

Вестник Московского
государственного
университета леса

Лесной вестник

ISSN 1727-3749

2008 № 2 (59)

- *Ресурсы промежуточного пользования лесом и некоторые направления их использования*
- *Результаты экспериментальных исследований машины для уничтожения сорняков в питомниках контактным способом*
- *Методика расчета рабочих органов почвообрабатывающих машин на прочность*
- *О нормировании и контроле прочности древесно-стружечных плит*
- *О нейросетевом подходе к решению систем линейных неравенств*
- *Методика прогнозирования показателей стохастических экономических систем*
- *Роль лесного комплекса в развитии национальной экономики*
- *Механизм привлечения инвестиций в деревянное домостроение*
- *Направления, формы и результативность международного сотрудничества в Московском государственном университете леса*



Содержание

Лесное хозяйство

Бессчетнова Н.Н.	<i>Скорость сезонного роста ксилемы в годичных побегах клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной</i>	4
Гелес И.С., Коржова М.А.	<i>Ресурсы промежуточного пользования лесом и некоторые направления их использования</i>	10
Ахметова Г.В.	<i>Содержание микроэлементов в почвообразующих породах и лесных почвах озерно-ледниковых равнин среднетаежной подзоны Карелии</i>	16
Габделхаков А.К., Чурагулова З.С.	<i>Опытный участок Башкирской НИ ЛОС в елово-липовом древостое</i>	21
Петров В.И., Воронина В.П.	<i>Лесонабвищные экосистемы северо-западного Прикаспия и конструирование устойчивых ценозов</i>	30
Кибякова С.И., Белозеров И.Л.	<i>Анализ лесосырьевой базы Дальнего Востока</i>	36
Кожурин С.И., Угрюмов С.А., Шапкина И.М., Кузнецова Н.С.	<i>Повышение эффективности использования сырьевых ресурсов в Костромской области</i>	41
Бажа С.Н., Гунин П.Д., Дробышев Ю.И., Екимова Н.В., Прищепа А.В.	<i>О региональных особенностях процессов обезлесивания на южной границе хвойных лесов Монголии</i>	44
Скрыпникова Е.Б.	<i>Особенности городских и сельских популяций сизых голубей</i>	56

Лесонженерное дело

Котов А.А., Гордейченко С.А., Казаков В.И.	<i>Результаты экспериментальных исследований машины для уничтожения сорняков в питомниках контактным способом</i>	57
Журавлев Е.А., Волдаев М.Н.	<i>Теоретическое исследование процесса торцевывравнивания пакетов круглых лесоматериалов гравитационными торцевывравнителями</i>	65
Панферов В.И., Голубев И.Г., Сиротов А.В., Шамарин Ю.А.	<i>Влияние жесткости пружины на работоспособность нагнетательного клапана дизелей лесных машин</i>	68
Бурмистрова О.Н.	<i>Анализ существующих требований к параметрам шероховатости, сцепным качествам и ровности дорожных покрытий</i>	71
Сидоров С.А.	<i>Методика расчета рабочих органов почвообрабатывающих машин на прочность</i>	74
Казначеева Н.И.	<i>Совершенствование структурных параметров пучковых плотов</i>	78
Серебрянский А.И.	<i>Методика и некоторые результаты определения эксплуатационных характеристик работы шарнирных соединений лесных манипуляторов</i>	81

Деревообработка

Сердюков В.Н.	<i>Влияние боковой силы резания на устойчивость ленточной пилы</i>	83
Куликова Н.В.	<i>Требования к размерам и качеству современных покрытий пола из древесины березы</i>	88
Тулузаков Д.В., Лапшин Ю.Г., Свириденко М.Н., Архипов А.С.	<i>О нормировании и контроле прочности древесно-стружечных плит</i>	96
Васильев М.И.	<i>К вопросу о настройке музыкальных инструментов</i>	99
Свиридов Л.Т., Максименков А.И.	<i>Об использовании новых технических решений при пилении низкокачественной древесины ленточнопильным станком</i>	101

Химические технологии

Угрюмов С.А., Цветков В.Е.	<i>Применение теории адгезии и смачивания для модификации фенолформальдегидного олигомера, используемого для осмоления костры</i>	104
Угрюмов С.А.	<i>Определение рационального расхода фенолформальдегидного связующего и расчетной плотности костроплит</i>	107

Математическое моделирование

Рубинштейн А.И.	<i>Об одном случае точного вычисления нормы оператора</i>	110
Шачнев В.А., Шойко А.С., Шомова Е.Н.	<i>Независимость системы аксиом логики суждений</i>	112
Нетыкшо В.Б.	<i>О нейросетевом подходе к решению систем линейных неравенств</i>	113
Никонов В.Г., Ситников П.Н.	<i>Градиентный алгоритм решения систем линейных неравенств с K-значными неизвестными</i>	115
Дорошенко В.А., Друк Л.В., Назаренко А.А.	<i>Метод выбора компьютерных средств автоматизации для распределенных систем управления</i>	121
Орехов Д.И., Чепурнов А.С., Сабельников А.А.	<i>Промышленная система контроля и анализа данных на основе распределенных контроллеров, объединенных сетью Can-bus</i>	126
Борисов А.Е.	<i>Комплексная имитационная программа функционирования автоматической поворотной виброзащитной платформы</i>	132
Курзина В.М., Курзин П.А.	<i>Методика обучения математике с привлечением программных средств</i>	137
Брюквин А.В., Брюквина О.Ю.	<i>Распределение энергии между продольными и поперечными движениями гибкой деформируемой нити</i>	141
Трегуб А.В., Трегуб И.В.	<i>Методика прогнозирования показателей стохастических экономических систем</i>	144
Сергеев С.В.	<i>Математическое моделирование процесса сушки шпона в газовых роликовых сушилках</i>	152

Экономика

Кожемяко Н.П.	<i>Роль лесного комплекса в развитии национальной экономики</i>	156
Трунов Е.С., Рассади́на М.Н.	<i>Механизм привлечения инвестиций в деревянное домостроение</i>	161
Афонина С.А., Берестов В.Л.	<i>Анализ и оценка экономической устойчивости функционирования деревообрабатывающих предприятий Брянской области</i>	170
Булдаков Ф.В., Медведев Н.А.	<i>Вопросы государственной поддержки биоэнергетических проектов</i>	175
Колотовкин А.В.	<i>Определение совокупности элементов, формирующих организационно-экономический механизм обеспечения конкурентоспособности предприятий</i>	176
Рыжкова Т.В., Кравченко П.Е., Давыдова О.А.	<i>Лизинг как источник инвестиций для предприятий</i>	178

Информация

Майорова Е.И., Смирнова М.А.	<i>Проблемы определения правового режима лесных дорог в законодательстве Российской Федерации</i>	183
Шалаев В.С.	<i>Проблемы развития экспортного потенциала вузов лесного профиля</i>	187
Шалаев В.С., Никитин В.В.	<i>Направления, формы и результативность международного сотрудничества в Московском государственном университете леса</i>	192
Брусованкин В.С.	<i>Российские бадминтонисты на XXIV летней универсиаде в Бангкоке</i>	204

СКОРОСТЬ СЕЗОННОГО РОСТА КСИЛЕМЫ В ГОДИЧНЫХ ПОБЕГАХ КЛОНОВ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Н.Н. БЕССЧЕТНОВА, доц. каф. лесных культур Нижегородской ГСХА, канд. с.-х. наук

Важным условием успешности создания лесосеменных плантаций является соответствие биологии растений, вводимых в их состав, сложившимся природным условиям. Существенным аспектом здесь также выступает формирование ассортимента клонов плюсовых деревьев, физиологически совместимых между собой настолько, что обеспечиваются условия стабильной репродуктивной деятельности растений. Клоны на лесосеменных плантациях и в архивах демонстрируют хорошо заметные различия в интенсивности семеношения [3], в связи с чем возникает необходимость проведения гистохимического анализа показателей, имеющих адаптивное значение. В значительной степени интенсивность семеношения связана с устойчивостью растений и с их адаптированностью к существующим экологическим параметрам среды, а именно с соответствием ритмов биологического развития ходу сезонных изменений погодных условий. Хорошо приспособленные к условиям существования клоны, чьи биологические ритмы наиболее полно соответствуют ходу сезонных изменений погодных условий, не встречают препятствий для развития, в частности для формирования генеративных органов и для протекания процессов образования и развития микро- и макростробилов, опыления, оплодотворения и развития шишек и семян. Такие клоны имеют более высокие показатели репродуктивной деятельности, на них больше шишек, а в шишках больше жизнеспособных семян. Те клоны, динамика биологического состояния которых не в полной мере соответствует ходу изменений погодных условий, характеризуются низкой урожайностью, на них очень мало или вообще отсутствуют шишки.

Проведенное изучение специфики биологии клоновых репродукций плюсовых деревьев сосны обыкновенной, в том числе по показателям физиологического состояния: динамике крахмала и жиров, а также ходу лигнификации ксилемы в их побегах – вы-

явило заметную неоднородность исследуемого материала [5, 6].

Характер сезонного развития ксилемы и скорость ее формирования определяют быстроту роста древесных растений и степень их подготовленности к зиме. В соответствии с общепринятыми представлениями, биологическое значение покоя видов с сезонным циклом развития – это обеспечение их сохранности в течение неблагоприятного, как правило, зимнего периода. При этом большое адаптационное значение имеют эволюционно сформировавшиеся приспособительные реакции деревьев и кустарников, обеспечивающие их устойчивость и успешность развития в конкретных экологических условиях, продуктивность и в конечном итоге хозяйственную ценность насаждений. Ее важнейшим критерием выступают темпы роста, которые преимущественно детерминируются количеством клеток ксилемы, формирующихся в течение периода вегетации.

Количество трахеид, образуемых за один год, определяет радиальный прирост и механические свойства древесины. Общеизвестно, что параметры ствола – высота и диаметр на высоте 1,3 м – коррелируют на очень высоком уровне. В отношении сосны обыкновенной это подтверждено и результатами наших исследований [4]. Следовательно, количество клеток в годичном приросте может характеризовать способность к быстрому росту дерева в целом. Тогда селекция, направленная на высокие темпы роста, сочетающиеся с хорошей приспособленностью к зимнему периоду, неизбежно будет базироваться на отборе особей с высокой скоростью роста клеток ксилемы.

В задачу наших исследований входило установить факт существования различий между плюсовыми деревьями сосны обыкновенной по скорости роста ксилемы, выявить характер и дать оценку степени таких различий. Объектом исследований выступали клоны плюсовых деревьев, отобранных

в естественных насаждениях Нижегородской области, размещенные на лесосеменных плантациях и в архивах клонов Семеновского специализированного семеноводческого лесхоза. Исследования проводились полевым стационарным и лабораторными методами с соблюдением принципа единственного логического различия, типичности и пригодности опыта, с привлечением общепризнанных схем организации работ, построения выборок и статистического анализа [7].

Признаки физиологического состояния растений (морозостойкость, сроки макро- и микроспорогенеза и выхода из состояния покоя, скорость роста и др.) обуславливают приспособленность организма к среде и его выживаемость, во многом определяют различия в адаптивности и резистентности между популяциями и экотипами. Достаточно широко принято привлечение гистохимических исследований как методов выявления разноразличий растений [1, 2, 8]. Оценка соответствия ритмов сезонного развития растений ходу сезонных изменений погодных условий давалась по результатам анализа динамики и темпов формирования клеток ксилемы и хода их лигнификации. Наблюдения проводились круглогодично. Приготовленные в их процессе окрашенные временные препараты поперечных срезов одностипных годовых побегов исследовались с помощью микроскопа МИКМЕД-2.

Лигнификацию стенок клеток ксилемы оценивали с помощью качественной реакции флороглюцина на лигнин [2, 8]. Эталонами выступали срезы, не обработанные реактивом. Степень одревеснения ксилемы устанавливалась по соотношению ширины зон клеток с различной интенсивностью лигнификации. По каждой зоне отдельно велся учет количества рядов клеток в радиальном направлении, начиная от первого ряда в ранней ксилеме и заканчивая последним визуальным рядом поздней ксилемы перед камбием, что позволяло выявить долю клеток с полной лигнификацией, долю клеток с частичной лигнификацией (полуодревесневших) и долю клеток без признаков лигнификации. Параллельно проводилось измерение каждой зоны окуляр-микрометром. Для формирования количест-

венной оценки степени лигнификации клеток ксилемы в процентах все количество рядов клеток ксилемы (ранней и поздней) принималось за 100 %. Количество рядов полуодревесневших клеток распределялось между двумя крайними их категориями (полностью одревесневших и неодревесневших) в равной пропорции. Доля зон ранней и поздней ксилемы и соотношение между ними оценивали количественно по отношению числа рядов клеток в каждой из них на окончание вегетационного периода, когда все клетки поздней ксилемы претерпели лигнификацию. Оценка давалась в десятичных дробных числах – долях от единицы.

Увеличение количества клеток ксилемы у всех изученных объектов в течение вегетационного периода происходит достаточно равномерно и схематически может быть представлено как ступенчатое образование их новых колец камбиальным слоем. При этом в период формирования ранней ксилемы эти темпы наиболее высоки (до 0,5778 единиц в день), а при образовании поздней ксилемы снижаются (0,3084–0,4648 единиц в день). Новые клеточные слои в ксилеме образуются в течение всего периода роста годовых побегов, что детерминировано активностью камбия. В конце вегетации темпы прироста снижаются, а во второй декаде октября процессы полностью останавливаются. В среднем за вегетационный период клоны образуют в своих побегах 57,22 слоя клеток ксилемы. Это является общей тенденцией в сезонном развитии всех клонов (рис. 1).

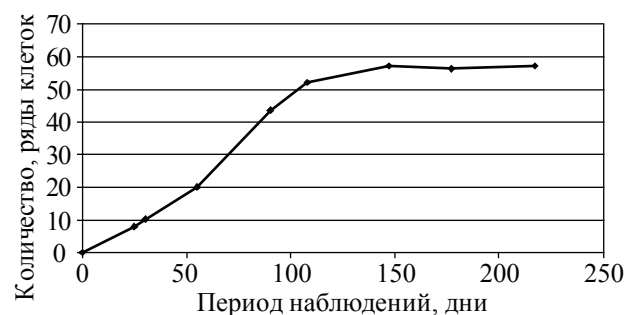


Рис. 1. Динамика нарастания количества рядов клеток ксилемы в побегах текущего года в течение вегетационного периода (обобщенные значения)

Общий ход изменения количества клеток ксилемы надежно описывается уравнениями регрессии. При этом уравнение прямой линии $y = 0,2988x + 5,762$ дает менее точные значения ($R^2 = 0,8593$). Полином 2-й степени $y = -0,0018x^2 + 0,6831x - 5,6720$ ($R^2 = 0,9727$) и полином 3-й степени $y = -8E - 0,6x^3 + 0,0007x^2 + 0,4735x - 2,7196$ ($R^2 = 0,9800$) дают весьма надежное представление о характере зависимости количества клеток ксилемы от продолжительности периода роста годичного побега в днях. Повышение показателя степени до 4 или 5 и тем более 6 в уравнениях регрессии и соответственно увеличение чувствительности модели приводит к некоторому повышению надежности результатов

$$y = 2E - 07x^4 - 1E - 0,4x^3 + 0,0125x^2 - 0,0194x + 0,6772 \quad (R^2 = 0,9968);$$

$$y = 1E - 09x^5 - 4E - 07x^4 + 1E - 0,5x^3 + 0,0048x^2 + 0,1576x + 0,2939 \quad (R^2 = 0,9977);$$

$$y = -4E - 11x^6 + 3E - 0,8x^5 - 6E - 0,6x^4 + 0,0007x^3 - 0,0261x^2 + 0,6642x - 0,0099 \quad (R^2 = 0,9999).$$

При этом вполне понятным ограничением области применения данных математических моделей (ограничением области

определения функции) для описания закономерностей развития данного процесса во времени являются значения аргумента, при которых функция приобретает отрицательное значение, как в рассмотренном случае с полиномами второй и третьей степени.

Сохраняя в той или иной степени общие тенденции развития зоны ксилемы годичных побегов, клоны специфичны в этом отношении (рис. 2).

В самый начальный этап отрастания побегов различия между клонами плюсовых деревьев минимальны. По мере увеличения длины и диаметра боковых ветвей возрастала и разница между образцами по темпам образования клеток ксилемы. Максимум расхождения в показателях объекты достигают в конце вегетационного периода, после чего сохраняют различия на таком высоком уровне до конца периода наблюдений в декабре.

Специфика в темпах образования клеток ксилемы отразилась в различиях между эквивалентными по степени аргумента полиномиальными уравнениями регрессии, описывающими эти процессы у разных клонов (таблица).

