговый аукцион. Суд залоговый аукцион запрещает. Позже его примеру последуют Соломбальский и Братский ЛПК, и в декабре не без поддержки «Рослеспрома» трем предприятиям лесного комплекса удастся избежать продажи на залоговых аукционах. Ни одному из 26 других «заложённых» предприятий повторить этот успех не удалось.

К зиме 1995 г. завершается фондовый бум вокруг акций ЦБК и ЛПК. Золотой век рынка акций лесной отрасли не повторился и по сей день.

В декабре на мировых рынках целлюлозы происходит масштабное падение цен. Финские лесопромышленники перестают закупать лесную продукцию у России. Отрасль входит в затяжной кризис, который завершится, по сути, лишь в 1999 г.

1996

В январе «Рослеспром» и «Эксимбанк» США заявляют, что готовы подписать договор о кредитовании российского монополиста-управленца на сумму \$1 млрд. для реконструкции предприятий лесной промышленности России. Это пиковый момент в истории «Рослеспрома»: если бы он получил кредит, отрасль ждала бы монополизация. Кредита он не получил, а Мирон Тацун предпочел карьеру государственного чиновника, возглавив Госкомлеспром.

В начале 1996 года «Alliance Cellulose» останавливает Выборгский ЦБК. Принадлежавшие американцам 87 % акций ЦБК были возвращены в Комитет по управлению госимуществом Ленинградской области.

В феврале Госкомимущество пытается начать новую волну приватизации лесной отрасли – со стороны подразделений «Рос-

леспрома», который управляет, но не владеет крупнейшими лесодобывающими предприятиями страны. На продажу выставлено ОАО «Северолесэкспорт».

В начале апреля «Рослеспром» блокирует продажу компании «Северолесэкспорт», находящейся под его управлением, предложив вместо приватизации создать на ее базе финансово-промышленную группу (ФПГ) «Северолес», в которую должны войти холдинг «Северная целлюлоза» Архангельского ЦБК, госкомпании «Коношалес» и «Северолес», Онежский лесдревкомбинат, ряд лесозаводов, архангельский «Лесобанк» и лизинговая компания «Лесной лизинг». Мода на строительство ФПГ охватывает отрасль, хотя ни одной успешной ФПГ так и не будет построено.

Архангельский ЦБК, остающийся под контролем трудового коллектива, оказывается на грани банкротства. Идет скупка бумаг АЦБК, в которой замечены компании, близкие к Владимиру Крупчаку, будущему главе комбината.

Летом 1996 г. кризис в отрасли добрался до лесохимических предприятий. На несколько месяцев остановлены Усть-Илимский и Братский ЛПК. В августе Мирон Тацюн заявляет, выступая в Госдуме, о необходимости немедленной государственной поддержки отрасли. С этого момента начинается закат его карьеры: «наведение порядка в лесу государством», которому Тацюн посвятил последние два года, так и не привело к положительным для государства результатам.

В 1996 г. 57,3 % акций «Сегежабумпрома» купила американская компания «Stratton Group», сначала наполовину, а с 1997 г. полностью принадлежащая шведскому концерну «AssiDoman».

Осенью 1996 г. правительство обсуждает возможность акционирования «Рослеспрома». Именно в этот момент достигает пика «подковерная» борьба вокруг госкомпании, которая уже через полгода выплеснется на страницы газет волной компромата на Мирона Тацюна и главу «Росэкспортлеса» Валерия Казикаева.

Братский ЛПК в декабре анонсирует создание ФПГ «Братская лесохимическая компания» при участии «Рослеспрома», На-

ционального резервного банка, КПК «Коммунар», Байкальского ЦБК и ряда профильных предприятий. Проект проваливается, а концерн «Орими» прекращает стратегические инвестиции в лесопереработку.

В конце 1996 г. бастующий профсоюз УИЛПК останавливает производство на комбинате. Усть-Илимск входит в полосу депрессии; ситуация изменится лишь к 1999 г.

1997

28 января кризис добирается до ЦБК «Волга». Управленцы из Herlitz останавливают производство, аргументируя это тем, что «цена на бумагу АО «Волга» не покрывает издержки на ее производство». Herlitz публикует в западных СМИ объявление о продаже своей доли в ЦБК. Интерес проявляют лишь норвежская «Norske Skog» и «Континенталь-Инвест». Однако сделка не совершается, реальный покупатель на завод найдется лишь в 2001 г.

В марте 1997 г. Генпрокуратура РФ возбуждает уголовное дело против руководства «Рослеспрома» и «Росэкспортлеса» по фактам хищения бюджетных средств. Дело будет тянуться до 1999 г., но до суда так и не дойдет. Тем не менее оно завершит историю консолидации отрасли под государственным флагом. До следующей попытки консолидации отрасли – уже частным капиталом – остается четыре года.

В апреле 1997 г. Архангельский ЦБК ведет переговоры о завершении приватизации и реструктуризации бизнеса. В результате крупный пакет акций концентрируется у группы «Титан» Владимира Крупчака, значительные доли акций – у западных, в основном немецких, инвесторов.

В апреле кризис дошел до Братского ЛПК – крупнейшего в России производителя целлюлозы. Руководство БЛПК приняло решение уволить треть рабочих концерна и остановить часть производства.

В апреле 1997 года группа «Роспром», контролируемая «МЕНАТЕПОМ», подписывает договор с группой «Континенталь-Инвест» об управлении Усть-Илимским ЛПК. Пока речь не идет о получении группой Николая Макарова доли в собственности УИЛПК. Компании нужны антикризисное управление и договоренность с профсоюзом УИЛПК,

придерживающимся агрессивно-коммунистических взглядов на судьбу комбината.

В марте владелец 57 % акций АО «Сегежабумпром» шведский госконцерн «AssiDoman» из политических соображений останавливает производство на комбинате. Причиной называется «неповоротливость» правительств Карелии и России, отказывающихся «Сегежабумпрому» в предоставлении льгот на выплаты по долгам Пенсионному фонду и бюджету. Без этих льгот ЕБРР и международный фонд IFC отказывают «Сегежабумпрому» в инвесткредите на \$150 млн.

15 июля правительство Карелии пригрозило «AssiDoman» введением внешнего управления на «Сегежабумпроме». Завод, не работающий с марта, начинает производство вновь, но не на полную мощность. Тем временем выясняется, что значительную часть экспортных поставок «Сегежабумпрома», прекращенных с марта, уже перехватили европейские подразделения «AssiDoman».

В ноябре компания «Nimonor Investments Ltd.», организованная группой частных западных инвесторов, в том числе совладельцем гонконгской строительной корпорации Ниной Ванг, покупает у Комитета по управлению государственным имуществом (КУГИ) Ленинградской области 87 % акций Выборгского ЦБК за \$32 млн.

В декабре менеджмент «AssiDoman» окончательно прекращает работу на «Сегежабумпроме», останавливает производственные мощности и покидает в полном составе комбинат. Пакет акций ЦБК шведы позже продадут Сегежской управляющей компании, созданной 30 российскими менеджерами «Сегежабумпрома».

1998

В январе «Nimonor» объявляет о намерении сократить персонал Выборгского ЦБК на тысячу человек (более 40 %). В ответ профсоюзный комитет ВЦБК организует рабочие дружины во главе с начальником охраны комбината Осипом Кикибушем, которые с 1 февраля блокируют доступ представителям «Nimonor» на комбинат. «Nimonor» заявляет о том, что на предприятии вместо производства бумаги занимаются незаконным розливом водки. Трудовой коллектив требует от КУГИ Ле-

нинградской области расторжения договора с Nimonor о продаже комбината. В начале 1998 г. «Титан» проводит на Архангельском ЦБК реорганизацию организационно-управленческой структуры комбината. Образованы два открытых акционерных общества – «Архангельский ЦБК», ответственное за производство, и «Архбум», в функции которого входят снабжение ЦБК сырьем и сбыт готовой продукции.