Т а б л и ц а

Зависимость темпов нарастания клеток ксилемы в годичных побегах от продолжительности периода их радиального роста у клонов разных плюсовых деревьев

Клоны	Уравнения	R^2
К-1	$y = -7E - 11x^6 + 4E - 08x^5 - 1E - 05x^4 + 0,0011x^3 - 0,0426x^2 + 0,8504x - 0,0105$	0,9997
К-3	$y = 3E - 11x^6 - 2E - 08x^5 + 4E - 06x^4 - 0,0005x^3 + 0,0305x^2 - 0,2378x - 0,0479$	0,9956
К-5	$y = -2E - 11x^6 + 2E - 08x^5 - 4E - 06x^4 + 0,0004x^3 - 0,0081x^2 + 0,2375x + 0,0201$	0,9993
К-6	$y = -7E - 11x^6 + 4E - 08x^5 - 9E - 06x^4 + 0,0008x^3 - 0,0248x^2 + 0,5358x - 0,0255$	0,9994
К-14	$y = 2E - 11x^6 - 8E - 09x^5 + 1E - 06x^4 - 9E - 05x^3 + 0,0042x^2 + 0,2974x - 0,1491$	0,9958
К-17	$y = -9E - 12x^6 + 9E - 09x^5 - 3E - 06x^4 + 0,0004x^3 - 0,0227x^2 + 0,8151x - 0,1223$	0,9946
К-18	$y = -8E - 11x^6 + 6E - 08x^5 - 1E - 05x^4 + 0,0016x^3 - 0,0766x^2 + 1,5647x - 0,0146$	0,9997
К-19	$y = -2E - 11x^6 + 1E - 08x^5 - 3E - 06x^4 + 0,0004x^3 - 0,0142x^2 + 0,5004x + 0,0032$	1,0000
К-20	$y = 2E - 12x^6 - 6E - 10x^5 + 1E - 07x^4 - 7E - 05x^3 + 0,01x^2 + 0,0705x - 0,0191$	0,9989
К-21	$y = -1E - 11x^6 + 9E - 09x^5 - 3E - 06x^4 + 0,0003x^3 - 0,0117x^2 + 0,4549x + 0,1055$	0,9707
К-22	$y = -7E - 11x^6 + 4E - 08x^5 - 1E - 05x^4 + 0,0011x^3 - 0,0457x^2 + 0,9539x + 0,1184$	0,9751
К-29	$y = -9E - 11x^6 + 6E - 08x^5 - 1E - 05x^4 + 0,0014x^3 - 0,0574x^2 + 1,0952x - 0,0176$	0,9993
К-30	$y = -1E - 11x^6 + 5E - 09x^5 - 4E - 07x^4 - 1E - 04x^3 + 0,016x^2 - 0,0844x + 0,0831$	0,9968
К-39	$y = -2E - 11x^6 + 2E - 08x^5 - 4E - 06x^4 + 0,0004x^3 - 0,0159x^2 + 0,5441x - 0,0097$	0,9901
К-40	$y = -5E - 11x^6 + 4E - 08x^5 - 9E - 06x^4 + 0,001x^3 - 0,048x^2 + 1,033x - 0,1015$	0,9983
К-41	$y = -1E - 10x^6 + 7E - 08x^5 - 2E - 05x^4 + 0,0017x^3 - 0,0746x^2 + 1,3665x + 0,0891$	0,9895
К-42	$y = -4E - 11x^6 + 3E - 08x^5 - 7E - 06x^4 + 0,0006x^3 - 0,0226x^2 + 0,5722x - 0,2375$	0,9820
К-44	$y = -1E - 10x^6 + 7E - 08x^5 - 2E - 05x^4 + 0,0017x^3 - 0,0791x^2 + 1,5326x - 0,0956$	0,9892
К-45	$y = -8E - 11x^6 + 5E - 08x^5 - 1E - 05x^4 + 0,0012x^3 - 0,0452x^2 + 0,8539x + 0,2532$	0,9803
К-47	$y = 2E - 11x^6 - 9E - 09x^5 + 2E - 06x^4 - 0,0002x^3 + 0,0082x^2 + 0,2593x + 0,0895$	0,9984
К-49	$y = 2E - 11x^6 - 9E - 09x^5 + 2E - 06x^4 - 0,0002x^3 + 0,0082x^2 + 0,2593x + 0,0895$	0,9984

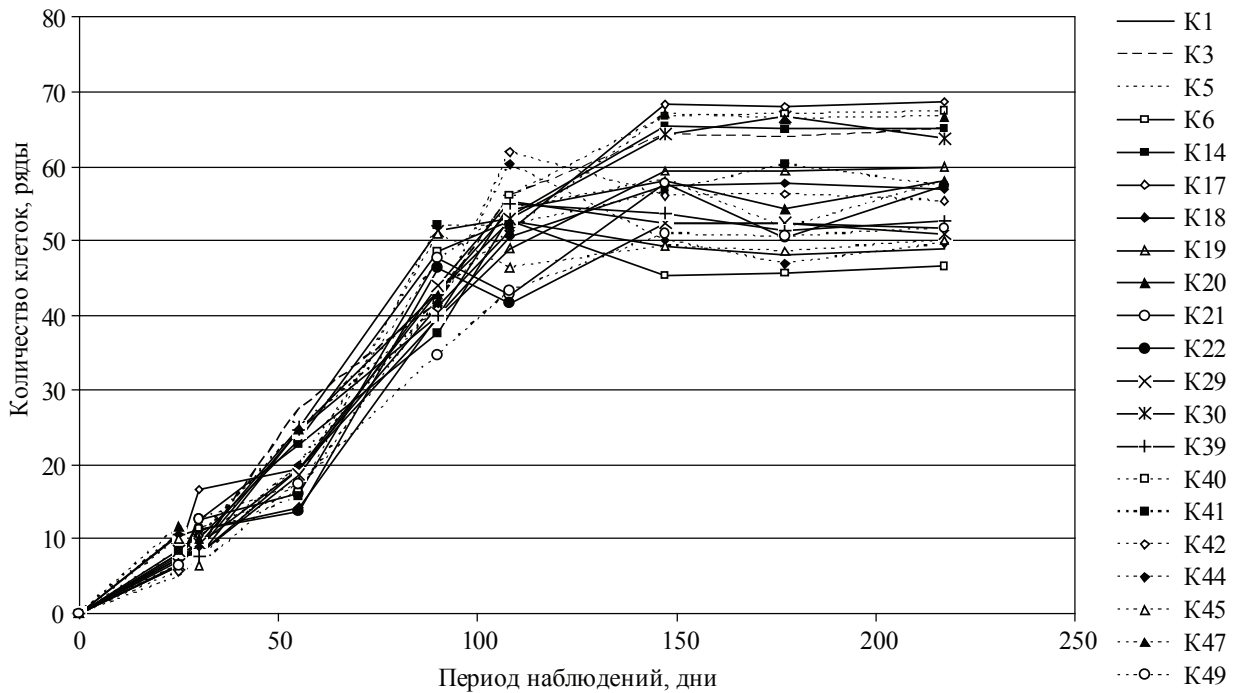


Рис. 2. Динамика нарастания числа рядов клеток ксилемы в годичных побегах клонов разных плюсовых деревьев

Собственно однотипное уравнение регрессии выступало критерием тестирования объектов на их разнокачественность. Как следует из материалов таблицы, при достаточно высоких показателях достоверности аппроксимации (0,980–1,000) и одинаковой структуре (порядок полинома) каждое из приведенных уравнений обладает неповторяющимся (индивидуальным) набором коэффициентов перед переменными. Это адекватно индивидуальным особенностям соответствующих каждому клону кривых линий, которые отражают особенности процессов развития у них ксилемы. Аналогичные выводы, подтверждающие специфичность ритмов развития ксилемы у клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной, были сделаны и для других функций, которыми описывались рассматриваемые процессы.

Различия контрастно проявляются при одновременном сравнении клонов и прослеживаются в течение всего вегетационного периода (рис. 3, 4). Объекты различаются по темпам формирования клеточной массы – количеством рядов клеток ксилемы, образованных на конкретный период наблюдений. Это более отчетливо наблюдается на ранних этапах развития побегов (рис. 3). В это время наиболее высокими темпами (значительно выше

среднего – 7,89 слоев клеток) обладают клоны К-18, К-39, К-44, К-45, К-47 (10–11 слоев клеток). Самые низкие темпы образования клеток зафиксированы у клонов К-5 и К-42 (до 5 слоев клеток). Остальные объекты (К-14, К-17, К-20 и др.) имеют значения, близкие к среднему (7,89 слоев клеток) в той или иной степени. Впоследствии отмеченные различия сохраняются, хотя их характер может изменяться с течением времени (рис. 4).

Формирование зон ксилемы связано с образованием в них определенного количества клеточных слоев. Так, завершение формирования ранней ксилемы в среднем происходит при образовании 27,86 слоев клеток (при обобщенном учете за весь период наблюдения), что определяет их долю в 48,69 %. При этом каждый из изучаемых объектов обладает спецификой в этом отношении.

Мощность зоны ранней ксилемы, определяемая количеством клеточных слоев, у клонов неодинакова. Большая часть клонов имела оценки, близкие к средним значениям (27,86 слоев). Различия в степени развитости зоны ранней ксилемы определяют и неоднородность в структуре строения древесины – в соотношении зон ранней и поздней ксилемы и в связанных с этим ее механических свойств.



Рис. 3. Сравнительная оценка клонов по количеству рядов образовавшихся клеток ранней ксилемы в начальной фазе развития побегов текущего года



Рис. 4. Количество рядов клеток ксилемы в побегах текущего года, накопленное клонами к моменту начала формирования поздней ксилемы

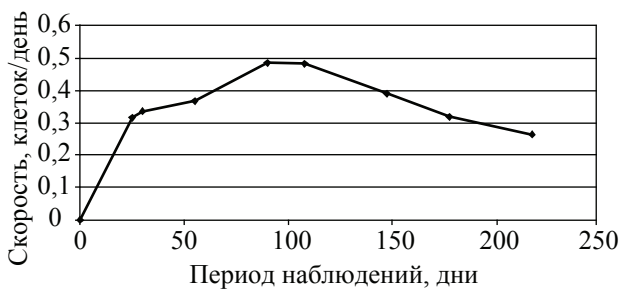


Рис. 5. Изменения скорости нарастания новых слоев клеток в побегах текущего года у клонов разных плюсовых деревьев

Завершение работы камбия по формированию клеток ксилемы у разных объектов происходит на разном итоговом уровне.

Наибольшее количество слоев клеточной массы ксилемы (63,67–68,67) за вегетационный период успели образовать клоны К-3, К-14, К-17, К-30, К-40, К-47. Наименьшее количество (46,67–49,67) – клоны К-6, К-1, К-44. Остальные объекты в той или иной степе-

ни приближаются к обобщенному среднему значению – 57,22 клеточных слоев.

Темпы прироста новых слоев клеток ксилемы можно оценить величиной отношения количества клеток, образовавшихся за определенный период, к продолжительности этого периода в днях. Этот показатель мы рассматривали как скорость нарастания новых слоев клеток ксилемы. Он предложен для сравнительной оценки клонов по способности образовывать то или иное количество слоев клеток за установленный отрезок времени – за 1 день. Скорость нарастания новых слоев клеток ксилемы в течение всего периода роста годичных побегов характеризуется следующими особенностями (рис. 5).

В начальный период роста скорость невысока и монотонно возрастает. К завершению формирования зоны ранней ксилемы она заметно повышается и достигает максимума во время образования наибольшего количества новых неодревесневших клеток поздней ксилемы. Такое состояние соответствует наибольшему снижению показателя лигнификации клеток ксилемы.

Характер изменения темпов нарастания новых слоев клеток ксилемы в течение вегетационного периода адекватно описывается полиномиальными уравнениями регрессии. Полином второго порядка $y = -3E - 05x^2 + 0,0064x + 0,1035$ ($R^2 = 0,8079$) дает вполне приемлемое значение величины достоверности аппроксимации. Повышение порядка полиномиальной функции увеличивает ее чувствительность, а следовательно, степень достоверности аппроксимации

$$y = 2E - 07x^3 - 1E - 0,4x^2 + 0,012x + 0,0265 \quad (R^2 = 0,952);$$

$$y = -6E - 10x^4 + 5E - 07x^3 - 0,0001x^2 + 0,0134x + 0,0168 \quad (R^2 = 0,9558);$$

$$y = 3E - 11x^5 - 2E - 08x^4 + 3E - 06x^3 - 0,0003x^2 + 0,0182x + 0,0063 \quad (R^2 = 0,9741);$$

$$y = -8E - 13x^6 + 5E - 10x^5 - 1E - 07x^4 + 2E - 0,5x^3 - 0,001x^2 + 0,0284x + 0,0002 \quad (R^2 = 0,998).$$

Каждый клон имеет специфику в скорости образования клеток ксилемы как по итоговым значениям, так и по динамике показателей. В самом начале вегетации (рис. 6) темпы возрастания количества клеток ксилемы высоки и непостоянны, в связи с чем устойчивой и

четкой картины распределения клонов по скоростным категориям выявить не удастся.

В последующий период (рис. 7) более или менее определенно удастся обозначить лишь соотношение между клонами по скорости образования новых клеток ксилемы и тенденции в их распределении по рассматриваемому показателю.

Сравнение репродукций плюсовых деревьев на момент завершения роста побегов по скорости образования клеток ксилемы может дать наиболее полное представление о степени различий между сравниваемыми объектами по данному показателю (рис. 7). Ряд клонов (К-3, К-14, К-17, К-30, К-40, К-47) продемонстрировал наиболее высокие показатели (0,44–0,46 клеток/день), заметно превышающие среднее значение (0,39 клеток/день). Часть из них (К-1, К-6, К-44, К-45) характеризовалась минимальными значениями (0,31–0,34 клеток/день). Остальные в той или иной степени приближались к среднему значению. Как правило, объекты, имеющие оценки выше среднего (К-3, К-5) или наоборот (К-45, К-49), сохраняют их таковыми в течение длительного времени. Предложенный показатель – скорость образования слоев клеток ксилемы – может служить индикатором при ранней диагностике отбираемых растений по темпам прироста древесной массы и селекционной оценке клонов плюсовых деревьев.

Способность развивать зону ксилемы той или иной мощности определяется количеством образованных слоев клеток в ней. Вегетативное потомство разных плюсовых деревьев различается по способности образовывать за вегетационный период то или иное количество слоев клеток ксилемы. По этому показателю в составе анализируемого комплекса клонов удастся выделить три группы. Наибольшее число клеточных слоев в ксилеме сформировали клоны К-3, К-14, К-17, К-30, К-40, К-47; наименьшее – клоны К-6, К-1, К-44. Самой многочисленной оказалась группа, имеющая средние значения. Объекты, способные образовать за вегетационный период большее количество клеточных слоев, представляют большой интерес при отборе на повышенный прирост биомассы. Сам показатель может использоваться при селекционной оценке клонов плюсовых деревьев.



Рис. 6. Скорость нарастания новых рядов клеток ксилемы в побегах клонов плюсовых деревьев в начальной фазе роста побегов



Рис. 7. Темпы нарастания новых рядов клеток ксилемы в побегах клонов 21 плюсового дерева в завершающей фазе развития побегов

Темпы образования новых клеток ксилемы в побегах текущего года вполне информативно оцениваются отношением количества слоев клеток к продолжительности периода роста в днях. Этот показатель введен и рассматривается нами как скорость процесса образования новых клеток, и его средняя величина для всех клонов за весь период роста побегов составила 0,3873 клеток/день. В течение периода роста побегов скорость образования новых клеток непостоянна и достигает наибольших значений в период завершения формирования зоны ранней ксилемы и начала образования поздней ксилемы. Клоны разных плюсовых деревьев продемонстрировали неодинаковую скорость образования новых клеток ксилемы. Часть из них обладала величинами больше среднего значения, другие имели оценки ниже среднего уровня. Наиболее высокие значения скорости, а следовательно, и потенциально наиболее высокие темпы радиального прироста побегов имели клоны К-3, К-14, К-17, К-30, К-40, К-47. Они

рассматриваются нами как перспективные при отборе на быстроту радиального прироста. Все установленные различия проявились в условиях выровненного экофона, а следовательно, могут быть в значительной степени признаны наследственно обусловленными. Показатель может использоваться при ранней диагностике и селекционной оценке клонов плюсовых деревьев.

Библиографический список

1. Ахматов, К.А. Методы определения зимостойкости древесных растений / К.А. Ахматов. – Фрунзе: Илим, 1968. – 40 с.
2. Барская, Е.И. Изменения хлоропластов и вызревание побегов в связи с морозоустойчивостью древесных растений / Е.И. Барская. – М.: Наука, 1967. – 223 с.
3. Бессчетнова, Н.Н. Семеноводство сосны обыкновенной в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: матер. VI междунар. науч. конф. г. Красноярск, 22–24 октября 2003 г. – Красноярск, СибГТУ, 2003. – С. 10–13.
4. Бессчетнова, Н.Н. Корреляция признаков сосны обыкновенной на лесосеменных плантациях / Н.Н. Бессчетнова // Лесозоологические проблемы Поволжья: сб. науч. тр.: НГСХА. – Нижний Новгород, 2003. – С. 15–20.
5. Бессчетнова, Н.Н. Экологические аспекты формирования ассортимента лесосеменных плантаций сосны обыкновенной в Нижегородской области / Н.Н. Бессчетнова // Вестник БГТУ. – № 8. – 2004. Ч. V. Спецвып.: матер. II междунар. науч.-практ. конф. «Экология: образование, наука, промышленность и здоровье». – Белгород, 2004. – С. 20–22.
6. Бессчетнова, Н.Н. Сезонная динамика содержания крахмала в побегах клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) / Н.Н. Бессчетнова // Актуальные проблемы биологии, медицины и экологии: сб. науч. раб. – Томск: СибГМУ, 2004. – Т. 4. – № 1. – С. 72–73.
7. Гатаулин, А.М. Система прикладных статистико-математических методов обработки экспериментальных данных в сельском хозяйстве / А.М. Гатаулин. – М.: МСХА, 1992. – Ч. 2. – 192 с.
8. Генкель, П.А. Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений / П.А. Генкель, Л.Ф. Окнина. – М.: Наука, 1964. – 242 с.

РЕСУРСЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОМ И НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И.С. ГЕЛЕС, *Институт леса КарНЦ РАН*,
М.А. КОРЖОВА, *Институт леса КарНЦ РАН*

В связи с истощением лесосырьевой базы в транспортнодоступных зонах Европейско-Уральского региона, где сосредоточено основное население и промышленное производство РФ, в свое время была пересмотрена расчетная лесосека в сторону ее уменьшения [1]. Возникший дефицит древесного сырья планировали возместить за счет рубок промежуточного пользования. К ним в первую очередь относятся рубки ухода в молодняках, которые рассматриваются как важнейшее лесохозяйственное мероприятие, определяющее породный состав лесов, сокращение сроков выращивания и качество древесины [2, 3]. Хотя в последнее десятилетие расчетная лесосека используется далеко не в полной мере, запасы спелого леса неизменно сокращаются. Так, например, прокурор Тверской области считает, что «... еще через 10–15 лет у нас вовсе не останется леса. Бескрайние тверские леса – это уже сказка. Их площадь

сокращается с каждым годом» [4]. В центральных областях России к концу XX в. был закрыт ряд предприятий ЦБП, в частности из-за «исчерпанности ресурсов древесины ели вблизи заводов» [5]. На части площадей после сплошных рубок произошла смена пород – вместо хвойных стали преобладать береза и осина. Естественное и искусственное лесовосстановление осуществляется главным образом за счет сосны. Из 22 тыс. га лесосеменных плантаций, созданных в свое время и предполагаемых, на сосновые приходилось 18 тыс. га, на еловые – только 5 тыс. га [6]. Адаптационные способности сосны проявляются, в частности, и в том, что она возобновляется на 72–83 % площадей вырубок, тогда как ель – только на 15 % площадей [7]. Только в период 1980–1988 гг. в РСФСР лесовосстановление в лесах государственного значения было произведено на площади 9416,2 тыс. га [8]. Все это свидетельствует о том, что в евро-

пейской части РФ имеются большие площади молодых лесов, где главной породой среди хвойных является сосна, а из лиственных – береза. Поэтому проведение рубок ухода в молодняках и оптимальное использование образующейся древесины сохраняют актуальность. Особенностью получаемого древесного сырья является молодой возраст, что обуславливает отнесение его к так называемой тонкомерной древесине (толщина менее 8 см). Это значит, что она практически не может использоваться в строительстве, производстве мебели и т.п. Такая древесина с успехом может применяться в области энергетики и химико-механической переработки (производство различного вида плит, волокнистых полуфабрикатов и т.д.).

В Институте леса Карельского филиала АН СССР в 80–90-е годы прошлого столетия были проведены многосторонние исследования как свойств самой молодой древесины, так и различных волокнистых материалов и бумаг из них. Все лабораторные исследования неоднократно проверялись в опытно-промышленных масштабах: рубки прореживания велись в лесхозах с использованием соответствующей техники, окорка и заготовка технологической щепы проводились на установках получения щепы (УПЩ) нескольких типов на нижних складах леспромхозов Карелии, получение целлюлозных материалов и выработка бумаги – на оборудовании Краснодарского ЭЦБЗ (г. Ленинград). Следует подчеркнуть, что указанные работы в опытно-промышленных масштабах проводились совместно с КарНИИЛПом (г. Петрозаводск).

Одной из задач работы являлось выяснение возможности получения достоверных данных о свойствах небеленой сульфитной целлюлозы из тонкомерной древесины сосны с целью замены соответствующей еловой целлюлозы. Получение положительных результатов позволило бы оптимизировать использование этих двух пород: тонкомерную сосну направлять на производство целлюлозы, а ель – на получение различных видов волокнистых полуфабрикатов высокого выхода, так как прочностные свойства дефибрерной древесной массы из сосны на

30–40 % ниже, чем из ели, а удельный расход энергии выше. Аналогичные соотношения имеют место при производстве термо-механической и других видов масс высокого выхода из этих пород [9]. Кроме того, при использовании сосны для указанных видов полуфабрикатов возникают так называемые «смоляные затруднения», что вынуждает использовать специальные добавки.

Проведенные исследования показали, что тонкомерная древесина сосны и березы от рубок прореживания (возраст 25–45 лет) уступает технически спелой древесине по содержанию целлюлозы и эфирорастворимых веществ, а также по параметрам волокон. Для березы эти различия выражены в меньшей степени. Вместе с тем тонкомерное древесное сырье содержит относительно больше коры, нежели стандартная древесина для ЦБП. Опыты по долговременному хранению (более года) неокоренной тонкомерной березы показали, что она не подвергается «задыханию», что наблюдается у спелой древесины этой породы, и пригодна для получения различных типов целлюлоз.

Неоднократные производственные выработки технологической щепы для ЦБП показали соответствие ее требованиям ГОСТ 15815–83. Наряду с получением щепы тонкомерную березу рассматривали как возможное сырье для производства берестового дегтя, для которого в качестве исходного материала обычно служила береста березового кряжа, применяемого для изготовления фанеры. При окорке тонкомерной березы на УПЩ-ЗА одновременно отбирали отходы окорки, из которых была выделена береста. Нужно отметить, что в опытном варианте толщина бересты была значительно меньше по сравнению с обычным технологическим сырьем. Выгонку дегтя вели на дегтярной установке филиала Петрозаводского химлесхоза. Одновременно деготь получали из технологического берестового сырья. Анализ опытной партии бересты проводили согласно ТУ-13-707-83, а дегтя – по РСТ РСФСР 226–78. Опытная партия бересты имела повышенное содержание луба – 13,8 % и влаги – 23,8 % по сравнению с нормой для первого сорта бересты березовой – 10 и 20 % соответственно. Анализ дегтя

из бересты тонкомерной березы показал, что он соответствует первому сорту, кроме числа омыления, которое отвечало требованиям второго сорта. Выход дегтя составил 25 % от исходной массы бересты (анализ бересты и дегтя проводили сотрудники лаборатории химического цеха филиала Петрозаводского химлесхоза).

Результаты этих опытов показали возможность комплексного использования тонкомерной березы с получением в том числе высокостойкой продукции из отходов. В целом нужно отметить, что многочисленные опытные выработки доказали реальность получения качественной технологической щепы для ЦБП из тонкомерной древесины хвойных и лиственных пород при сухой окорке на установках получения щепы нижних складов леспромхозов. При поставке такого сырья (стволики) предприятиям ЦБП значительная часть тонкомера уходит в отходы вследствие сильного его дробления. На специализированных линиях технологическая щепка по фракционному составу и размерным характеристикам обычно соответствует требованиям ГОСТ.

Сравнительные сульфатные варки тонкомерной и балансовой древесины сосны и березы показали, что небеленые целлюлозы из первого вида древесины имеют несколько пониженный выход и повышенное содержание лигнина, чем из спелого сырья. Небеленые сульфатные целлюлозы из тонкомерной древесины этих пород имели повышенное значение разрывной длины, но ниже сопротивление раздиранию. Подобные соотношения имели место у белых целлюлоз из указанных пород и видов древесины [10]. Небеленая сульфатная целлюлоза опытно-промышленных выработок из производственной щепы при введении в нее до 30 % щепы из тонкомерной сосны по разрывной длине, сопротивлению продавливанию и раздиранию не уступала контрольному образцу. Изготовленная из нее мешочная бумага по разрушающему усилию, удлинению, воздухопроницаемости и впитываемости соответствовала требованиям ГОСТ 2223–75 «Мешочная бумага», но уступала по сопротивлению раздиранию (дан-

ные центральной химлаборатории Сегежского ЦБК). Изготовленные из нее вручную четырехслойные сшитые открытые мешки форматом 100 × 42 см были испытаны в соответствии с ГОСТ 2226–75. Большинство мешков выдержали необходимое число ударов, но они были не в том количестве, которое указано в ГОСТ.

Опытно-промышленные выработки небеленой сульфатной целлюлозы показали, что добавка к технологической щепе из балансовой древесины щепы из тонкомерной березы и сосны в количестве до 15 % и 30 % соответственно позволяет получить волокнистый полуфабрикат, отвечающий марке НС-2 (ГОСТ 11208-65), т.е. достаточно прочный материал.

Наряду с сульфатными были получены и сульфитные целлюлозы из тонкомерной древесины сосны, березы и осины. Подобно сульфатным, сульфитные небеленые целлюлозы из древесины от прореживания имели пониженный выход, нежели из спелой. Результаты проведенных экспериментов показали, что из щепы указанных пород в возрасте прореживания можно получать небеленые целлюлозы разной степени провара без каких-либо затруднений. При повышенном содержании остаточного лигнина непровар не превышал обычно 3 % (табл. 1). Особо следует отметить, что для получения небеленой сульфитной целлюлозы из осины с приемлемыми прочностными показателями варку следует проводить при сокращении времени стоянки на конечной температуре и пониженном ее значении (не выше 135°C). Определение физико-механических свойств небеленых сульфитных целлюлоз из тонкомерной древесины показало, что наилучшие значения имели волокнистые массы из сосны, которые по сопротивлению разрыву и излому превосходили требования ГОСТ 6501–73 для небеленой сульфитной целлюлозы из елово-пихтового сырья (табл. 1) для марки Ж-2. Небеленая сульфитная целлюлоза из тонкомерной осины, имевшая более низкие значения, чем аналогичные полуфабрикаты из сосны и березы, тем не менее отвечала требованиям ГОСТ 6501–73 для марки Ж-4 из елово-пихтового баланса.

Т а б л и ц а 1

Характеристика небеленых сульфитных целлюлоз из тонкомерной древесины сосны, березы и осины

Показатели	Небеленые сульфитные целлюлозы опытно-промышленной выработки			Небеленая сульфитная целлюлоза из ели Ляскельского ЦБЗ	Требования ГОСТ 6501-73 Целлюлоза сульфитная небеленая из хвойной древесины (ель, пихта) для марок		
	сосна	береза	осина		Ж-2	Ж-3	Ж-4
Выход, % от исх. а.с.д.: общий сортированной массы	51,0 47,8	51,6 51,1	52,6 49,7	– –	– –	– –	– –
Степень делигнификации (число Каппа)	33,8	35,7	32,8	43,1	32–27	35–27	более 27
Разрывная длина, м	8570	7430	6940	6600	7500	7000	6500
Удлинение при разрыве, мм	3,67	4,35	3,26	3,49	–	–	–
Соппротивление: излому, ч.д.п. на 180 град, раздиранию, Н продавлива- нию, кПа	3100 0,54 390	2500 0,44 352	1260 0,40 309	1330 0,64 337	2000 – –	1500 – –	1000 – –
Массовая доля смол и жиров по дихлорэтану, % не более	1,18	2,10	1,59	1,50	1,30	1,50	1,50

* экстракцию целлюлоз вели спирто-бензольной смесью

Т а б л и ц а 2

Некоторые свойства опытной оберточной бумаги из 100 % небеленой сульфитной целлюлозы из тонкомерной сосны сразу после ее изготовления и спустя 20 лет

Время испытаний	Масса, г/м ²	Разрывная длина, среднее из двух направлений, м	Удлинение в момент разрыва, %	Проклейка, мм	Соппротивление			Белизна, % по Эльрефо
					излому, ч.д.п. на 180 град.	продавливанию, кгс/см ²	раздиранию, мН	
Сразу после изготовления	70	4730	–	2,0	–	–	–	–
Спустя 20 лет*	73	4620	2,05	–	97	1,60	385	39,3
Требования ГОСТ8273-75. Бумага оберточная. Марка А	60–85	не менее 4500	–	не менее 1,0	–	–	–	–

* по данным Центральной лаборатории ООО «Кондопога»

Т а б л и ц а 3

Характеристика опытной бумаги для печати из беленой сульфитной березовой целлюлозы сразу после ее изготовления и спустя 16 лет

Время испытаний		Масса 1м ² , г	Разрывная длина, среднее из двух направл., м	Соппротивл. излому, ч.д.п. в поперечном направлении	Проклейка, мм	Зольность, %	Гладкость, с	Белизна, % по Эльрефо
Сразу после изготовления	рулон 2	73	2670	4	1,0	10,9	12/37	76,7
	рулон 3	69	2810	4	1,0	10,7	14/28	76,9
Спустя 16 лет*		средняя проба	76,8	2755	6	–	–	74,0

*по данным Центральной лаборатории ООО «Кондопога»

Целлюлозы опытно-промышленных выработок были использованы для производства оберточных, афишной и билетной бумаги. Из 100 % небеленой сульфитной сосновой целлюлозы была выработана оберточная бумага, разрывная длина которой и спустя 20 лет соответствовала требованиям ГОСТ 8273–75 для марки А (табл. 2). Небеленые сульфитные целлюлозы из березы и осины были использованы в композиции афишной и билетной бумаги марки Б в количестве 37–40 % наряду с небеленой еловой сульфитной целлюлозой Ляскульского ЦБЗ. Бумаги отвечали требованиям ГОСТ 11836-76 «Бумага афишная и билетная». Согласно визуальной оценке бумага с добавкой целлюлозы лиственных пород имела более равномерный просвет, нежели у контрольного образца. При печатании различного рода материалов (листовок для противопожарной агитации, бланков и др.) отсутствовало расплывание краски, и качество печати было хорошее (печатание и оценку бумаги производили в бланочной типографии № 2 г. Петрозаводска).

Так как беленую березовую целлюлозу производят почти исключительно из сульфатной волокнистой массы, было решено проверить пригодность небеленой сульфитной целлюлозы из тонкомерной древесины для получения указанного вида полуфабриката. Отбелку небеленой сульфитной целлюлозы из древесины березы от прореживания вели в условиях Красногородского ЭЦБЗ гипохлоритом натрия. Полученная беленая сульфитная березовая целлюлоза была переработана в печатную бумагу, свойства которой после выработки и спустя 16 лет говорят об их стабильности (табл. 3).

Многочисленные лабораторные и опытно-промышленные выработки показали надежность процесса производства небеленой сульфитной целлюлозы из тонкомерной сосны с приемлемыми прочностными свойствами. Нами было обращено внимание на то, что такая целлюлоза имеет относительно высокую белизну. Специально проведенные многочисленные опыты – варки в одинаковых условиях тонкомерной сосны и древесины ели разного возраста – позволили прийти к заключению, что небеленые сосновые

целлюлозы имели более высокую белизну, нежели еловые. Указанное явление объясняется особенностями морфологического строения трахеид сосны и ели. На основании этих данных был сделан вывод, что подобные результаты должны быть получены при варке заболонной части спелой древесины сосны. Для проверки указанного теоретического положения была взята щепка из отходов лесопиления сосны Петрозаводского ДСК, представляющая собой в основном заболонную часть дерева сосны. Такая щепка подвергалась кислой сульфитной и бисульфитной варке в одинаковых условиях со щепой из древесины ели. Анализы полученной небеленой целлюлозы подтвердили факт лучшей делигнификации и повышенной белизны волокнистых масс из древесины сосны. Таким образом, многочисленные эксперименты показали, что из древесины сосны с особым состоянием ее водотранспортной системы (окаймленных пор трахеид) можно получать сульфитным способом качественную небеленую целлюлозу. Вместе с тем нужно отметить, что в такой целлюлозе содержится повышенное количество смолистых веществ, так что, очевидно, необходимы меры по предотвращению смоляных затруднений.

Наряду с экспериментами по производству технологической щепы из тонкомерной древесины с получением из нее различных видов целлюлоз, проводились работы по использованию щепы из неокоренной осины при выработке твердых и мягких древесноволокнистых плит (ДВП). Использование лиственной древесины для выпуска указанной продукции было не ново, но практического применения на многих предприятиях эти породы не находили. Учитывая повышенное содержание коры и меньшие размеры трахеальных элементов, имелись опасения, что применение тонкомерной древесины может негативно сказаться на свойствах плит. Опыты в производственных условиях проводили на Петрозаводском ДСК, в основном на потоке твердых ДВП. В ходе экспериментов содержание щепы из неокоренной тонкомерной осины меняли в композиции сырья от 35 до 60 %. При нижнем пределе качество плит определялось введением укрепляющей

добавки (мочевины); в ее отсутствие плиты отвечали марке Т-350, при поливе плит раствором мочевины – марке Т-400 по ГОСТ 4598–74. При этом следует подчеркнуть, что в процесс производства не вносили никаких изменений. При увеличении в составе щепы неокоренной тонкомерной осины до 60 % плиты отвечали требованиям марки Т-350. В ряде опытов плиты изготавливались из 10 % щепы указанной древесины осины. Большая их часть соответствовала марке Т-350, некоторые выборки плит отвечали требованиям для марки Т-400. Щепа из тонкомерной осины вводилась и в состав мягких плит в тех же пределах. Определение их физико-механических свойств показало соответствие требованиям ГОСТ 4598–74 для марки М-4. Всего было выработано более 25 тыс. м² плит стандартного качества. На этом же предприятии проводились опыты по введению в композицию плит щепы всего дерева осины. В период до роспуска листов тонкомерная и небольшая часть спелой осины с кроной перерабатывались в щепу, которую вводили в композицию твердых ДВП. Содержание ветвей и вершинок составляло 9,8 % от общей массы щепы. В этих опытах из-за отсутствия необходимых параметров плиты отвечали только марке Т-350.

Несомненно, наши и известные из литературы данные свидетельствуют о возможности и необходимости использования тонкомерной древесины от промежуточного пользования в производстве разнообразной продукции целлюлозно-бумажного и плитного производства. Более того, тонкомерная сосна представляется, в известном смысле, более универсальным сырьем, нежели спелая, так как может использоваться и при выработке целлюлоз сульфитным способом. Кроме того, применение ее в производстве волокнистых масс высокого выхода должно вести к экономии энергии и химикатов, т.к. трахеиды имеют меньшую толщину, а древесина – пониженное содержание экстрактивных веществ при отсутствии других компонентов ядра. Поневоле встает вопрос, почему для производства целого ряда продукции разового потребления (многие виды оберточной бумаги, билетной, афишной и т.п.) должна ис-

пользоваться высококачественная древесина, если такую можно с успехом заменить древесным сырьем, заготовка которого одновременно приводит к ускорению роста древостоев и улучшению качества древесины.

Известно, что широкомасштабные сплошные рубки проводились как раз в европейско-уральской зоне, и в настоящее время здесь на многих площадях расположены молодые и припевающие леса. Улучшение их состояния и оптимизация утилизации древесины от рубок ухода представляется проблемой, заслуживающей внимания.