В июне представители Выборгской целлюлозно-бумажной компании, организованной «Nimonor» для управления Выборгским ЦБК, предпринимают одну из самых оригинальных попыток штурма заблокированного комбината. На территорию комбината садится арендованный «Nimonor» вертолет с охранниками и менеджерами компании. Стачком ВЦБК успешно отбивает атаку, после чего объявляет ЦБК «народным предприятием», регистрируя соответствующее юридическое лицо в Регистрационной палате.

В августе шведская «Tetra Laval» продает крупнейшему в мире производителю бумаги американской корпорации International Paper контрольный пакет акций Светогорского ЦБК за \$300 млн. Себе «Tetra Laval» оставила 20 % акций ЦБК и производство упаковочной бумаги на комбинате.

В сентябре Арбитражный суд Карелии вводит внешнее управление на ОАО «Сегежабумпром». Внешним управляющим был назначен Василий Преминин.

В октябре 1998 г. владельцы ОАО УИЛПК – банки «МЕНАТЕП» и «Межкомбанк» создают на базе ОАО уже третье по счету юрлицо комбината. На этот раз в комбинат войдут лишь четыре производства УИЛПК из 20 оставшихся: остальные нерентабельны. 49 % акций вновь учреждаемого АО «Производственное объединение “Усть-Илимский лесопромышленный комплекс”» переданы кредиторам в счет погашения задолженности, 51 % передается в ЗАО «Промышленно-финансовый альянс». Управление новым ПО передано двум управляющим компаниям – «Континенталь-Инвесту» и «Межкоминвесту». «Межкоминвест» затем выйдет из игры, Межкомбанк продаст свои акции «Континенталь-Инвесту», и Николай Макаров получит комбинат в управление до 2001 г.

1999

В начале 1999 г. из «Сегежабумпрома» производственные активы выделяются в ОАО «Сегежский ЦБК», которое переходит под контроль «Сегежабумпрома» и Сегежской управляющей компании. Его генеральным директором становится Василий Преминин.

В апреле 1999 г. компания «Pim Pulp Enterprise» приобрела на аукционе госпакет (23,7 % акций) «Братсккомплексхолдинга» и вскоре довела свой пакет акций до 75 %. Владельцы, среди которых концерн «Орими», в депрессивное предприятие не верили и бумаги БЛПК продали почти без торга. Ряд активов «Братсккомплексхолдинга» был переведен в ОАО «Целлюлозно-картонный комбинат» (ЦКК).

В мае компания «Nimono» перепродает свой пакет акций Выборгского ЦБК британской компании «Alcem UK Ltd.», совладельцем которой является крупный санкт-петербургский предприниматель Александр Сабадаш.

Представители ЦБК во главе с «народным директором» Александром Ванториним отказались допустить на территорию комбината нового инвестора.

9 июля Александр Сабадаш в сопровождении судебного пристава, милиции и службы охраны контролируемого им ЗАО «АФБ-2» попытался взять власть на Выборгском ЦБК. Бизнесмен был избит рабочими, СМИ впервые заговорили о «революционном опыте» выборгских рабочих, которые своими действиями поставили под сомнение возможность защиты частной собственности в России.

В июле 1999 г. «МЕНАТЕП» выставляет свои активы в Усть-Илимском ЛПК на продажу. К 2000 году они достанутся «Континенталь-Инвесту» и компании «Энергопром» Дмитрия Босова.

Летом 1999 г. Светогорский ЦБК осуществил давнюю мечту корпорации «Хегох» – начал выпуск офисной бумаги под маркой «Хегох Office». «Хегох» пытался наладить производство этой продукции в России на различных ЦБК страны начиная с 1989 года.

13 октября 1999 года судебные приставы и подразделение МВД «Тайфун», специализирующееся на подавлении тюремных бунтов,

попытались взять Выборгский ЦБК штурмом. Однако «народное предприятие» оказало им сопротивление. Александр Ванторин вылетел в Москву для встречи с премьер-министром Владимиром Путиным (встреча не состоялась), а по распоряжению заместителя министра юстиции Эдуарда Ренова возврат прав собственникам комбината был остановлен.

2000

В начале января Александр Сабадаш, как истинный капиталист, решает проблему Выборгского ЦБК деньгами. Он договаривается с руководством профсоюза, захватившего ЦБК, и организует компанию «Выборгская целлюлоза», которая принимает на работу бунтующих и поэтому не получающих зарплату сотрудников ЦБК, выплачивая им по тысяче рублей аванса. Деньги оказались сильнее прокоммунистической пропаганды организаторов «народного предприятия».

6 января правительство включило ОАО «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат» в перечень акционерных обществ, стратегически важных для экономики.

48,99 % акций ЦБК, согласно распоряжению кабинета министров, не подлежат приватизации. Вновь появляется информация о разработке проекта реконструкции Байкальского ЦБК, чего с конца 80-х требуют экологические организации: комбинат сильно загрязняет Байкал. Впрочем, окончательно реконструкция самого проблемного с экологической точки зрения ЦБК страны до сих пор не утверждена.

С начала 2000 г. все крупные ЦБК и ЛПК страны возвращаются к идее создания на своей базе холдингов, в которые помимо перерабатывающих предприятий входили бы лесодобывающие структуры и компании-лесопользователи. Обретению сырьевой базы будет посвящен практически весь 2000 г., который оказался на удивление мирным и спокойным. Кроме того, улучшающаяся с конца 1999 г. конъюнктура на экспортном рынке и рынке упаковки внутри России дает комбинатам реальную возможность осуществлять серьезные инвестиции в собственное техническое перевооружение.

В мае 2000 г. между ОАО «Сегежабумпром» и его кредиторами подписано мировое

соглашение, утвержденное Арбитражным судом Карелии. Процедура внешнего управления и дело о банкротстве прекращены.

В конце 2000 г. среди лесозэкспортеров России возникает проблема несертифицированного международными стандартами пользования лесами на территории страны. Ряд экспортеров Архангельской области были вынуждены вместо Великобритании поставлять лес в Египет с двукратной потерей прибыли: английские потребители покупать несертифицированный лес отказывались. Чуть позже крупнейший покупатель газетной бумаги АО «Волга» медиаконцерн «Axel Springer» также потребовал сертификации поставок. В итоге промышленники северо-запада были вынуждены начать дорогостоящую процедуру сертификации, которая позволяла им остаться на мировом рынке. Среди них «Концерн ЛЕМО» (Санкт-Петербург), АО «Архбум», АО «Волга», «Вологдалеспром», «Pim Pulp».

2001

21 марта «Herlitz» объявляет о том, что готова окончательно уйти с АО «Волга» (Балахнинский ЦБК). На контроль над компанией претендуют «Альфа-групп» и «Pim Pulp». Побеждает «Альфа».

В апреле группа «Pim Pulp» отстраняет от руководства АО «Целлюлозно-картонный комбинат» (ЦКК) в Братске Георгия Трифонова, который остается гендиректором «Братсккомплексхолдинга».

В июне ОАО «Красноярский ЦБК» было признано банкротом. На ЦБК было введено конкурсное управление сроком на один год. Борьба за ЦБК с кредиторами ни шатко ни валко будет идти до конца 2001 г., когда контроль над комбинатом получают представители «Альфа-групп». Впрочем, пока передел собственности на комбинате не завершен.