Библиографический список

1. Бурден, Н.А. Развитие лесозаготовок: проблемы и перспективы / Н.А. Бурден, А.И. Рыженков // Лесная промышленность. – 1990. – № 8. – С. 1–2.
2. Носенков, А.И. Резервы промежуточного пользования в Северо-Западном экономическом районе / А.И. Носенков // Проблемы использования лесосырьевых ресурсов: сб. науч. тр. ВНИПИЭЛеспром. – М., 1982. – С. 64–71.
3. Зинин, В.Ф. Использование тонкомерной древесины и лесосечных отходов от рубок ухода за лесом / В.Ф. Зинин, Л.Н. Прохоров // Лесное хозяйство. – 1994. – № 5. – С. 18–19.
4. Российская лесная газета. № 24–25 (154–155). Июнь 2006.
5. Шамко, В.Е. Состояние и перспективы развития сульфитных процессов / В.Е. Шамко // Обз. инф. ВНИПИЭЛеспром. – М., 1988. – 52 с.
6. Воробьев, Г.И. Лесное хозяйство мира / Г.И. Воробьев, К.Д. Мухамедшин, Л.М. Девяткин. – М., 1984. – 352 с.
7. Волков, А.Д. Антропогенное изменение лесов Республики Карелия – современное состояние и перспективы / А.Д. Волков // Проблемы устойчивого развития лесного комплекса Республики Карелия: сб. научн. тр. – Петрозаводск, 2000. – № 3. – С. 3–6.
8. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов СССР. // Статистический сборник. – М., 1989. – 174 с.
9. Барбье, М.К. Производство механической и химико-механической массы (характеристики полуфабриката и бумаги) / М.К. Барбье, С. Дуссуро, С. Жанкие // Бумажная промышленность. – 1991. – № 11. – С. 7–10.
10. Коржицкая, З.А. Свойства небеленых и беленых сульфатных целлюлоз из тонкомерной древесины, полученной от рубок ухода в сосново-лиственных молодняках. Физико-химические исследования древесины и ее комплексное использование / З.А. Коржицкая, Л.В. Голубева. – Петрозаводск, 1978. – С. 91–106.

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОДАХ И ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ РАВНИН СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ

Г.В. АХМЕТОВА, *мл. науч. сотр. лаборатории лесного почвоведения и микробиологии
Института леса Карельского научного центра РАН*

Содержание микроэлементов в почвах оказывает большое влияние на плодородие. Определение валового содержания микроэлементов и их подвижных форм, распределение по почвенному профилю позволяют оценить их доступный фонд в почве для растений, выяснить особенности аккумуляции и миграции микроэлементов. Каждый ландшафт характеризуется своими значениями концентрации микроэлементов в почве [6]. Изучение особенностей содержания и распределения микроэлементов в почвах различных ландшафтов является актуальной проблемой и имеет большое теоретическое и практическое значение.

В настоящее время деятельность человека оказывает все большее влияние на природные сферы планеты, а почва является главным аккумулятором загрязняющих веществ [5]. Данные по содержанию микроэлементов необходимы для охраны почв от загрязнения и окружающей среды в целом, так как современная система показателей ПДК и ОДС плохо применяется в каждом конкретном случае [7, 8].

Целью исследований явилось выявление содержания и закономерностей внутрипрофильного распространения микроэлементов в почвах и почвообразующих породах ландшафта озерно-ледниковых равнин среднетаежной подзоны Карелии.

Исследования проводились в среднетаежной подзоне Карелии на территории Шуйской равнины. Объекты исследования – элювиально-грунтово-глеевые, перегнойно-грунтово-глеевые, буроземы глееватые, вторично задернованные, и подзолы иллювиально-железистые супесчаные, а также почвообразующие породы, на которых они образовались.

Ландшафты озерно-ледниковых равнин распространены на территории абразивной деятельности древних озерных водоемов, существовавших в поздне- и послеледниковое время, и широко развиты на территории

южной Карелии [4]. Преобладающими почвообразующими породами данного ландшафта являются глины ленточного строения, которые обычно залегают на размытой поверхности супесчаной и суглинистой морены. Мощность слоя глин может колебаться от 0 до 15 м и более, но чаще всего составляет 3–5 м. В местах, где слой глин уменьшается, на поверхность выходят морены. В настоящее время, большая часть почв ландшафта окультурена, на местах большинства бывших сельскохозяйственных угодий произрастают производные мелколиственные леса – березово-еловые разнотравные. Под ними сформировались элювиально-грунтово-глеевые суглинистые и перегнойно-грунтово-глеевые почвы, а под елово-сосновым древостоем развиты подзолы иллювиально-железистые [9].

Валовое содержание микроэлементов и их подвижных форм были определены методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Подвижные формы микроэлементов извлекались при помощи вытяжек – аммонийно-ацетатного буферного раствора с pH 4,8 и хлористого аммония [1]. Полученные данные были обработаны с использованием программ Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.0. Для каждого элемента были рассчитаны средние содержание, коэффициенты вариации (V , %) и коэффициенты концентрации относительно среднего их содержания в литосфере (K_k л) и почве (K_k п) по Виноградову [2, 3].

Наиболее значительное влияние на содержание микроэлементов в разных почвообразующих породах ландшафта озерно-ледниковых равнин оказывает механический и минералогический состав пород. Сильнее это влияние проявляется для следующих микроэлементов – цинка, никеля, магния, в меньшей степени для железа и меди. Наибольшее содержание всех микроэлементов характерно для глин, только концентрация кобальта и особенно хрома выше в морене (табл. 1).

Содержание микроэлементов в почвообразующих породах ландшафта озерно-ледниковых равнин

Элемент	Валовое содержание			Подвижные формы		
	среднее, мг/кг	V, %	Кк л	среднее, мг/кг	% от вал.	V, %
Ленточные глины						
Cu	33,8	4	0,7	1,14	3,8	4
Zn	47,0	11	0,6	1,20	0,4	11
Ni	28,7	14	0,5	0,06	0,2	14
Co	12,5	7	0,7	0,02	0,2	6
Cr	44,1	16	0,5	0,10	0,3	15
Fe	15600	16	0,5	0,20	0,001	16
Mn	580	11	0,6	10,02	1,7	11
Суглинистая морена						
Cu	17,8	6,0	0,4	0,58	3,4	6
Zn	16,7	22,5	0,2	0,43	1,3	22
Ni	13,3	4,8	0,2	0,10	0,4	5
Co	14,4	48,2	0,8	0,09	1,0	48
Cr	65,0	52	0,7	0,19	0,35	90
Fe	11400	14,9	0,3	0,69	0,003	15
Mn	200	22,6	0,2	2,40	1,5	23

Для всех микроэлементов характерно умеренное и сильное рассеяние относительно кларка литосферы [2], только для меди и кобальта в ленточных глинах, по сравнению с другими элементами, наблюдается их повышенное содержание – кларки концентрации достигают 0,70. Содержание кобальта и в меньшей степени хрома в моренах приближается среднему значению хрома в литосфере – $Kk\ л = 0,7-0,8$.

Микроэлементы в подвижной форме в почвообразующих породах ландшафта содержатся в незначительных количествах, в среднем менее 1 % от общего содержания (табл. 1). Исключение составляет медь (3–4 %) и марганец (1,5–1,7 %). Обнаружена закономерность, что в подвижной форме большинство микроэлементов (кроме меди, марганца и цинка) содержится больше в морене, чем в глинах.

Качественный и количественный микроэлементный состав почвообразующих пород достаточно сильно различается в зависимости от характера пород (табл. 1).

Его можно представить в виде рядов: для ленточных глин

$$Fe(15600) > Mn(580) > Zn(47) = Cr(44) > Cu(33,7) = Ni(28,7) > Co(12,5),$$

для морены

$$Fe(11400) > Mn(200) > Cr(23,5) > Cu(17,8) = Zn(16,7) > Co(14,4) = Ni(13,3).$$

По содержанию микроэлементов изучаемые почвы сильно различаются. Пределы колебания достаточно широкие, коэффициенты вариации в среднем составляют 20–40 % и достигают 60 % для марганца. Данный факт является следствием влияния почвообразующих пород и формированием в условиях изучаемого ландшафта почв различного генезиса, для которых характерны резко отличные друг от друга процессы накопления и миграции веществ.

Самые высокие значения содержания микроэлементов в почвах ландшафта выявлены для элювиально-грунтово-глеевых почв (табл. 2). По сравнению с другими почвами для них характерны наиболее низкие коэффициенты вариации – 10–30 %, только для марганца этот показатель достигает 62 %. По отношению к кларкам литосферы и почвы содержание большинства микроэлементов невысокое, только коэффициенты концентрации кобальта и меди свидетельствуют об их накоплении ($Kk\ п > 1$). Профиль почв слабо дифференцирован по содержанию микроэлементов в генетических горизонтах. Для подстилки характерно незначительное биогенное накопление меди и марганца. При достаточно равномерном распределении микроэлементов по профилю наблюдается незначительная их

аккумуляция в глинистом оглеенном горизонте ВСg (рис. 1), особенно сильно данная тенденция проявляется для железа и марганца. Подвижными формами микроэлементов данные почвы обеспечены слабо. По отношению к валовому содержанию доля их варьирует от 0,01 % (железо) до 5 % (марганец). Очень высокие коэффициенты вариации 40–90 % говорят о большой изменчивости содержания подвижных форм микроэлементов в данных почвах.

Немного меньше, чем в элювиально-грунтово-глеевых почвах, содержание микроэлементов в буроземах глееватых, вторично задернованных. Незначительное биогенное накопление в подстилке только марганца, остальные микроэлементы, особенно хром, характеризуются преобладанием процессов выноса вниз по горизонту. Большинство микроэлементов распределены по профилю буроземов равномерно (рис. 2), их содержание с глубиной постепенно снижается. Только для меди выявлено большое накопление в подподстилочном минеральном горизонте и резкое уменьшение с глубиной.

Содержание подвижных форм микроэлементов, даже марганца, в буроземах очень низкое. Особенно незначительна концентрация подвижного железа – 1,0 мг/кг, что составляет 0,01 % от валового количества.

Перегноино-грунтово-глеевые почвы отличаются меньшими значениями концентрации большинства микроэлементов, чем элювиальные почвы и буроземы (табл. 2). Выявлено достаточно высокое содержание меди в данных почвах – $K_k > 1$, что говорит о накоплении данного элемента. Мощная оторфованная подстилка обеднена почти всеми микроэлементами, кроме меди, имеющей значительную биогенную аккумуляцию (рис. 3). В органогенном горизонте более высокое содержание почти всех микроэлементов характерно для нижнего слоя подстилки, только меди и цинка – в верхнем. Наибольшие значения микроэлементов в глеевом глинистом горизонте, но по сравнению с почвообразующей породой не наблюдается активной аккумуляции микроэлементов. Отмечено достаточно высокое содержание подвижных форм микроэлементов в данных почвах, осо-

бенно цинка (4,2 мг/кг), кобальта (1,0 мг/кг) и марганца (30,8 мг/кг). Это связано с большей подвижностью микроэлементов в органогенных горизонтах.

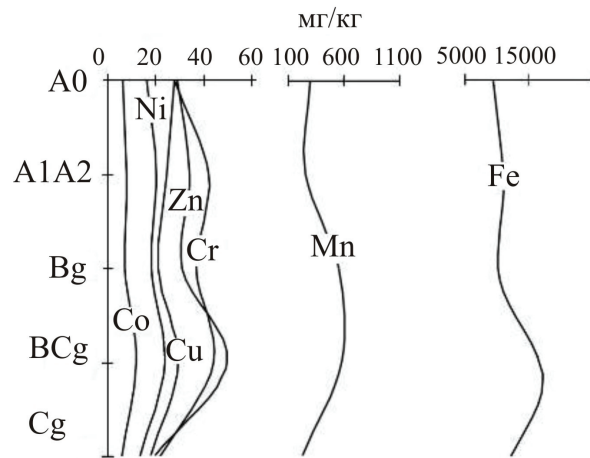


Рис. 1. Распределение микроэлементов в профиле элювиально-грунтово-глеевой почвы

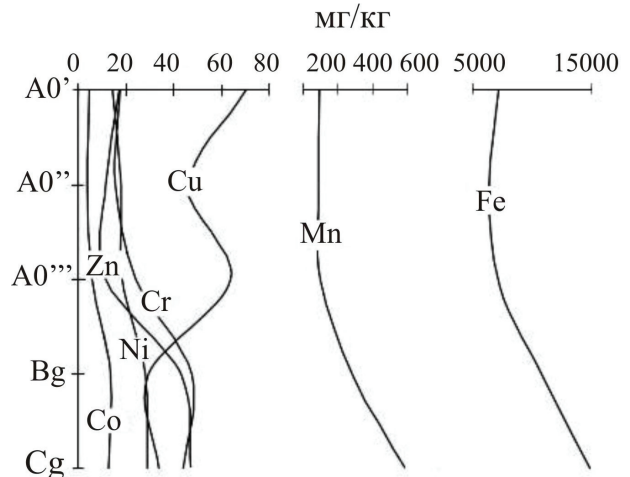


Рис. 2. Распределение микроэлементов в профиле бурозема глееватого, вторично задернованного

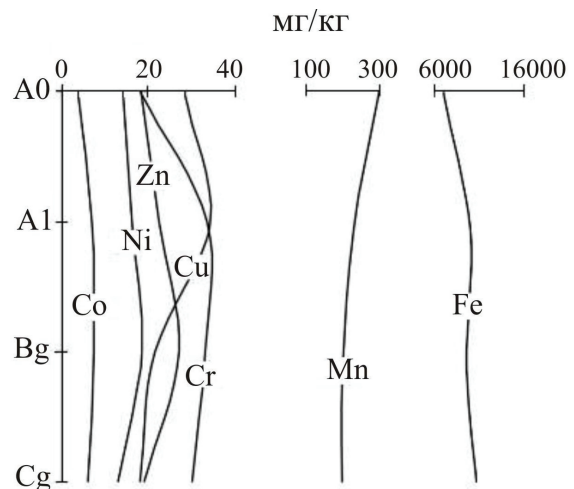


Рис. 3. Распределение микроэлементов в профиле перегноино-грунтово-глеевой почвы

Содержание микроэлементов в почвах ландшафта озерно-ледниковых равнин

Элемент	Валовое содержание				Подвижные формы		
	Среднее, мг/кг	V, %	Кк л	Кк п	Среднее, мг/кг	% от вал.	V, %
Элювиально-грунтово-глеевые почвы							
Cu	24	30	0,50	1,18	0,32	1,61	90
Zn	35	25	0,42	0,70	0,50	1,40	52
Ni	18,8	20	0,32	0,47	0,21	1,10	45
Co	7,8	20	0,43	0,97	0,23	2,90	48
Cr	40,3	12	0,48	0,57	0,46	1,14	44
Fe	11128	23	0,24	0,29	1,21	0,01	94
Mn	358	62	0,36	0,42	13,03	5,0	21
Перегнойно-грунтово-глеевые							
Cu	51,0	38	1,34	2,60	1,02	2,0	60
Zn	24,6	28	0,29	0,48	4,21	17,5	37
Ni	17,2	40	0,28	0,43	0,26	1,5	45
Co	7,3	18	0,40	0,91	1,12	13,7	61
Cr	26,7	43	0,32	0,38	0,41	1,5	33
Fe	8510	11	0,18	0,22	127,80	0,3	19
Mn	154	28	0,15	0,18	30,76	30,0	63
Бурозем глееватый вторично задернованный							
Cu	29,1	56	0,60	1,44	0,26	0,9	65
Zn	22,7	26	0,27	0,45	0,44	1,9	53
Ni	16,3	55	0,28	0,41	0,10	0,6	80
Co	6,2	20	0,34	0,78	0,29	6,7	19
Cr	26,7	43	0,32	0,38	0,41	1,5	33
Fe	9200	1	0,20	0,24	1,00	0,01	81
Mn	200	16	0,20	0,23	4,32	3,2	31
Подзол иллювиально-железистый							
Cu	4,4	67	0,09	0,22	0,03	0,9	100
Zn	8,1	24	0,10	0,16	0,31	3,7	74
Ni	5,7	47	0,10	0,14	0,02	0,4	12
Co	2,0	15	0,11	0,25	0,13	6,5	65
Cr	53,1	44	0,64	0,76	0,73	1,3	45
Fe	6000	15	0,16	0,19	22,33	0,3	57
Mn	135	47	0,14	0,16	4,32	3,3	31

Самыми бедными по содержанию микроэлементов являются подзолы иллювиально-железистые супесчаные, которые развиты на супесчаной и суглинистой морене. Для данных почв характерны очень низкие кларки концентрации почти всех микроэлементов, кроме хрома, содержание которого на одном уровне с другими почвами ландшафта (табл. 2). Это является следствием достаточно высокого содержания данного микроэлемента в почвообразующих породах, на которых сформировались данные почвы. Также у подзолов выявлены самые высокие коэффициенты вариации для всех микроэлементов. Это обусловлено особенностями миграции в них микроэлементов и формированием в дан-

ных почвах геохимических радиальных барьеров – органогенно-сорбционного (лесная подстилка) и сорбционного (иллювиальный горизонт). В условиях промывного режима почвы с развитием подзолообразовательного процесса и в сочетании с хорошим дренажом формируется резко дифференцированный микроэлементный профиль. Ярко выражена биогенная аккумуляция никеля, меди, цинка, кобальта и марганца, в меньшей мере – железа. В минеральной толще почвы микроэлементы распределены по элювиально-иллювиальному типу (особенно железо и марганец) – резкий минимум содержания всех микроэлементов наблюдается в подзолистом горизонте и максимум – в иллювиальном (рис. 4).

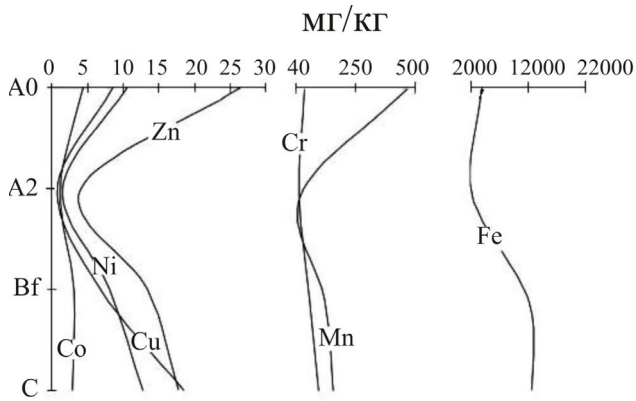


Рис. 4. Распределение микроэлементов в профиле подзола иллювиально-железистого

Подзолы обеднены подвижными формами микроэлементов, только железа более высокое количество. По сравнению с остальными почвами ландшафта его содержание достигает 0,33 % от валового содержания. Очень низкая концентрация подвижных форм меди и никеля.