В начале лета группа «Континенталь-Инвест» начинает неофициальные переговоры о продаже акций Усть-Илимского ЛПК группе «Pim Pulp». Этим остаются недовольны совладельцы УИЛПК из группы «Энергопром». В ходе конфликта «Энергопром» отстраняется от сбыта продукции УИЛПК.

21 августа представители Минпромнауки заявляют о возможности приватизации госпакета (49 % акций) АО «Байкальский

ЦБК». Существовали мнения о том, что приватизацию подталкивают структуры, близкие к ИПГ «Сибал». Зачем ей БЦБК, неизвестно никому: активов в лесной отрасли у нее пока нет.

27 августа по инициативе мэра Усть-Илимска Сергея Дорошки был созван совет директоров Усть-Илимского ЛПК, который отстраняет ООО «Континентал Интернешнл» – дочернее предприятие «Континенталь-Инвеста» – от управления АО. Николай Макаров отстраняется от руководства ЛПК. Его место занимает Максим Авдеев, гендиректор компании «Энергопром». Перехват управления достигнут с помощью гендиректора ООО «Континентал Интернешнл» Николая Илюнина, который прилетел в Усть-Илимск на одном чартере с командой «Энергопрома».

25 сентября «Континенталь-Инвест» восстанавливает контроль над УИЛПК при помощи команды сотрудников ИПГ «Сибал» и начинает переговоры с тремя потенциальными покупателями акций УИЛПК – «Сибалом», «Энергопромом» и «Pim Pulp». Достигнут феерический результат. Николай Макаров подписывает два договора о продаже своей доли в компании «Промышленно-финансовый альянс» (владелец 51 % акций УИЛПК) – со структурами ИПГ «Сибал» и с «Pim Pulp». Однако руководство комбинатом уже перехвачено командой Якова Ицкова, экс-руководителя одного из подразделений «Сибала» – компании «Союзметаллресурс». Дмитрий Босов продает акции УИЛПК, принадлежащие «Энергопрому», структурам, близким к «Континенталь-Инвесту» и «Сибалу».

21 декабря с помощью судебных приставов власть на Братском ЛПК перехватывает команда, близкая к «Сибалу» и «Континенталь-Инвесту». Формально речь идет о восстановлении полномочий Георгия Трифонова, который заявляет о необходимости объединения ЦКК и «Братсккомплексхолдинга» и под этим флагом переориентирует сбыт БЛПК на структуры, близкие к «Континенталь-Инвесту». Предполагается, что таким образом «Сибал» начинает формирование своего холдинга в лесной отрасли и этот холдинг должен стать крупнейшим в России – вместо холдинга «Pim Pulp», которому грозит агрессивное поглощение.

В конце 2001 г. «Архбум» и Архангельский ЦБК принимают стратегическое решение о присоединении к «Pim Pulp» в обмен на 25 % его акций и о формировании единой компании, которая по своей мощи может поспорить с «Рослеспромом» образца 1995 г. Впрочем, судьба «Pim Pulp» остается неизвестной. Ходят слухи, что за захватом Братского ЛПК последует атака «Сибала» и «Континенталь-Инвеста» на Котласский ЦБК.

28 декабря 2001 г. на переговорах с Захаром Смушкиным, главой «Pim Pulp», Олег Дерипаска, президент ИПГ «Сибал», предлагает выкупить у владельцев контрольный пакет акций Усть-Илимского ЛПК. Таким образом, захват УИЛПК и БЛПК, который воспринимался как подготовка к объединению всех прибыльных активов в лесной отрасли под руководством «Сибала», на поверку оказывается лишь предпродажной подготовкой Усть-Илимского ЛПК. «Pim Pulp» принимает условия сделки, в результате которой, как ожидается, он станет одним из крупнейших игроков мирового целлюлозно-бумажного рынка. Но это произойдет уже в следующем году. Если говорить о том, что происходило в российской лесной и целлюлозно-бумажной промышленности в последние четыре года, то наиболее важными станут изменения в практике корпоративного управления компаниями, начало создания вертикально интегрированных холдингов той или иной специализации, а также поиск инвесторами не занятых в силу исторических причин ниш в лесном бизнесе.

Изменения в области корпоративного управления в лесной промышленности – следствие не только «лесных войн», но и увеличения «горизонта планирования» крупными игроками своего бизнеса. До 2000 г. подавляющее число российских лесопромышленников больше ориентировалось на принцип «живем сегодня, а не завтра».

И хотя до принятых, например, в нефтяных компаниях принципов корпоративного управления в лесной отрасли далеко, прозрачность, строгая корпоративная отчетность, разделение полномочий менеджмента считаются ориентирами для большей части менеджерских команд. При этом, несмотря на то, что большая часть лесопромышленных

компаний – акционерные общества, это можно считать формальностью: де-факто менеджмент в них мало отделен от собственников.

Разработка долгосрочных планов в ИП, АЦБК, КМ, «Сегежабумпроме» потребовала создания ими холдингов, объединяющих лесоперерабатывающие предприятия и поставщиков сырья. В основном процесс свелся к активной покупке крупными игроками леспромпхозов в регионах, поставляющих им сырье.

Впрочем, в случае с карельским Сегежским ЦБК компания создала с участием местных властей холдинг с крупнейшим лесозэкспортером – «Кареллеспромом». Однако крупными игроками в сфере экспорта леса лесопереработчики в целом не стали. В основном они ограничились обеспечением себя собственным сырьем на 40–70 %, а остальное сырье по-прежнему закупают на рынке. Наконец, многие инвесторы – и российские, и иностранные – в течение 2000–2004 гг. начали более или менее активно искать незанятые ниши на российском рынке лесопереработки и достигли в этом существенных успехов. Так, группа «Свеза» при участии «Северстали» и объединение двух региональных производителей фанеры и ДСП под общим брэндом «United Panel Group» устроили настоящую революцию на рынке плитных материалов.

Параллельно с этим шведские инвесторы из группы «Krona» начали инвестиционную программу стоимостью более \$400 млн в области производства фанеры. Отметим, что с начала 1990-х гг. экспорт этих материалов из России был незначителен. Российские компании активно развивали и производство картонной упаковки. Так, партнер АЦБК группа «Титан» создала упаковочный холдинг, построила новый завод в Подмосковье, начала проект по увеличению переработки макулатуры в Московском регионе.

Менее крупные проекты в лесной отрасли – стоимостью \$1–15 млн – уже исчисляются сотнями. Несмотря на все войны, частные вложения в локальные проекты в лесоперерабатывающей отрасли стали совершенно рядовым явлением, а инвестиционное оживление привело к реанимации почти всех существовавших во времена СССР бумажных, целлюлозных и деревообрабатывающих предприятий.

Наконец, определенные подвижки наблюдаются и в сфере, считающейся самой проблемной во всей лесной отрасли, – в лесозаготовке и экспорте леса.

Несмотря на то что большая часть российских лесозаготовителей до сих пор находятся в тени, это не мешает им очень осторожно, мелкими шажками двигаться «на свет». Так, один из крупнейших лесозаготовщиков на Дальнем Востоке индонезийская компания «Римбунан хиджау» в 2003 г. начала переговоры с Иркутской областью о начале работы в регионе (до этого индонезийцы валили лес лишь в Хабаровском крае). Эта же структура постепенно выкупает активы, контролировавшиеся в регионе американским холдингом «Pioneer Group». Да и российские лесозаготовители, такие как «Запкареллеспром», «Вологодские лесопромышленники», «Рос ДВ», «Приморсклеспром», постепенно стремятся к публичности. В любом случае доля экспорта круглого леса, а тем более доля контрабандного леса в суммарном фактическом экспорте российского лесопромышленного комплекса медленно, но последовательно падала.

Однако от лесной отрасли и государство и инвесторы ждали большего, чем просто свободное развитие.

Теоретические выкладки, которые используются в концепциях развития лесной отрасли в последние пять лет, рассматривали в качестве причин будущего «взрывного роста» три разных источника. Первый – уже упоминавшийся межотраслевой переток капитала. Второй – масштабные инвестиции западных, прежде всего финских и шведских, профильных инвесторов в российские активы. Третий – вложения государства в строительство новых мощностей в лесозаготовке и лесопереработке.

На практике все оказалось несколько не так. Крупнейшими иностранными вложениями в имиджево важную для России целлюлозную подотрасль стала продажа менеджментом Сыктывкарского ЛПК своих бумаг в компании корпорации «Neusiedler» (подразделению международного концерна «Anglo-American»).

Однако «Neusiedler», несмотря на все расчеты, в основном заинтересовался в Рос-

сии огромным незаполненным рынком бумаги. А новые крупные ЦБК в России пока не выразили желания строить ни «M-Real», ни «SCA», ни «UPM-Kymmene», ни «Stora Enso», ни уже владеющий АО «Светогорск» «International Paper». Эти компании все больше интересуются, возможно, и не такими огромными, но важными для российского рынка подотраслями, как производство бумаги, санитарно-гигиенических изделий, картона и гофротары, но никак не масштабным изготовлением целлюлозы в объемах, достигнутых на «детях комсомольскихстроек» в Приангарье – Усть-Илимском и Братском ЦБК.

Относительно мирным приходом в лесную отрасль в рамках межотраслевого перетока стали уже упоминавшиеся инвестиции «Северстали», а также «Альфа-групп». Однако «Альфа-Эко», которая пришла в лесной бизнес в 2001 г., купив у альянса инвесторов «Nizhny Newsprint» контрольный пакет акций крупнейшего производителя газетной бумаги Балахнинского ЦБК (АО «Волга»), в отрасли закрепиться не собиралась. После покупки в комплект к нему ряда активов в Пермской области «Альфа-Эко» неожиданно начала распродажу лесного бизнеса, фиксируя прибыль. В итоге «Волга» досталась компании «Ост-Вест групп», близкой к нынешнему менеджменту комбината.

Наконец, несмотря на множество разговоров вокруг возможных многомиллиардных инвестиций в лесную отрасль со стороны государства, до реальных бюджетных потоков дело так и не дошло. Правда, периодически разнообразные представители правительства России возобновляют разговоры о том, что крупный ЦБК в Тюмени (комбинат-гигант по производству бумаги в Костромской области, ЛПК в Красноярске, ЦБК на Сахалине) все-таки будет построен, государство готово инвестировать в него и собственные лесные активы, и давать ему налоговые льготы, и даже выделять «живые» деньги.

Но поскольку эти планы напрямую увязаны с «наполеоновскими» планами правительства по реформированию лесной отрасли, а реформа – дело небыстрое, то в ближайшие несколько лет нынешним игрокам придется развивать отрасль собственными силами.

Обыденников В.И., Коротков С.А., Разживин В.А. СЕРТИФИКАЦИЯ ЛЕСОВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ КАК ЭЛЕМЕНТ ЛЕСОУПРАВЛЕНИЯ.

В статье приведена оценка масштабов лесной сертификации в мире на середину 2006 года. Рассмотрены особенности сертификации лесоводственных систем.

Obydennikov V.I., Korotkov S.A., Razzhivin V.A. CERTIFICATION OF FORESTRY SYSTEM AS AN ELEMENT ON FORESTRY MANAGEMENT.

Assessment of scale of forest certification in the world as of the middle 2006 is given in the article. Characteristics of certification of forestry systems are considered.

Чумаченко С.И., Степаненко И.И. ВЛИЯНИЕ КЛАССОВ РОСТА И РАЗМЕРОВ КРОН ДЕРЕВЬЕВ НА СТРОЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ С ВНЕСЕНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ.

В статье показано влияние классов роста и размера кроны деревьев на радиальный прирост и структуру древесины в опытах с однократным внесением минеральных удобрений.

Chumachenko S.I., Stepanenko I.I. THE INFLUENCE OF GROWTH CLASSES TREES AND SIZES CROWS TREES ON THE PINE WOOD STRUCTURE IN EXPERIMENTS WITH INTENSIVE FOREST MANAGEMENT.

The influence of size crowns of pine (*Pinus sylvestris*) on trees of different growth categories on the radial increment and wood structure in experiments with single mineral fertilizers application is presented.

Кулаева Н.Ю. НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ КРОН ДРЕВЕСНЫХ И КУСТАРНИКОВЫХ ПОРОД, СОСТАВЛЯЮЩИХ ШУМОЗАЩИТНЫЕ ПОЛОСЫ.

В статье рассматриваются вопросы шумового загрязнения окружающей среды. Исследования по определению ширины шумового барьера, плотности кроны зеленых насаждений и рекомендации по дендрологическому составу шумозащитных полос.

Kulaeva N.U. THE NATURAL STUDY OF THE TOP CROWN DENSITY OF THE ARBOHERAL AND BUSH SPECIES FORMING THE NOISE PROTECTION LINES.

The article considers the problems of the environment noise contamination. The noise barrier width determination, the green plants top crown density were studied and the recommendations on the dendrological composition of the noise protection lines were given.

Шарыгин А.М. ВЛИЯНИЕ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ЛИСТВЕННОГО МОЛОДНЯКА НА РОСТ САМОСЕВА СОСНЫ НА ГОРЕЛЬНИКАХ В УСЛОВИЯХ БРЯНСКОГО ЛЕСНОГО МАССИВА.

Исследованы особенности воздействия живого напочвенного покрова и лиственного молодняка на прирост самосева сосны в четырехлетних горельниках сосняков Брянского лесного массива, пройденных пожаром. Установлено, что воздействие живого напочвенного покрова на прирост самосева сосны в свежих и влажных условиях на четвертый год после пожара ослабевает. Его влияние сохраняется в условиях с недостаточным и избыточным увлажнением.

Sharygin A.M. INFLUENCE LIVE GROUND COVER AND LEAFY SAPLINGS ON GROWING UNDERGROWTH PINES ON POSTFIRE FOREST IN CONDITION BRYANSK'S TIMBER ARRAY.

The Explored particularities of the influence live ground cover and leafy saplings on increase undergrowth pines in four-year postfire forest pine forest Bryansk's timber array. It is installed that

influence live ground cover on increase undergrowth pines in fresh and humid condition for the fourth year after fire weakens. His influence is saved in condition with insufficient and surplus moistening.

Ольхина Е.С. РОСТ ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНОВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА И ЛЕСАХ ЗЕЛЕННОЙ ЗОНЫ.

В статье приведены результаты исследования роста побегов, хвои и ствола ели европейской под влиянием урбанизированной среды. Исследования проводились в городских лесах и лесах зеленой зоны г. Петрозаводска.

Oikhina E.S. THE GROWTH OF VEGETATIONAL ORGANS OF NORWAY SPRUCE IN URBAN CONDITIONS AND FORESTS OF GREEN ZONE.

The results of investigation of growth branches, needles and stems of Norway spruce under influence of urban environment are given in the article. The investigations were conducted in urban forests and forests of green zone.