Таким образом, в процессе почвообразования уровень содержания микроэлементов изменяется и микроэлементный состав почв данного ландшафта приобретает вид

$$\text{Fe}(9577) > \text{Mn}(206) > \text{Cr}(39,3) > \text{Zn}(25,6) = \\ = \text{Cu}(23,2) > \text{Ni}(15,4) > \text{Co}(6,3).$$

Подобная закономерность верна для элювиальных и перегнойных почв, в буроземах меди немного больше, чем цинка, а в подзолах наблюдается сильное уменьшение содержания меди и увеличение никеля. По степени обеспеченности микроэлементами почвы можно расположить так: элювиально-грунтово-глеевые – буроземы глееватые вторично задернованные – перегнойно-грунтово-глеевые – подзолы иллювиально-железистые.

В среднем содержание всех микроэлементов в почвах данного ландшафта ниже их кларковых значений. Это говорит о преобладании процессов рассеивания микроэлементов. Кларки концентраций микроэлементов относительно литосферы ниже 0,6. Отмечается очень низкое содержание железа, марганца и никеля (Кк л не больше 0,26). Самые высокие кларки концентрации относительно литосферы получены для меди (Кк л = 0,40) и хрома (Кк л = 0,49). Так же, как и в почвообразующих породах ландшафта, наблюдается достаточно высокое содержание меди и

кобальта, коэффициенты концентрации которых приближаются к их среднему значению в почвах мира – Кк п Cu = 1,15; Co = 0,84.

Фактором, оказывающим влияние на содержание микроэлементов в почвах этого типа ландшафта, являются почвообразующие породы тяжелого механического состава – ленточные глины и суглинистая морена. Породы характеризуются наиболее высокими показателями содержания микроэлементов среди почвообразующих пород Карелии, за исключением шунгитовой морены [10]. Концентрация всех микроэлементов ниже их кларковых значений. Содержание микроэлементов в почвообразующих породах ландшафта резко различается, что в основном зависит от их минералогического и гранулометрического состава. Более тяжелые по гранулометрическому составу породы характеризуются наибольшими величинами содержания микроэлементов. Различие между содержанием микроэлементов в разных породах особенно существенно для меди, цинка, марганца.

Формирование микроэлементного состава почв ландшафта также сопровождается рассеянием всех микроэлементов, особенно железа и марганца. Рассеяние наиболее сильно проявляется в подзолах, несколько меньше – в элювиально-поверхностно-глеевых и буроземах. По сравнению с почвенным кларком почвы ландшафта незначительно обогащены медью, имеют почти одинаковое содержание кобальта и обеднены всеми остальными микроэлементами.

Подвижными формами микроэлементов почвы обеспечены недостаточно, особенно мало подвижного железа, а также никеля.

Библиографический список

1. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
2. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 237 с.
3. Виноградов, А.П. Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–557.
4. Волков, А.Д. Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура, динамика) / А.Д. Волков, А.Н. Громцев, Г.В. Еруков и др. – Петрозаводск: Карелия, 1990. – 284 с.

5. Добровольский, В.В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 1997. – № 4. – С. 431–441.
6. Добровольский, В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 1999. – № 5. – С. 639–645.
7. Ильин, В.Б. К вопросу о разработке ПДК тяжелых металлов / В.Б. Ильин // Агрохимия. – 1985. – № 10. – С. 94–101.
8. Ильин, В.Б. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах – важный компонент экологического мониторинга / В.Б. Ильин // Докл. II междунар. науч.-практ. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». Т.1. – Семипалатинск, 2002. – С. 141–147.
9. Морозова, Р.М. Лесные почвы Карелии / Р.М. Морозова. – Л.: Наука, 1991. – 184 с.
10. Тойкка, М.А. Микроэлементы в Карелии / М.А. Тойкка, Е.М. Перевозчикова, Т.И. Левкина и др. – Л.: Наука, 1973. – 284 с.

ОПЫТНЫЙ УЧАСТОК БАШКИРСКОЙ НИ ЛОС В ЕЛОВО-ЛИПОВОМ ДРЕВОСТОЕ

А.К. ГАБДЕЛХАКОВ, доц. БашГАУ, канд. с.-х. наук,

З.С. ЧУРАГУЛОВА, вед. науч. сотр. ГУ Спецлесопаркхоз Министерства природопользования, лесных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Башкортостан, д-р биол. наук

В районе темнохвойно-широколиственных лесов Башкортостана имеются значительные площади средневозрастных и приспевающих липовых насаждений, под пологом которых имеется подрост ели и пихты естественного происхождения, а также заглушенные лесные культуры ели. Для таких насаждений необходима разработка технологий рубок ухода, позволяющих перевести хвойные в верхний ярус и сформировать нектаропродуктивные липовые насаждения. С этой целью в 1989 г. старшим научным сотрудником Башкирской ЛОС Р.С. Чурагуловым заложен и описан опытный участок «Юрмияз», находящийся в 5 км на юго-восток от д. Юрмиязбаш (56°13' с.ш., 55°30' в.д.) на территории Татышлинского лесничества, относящийся к участкам, имеющим специальное хозяйственное значение – трехкилометровая зона вокруг стационарных пасек [10].

Опытный участок представляет собой вытянутый с севера на юг выдел шириной 100 м, расположенный на выпуклом водоразделе со склонами до 4–6° и состоит из четырех пробных площадей (секций), обращенных: 1-я (здесь и далее ПП 1, площадь 2,0 га) и часть 2-й (ПП 2, площадь 4,8 га) – на север; основная часть 2-й, 3-я и 4-я (соответственно ПП 3 и ПП 4, площади 2,0 и 1,8 га) – на юг. Пробные площади представляют собой смешанные древостои, состоящие из культур ели и естественно возобновившегося липняка (на

ПП 1 кроме культур ели в верхнем ярусе имеется ель, сформировавшаяся из сохраненного при вырубке подростка). По мнению Р.С. Чурагулова, при закладке пробных площадей предполагалось, что в липовых насаждениях зоны пчелопасек коридорными рубками можно сформировать на определенной площади липовые насаждения, характеризующиеся наличием волнообразного полога из участков древостоев разного возраста и узких полосных вырубок. Это позволит удлинить период цветения липы, уменьшить негативное влияние неблагоприятных погодных условий, стимулировать нектаровыделение липы и т.д. Таким образом, рубками переформирования преследовались две цели: перевод угнетенных культур ели в верхний ярус (ПП 1, 3, 4) и формирование нектаропродуктивных липовых насаждений (ПП 2).

Повторные наблюдения на пробных площадях после первого приема рубки проведены Р.С. Чурагуловым в 1992 г. и нами в 2003–2006 гг. Закладка и описание пробных площадей, отбор и обработка модельных деревьев произведены общепринятыми способами в лесной таксации и лесоведении [1, 4]. На каждой пробной площади заложены почвенные разрезы и отобраны образцы почвы для проведения физико-химических анализов [3, 7, 8]. Полевые материалы обработаны стандартными методами вариационной статистики с использованием компьютерных программ [2].

Таксационная характеристика древостоев до рубки (1989 г.)

Пробная площадь	Состав древостоя	Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	Число стволов, шт./га	Запас, м ³ /га	Полнота
1	5Е4Лп1В+Б, Ива, П	60	17,6	17,9	1977	274	1,3
2	6Лп3Е1В ед.П, К, Б, Ряб., Чр.	40	14,8	15,8	2283	242	1,2
3	7Лп2Е1В+П, ед. Ос, К, Ряб., Ив	40	14,2	15,0	2050	178	1,0
4	7Лп2Е1С+ В, ед. Б, Чр.	40	12,0	14,0	3737	263	1,4

В травяном покрове насаждения произрастают сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), копытень европейский (*Asarum europereum* L.), вороний глаз (*Paris quadrifolia* L.), щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas* L.), чина лесная (*Lathyrus sylvestris* L.), звездчатка жестколистная (*Stellaria holostea* L.), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum* L.) и др.

Таксационные показатели пробных площадей до первого приема рубки представлены в табл. 1. По данным таблицы видно, что главными породами являлись липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) с участием в составе от 4 до 7 и ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.) с участием от 2 до 5 единиц. В качестве сопутствующих пород выступали пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), вяз шершавый (*Ulmus glabra* Huds.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.), осина (*Populus tremula* L.), рябина и черемуха обыкновенные (*Sorbus aucuparia* L., *Radus avium* Mill.), ива козья (*Salix caprea* L.).

Под пологом древостоя находилось от 0,9 до 1,3 тыс. шт./га жизнеспособного хвойного подроста, включая ель искусственного происхождения. В составе древесного яруса в угнетенном состоянии произрастало 360–460 шт./га тонкомерных деревьев ели и пихты. Много подроста усохшего и сомнительного (на ПП 1 56 % подроста ели), причем на северном склоне усохшего было больше, чем на южном. Средний возраст подроста составлял 27–29 лет. Средний прирост подроста ели в высоту за три года перед рубкой колебался от 13,6 до 16,0 см.

Рубки реформирования проведены коридорным способом (коридоры проруба-

лись с запада на восток, т.е. по всей ширине выдела на всех пробных площадях) следующим образом.

ПП 1. В коридорах шириной 10 м прорубался 5-метровый трелевочный волок. На отдельной ширине коридора вырубались все лиственные, хвойные были нетронутыми. На оставшихся кулисах 30-метровой ширины никакой рубки не производилось. Последующая рубка коридоров шириной 10 м проектируется с северной сторон кулис (направление рубки с севера на юг).

ПП 2. В 10-метровых коридорах вырубались все деревья, как лиственные, так и хвойные. Кулисы шириной 50 м были нетронутыми. Очередную рубку коридоров шириной 10 м проектируется провести с обеих сторон от первоначально прорубленного коридора.

ПП 3. В 20-метровых коридорах прорубались трелевочные волокна. На остальной части коридора вырубались все лиственные. В оставшихся кулисах шириной 30 м никакой рубки не производилось (здесь рубка будет проведена в следующий прием).

ПП 4. Рубка проводилась по типу «череполюсно-пасечной», когда чередуются вырубленные и невырубленные пасеки шириной 30 м. На вырубленной пасеке разрубался трелевочный волок, на остальной ее части хвойные деревья сохранялись, а лиственные с диаметром 12 см вырубались. Следующий прием рубки на оставленной кулисе будет проведен аналогичным образом.

На всех пробных площадях была проведена очистка лесосек: по вырубляемому коридору (пасеке) путем сбора порубочных остатков в кучи. Валка деревьев осуществлялась бензопилой вершиной на волок. Древесину вывозили преимущественно автомашинами и тракторами в сортиментах.

Таксационная характеристика древостоев (2006 г.)

Порода	Высота, м	Диаметр, см	Количество стволов, экз./га	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Полнота
На кулисах						
7Лп	16	18	1140	30,23	208	
3Е	17	19	380	10,47	91	
ед.П	11	14	80	1,29	8	
Всего	16	18	1600	41,99	307	1,3
6Е	19	21	710	25,63	244	
4Лп	16	18	860	21,44	146	
ед.П	15	18	50	1,23	9	
ед.Б	20	25	10	0,48	5	
Всего	19	21	1630	48,78	404	1,6
8Лп	16	17	1480	32,99	219	
2Е	15	15	470	8,66	69	
Всего	16	17	1950	41,65	288	1,3
6Лп	15	16	1513	30,04	190	
2Е	16	16	320	6,68	55	
1С	24	30	33	2,32	26	
1Ос	21	23	67	2,87	33	
ед.Б	16	15	47	1,8	6	
Всего	15	16	1980	43,71	310	1,5
В коридорах (первый ярус)						
9Е	19	19	560	16,37	141	
1С	24	29	30	1,94	22	
ед.П	13	16	20	0,41	2	
Всего	18	19	610	18,72	165	0,4
9Е	19	21	467	15,82	143	
1С	23	29	27	1,73	19	
Всего	16	17	494	17,55	162	0,4

Таким образом, запроектированы четырех- (ПП 1 и 2) и двухприемные (ПП3 и 4) рубки переформирования, первым приемом которых вырублено по запасу 20, 20, 16 и 31 (по числу стволов 7,4, 8,8, 14,6 и 26,9) процентов соответственно на ПП 1, 2, 3 и 4.

Сохранность подроста после рубки по пробным площадям в переводе на их общую площадь составила: ПП 1 – 78 %, ПП 3 – 67 %, ПП 4 – 61 %. Подрост на ПП 2 не сохранялся. Наиболее сильная минерализация почвы выявлена при прорубке коридоров 10-метровой ширины на ПП 1 (до 23 %). Здесь же отмечалось и большее повреждение подроста. Повреждение деревьев ели в коридоре (облом вершины, обдир коры ствола, корневой шейки) достигал 24 % от общего их количества, сохраненного на вырубаемой площади.

В 2003 г. равномерно по всей территории опытного участка проведена проходная

рубка с выборкой по запасу 25, 8, 23 и 20 м³/га соответственно на ПП 1, 2, 3 и 4, при которой вырубались сухостойные стволы и деревья березы, осины, вяза и черемухи.

Данные таксации 2006 г. представлены в табл. 2.

Сохранившиеся лесные культуры ели имеют здоровый внешний вид, достаточно высокий прирост в высоту и вышли в первый ярус как в коридорах, так и на оставленных кулисах. Однако на ПП 1 (на северном склоне) отмечалось значительное количество ветровальных и сухостойных стволов ели и пихты. В оставленных кулисах большое количество стволов липы мелколистной имели морозобойные трещины длиной 1–2 и более метра.

Сопоставление основных таксационных показателей (табл. 3), произошедших за 14 лет, показывает, что произошло снижение

доли ели в составе ПП 1 и 3, а на ПП 2 увеличение доли липы. Закономерно увеличился запас, средний диаметр и высота. Наблюдается некоторое расхождение в числе стволов (особенно на ПП 3), объясняемое тем, что учетные пробные площади закладывались не в одних и тех же местах, а также переходом деревьев из числа подроста в состав древостоя.

Данные перечета диаметра деревьев на пробных площадях подвергнуты статистической обработке, что позволило сопоставить их средние арифметические значения по *t*-критерию Стьюдента. Средние арифметические диаметры всех деревьев на пробных площадях различаются между собой существенно (кроме ПП 3 и 4). В том числе на 10-метровых полосах ПП 2, примыкающих к коридорам (14,0 см на северной – теневой, против 16,9 см южной – свето-

вой стороне кулис, где прирост в толщину вследствие лучшей освещенности деревьев выше). Однако при рассмотрении деревьев только липы мелколистной на ПП 2 подобной разницы не обнаружено ($t_{\text{выч}} < t_{\text{ст}}$). Причем, по-видимому, вследствие «светового шока» после сплошной коридорной рубки и тенивыносливости липы на теневой стороне от коридора средний арифметический диаметр больше (16,0 см), чем на световой (15,2 см). Средние арифметические диаметры липы мелколистной по пробным площадям статистически значимо различаются только на ПП 1. Средние арифметические диаметры хвойных в коридорах ПП 3 и 4 (16,3 и 17,8 см) статистически значимо отличаются от средних арифметических диаметров на кулисах (10,1 и 11,9 см). В свою очередь, разницы для хвойных между ПП 3 и ПП 4 не обнаружено.

Т а б л и ц а 3

Изменение основных таксационных показателей древостоев

Пробная площадь	Год учета	Состав	Количество стволов, экз./га	Запас, м ³ /га	Средний диаметр, см	
					ели	липы
1	1992	6Е4Лп ед.П, Б, В, Ив	1638	204	17	14
	2006	7Лп3Е ед.П	1600	307	19	18
2	1992	6Лп4Е ед. П, В, Б	1861	188	15	14
	2006	6Е4Лп ед.П, Б	1630	404	21	18
3	1992	5Лп3Е1П1В ед. Кл, Ив	1545	138	15	14
	2006	8Лп2Е	1950	288	15	17
4	1992	6Лп2Е2С ед. В, Б	2563	178	15	12
	2006	6Лп2Е1С1 ед.Б	1980	310	16	16

Т а б л и ц а 4

Ход роста модельных деревьев (выравненные показатели)

Возрастные периоды	Ход роста в высоту, м		Ход роста в толщину, см		Объем, м ³	Прирост, дм ³		Видовые числа
	высота	прирост по высоте	диаметр на высоте 1,3 м (без коры)	прирост по диаметру		средний	текущий	
Липа мелколиственная								
10	4,5	0,45	1,7	0,17	0,0005	0,05	0,05	0,529
20	7,8	0,33	4,3	0,27	0,0060	0,30	0,55	0,527
30	10,6	0,28	7,5	0,32	0,0246	0,82	1,87	0,518
40	13,0	0,24	11,2	0,37	0,0643	1,61	3,96	0,500
50	14,9	0,19	15,3	0,41	0,1273	2,55	6,30	0,466
Ель сибирская								
10	2,3	0,23	1,0	0,10	0,0001	0,01	0,01	0,510
20	4,9	0,26	5,0	0,40	0,0049	0,24	0,48	0,509
30	8,4	0,35	9,6	0,46	0,0309	1,03	2,60	0,508
40	12,8	0,44	14,8	0,52	0,1121	2,80	8,12	0,505
50	18,2	0,53	20,7	0,59	0,3052	6,10	19,31	0,498

Динамика высот и диаметров модельных деревьев в сравнении с другими авторами

Возраст, лет	Липа мелколистная (III класс бонитета)							Ель сибирская (I класс бонитета)		
	полученные данные	С.Н. Козьяков		П.А. Соколов		Е.С. Мурахтанов		полученные данные	В.В. Загреев	
		значение	отклонение	значение	отклонение	значение	отклонение		значение	отклонение
Высота, м										
10	4,5					3,7	0,8	2,3	2,4	-0,1
20	7,8	7,3	0,5	8,5	-0,7	7,6	0,2	4,9	5,4	-0,5
30	10,6	11,4	-0,8	11,7	-1,1	10,9	-0,3	8,4	9,1	-0,7
40	13,0	14,9	-1,9	14,4	-1,4	13,8	-0,8	12,8	13,1	-0,3
50	14,9	17,8	-2,9	16,6	-1,7	16,0	-1,1	18,2	16,7	1,5
Диаметр, см										
10	1,7					3,0	-1,3	1,0	1,9	-0,9
20	4,3	7,6	-3,3	8,0	-3,7	7,0	-2,7	5,0	4,8	0,2
30	7,5	12,0	-4,5	11,2	-3,7	10,7	-3,2	9,6	8,4	1,2
40	11,2	15,9	-4,7	14,2	-3,0	14,2	-3,0	14,8	12,4	2,4
50	15,3	19,2	-3,9	16,9	-1,6	17,5	-2,2	20,7	16,5	4,2

Анализ хода роста модельных деревьев липы мелколистной (три ствола) и ели сибирской (два ствола), отобранных в средних ступенях толщины на кулисах ПП 2 и 3, позволил по аналитически выравненным данным составить таблицу хода роста основных таксационных показателей (табл. 4), по данным которой видно, что деревья имеют стабильный рост по высоте и диаметру. Наблюдается отставание в росте у липы, начиная с 30–35 лет, а рост в толщину у ели превалирует над липой, начиная с 15 лет. Текущий прирост по высоте стабильно уменьшается с 0,45 м в первое десятилетие до 0,19 м в пятом классе возраста у липы и равномерно увеличивается с 0,23 м до 0,53 м у ели. Текущий прирост по диаметру липы мелколистной устойчиво возрастает, но по величине значительно уступает с 10-летнего возраста ели сибирской. Текущий прирост по диаметру ели сибирской резко возрастает в 10–25-летний период, затем темпы его увеличения с возрастом имеют тенденцию к снижению.