Жиглова С.В. РЕКРЕАЦИОННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И ВЫСОТЫ САМШИТОВОГО ПОДЛЕСКА В СУБТРОПИЧЕСКИХ БУКОВЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ.

Приводятся результаты влияния рекреационных нагрузок на высоту и численность самшитового подлеска в субтропических буковых биогеноценозах при различном составе и сомкнутости древостоев.

Zhiglova S.V. RECREATIONAL TRANSFORMATION HEIGHT AND ABUNDANCE OF SPECIES UNDER BRUSH FROM BUXUS IN SUBTROPICAL BEECH BIOGEOCENOSES.

The effects results influencing recreational loads on height and abundance of species underbrush from buxus in subtropical beech biogeocenoses by at different composition and closeness a treesstands.

Чижов Б.Е., Кибиш И.В., Агафонов Е.Ю. ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ОСИНЫ КОРНЕВЫМИ ОТПРЫСКАМИ В ТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.

В статье представлены результаты изучения возобновления осины корневыми отпрысками на вырубках в таежной зоне Западной Сибири. Приведены экспериментальные данные, характеризующие возобновление осины в разных группах типов леса, густота появившихся отпрысков на разном удалении от пней вырубленных деревьев спустя 2–4 года после рубки, интенсивность роста осины в первое десятилетие.

Chizhov B.E., Khibish I.V., Agafonov E.U. ASPEN ROOT SPROUT REGENERATION IN TAIGA FORESTS IN WEST SIBERIA.

The article gives results of Aspen root sprout regeneration studies in cutover areas in West Siberia taiga zone. Given is pilot data to highlight Aspen regeneration in different forest types, sprout density at various distance from felled trees stumps 2–4 years after logging, Aspen growth intensity during the 1st decade and comparative efficiency of mechanical and chemical Aspen drying to prevent its root sprout regeneration in cutovers.

Мельник П.Г., Савосько С.В., Станко Я.Н., Дюжина И.А., Степанова О.В. ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.

Приводятся результаты продуктивности и физико-механических свойств древесины экотипов сосны обыкновенной, в географических культурах, заложенных весной 1978 г.

Е.П. Проказиным в Лев-Толстовском лесничестве Дзержинского лесхоза Калужской области. Установлено, что по продуктивности лидировали Волгоградский – 306 м³/га, Гродненский – 250 м³/га, Самарский – 249 м³/га и Минский – 243 м³/га экотипы. Худшими результатами запаса стволовой древесины характеризуется сосна из Якутии – 30 м³/га.

Melnik P.G., Savosko S.V., Stanko Y.N., Duzhina I.A., Stepanova O.V. GEOGRAPHICAL VARIABILITY OF PRODUCTIVITY AND PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF COMMON PINE WOOD.

The results of productivity and physical-mechanical properties of wood of common pine ecotypes in geographical cultures planted in 1978 by E.P. Prokazin in Lev-Tolstovskiy forest area, Dzerzhinskiy forestry, Kaluzhskaya region are shown. It is estimated that ecotypes of Volgogradsk – 306 m³/ha, Grodnensk – 250 m³/ha, Samara – 249 m³/ha and Minsk – 243 m³/ha have leded according to productivity. Pine from Yakutia is characterized to have the worst stock of stem wood – 30 m³/ha.

Бобринев В.П., Пак Л.Н. РОСТ 30-ЛЕТНИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР ЛИСТВЕННИЦЫ В ЧИТИНСКОЙ ОБЛАСТИ.

Анализируется 30-летний опыт посадки географических культур лиственницы. Приводятся показатели приживаемости, динамики роста и сохранности интродуцированных культур.

Bobrinev V.P., Pak L.N. THE GROWING 30-YEAR GEOGRAPHICAL CULTURES OF THE LARCH IN CHITA AREA.

30-Year experience of the boarding the geographical cultures of the larch is Analysed. Happen to the factors speakers growing and safety of the cultures.

Конашова С.И. СОСТОЯНИЕ И РОСТ ДУБРАВ В ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.

В восточно-европейской части России за последние три десятилетия значительно сократились площади дубовых лесов, процесс их деградации продолжается. Вследствие влияния антропогенных и техногенных факторов, увеличения доли старовозрастных насаждений снизились показатели роста, продуктивность и жизнестойчивость дубовых лесов.

Konashova S.I. STATE AND GROWTH FOR OAK FORESTS IN THE EAST – EUROPEAN PART OF RUSSIA.

During the last three decades the areas under oak forests in the East-European part of Russia have reduced, the process of their degradation is going on. Due to the influence of anthropogenic and technogenic factors, to the increase in the share of old-age plantings the productivity and viability of oak forests have lowered.

Харченко Н.А., Харченко Н.Н., Миронов Д.С. ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ЛОЖНОГО ДУБОВОГО ТРУТОВИКА В ДУБРАВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ.

Исследованиями авторов установлено, что пораженность древостоев дуба грибом {*Phellinus robustus* (Karst.) Bourd. et Galz.) может служить объективным показателем уровня их биологической устойчивости. Количество плодовых тел гриба на стволе определяет возраст гнили. Стволовой гнилью поражаются деревья, отстающие в росте, медленно очищающиеся от сучьев, имеющие незарастающие комлевые дупла при порослевом возобновлении.

Kharchenko N.A., Kharchenko N.N., Mironov D.S. FEATURES OF ECOLOGY OF A PHELLINUS ROBUSTUS IN OAK FORESTS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION.

By researches of authors it is established, that infection rate of oak forests by *Phellinus robustus* (Karst.) Bourd. et Galz. can serve as an objective parameter of a level of their biological

resistance. The number of carposomes of a fungus on a fulcrum shows age of rot. The arbors which are lagging behind in body height, slowly refining from the twigs, having not overgrowing bottom hollows usually infest rot of a fulcrum.

Адамов М.Г., Абдурахманов А.А., Юсупов Г.Д., Гаджиева А.М., Адамова Р.М. ИНТРОДУКЦИЯ И РЕГЕНЕРАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ДЕНДРОФЛОРЫ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ТУМАНА.

Изложены результаты интродукции 160 видов из 44 семейств и изучения регенерационных возможностей некоторых видов дендрофлоры при зеленом черенковании в условиях искусственного тумана. Результаты НИР отмечены на международном форуме золотым дипломом – 2006.

Adamov M.G., Abdurakhmanov A.A., Ysupov G.D., Gadjeva A.M., Adamova R.M. INTRODUCTION AND REGENERATIONAL OPPORBINITIES OF SOME SPECIES OF DEDROFLORA IN CONDITIONS OF ARTIFICIAL MIST.

The results of introduction of 160 species from 44 families and studies of regenerative opportunities of some species of dendroflora by green grafting in conditions of artificial mist have been stated. The part of SJN results has been marked of the International Forum by Golden Diploma of 2006.

Устюжанин А.В. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГУСТОТЫ МОЛОДЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА БЫВШИХ ВЫРУБКАХ.

В статье рассмотрена динамика густоты молодых насаждений в зависимости от способа лесовосстановления. Отмечено влияние рубок ухода на густоту насаждений.

Ustiuzhanin A.V. THE FORMING CHARACTERISTICS OF YOUNG STAND THICKNESS IN THE LATE CLEARED SPACES.

The present article examines the dynamics of young stand thickness depending on reforestation method. The cleaning cuttings influence on stand thickness is marked.

Паничева Д.М., Шелуха В.П. ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЗОНЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЩЕЛОЧНОГО ТИПА.

Сосновые леса, произрастающие в зонах промышленного воздействия щелочного типа, испытывают хронический стресс. Влияние его на состояние древостоев связано с уровнем воздействия эмиссий. Наибольший темп ослабления и ухудшения состояния сосняков наблюдается в зоне сильного воздействия – за 14 лет 72 % деревьев ухудшили свое состояние.

Panicheva D.M., Sheluho V.P. TRACK RECORD OF THE CONDITION TREE PINES, SPROUTING IN ZONE OF THE CHRONIC INDUSTRIAL INFLUENCE OF THE ALKALINE TYPE.

The pine woods growing in zones of industrial influence of alkaline type test chronic stress. Its influence on a condition of forest stands is connected with a level of influence of issues. The greatest rate of easing and deterioration of a condition of pine forests is observed in a zone of strong influence – for 14 years of 72 % of trees have worsened the condition.

Матвеев Д.Е. АДВЕНТИВНЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.

Изучены основные моменты инвазии адвентивных видов на территории Волгоградской области с указанием типичных представителей и их краткой характеристикой.

Matveev D.E. ADVENTIVE KINDS OF PLANTS IN FOREST COMMUNITIES OF THE VOLGOGRAD REGION.

The basic moments invasion adventive kinds in territory of the Volgograd region with the instruction of typical representatives and their brief characteristic are studied.

Рунова Е.М., Савченкова В.А. ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ С ЦЕЛЮ МАКСИМАЛЬНОГО СОХРАНЕНИЯ ПОДРОСТА.

Выявлены факторы, влияющие на сохранность подроста при сплошных рубках в условиях Восточной Сибири.

Runova E.M., Savchenkova V.A. SUBSTANTIATION OF ECOLOGICALLY SAFE TECHNOLOGIES OF CABINS OF THE MAIN USING WITH THE PURPOSE OF THE MAXIMAL PRESERVATION OF YOUNG GENERATION OF A WOOD.

The factors influencing safety of young generation of a wood at continuous cabins in conditions of Eastern Siberia are revealed.

Калинин А.А. ОБЗОР СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ОТХОДОВ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

При существующей практике сплошных рубок затраты на заготовку малоценных пород древесины не только не окупаются, но и увеличивают себестоимость заготовки ценных пород. Решение комплекса задач позволит обеспечить регионы необходимым сырьем и энергией при снижении уровня влияния отходов производства на окружающую среду и здоровье человека.

Kalinin A.A. WAYS OF USING AND PROCESSING OF JUNK WOOD AND WASTE WOOD OF THE FOREST ENTERPRISES.

Proper processing of tree-remnants, branchwood, chatwood, blocks during the felling, and proper using of coom, wood chippingsand and so on at the timber processing area will open ways for: raising revenues by composition materials production; solving the energy problem; new work places at the composition materials` production areas; expanding the terms of carrying-away of timber from cut-over lands by packing of the tree-remnants, chatwood, branchwood into the runway.

Якимович С.Б., Тетерина М.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ ОБРАБАТЫВАЮЩЕ-ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕЩАЕМЫМИ ЗАПАСАМИ.

В статье представлена модель многофазной системы массового обслуживания для оптимизации параметров обрабатывающе-транспортных систем лесозаготовок, реализующих стохастический технологический процесс накопления и потребления перемещаемого запаса.

Yakimovich S.B., Teterina M.A. MODELING STOCHASTIC PROCESSING-TRANSPORT SYSTEMS With MOVEABLE SPARE.

The model of the sequential multiphase system for harvesting processing-transporting systems, making stochastic accumulation and consuming of transporting stock technology process, parameters optimization is done in the paper.

Захаренкова И.А. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛЕСОПИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ.

Статья посвящена рассмотрению проблем и перспектив развития лесопильного производства как одной из ведущих подотраслей деревообрабатывающей промышленности Северо-

Запада России. В статье представлена динамика работы лесопильных предприятий региона за период 1998–2005 гг., выделены основные причины успеха и неудач деятельности предприятий лесопиления за указанный период, рассмотрены современные тенденции развития.

Zakharenkova I.A. STATUS AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF SAWMILLING INDUSTRY OF THE RUSSIA'S NORTH-WESTERN REGION.

The article discusses problems and development prospects of sawmills like the one of leading branch of the Russia's North-Western region woodworking industry. The article considers the dynamics of the regions sawmills work during 1998–2005 years, allocates the main reasons of the sawmills activity successes and reverses during indicated period, examines the modern development prospects.

Слинченков А.Н. ВЫБОР МАШИН ДЛЯ СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ НУЖД ЭНЕРГЕТИКИ.

В статье приведена последовательность расчетов на ЭВМ показателей экономической доступности лесосечных отходов для использования в биоэнергетике. В комплекс программ вводятся данные, которые легко собираются на лесосеке, и в результате расчетов получаются экономические показатели эффективности переработки лесосечных отходов.

Slinchenkov A. N. CHOOSING OF MACHINES FOR COLLECTING AND TREATMENT OF LOGGING WASTES FOR THE NEEDS OF ENERGETICS.

The article deals with the sequence of computer calculations of the economic availability index of logging wastes for using it in bioenergetics. The data which were collected at the logging site are introduced into programmes and as a result we get economic index of effectiveness treatment of logging wastes.

Матросов А.В., Макуев В.А. АЛГОРИТМ ВЫБОРА И ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ.

В статье приведена методика построения имитационного алгоритма задачи выбора и оценки эффективности функционирования системы лесосечных машин при сортиментной технологии. Рассмотрены вопросы реализации алгоритма при разработке комплекса программ на ЭВМ.

Matrosov A.V., Makuev V.A. ALGORITHM OF CHOOSING AND EVALUATIONS OF EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM OF LOGGING MACHINES AND ITS REALIZATION.

The article deals with the methods of creating imitation algorithm of functioning logging machines at sorting technology. The problems of carrying out this algorithm while working out this complex of computer programmes are considered.

Чернякевич В.И. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ.

Определены напряжения, возникающие в зоне контакта дорожных железобетонных плит и грунтового основания. Приведены формулы для их расчета и график распределения по длине плиты. Предлагается к использованию на лесных дорогах многослойное дорожное покрытие из железобетонных плит.

Teherniakevitch V.I. DISTRIBUTION OF CONTACT FORCES IN THE SOIL FOUNDATION OF ROADS FROM REINFORCED CONCRETE SLABS.

A forces in zone of contact road reinforced concrete slabs and soil foundation are calculated. The formulas for calculation of contact forces and the figure of their distribution along the length of the slab are also a given. Multilayer road cover from reinforced concrete slabs for forest roads is based.

Нахаев З.Н. К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ГРУЗОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.

В статье рассмотрены организационные принципы управления транспортно-технологическими связями лесных предприятий на основе логистики.

Nahaev Z.N. TO A QUESTION OF PERFECTION OF METHODS OF MANAGEMENT OF CARGO PROCESSES AT THE WOOD ENTERPRISES.

In article organizational principles of management transport – are considered by technological connections of the wood enterprises on the basis of logistic.

Пошарников Ф.В., Серебрянский А.И. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТРЕНИЯ В ШАРНИРАХ ЛЕСНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ.

Определена область применения шарнирных соединений в манипуляторном технологическом оборудовании лесных машин. Проведен анализ применяющихся смазочных материалов. Указаны основные факторы, снижающие износостойкость деталей шарнирных соединений, одним из которых является температура трения. Предложена методика определения температуры трения в шарнирных соединениях с неметаллическим антифрикционным материалом и представлены результаты для шарниров манипуляторов лесозаготовительных машин.

Posharnikov F.V., Serebryanskiy A.I. THE METHODS AND RESULTS OF THE STUDIES OF THE TEMPERATURE OF THE FRICTION IN JOINT TIMBER MANIPULATOR.

The Certain application of the joint join in technological equipping the timber machines. The Organized analysis using lubricants. It Is Specified main factors, reducing wear capability of the details of the joint join, one of which is a temperature of the friction. The Offered methods of the theoretical determination of the temperature of the friction in joint join with not metallic material and are presented some results for joint manipulator timber machines.

Курьянов В.К., Бурмистрова О.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА.

Рассмотрена методика использования многофакторного эксперимента на примере исследований автомобиля КамАЗ-5320.

Kuriyanov V.K., Burmistrova O.N. THE STUDY OF THE INFLUENCE WORKING FACTOR ON PARAMETERS OF THE MOVING THE TIMBER TRUCK CONVOY.

The Considered methods of the use much factorial experiments on example of the studies of the car KamAZ-5320.

Азаров В.И., Кононов Г.Н., Чекунин Д.Б. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИОРГАНОСИЛОКСАНОВ В СВЕТЕ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.

Задачей исследования являлось установление ряда умозаключений, сделанных по предварительным данным с помощью исследований, проведенных косвенными и прямыми методами, а также установление возможности промышленного применения полиорганосилоксанов при производстве композиционных целлюлозно-полимерных материалов.

Azarov V.I., Kononov G.N., Chekunin D.B. THE STUDY OF POLYORGANOSILOXANS APPLICATION IN CELLULOSE POLYMER MATERIALS PRODUCTION USING ORGANOSILICON COMPOUNDS.

The aim of the study was analysis based on preliminary indirect and direct data, also estimation of possibility polyorganosiloxans commercial application with in cellulose polymer materials production.

Азаров В.И., Кононов Г.Н., Никитин А.А., Берсенева Е.С. ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ДЕКОРАТИВНЫХ БУМАГ НА ПРОЦЕСС ПРОПИТКИ ИХ РАСТВОРАМИ ОЛИГОМЕРОВ.

Представлено влияние свойств декоративных бумаг на процесс их пропитки композициями на основе аминокальдегидных олигомеров.

Azarov V.I., Kononov G.N., Nikitin A.A., Berseneva E.S. INFLUENCE OF PROPERTIES OF DECORATIVE PAPERS ON PROCESS OF IMPREGNATION BY THEIR SOLUTIONS OLIGOMEROV.

Influence of properties of decorative papers on process of their impregnation by compositions on a basis aminoal'degidnukh oligomerov is submitted.

Цветков В.Е., Мачнева О.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ХИМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПАРАФОРМА ПРИ СИНТЕЗЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ.

Рассмотрены процессы химической деструкции параформа под действием различных реагентов при синтезе карбаминоформальдегидных олигомеров.

Tsvetkov V.E., Machneva O.P. RESEARCH OF PROCESSES CHEMICAL DECOMPOSITION PARAFORMALDEHYDE AT SYNTHESIS UREA-FORMALDEHYDE RESIN.

Processes chemical decomposition paraformaldehyde under action of various reagents are considered at synthesis urea-formaldehyde resin.

Цветков В.Е., Якунькин А.А. СОЛИ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МОДИФИКАТОР, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ.

Изучено влияние солей органических кислот на свойства древесно-стружечных плит.

Tsvetkov V.E., Yakunkin A.A. SALTS OF ORGANIC ACIDS – THE EFFECTIVE MODIFIER USED FOR MANUFACTURE PARTICLEBOARD.

Influence of salts of organic acids on properties particleboard is investigated.

Абразумов В.В. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ОРИЕНТИРОВАННО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ.

Рассмотрены структурные особенности и свойства ориентированно-стружечных плит и сделаны выводы о влиянии их на режущие свойства инструмента при механической обработке и качество обработанной поверхности.

Abrazumov V.V. THE CONSTRUCTION AND CHARACTERISTIC ARE ORIENTED-PARTICLEBOARD.

They are considered structured particularities and characteristic is oriented-particleboard (OSB) and are made findings about influence them on cutting characteristic of the instrument under mechanical processing and quality processed to surfaces.

Абразумов В.В., Разуваев С.П., Толчеев А. ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ПЛИТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ХВОСТОВЫМИ ФРЕЗАМИ.

Рассмотрены особенности фрезерования плитных древесных композиционных материалов хвостовыми фрезами и их влияние на качество обработки и стойкость режущего инструмента.

Abrazumov V.V., Razuvaev S.P., Tolcheev A. PARTICULARITIES OF THE PROCESSING WOOD COMPOSITE MATERIAL TAIL MILLING CUTTER.

The considered particularities of the processing by milling cutter wood composite material tail milling cutter and their influence upon quality of the processing and stability of the cutting instrument.

Угрюмов С.А., Боровков Е.А., Щербаков А.Е. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННОЙ ФАНЕРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОСТРЫ ЛЬНА.

Приведены возможные пути рационального использования костры льна. Обосновано применение костры льна в производстве композиционной фанеры конструкционного назначения. Разработана блок-схема технологического процесса ее производства.

Ugryumov S.A., Borovkov E.A., Cherbakow A.E. DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL SEQUENCE OF MANUFACTURE OF COMPOSITE PLYWOOD WITH APPLICATION FIRES OF FLAX.

The possible ways of rational use fires of flax are given. The application fires of flax in manufacture of composite plywood of constructional purpose is proved. The block diagram of technological process of its manufacture is developed.

Попов В.М., Платонов А.Д., Иванов А.В., Шендриков М.А. СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ.

Предложена технология получения клееных изделий из древесины с повышенной прочностью. Путем обработки склеек из древесины в постоянном электрическом поле на стадии отверждения клея повышается на 25–30 % прочность клеевых соединений и значительно ускоряется процесс склеивания.

Popov V.M., Platonov A.D., Ivanov A.V., Shendrikov M.A. WAY OF MAKING GLUED WOOD OF HIGH STRENGTH.

The technology of getting glued wood of high strength is suggested. By processing of glued wood in electrostatic field at the glue hardening stage the strength of glued joints is increased in 25–30 % and the process of agglutination is considerably quickened.

Зварыгина С.Б., Карасова Т.И., Галан А.С. ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ В ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕБЕЛИ.

Исследованы функции элементов кровати при помощи функционально-стоимостного анализа

Zvarygina S.B., Karasova T.I., Galan A.S. ACTIVITY BASED ON COSTING IN DESIGN OF PROJECT TO FURNITURE.

Analysis functions for elements on bed by Activity Based on Costing.

Фоминов Г.В. НЫНЕШНЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОБЛИЦОВЫВАНИЯ СТРОГАНЫМ ШПОНОМ.

В статье представлены результаты исследования состояния вопроса облицовывания. Показаны основные тенденции развития вопроса и факторы, оказывающие влияние на процесс.

Fominov G.V. THE CURRENT STATE OF FACING WITH SLICED VENEER.

In close results of research of the question of facing with veneer. The main trends of development and the factors influencing on the process are presented in this article.

Владимирова Е.Г. ИЗУЧЕНИЕ КОРОБЛЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПОСЛЕ СУШКИ.

В данной работе описываются методы изучения покоробленности термически модифицированной древесины березы. Полученные результаты дают интересную картину значений и корреляции измеряемых параметров во время процесса сушки. Покоробленность продольная по пласти, покоробленность продольная по кромке, покоробленность поперечная и крыловатость досок часто вызывают множество проблем в строительной промышленности.