В целом на опытном участке деревья липы мелколистной развиваются по IV–III, а ели сибирской по II–I классам бонитета. сопоставление хода роста модельных деревьев липы и ели с показателями таблиц хода роста липы по С.Н. Козьякову [11], П.А. Соколову [9], Е.С. Мурахтанову [5] и нормальных еловых насаждений по В.В. Загрееву [6], свиде-

тельствует о следующем (табл. 5). Модельные деревья ели сибирской имеют лучший рост в толщину после 20 лет и отстают в высоту в возрасте 20–40 лет по сравнению с данными В.В. Загреева. Для модельных деревьев липы мелколистной пробной площади наблюдаем отставание в росте, как по диаметру, так и по высоте (кроме 10–20 летнего периода) по сравнению с другими авторами. Наименьшие расхождения получаются с данными таблиц Е.С. Мурахтанова, наибольшие – с данными таблиц С.Н. Козьякова, причем для высот разница меньше, чем для диаметров.

За 17 лет в вырубленных коридорах сформировался молодняк средней высотой от 3,5 до 5 м с преобладанием липы (ПП 1, 2 и 4) и вяза (ПП 3), таксационные показатели которых представлены в табл. 6. Все учтенные стволы осины повреждены лосем. Хвойный подрост учтен только на ПП 1 и ПП 2. Естественному возобновлению хвойных препятствуют густой подлесок, представленный малиной, бузиной, и живой напочвенный покров с преобладающим участием крапивы двудомной высотой до 1,5 м.

Сформировавшийся в коридорах молодняк требует лесоводственного ухода (прочистки), при котором необходимо удалить стволы осины и вяза, изредить поросль липы. Иву и клен необходимо сохранить как ранние весенние медоносы.

Почвенные обследования (табл. 6) территории опытного участка показали, что почвы, сформировавшиеся на делювиальных четвертичных отложениях, определены нами как серые лесные тяжелосуглинистые на бескарбонатной глине.

Почвы опытного участка имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав (табл. 7). Для них характерно уменьшение

иловатой фракции в перегнойно-аккумулятивном горизонте А1 и увеличение ее в иллювиальном горизонте.

Кислотность почв (рН солевой вытяжки) верхних горизонтов колеблется от 4,8 до 5,3 и снижается к нижним до 3,6 (табл. 8). Сумма поглощенных оснований колеблется в широких пределах – от 13,2 до 23,6 мг-экв. на 100 г.

Т а б л и ц а 6

Таксационная характеристика молодняка в коридорах

№ пробной площади	Состав, число деревьев	Высота, м	Диаметр, см	Количество стволов, экз./га	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Полнота
1	7Лп	4,5	3,4	1375	1,28	4,5	
	2В	4,5	4,7	425	0,75	2,9	
	1Чр	4,0	2,0	125	0,04	0,1	
	+Ив	6,5	6,0	50	0,14	0,6	
	+П	1,5	1,0	50	0,00	0,0	
	Всего	4,5	3,5	1975	2,21	8,1	0,2
2	8Лп	4,0	5,1	4525	9,20	36,9	
	1Ос	8,0	6,9	500	1,86	7,6	
	1В	4,0	4,8	300	0,53	2,1	
	ед. Е	2,0	1,7	75	0,02	0,1	
	ед. Кл	6,0	6,0	25	0,25	1,0	
	Всего	4,0	5,0	5425	11,86	47,7	0,9
3	6В	5,0	4,8	3100	5,51	23,1	
	4Лп	5,0	4,5	1900	2,97	11,7	
	Всего	5,0	4,5	5000	8,48	34,8	0,7
4	5Лп	3,5	3,5	1525	1,45	5,2	
	3В	3,2	4,9	775	1,45	6,0	
	1Б	3,2	4,1	375	0,49	1,5	
	1Чр	3,0	3,1	325	0,25	0,8	
	Всего	3,5	3,5	3000	3,64	13,5	0,3

Т а б л и ц а 7

Гранулометрический состав почвы опытного участка

Горизонты и глубина образца, см	Гигроскопическая влага, %	Содержание частиц по размерам фракций (мм), %						
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	менее 0,001	менее 0,01
А1 3–30	4,0	2,0	18,9	39,1	9,0	14,0	17,0	40,0
А2В 30–40	2,2	1,5	10,9	41,3	10,8	15,1	20,4	46,3
В1 68–78	4,0	1,0	12,8	25,0	8,3	12,5	40,4	61,2
В2 110–120	4,5	1,1	11,9	23,4	8,1	10,9	44,6	63,6
С 150–160	5,4	0,5	5,4	30,8	5,0	11,8	46,5	63,3

Примечание: А1 – серый, свежий, тяжелосуглинистый, прочно-крупнозернисто-ореховатый, рыхлый, пронизан корнями древесно-травянистой растительности, встречаются копролиты червей, переход в следующий горизонт постепенный; А2В – серо-буроватый, свежий, тяжелосуглинистый, острогранно-ореховато-комковатый, слабоуплотненный, белесый от обилия кремнеземистой присыпки по граням структурных отдельностей, много корней, переход постепенный; В1 – неоднородный, буроватый с темно-серыми и серыми при высыхании подтеками, свежий, глинистый, среднеуплотненный, крупно-комковато-призмовидный, заметен налет кремнеземистой присыпки, переход в следующий горизонт, заметный по окраске и структуре; В2 – желто-бурый, глинистый, свежий, среднеуплотненный, тонкие корни с гумусовыми затеками с глянцевидной корочкой, переход заметный; С – однородно-бурый, глинистый, свежий, сильноуплотненный, бесструктурный, бескарбонатный.

Т а б л и ц а 8

Физико-химические свойства почв опытного участка

Горизонт и глубина, см	рН солевой	Гидролитическая кислотность	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма поглощенных оснований	Емкость поглощения	Насыщенность основаниями, %
Пробная площадь №1							
A1 2-27	4,8	3,63	12,5	1,8	14,3	17,90	80
A2B 27-39	4,5	4,12	16,9	1,4	18,3	22,40	82
B1 39-49	4,1	3,56	18,6	2,2	20,8	21,40	85
B2 60-70	4,0	3,82	17,5	2,3	19,8	23,60	84
Пробная площадь №2							
A1 3-27	5,0	3,12	12,4	1,1	13,5	16,60	81
A2B 27-37	4,2	4,14	14,2	1,3	15,5	19,60	75
B1 38-48	4,0	5,52	21,7	2,1	23,6	29,10	81
B2 80-90	4,1	4,90	20,4	2,9	23,3	28,20	82
Пробная площадь №3							
A1 2-18	4,8	5,14	13,4	1,2	14,6	19,73	74
A1 18-30	4,2	4,52	18,2	1,5	19,7	24,22	81
A2B 30-40	3,6	7,76	15,1	2,1	17,2	24,96	69
B1 62-72	4,6	6,90	16,8	2,3	19,1	26,00	73
B2 85-95	4,5	6,70	16,0	2,2	18,2	24,90	73
Пробная площадь №4							
A1 3-27	5,3	3,12	18,6	1,2	19,8	22,92	86
A2B 27-37	4,6	3,48	16,4	1,1	17,5	20,96	83
B1 40-50	3,7	5,73	11,4	1,8	13,2	18,93	70
B2 68-78	3,7	5,80	12,1	1,6	13,7	19,50	70

Т а б л и ц а 9

Содержание гумуса, минеральных форм азота, подвижных форм фосфора и калия в почвах опытного участка

Обозначение, глубина, см	Гумус, %	Минеральный азот, мг/100 кг почвы	Подвижные формы (по Кирсанову), мг/ 100 г почвы	
			фосфор	калий
Пробная площадь №1				
A1 2-27	4,1	188,1	3,5	10,1
A2B 27-39	2,3	90,0	5,4	5,2
B1 39-49	1,1	92,3	3,6	5,6
B2 60-70	0,5	69,3	3,2	3,6
Пробная площадь №2				
A1 3-27	6,2	241,5	3,6	8,1
A2B 27-37	2,8	143,0	5,2	3,7
B1 38-48	1,8	76,8	5,4	4,4
B2 80-90	1,2	не определено		3,7
Пробная площадь №3				
A1 2-18	5,9	198,0	4,1	7,5
A2B 30-40	2,8	89,5	1,3	3,2
B1 62-72	1,1	87,5	1,0	2,9
B2 85-95	0,3	не определено		
Пробная площадь №4				
A1 3-27	4,9	145,2	5,4	7,0
A2B 27-37	2,9	98,8	4,6	4,9
B1 40-50	1,2	59,5	3,7	3,3
B2 68-78	0,5	не определено		

**Структурно-агрегатный состав почв опытного участка по угодыям
(числитель – сухое просеивание, знаменатель – мокрое), %**

Слой, см	Содержание фракций, размер агрегатов, мм							
	> 10	10–7	7–5	5–3	3–1	1–0,5	0,5–0,25	менее 0,25
Волок на коридорной рубке								
0–5	<u>10,0</u> 5,4	<u>4,8</u> 8,3	<u>8,3</u> 10,0	<u>14,7</u> 18,5	<u>29,5</u> 17,1	<u>10,9</u> 10,9	<u>8,3</u> 9,1	<u>13,5</u> 20,1
5–10	<u>34,5</u> 26,4	<u>9,0</u> 6,6	<u>6,9</u> 6,1	<u>13,5</u> 12,3	<u>16,7</u> 16,1	<u>8,1</u> 7,0	<u>6,9</u> 6,4	<u>4,4</u> 19,1
10–20	<u>27,1</u> 21,4	<u>9,8</u> 5,9	<u>12,3</u> 12,3	<u>18,1</u> 18,3	<u>21,3</u> 19,3	<u>4,9</u> 7,1	<u>2,7</u> 3,1	<u>3,8</u> 12,6
20–30	<u>15,5</u> 4,5	<u>20,9</u> 3,3	<u>19,7</u> 10,1	<u>21,2</u> 19,0	<u>16,2</u> 30,5	<u>2,7</u> 7,5	<u>1,8</u> 9,0	<u>2,0</u> 16,1
Пасека								
0–5	<u>10,3</u> 9,8	<u>9,5</u> 12,0	<u>9,8</u> 10,9	<u>18,3</u> 16,9	<u>31,6</u> 18,1	<u>9,4</u> 8,4	<u>6,3</u> 4,3	<u>4,8</u> 19,6
5–10	<u>35,1</u> 20,4	<u>12,5</u> 11,4	<u>10,7</u> 8,6	<u>14,5</u> 9,8	<u>17,0</u> 19,1	<u>4,5</u> 9,3	<u>3,0</u> 3,1	<u>2,7</u> 17,3
10–20	<u>23,3</u> 10,2	<u>15,9</u> 6,6	<u>16,3</u> 8,5	<u>19,8</u> 11,7	<u>16,2</u> 23,8	<u>5,7</u> 8,3	<u>2,2</u> 15,5	<u>2,6</u> 15,4
20–30	<u>33,7</u> 19,6	<u>18,8</u> 8,5	<u>10,5</u> 10,5	<u>12,2</u> 9,5	<u>15,1</u> 19,3	<u>4,3</u> 8,9	<u>2,8</u> 5,8	<u>2,6</u> 17,9
Древостой								
0–5	<u>7,4</u> 9,6	<u>11,9</u> 8,5	<u>16,3</u> 10,8	<u>14,9</u> 22,1	<u>20,2</u> 28,0	<u>8,4</u> 9,7	<u>5,5</u> 8,8	<u>15,4</u> 2,5
5–10	<u>17,9</u> 27,8	<u>8,6</u> 12,3	<u>12,6</u> 12,0	<u>13,0</u> 16,5	<u>15,3</u> 17,3	<u>5,8</u> 6,9	<u>6,6</u> 3,7	<u>13,0</u> 4,5
10–20	<u>15,6</u> 21,7	<u>9,8</u> 11,2	<u>8,3</u> 12,5	<u>20,5</u> 22,1	<u>21,8</u> 21,9	<u>7,1</u> 4,3	<u>4,9</u> 3,3	<u>12,0</u> 3,0
20–30	<u>5,6</u> 7,4	<u>6,6</u> 14,2	<u>16,2</u> 25,3	<u>24,1</u> 19,4	<u>20,6</u> 14,9	<u>8,6</u> 3,2	<u>6,8</u> 2,9	<u>11,5</u> 2,7

Т а б л и ц а 1 1

Водно-физические свойства почв опытного участка

Слой почвы, см	Плотность сложения почвы, г/см ³	Влажность, %	Запас влаги, мм
Волок на коридорной рубке			
0–5	1,03	38,5	19,8
5–10	1,11	26,3	14,6
10–15	1,25	25,8	16,1
15–20	1,22	22,7	13,9
20–30	1,45	18,5	26,8
30–40	1,56	21,3	33,2
40–50	1,53	22,9	35,1
ИТОГО в 50 см слое			159,5
Пасека			
0–5	0,71	49,1	17,5
5–10	0,99	48,7	24,1
10–15	1,11	39,8	20,6
15–20	1,19	34,9	20,7
20–30	1,25	26,8	33,5
30–40	1,59	23,2	36,9
40–50	1,69	25,2	42,6
ИТОГО в 50 см слое			195,9

Содержание гумуса в горизонте А1 значительно изменяется по пробным площадям от 4,1 % (ПП 1) до 6,2 % (ПП 2), в остальных горизонтах различие сглаживается, постепенно уменьшаясь вниз по профилю (табл. 9).

В целом почвенные условия опытного участка обладают хорошими лесорастительными свойствами для произрастания древесных видов. Однако исследованиями установлено, что при проведении лесохозяйственных работ (рубки переформирования) происходят изменения структурно-агрегатного состояния и водно-физических свойств почв. Данные структурного состава и водно-физические свойства серых лесных тяжелосуглинистых почв опытного участка позволили установить различия под волоками, пасаками и древостоями, усредненные значения которых представлены в табл. 10 и 11. Показатели почвенных образцов свидетельствуют об ухудшении структурного состава и водно-физических свойств почвы под волоками и пасекой по сравнению с древостоем.

Изменения физико-химических свойств почвы могут являться одной из возможных причин отсутствия естественного возобновления хвойных пород в коридорах. При лесозаготовках в результате интенсивного использования почвы подвергаются технологической деградации: утрате комковато-зернистой структуры, переуплотнению, что приводит к ухудшению водно-физических свойств, воздушного и теплового режимов, т.е. ухудшаются условия для возобновления и роста леса. Кроме того, опытный участок располагается в регионе интенсивной нефте- и газодобычи, что не исключает и техногенного воздействия. Здесь отмечается выпадение кислотных осадков. Отсюда почвы обследованных участков характеризуются среднекислой реакцией почвенной суспензии (таблица 8), возможно, это также является причиной слабого возобновления хвойных.

Таким образом, наблюдения на опытном участке позволяют сделать следующие предварительные выводы. Продолжается усыхание и выпадение из состава древостоя ели и пихты. В вырубленных коридорах при неудовлетворительном естественном возобновлении хвойных происходит смена пород

на липу и отмечается возрастание доминирующей роли вяза (на ПП 3). Одной из возможных причин слабого естественного возобновления темнохвойных пород является ухудшение физико-химических свойств почв на опытном участке. Удаление листовых пород деревьев коридорными рубками способствует повышению прироста хвойных. Опытный участок «Юрмияз» является интересным объектом, на котором необходимо провести второй прием рубок переформирования, организовать исследования за состоянием насаждения и почвы. Подобный комплексный подход позволяет объективно оценить изменения, происходящие в данных условиях, а полученные результаты использовать для разработки рекомендаций по повышению продуктивности темнохвойно-широколиственных лесов региона.