Vladimirova E.G. DISTORTIONS OF THERMALLY MODIFIED WOOD AFTER HEAT TREATMENT.

In this work, methods of studying distortions of thermally modified birch wood described. The method used is heat treatment. The results achieved give an interesting view for value and correlation of these birch wood parameters during the drying process. Spring, cup, bow and twist of sawn wood cause problems for the construction industry.

Зверев Н.В. СРАВНЕНИЕ ДВУХ АЛГОРИТМОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ В РАЗНЫХ ФАЗАХ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ.

Рассмотрены и реализованы два статистических алгоритма вычислений корреляционных функций векторной $U(1)$ модели элементарных частиц на четырехмерной решетке пространства-времени: метод гибридного Монте-Карло и двухшаговый мультибозонный алгоритм. Установлены соотношения для оптимальных параметров и характеристик каждого алгоритма.

Zverev N.V. A COMPARISON OF TWO ALGORITHMS FOR SIMULATIONS IN VARIOUS PHASES OF A MODEL OF ELEMENTARY PARTICLES.

The two statistical algorithms for simulations of the correlation functions, namely, the hybrid Monte Carlo method and the two-step multiboson algorithm, are considered and are realized in case of the vectorial $U(1)$ model of the elementary particles on the four-dimensional space-time lattice. The relations for the optimal parameters and characteristics of each algorithm are obtained.

Козориз А.И., Скорняков В.А. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ В ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА ПРИНЦИПАХ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ.

Статья посвящена визуализации информации в динамических системах на принципах трехмерной графики. Проведен краткий анализ динамических систем как объекта визуализации. Рассмотрена задача создания программно-математических комплексов визуализации сложных динамических сцен. Обсуждены некоторые направления повышения их производительности. Статья подготовлена по материалам доклада, представленного на научно-технической конференции МГУЛ 30.01.07 г.

Kozoriz A.I., Skorniakov V.A. VISUALIZATION OF THE INFORMATION IN DYNAMIC SYSTEMS ON 3D-GRAPHICS PRINCIPLES.

Article is devoted to visualization of the information in dynamic systems on 3D-graphics principles. The brief analysis of dynamic systems as object of visualization is lead. The problem of creation of program-mathematical complexes of visualization of complex dynamic stages is considered. Some directions of increase their productivity are discussed. Article is prepared on materials of the report presented at scientific and technical conference in MSFU 30.01.07.

Курзин П.А. ТИПОЛОГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗАДАЧ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ.

Автором выявлены преимущества и ограничения в применимости различных математических моделей. Даны рекомендации по их использованию для реальных расчетов.

Kurzin P.A. THE TYPOLOGY OF THE MATHEMATICAL MODELS OF THE PROBLEMS TO INVESTMENT ACTIVITY ENTERPRISE.

The author reveals advantages and restrictions in applicability of various mathematical models. Recommendations on their use for real calculations are given.

Иваньо Я.М., Барсукова М.Н. МОДЕЛИ С ДЕТЕРМИНИРОВАННЫМИ И НЕОПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОПТИМИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ.

В работе рассмотрены модели задачи параметрического программирования с определенными и неопределенными параметрами. Обоснована применимость параметров в виде времени и предшествующих значений. Показано практическое значение моделей для оптимизации производства устойчивых сельскохозяйственных предприятий. Предложена оценка неопределенных показателей сверху и снизу, позволяющая расширить возможности моделирования производственных ситуаций.

Ivanyo Y.M., Barsukova M.N. MODELS WITH THE DETERMINED AND UNCERTAIN PARAMETERS IN CONFORMITY TO OPTIMIZATION OF AGRICULTURAL PROCESSES.

In work models of a task of parametrical programming with the certain and uncertain parameters are considered. Application of parameters in the form of time and previous values is proved. Practical value of models for optimization of production of the steady agricultural enterprises is shown. The estimation of uncertain parameters from above and from below is offered, allowing opportunities of simulation of industrial situations to expand.

Рябков В.М., Смирнов Д.С. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРИ АНАЛИЗЕ И СИНТЕЗЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ДОЗИРОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ.

Проведен анализ систем автоматического дозирования компонентов при производстве древесных композиционных материалов. На основе произведенного анализа составлена классификация систем дозирования.

Ryabkov V.M., Smyrna D.S. THE CRITERIA OF THE ESTIMATION AT ANALYSIS AND SYNTHESSES OF THE SYSTEMS AUTOMATIC MUCH COMPONENTS OF THE ACCOMPANIMENT IN PRODUCTION WOOD CAPTIVE.

Probability criteria of an estimation of effectiveness of systems and algorithms of control by batching of components in production of wood-based panels are reduced.

Шалаев В.С., Чумаченко С.И. СОЗДАНИЕ ПИЛОТНОЙ ВЕРСИИ РОССИЙСКОГО ИНТЕРНЕТ-СЕГМЕНТА GFIS.

В статье приводятся характеристика, миссия, цель и история создания Глобальной лесной информационной службы (Global Forest Information Service), раскрываются принципы работы пользователей. Освещаются этапы возникновения российского сегмента Глобальной лесной информационной службы, структура GFIS-Russia. Сформулированы направления развития.

Shalaev V.S., Chumachenko S.I. THE CREATION OF THE PILOT VERSION OF GFIS-RUSSIA PROJECT.

In this article there are description, mission, goals and history of creation of Global Forest Information Service. There are main principles of work for users. There are given steps of developing Russian segment of GFIS, the structure of GFIS-Russia. There are given the main directions of further developing.

Афанасьев А.В., Афанасьева В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ СТРУЙНОМ ЛАМИНАРНОМ ОБТЕКАНИИ ЦИЛИНДРА В РЕЖИМЕ СМЕШАННОЙ КОНВЕКЦИИ.

Численно исследован локальный и средний теплообмен для случаев естественной и смешанной конвекции при обтекании цилиндра струей. Предложена зависимость среднего числа Нуссельта от чисел Re , Gr и P_r для фиксированных геометрических параметров задачи.

Afanasyev A. V., Afanasyeva V.V. INVESTIGATION OF THE HEAT TRANSFER OF COMBINED LAMINAR CONVECTION FROM HORIZONTAL CYLINDER INTERACTING WITH SLOT IMPINGING JET.

Local and average heat transfer over isothermal horizontal cylinder interacting of with slot impinging jet have been numerically investigated. Empirical dependences for average Nusselt number have been introduced according to governing parameters.

Шимон Т.Н. ОБЗОР ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ УГЛЕРОДА.

Рассмотрены основные подходы к эколого-экономической оценке стоимости поглощения углерода. На основе рентной оценки показано влияние биотических факторов на бюджет углерода. На этой основе создается модель и осуществляются прогнозы.

Shimon T.N. REVIEW ECONOMIC APPROACH TO ESTIMATION OF THE COST OF THE ABSORPTION OF CARBON.

The essential approaches to the ecological and economical estimation of carbon's absorption value are considered. On the basis of rent's estimation influence of biotical factors on the carbon's budget is showed. The model and the forecasts are created on the basis of them.

Барабанов А.Е. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ФОНДОВОГО РЫНКА В ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

В статье показаны главные события и факты, связанные со становлением российского фондового рынка лесной промышленности, раскрыты основные игроки, принципы их взаимоотношений, стратегии и методы развития.

Barabanov A.E. HISTORY OF THE STOCK MARKET'S DEVELOPMENT IN RUSSIAN TIMBER INDUSTRY.

In the article are shown the main events and facts, connected with the formation of Russian stock market in timber industry, are revealed the chief players, principles of their relations, strategies and methods of the development.