Авторы статьи считают своим долгом выразить признательность руководству и специалистам Татышлинского лесхоза за оказанную всемерную помощь по закладке и содержанию опытного участка

Библиографический список

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Боровиков, В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В. Боровиков. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
3. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
4. Мелехов, И.С. Лесоведение / И.С. Мелехов. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 408 с.
5. Мурахтанов, Е.С. Основы организации комплексного хозяйства в липняках Средней Волги / Е.С. Мурахтанов. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1972. – 302 с.
6. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В.В. Загребин, В.И. Сухих, А.З. Швиденко и др. – М.: Колос, 1992. – 495 с.
7. Пискунов, А.С. Методы агрохимических исследований / А.С. Пискунов. – М.: Колос, 2004. – 312 с.
8. Роде, А.А. Почвоведение / А.А. Роде, В.Н. Смирнов. – М.: Высшая школа, 1972. – 480 с.
9. Соколов, П.А. Состояние и теоретические основы формирования липняков / П.А. Соколов. – Йошкар-Ола: Марийск. кн. изд-во, 1978. – 208 с.
10. Чурагулов, Р.С. Экология лесов Южного Урала / Р.С. Чурагулов. – М.: ПОЛТЕКС, 1999. – С. 99–103.
11. Шестаков, А.Ф. Лесотаксационные таблицы, рекомендуемые для Башкирской АССР / А.Ф. Шестаков. – Уфа, 1966. – 44 с.

ЛЕСОПАСТБИЩНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ЦЕНОЗОВ

В.И. ПЕТРОВ, *академик РАСХН,*

В.П. ВОРОНИНА, *Всероссийский НИИ агролесомелиорации, канд. биол. наук*

В современной системе землепользования ВСЗ Прикаспия пастбищные угодья занимают 55–70 %. Их ареал приурочен к территориям с различной степенью деградации земель и растительного покрова, где ведение интенсивного земледелия экономически нецелесообразно из-за экстремальных абиотических условий.

Лесные насаждения обладают уникальной способностью к стабилизации биотопических и абиотических показателей (климат, почва и т.д.), т.к. трансформируют энергетические потоки внутри системы и, что особенно ценно, способствуют более эффективному усвоению антропогенно вложенной (извне) энергии, то есть являются противозатратным фактором в биосферном масштабе.

Лесопастбищные экосистемы – это совокупность лесных насаждений, пастбищных угодий и животных, которые паритетно функционируют и обеспечивают сукцессионную изменчивость фито- и зооценозов для данной абиотической среды.

Лесопастбищные экосистемы могут быть природного или антропогенного происхождения (при коренном улучшении пастбищ и др.). Однако чаще всего аграрии и экологи имеют дело с агролесопастбищными экосистемами смешанного типа, когда с целью повышения устойчивости и урожайности кормовых угодий проводятся фитомелиоративные работы и вводятся один или несколько недостающих элементов – ЗЛН, древесные зонты, мелиоративно-кормовые и др. насаждения. Современные лесопастбищные экосистемы, как правило, объединяют антропогенные и природные комплексы разной степени устойчивости (рис. 1). Они образуют единую систему, способную сохранить динамическую стабильность недеградированных растительных сообществ за счет полифункциональных свойств и обеспечить быстрое регенерирование утраченного ранее

природно-ресурсного потенциала. Поэтому целенаправленно вводимые древесные, кустарниковые виды в пастбищные экосистемы и их трансформация в лесопастбищные экосистемы позволяют добиться уменьшения срока реабилитации деградированных угодий, формирования более благоприятной микроклиматической обстановки для растений и животных с созданием новых мест обитания, а также естественного заселения новыми видами пустующих экологических ниш. На лесопастбищах после 5–7 лет проведения лесо- и фитомелиоративных работ формируется следующая структура:

- первичные элементы природной среды в виде нераспаханных аборигенных фитоценозов;

- вторичные элементы – целенаправленно вводимые древесные, кустарниковые, травянистые виды;

- третичные элементы, которые проникли случайно из природной среды антропогенным, зоогенным или другим путем.

Они отличаются между собой как способом внедрения в экосистему, так и по времени присутствия. Через 15–30 лет такие лесопастбищные экосистемы приобретают черты и свойства гомеостатичной системы, и их, вероятно, следует признать вторичными пастбищными фитоценозами, устойчивыми к антропогенному воздействию.

Современная структура агролесопастбищной экосистемы (рис. 1) поликомпонентна и многофункциональна, а ее «скелет» формируется на основе системы защитных лесных насаждений, включающей пастбищезащитные полосы, затишковые насаждения и древесные зонты. Внутри системы размещены мелиоративно-кормовые насаждения и создается травяной покров. Таким образом, мы целенаправленно увеличиваем мозаичность и ярусность агроландшафта, используя особенности микроклимата и рельефа, повышая емкость экологической среды.

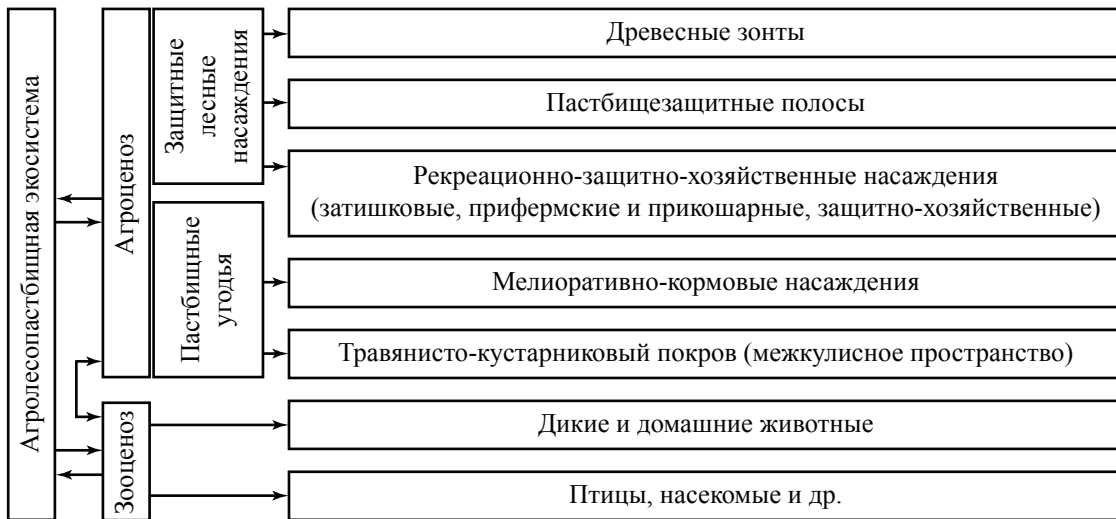


Рис. 1. Схема агролесопастбищной экосистемы

Полифункциональность лесопастбищных экосистем обеспечивается за счет сочетания различных жизненных форм растений (деревья, кустарники, полукустарники, многолетние травы, однолетние травы, эфемеры), которые формируют устойчивую структуру многоярусного характера и обеспечивают оптимальное использование абиотической среды. Практическое использование угодий обычно предусматривает сезонную дифференциацию пастбищ: весеннее, летнее, осеннее, зимнее использование, а также определяется видовым составом растений и животных.

Современная негативная трансформация пастбищных экосистем – это явление биосферного масштаба. На этот процесс оказали влияние не только антропогенная деградация, но и низкий естественный агроклиматический потенциал как два взаимосвязанных фактора.

Потенциальная площадь лесопастбищных ландшафтов в СЗ Прикаспии [2] оценивается в 10,6 млн га, что составляет 30,2 % от всей территории. В настоящее время деградация пастбищных экосистем проявляется в уменьшении биоразнообразия, потере почвенного плодородия и др. Этот процесс в отдельные десятилетия (1970–1990 гг.) приобрел лавинообразный и катастрофический характер, так как сопряженность негативных факторов, а именно перевыпас (в 2–4 раза выше нормы) и чрезвычайно неблагоприятные климатические условия, способствовали дестабилизации экосистем. Наибольшая опас-

ность в изменении пастбищных экосистем отмечалась и отмечается в зонах агроклиматических аномалий аридизации, где фиксируется нарастание лимитирующих показателей от окраины ареала к центру и соответственно уменьшается потенциальная продуктивность фитоценозов.

Менее напряженная обстановка складывается в зонах агроклиматических аномалий гумидизации, где отмечаются лучшие условия увлажнения, более мягкий мезо- и микроклимат [1]. Реабилитация пострадавших территорий должна иметь дифференцированный подход, проводиться в больших объемах в благоприятные климатические периоды, на землях, где в небольшой отрезок времени можно добиться максимального экологического и экономического эффекта.

При разработке модели (рис. 2) растительного ценоза для лесопастбищной экосистемы мы использовали комплексный подход, предусматривающий возможность целенаправленного конструирования как всей системы в целом, так и ее отдельных элементов. Также нашей целью было создать мобильную структуру, чтобы элементы 1 и 3 уровня (т.е. коренные фитоценозы и элементы других экосистем из маргинальной зоны) быстрее могли реализовать биологический потенциал в соответствии с абиотической средой, а вводимые дендро- и травянистые элементы (2 уровня) способствовали увеличению скорости самозарастания деградированного растительного покрова.

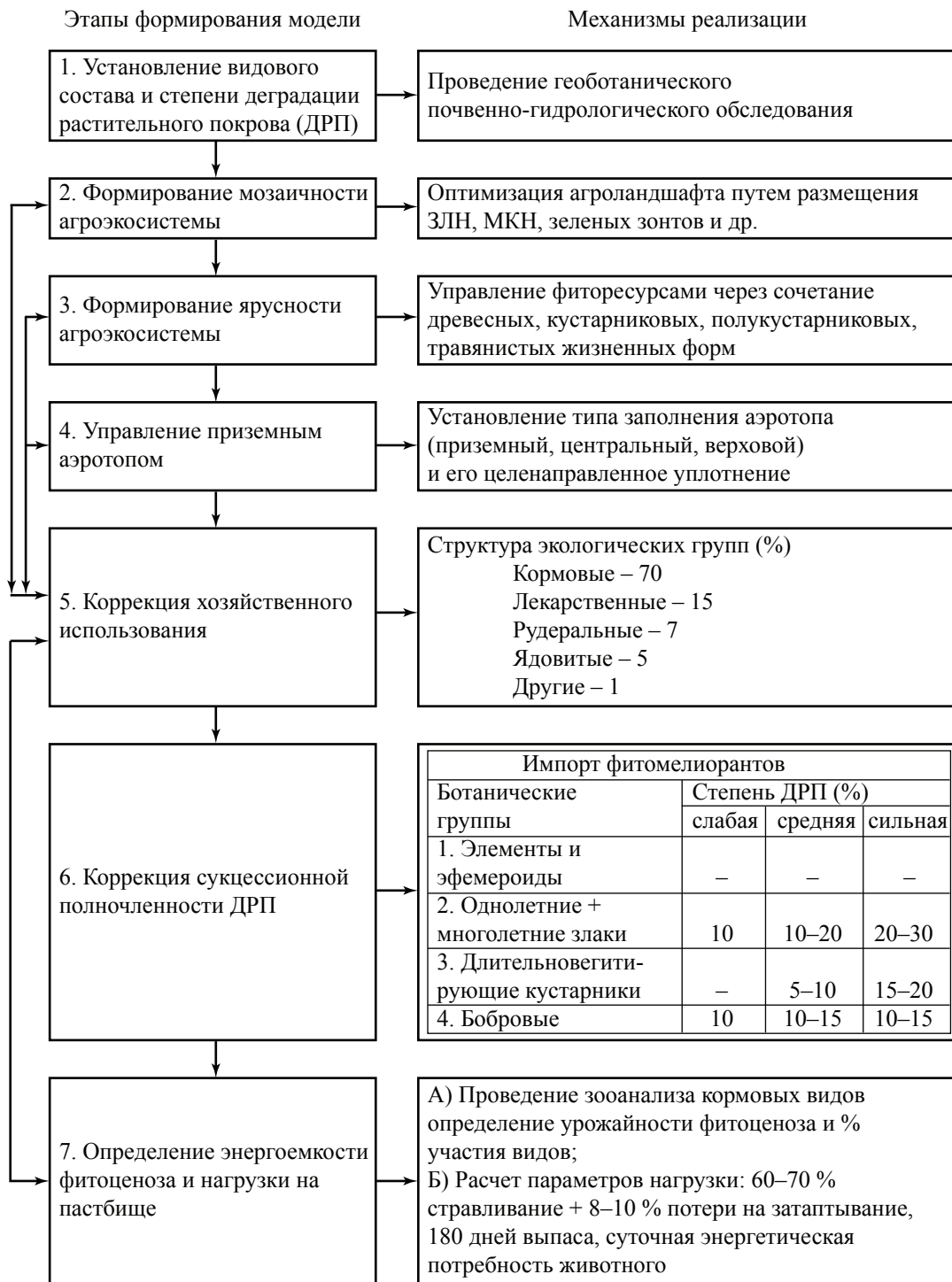


Рис. 2. Модель растительного ценоза в лесопастбищной экосистеме

Реализация модели должна осуществляться поэтапно на основе геоботанических и почвенных обследований территории, установлении региональных агроклиматических особенностей, включая микроклиматические показатели. Далее осуществляется эскизный проект ландшафтно-экологического обустройства деградированных пастбищных уго-

дий, уточняются объемы работ и сроки их проведения, подбирается видовой состав растений фитомелиорантов, структура животноводческого стада и режим эксплуатации. Этап 4 вводится в «модель» впервые, а для 5, 6 этапов опытно-экспериментальным путем установлены структура и коррекционные параметры.

Рекомендуемая структура агроценоза в различных агроэкологических условиях, %

Структура ценоза		Агроэкологические условия	
		гумидизации	аридизации
ЗЛН	Пастбищезащитные лесные полосы	2,5–3	3–3,5
	Древесные зонты	0,2	0,5
	Рекреационные защитнохозяйственные насаждения	0,3	0,5
Пастбищные угодья	Мелиоративно-кормовые насаждения	10–12	15–17
	Травянисто-кустарниковый покров (междулисное пространство)	85	75–80

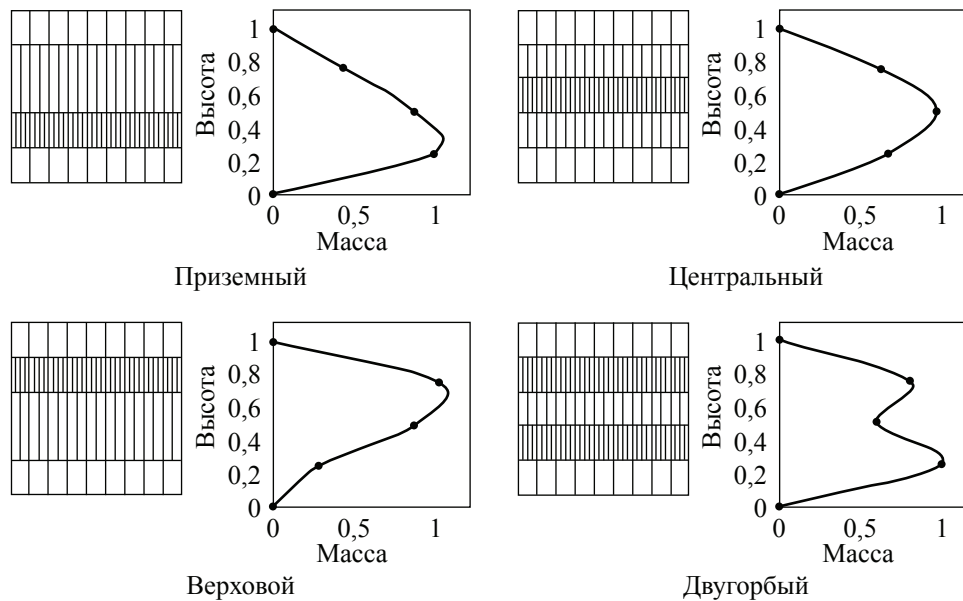


Рис. 3. Типы распределения фитомассы в аэротопе пастбищных фитоценозов

Мозаичность экосистемы. В «модели» в первую очередь предусматривается коррекция микроклимата через формирование пространственной структуры лесопастбища (мозаичность) и осуществляется путем сочетания и размещения на мелиорируемой территории разных видов и типов ЗЛН, которые представлены различными жизненными формами растений (деревья, кустарники, полукустарники, многолетние и однолетние травы) [3]. Оно проводится с учетом эдафических условий, агроклиматических характеристик и естественноисторических факторов. То есть создается каркас («скелет») – инженерно-биологическая конструкция из растений, которая позволяет позитивно трансформировать микроклимат и создает экологические условия для повышения биоразнообразия и продуктивности экосистемы. При формировании мозаичности и получения максимального эффекта смягчения неблагоприятных абиотических условий

необходимо увеличение доли дендромелиорантов в зонах аридизации, которые более устойчивы к климатическим амплитудам (табл. 1) по сравнению с травянистыми видами. При этом должны соблюдаться персональные требования к конструкции ЗЛН, древесных зонтов и т.д., а их размещение осуществляется с учетом действия вредного фактора.

Ярусность пастбищных угодий и управление приземным аэротопом. Для устойчивого функционирования пастбищных угодий необходимо создание мелиоративно-кормовых насаждений, позволяющих увеличить кормовую емкость и обеспечить сбалансированный режим эксплуатации территории. Это один из главных компонентов лесопастбищ, испытывающий повышенную антропогенную нагрузку. Они занимают от 10 % и более от общей площади мелиорируемой территории. Лучше всего насаждения создавать из длительно вегетирующих кормо-

вых кустарников и полукустарников, которые охотно поедаются животными в осенне-зимний и ранневесенний период, что позволяет продлить длительность эксплуатируемого участка и восполнить дефицит корма в этот период.

Конструирование устойчивых пастбищных фитоценозов будет реализовано в полной мере только при установлении типа ярусного заполнения аэротопа фитомассой, образующей межкулисное пространство. На пастбищных угодьях СЗ Прикаспия встречается 4 основных типа (рис. 3) распределения фитомассы в аэротопе:

– *приземный* – основная масса вегетирующих и одревесневших органов расположена в 20-сантиметровом приземном слое;

– *центральный* – основная фитомасса сосредоточена в центре, равномерно уменьшаясь к земле и к верхней границе растительного покрова;

– *верховой* – максимум биомассы приходится на предельную высоту, уменьшаясь к земле;

– *двугорбый* – характеризуется наиболее плотным заполнением аэротопа, отмечается два максимума – у поверхности земли и на предельной высоте растительного покрова.

Т а б л и ц а 2

Ранжирование видов в пастбищных экосистемах СЗ Прикаспия

Типы распределения фитомассы		
Приземный*	Центральный	Верховой
<i>Нижний растительный ярус</i>		
Вьюнок полевой (60)	Бодяг полевой (50)	Клоповник пронзенный (40)
Горец птичий (25)	Горец птичий (75)	Люцерна желтая (30)
Козлобородник большой (100)	Клоповник пронзенный (20)	Подмаренник цепкий (100)
Кохия веничная (40)	Кохия веничная (40)	Рогозник пряморогий (100)
Куриное просо (100)	Люцерна желтая (70)	
Льнянка обыкновенная (90)	Люцерна синяя (100)	
Первоцветы (30)	Первоцветы (70)	
Полынь астрийская (100)	Резак поручейниковый (100)	
Смолевка широколистная (50)	Солянка русская (20)	
Солянка русская (40)	Тысячелистник обыкновенный (10)	
Тысячелистник обыкновенный (40)		
Чабрец обыкновенный (100)		
Щирица жминдолистная (100)		
<i>Средний растительный ярус</i>		
Грыжник седоватый (70)	Бассия (70)	Коровяк темно-красный (100)
Липучка колючеплодная (20)	Икотник серый (100)	Лебеда копьевидная (100)
Лютик едкий (100)	Липучка колючеплодная (40)	Мордовник степной (100)
Кохия простертая (65)	Мак степной (100)	Ромашка непахучая (50)
Полынь белоземельная (100)	Осот розовый (80)	Эбелек песчаный (50)
Полынь черная песчаная (60)		
Ромашка непахучая (50)		
Цмин песчаный (50)		
<i>Верхний растительный ярус</i>		
Астрагал песчаный (50)	Горчак розовый (35)	Молочай лозный (40)
Верблюжья колючка (70)	Гулявник струйчатый (50)	Полынь метельчатая (75)
Горчак розовый (35)	Полынь солянковая (100)	
Злаки (55)	Полынь таврическая (100)	
Лебеда серая (70)	Пушица (100)	
Полынь белая (50)	Ракитник русский (40)	
Ракитник русский (40)	Солодка голая (70)	
Солянка холмовая (55)	Солянка деревцевидная (70)	
Эфедра двухколосковая (95)	Щирица амарантовая (100)	

Примечание: * в скобках указан % встречаемости.

Конструирование устойчивых пастбищных фитоценозов основано на возможности целенаправленного уплотнения аэротопа. Устанавливается тип заполнения объема, видовой состав, подбираются растения верхового или центрального типа распределения фитомассы и так далее, то есть проводится коррекция объема за счет его насыщения видами с другим типом распределения фитомассы в аэротопе (табл. 2). При этом целесообразно применять уже имеющиеся технологии поверхностного улучшения пастбищ, используя поликомпонентные смеси из кормовых и лекарственных видов, которые по своим хозяйственноценным свойствам и морфометрическим показателям дополняют и улучшают уже имеющуюся структуру фитоценоза. Также рекомендуется использовать технологию «очаговой» фитомелиорации (импринтинг, мелиоративно-кормовые насаждения и др.), позволяющую создать экологический каркас и стимулировать самозаращение маргинальных территорий, напрямую не задействованных мелиорацией. Такой комплексный подход формирования пастбищных фитоценозов с заранее заданными свойствами и параметрами способствует вовлечению в естественный экосистемный обмен природных ресурсов, ранее не задействованных из-за отсутствия необходимых условий.

Наибольшему антропогенному воздействию: вытаптывание, поедание и др. – подвергается межкулисное пространство. И для стабильного воспроизводства кормовой биомассы в течение вегетации, как и в динамике по годам, необходимо, чтобы растительный покров был полночленным в плане сукцессионных изменений. Поэтому здесь обязательно присутствие: а) эфемеров и эфемероидов; б) однолетних и многолетних злаков; в) длительно вегетирующих кустарников и полукустарников; г) бобовых (особенно многолетних); д) разнотравья. Доля их импорта определяется исходным видовым составом пастбищных угодий и степенью деградации растительного сообщества. При сильной степени деградации растительного покрова необходимо вводить 15–20 % кустарников и полукустарников, 20–30 % злаков, 10–15 % бобовых и около 5 % разнотравья. При сред-

ней степени – 5–10 % кустарников, 10–20 % злаков, 10–15 % бобовых, 5 % разнотравья. При слабой степени – 10 % злаков, 10 % бобовых, 3–5 % разнотравья. Если велика доля непоедаемых кустарников и полукустарников, то целесообразно провести их ступенчатую замену на поедаемые (около 5–8 %).

В критерии и параметры устойчивости к биотическому воздействию, в частности к выпасу, должны включаться и структура хозяйственного использования, которая определяет целостность ценоза и позволяет выдерживать безопасные регламентированные нагрузки на пастбища. Рекомендуемая структура экологических групп (рис. 2) определена опытно-экспериментальным путем на лесопастбищах при различных режимах эксплуатации. Установлено, что она позволяет добиться высокого уровня продуктивности лесопастбища, его продуктивного долголетия и растительного биоразнообразия.

Реализация предлагаемой модели растительного ценоза позволяет максимально полно использовать естественный природно-ресурсный потенциал и обеспечить суточный рацион овцы – 2,4–2,9 кг воздушно-сухой массы. При этом они будут полностью обеспечены кальцием, медью, цинком, марганцем. Существенный дефицит в 40–50 % возникает по фосфору и в 20–30 % по каротину, небольшой недостаток железа (5–10 %) имеется в злаково-разнотравных и злаково-полынно-разнотравных ассоциациях.

Реализация «модели» позволяет сформировать устойчивые растительные сообщества, добиться оптимального состава флоры и фауны и ускорить естественные процессы восстановления деградированных пастбищ.

Библиографический список

1. Воронина, В.П. Агроклиматический потенциал российского Прикаспия / В.П. Воронина // Проблемы социально-экономического развития аридных территорий, Т. 1. – М.: Изд-во «Современные тетради», 2001. – С. 138–144.
2. Концепция адаптивного лесоаграрного природопользования в аридной зоне (на примере российского Прикаспия) / В.И. Петров, Н.С. Зюзь и др. – Волгоград. – 1996. – 32 с.
3. Рекомендации по формированию лесопастбищ в аридной зоне / В.И. Петров, К.Н. Кулик, А.Г. Терюков и др. – Волгоград. – 2000. – 42 с.

АНАЛИЗ ЛЕСОСЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

С.И. КИБЯКОВА, доц. каф. технологии деревообработки Тихоокеанского государственного университета, канд. техн. наук,

И.Л. БЕЛОЗЕРОВ, проф. каф. технологии деревообработки Дальневосточного государственного технического университета, д-р техн. наук

По лесосырьевым ресурсам Россия занимает первое место в мире, она обладает около 30 % мировых запасов. Среди экономических регионов Дальнему Востоку принадлежит лидирующая роль: по площади лесов он находится на первом месте, а по запасам древесины – на втором, уступая лишь Восточной Сибири. Здесь сосредоточено около 20 млрд м³ древесины, лесами занято около 274 млн га [1–3], что составляет около 29 % запасов лесов и 46 % всей лесной территории России. Представленные материалы являются результатом анализа статистических справочных данных ДальНИИЛХ и последнего государственного учета лесного фонда [1–4].

Из табл. 1, 2 следует, что в соответствии с применяемой в России классификаци-

ей территорию Дальнего Востока и большинства его территориальных образований можно отнести к многолесным. Отношение площади, занятой лесами, к площади всей территории варьирует от 7 до 74,8 %. Преобладающая часть территорий имеет этот показатель в пределах от 38,3 до 74,8 %. К малолесным районам можно отнести только Чукотский автономный округ, основную часть территории которого занимают тундра и лесотундра.

Из табл. 1 следует, что основная часть покрытых лесом земель (71,9 %) занята древостоями с преобладанием хвойных пород, на долю лиственных лесов приходится всего лишь 10,6 %. Доля стелющихся лесов и кустарников в среднем по региону составляет 17,5 %, варьируя от 0 (Еврейская автономная область) до 62,7 % (Чукотский автономный округ).

Т а б л и ц а 1

Распределение покрытых лесом земель по регионам

Территория	Площади лесов, тыс. га	Лесистость, %	Общая площадь лесов, %	
			хвойных	лиственных
Республика Саха (Якутия)	145268	47,1	86,6	1,4
Еврейская автономная область	1553	44,6	35,9	64,1
Чукотский автономный округ	5064	7,0	35,1	2,2
Приморский край	11240	74,8	57,5	42,1
Хабаровский край	47319	61,4	74,9	13,3
Амурская область	21853	62,0	65,9	24,4
Камчатская область	19150	42,9	6,0	42,1
Магаданская область	16925	38,3	44,8	1,2
Сахалинская область	5358	64,7	70,6	23,7
Дальний Восток	273730	45,0	71,9	10,6

Примечание. Доля стелющихся лесов и кустарников для краткости не приводится.

Т а б л и ц а 2

Распределение площади хвойных лесов по породам

Территория	Площадь лесов по породам, %				
	сосна	ель	пихта	лиственница	кедр
Приморский край	0,1	42,7	4,0	18,2	35,0
Хабаровский край	1,9	26,5	1,3	67,7	2,6
Амурская область	5,1	3,0	0,3	91,5	0,1
Камчатская область	0,5	17,4	–	82,1	–
Магаданская область	0,1	–	–	99,9	–
Сахалинская область	1,1	34,4	21,1	43,4	–

Распределение запасов древесины по регионам

Территория	Общий запас древесины, млн м ³	Средний запас, м ³ /га	Общий запас древесины, %	
			хвойных	лиственных
Республика Саха (Якутия)	9229	64	97,0	0,9
Еврейская автономная область	173	112	48,0	52,0
Чукотский автономный округ	88	17	56,8	10,2
Приморский край	1770	157	68,9	30,9
Хабаровский край	4993	106	85,6	9,8
Амурская область	1953	89	80,7	16,7
Камчатская область	11,95	62	11,1	52,1
Магаданская область	423	25	68,1	5,7
Сахалинская область	624	116	85,4	11,7
Дальний Восток	20448	75	83,7	11,1

Примечание. Запасы древесины в стелющихся лесах и кустарниках в таблицу не включены.

Наибольшие площади, занятые лесами, приходится на Якутию (53,1 % от всех занятых лесом площадей рассматриваемого региона), Хабаровский край (17,3 %) и Амурскую область (8,0 %), хотя по соотношению площади лесов и всей территории лидерами являются Приморский край (74,8 %), Сахалинская (64,7 %) и Амурская (62 %) области.

Наиболее распространены на Дальнем Востоке породы лиственница, ель и береза, на них приходится соответственно 39,9; 11,51; 7,62 % от всей площади лесов. При этом среди группы хвойных пород преобладает лиственница (70,59 %), ель (20,37 %) и кедр (4,56 %), среди группы твердолиственных пород – каменная береза (69,41 %), дуб (25,37 %) и ясень (3,58 %), среди мягколиственных пород – береза (72,86 %), осина (7,71 %) и липа (6,17 %).

Хвойные породы являются преобладающими в большинстве территориальных преобразований: в Якутии доля площадей, занятых хвойными лесонасаждениями, составляет 86,6 %, в Хабаровском крае 74,9 %, на Сахалине 70,6 %. Только в Еврейском автономном округе и на Камчатке преобладают лиственные насаждения, доля которых составляет соответственно 64,1 и 42,1 %.

Из табл. 2 следует, что преобладающей древесной породой на Дальнем Востоке является лиственница, наибольшие площади приходится на эту породу в Хабаровском крае (67,7 % от лесной площади края), Амур-

ской (91,46 %), Камчатской (82,1 %), Магаданской (99,99 %) и Сахалинской (43,36 %) областях. Только в Приморском крае эта порода уступает первенство ели, занимающей 42,76 % всех лесных площадей, что объясняется климатическими условиями: он на юге Дальнего Востока и имеет более мягкий климат. Существенные площади заняты в этих регионах также елью, кедром и пихтой. Сосна имеет значительные объемы лишь в Амурской области.

На Дальнем Востоке сосредоточено более 20 млрд м³ древесины. Характеристика лесосырьевых запасов приведена в табл. 3–7. Распределены эти запасы неравномерно. Наибольшими запасами древесины владеют Якутия (45,1 % от всех запасов региона), Хабаровский край (24,4 %) и Амурская область (9,6 %). Наибольшими средними запасами с учетом занимаемых площадей обладают Приморский край (157 м³/га), Сахалинская (116 м³/га) и Еврейская автономная (112 м³/га) области.

На Дальнем Востоке на долю хвойных древесных пород приходится 83,7 % всех запасов, лиственных – 11,1 %. Остальное (5,2 %) – древесина стелющихся лесов и кустарников, не имеющая промышленного значения. Удельное соотношение запасов хвойного и лиственного сырья более подробно рассмотрено в табл. 3–5. Наибольшие запасы древесины хвойных пород сосредоточены в Якутии (52,3 %), в Хабаровском крае (25 %) и в Амурской области (9,2 %).

Распределение запаса древесины по преобладающим хвойным породам

Территория	Запас хвойных пород, %			
	сосна и кедр	ель и пихта	лиственница	всего
Республика Саха (Якутия)	12,4	0,6	87,0	100
Еврейская автономная область	38,6	42,2	19,2	100
Чукотский автономный округ	—	—	100,0	100
Приморский край	38,1	45,2	16,7	100
Хабаровский край	5,6	33,5	60,9	100
Амурская область	3,7	5,2	91,1	100
Камчатская область	—	28,8	71,2	100
Магаданская область	—	—	100,0	100
Сахалинская область	0,2	68,1	31,7	100
Дальний Восток	11,2	14,9	73,9	100

Общая характеристика лесных ресурсов Дальнего Востока

Территория	Площадь лесов, %	Запаса древесины, %		
		общий	хвойных пород	лиственных пород
Республика Саха (Якутия)	53,1	45,1	52,3	3,7
Еврейская автономная область	0,6	0,8	0,5	4,0
Чукотский автономный округ	1,9	0,4	0,3	0,4
Приморский край	4,1	8,7	7,1	24,1
Хабаровский край	17,3	24,4	25,0	21,6
Амурская область	8,0	9,6	9,2	14,4
Камчатская область	7,0	5,8	0,8	27,5
Магаданская область	6,1	2,1	1,7	1,1
Сахалинская область	1,9	3,1	3,1	3,2
Дальний Восток	100,0	100,0	100,0	100,0

Наибольшими запасами древесины лиственных пород владеют Камчатская область (27,5 %), Приморский (24,1 %) и Хабаровский (21,6 %) края. Наибольший удельный вес по запасам древесины среди твердолиственных пород приходится на березу каменную, дуб и ясьень. В целом по Дальнему Востоку на них приходится соответственно 68,9; 23,3; 5,5 %. Варьирование породного состава по отдельным территориальным образованиям приведено в табл. 7. Среди группы мягколиственных пород наибольшие запасы приходятся на березу (62,3 %), липу (11,8 %), осину (9,6 %) и тополь (9,5 %).

Преобладающей древесной породой на Дальнем Востоке является лиственница, на долю которой, как это следует из табл. 4, приходится 73,9 % всех запасов хвойного сырья. Доля этой породы в отдельных территориальных образованиях варьирует от 16,7 % (в Приморском крае) до 100 % (в Чукотском автономном округе и Магаданской области).

На долю остальных хвойных пород приходится 26,1 % от всех запасов древесины хвойных пород.

Приведенные в табл. 5, 6 данные позволяют проследить места произрастания рассматриваемых хвойных пород и удельные соотношения их запасов в различных территориальных образованиях Дальнего Востока. Самыми распространенными являются лиственничные леса (166,7 млн га, или 60,9 % всех лесов), их доля в лесном покрове возрастает с юга на север. На втором месте находятся леса из белой и каменной березы (20,7 млн га, 7,6 %), третье место занимают пихтово-еловые леса (15 млн га, 5,5 %), встречаемость последних увеличивается с северо-запада на юго-восток региона. В этом же направлении растет концентрация площади лесов и запасов древесины в них, достигая максимального значения (более 700 м³/га) в кедрово-широколиственных лесах южной части Приморья.

Распределение запасов древесины основных хвойных пород по регионам

Территория	Запас древесины по породам, %			
	сосна и кедр	ель и пихта	лиственница	всего
Республика Саха (Якутия)	58,3	2,0	61,6	52,3
Еврейская автономная область	1,6	1,4	0,1	0,5
Чукотский автономный округ	–	–	0,4	0,3
Приморский край	24,4	21,6	1,6	7,1
Хабаровский край	12,5	56,1	20,6	25,0
Амурская область	3,1	3,2	11,3	9,2
Камчатская область	–	1,5	0,7	0,8
Магаданская область	–	–	2,3	1,7
Сахалинская область	0,1	14,2	1,4	3,1
Дальний Восток	100,0	100,0	100,0	100,0

Распределение запасов древесины лиственных пород по регионам

Территория	Удельный вес по породам, %				
	дуб	ясень	клен	ильм	береза
Приморский край	50,7	12,6	0,3	5,0	31,4
Хабаровский край	32,7	8,5	0,7	2,7	55,4
Амурская область	78,2	–	–	0,6	21,2
Камчатская область	–	–	–	–	100,0
Сахалинская область	4,4	–	0,8	0,2	94,6

Примечание: приведены данные по березе каменной.

Рассматривая возрастную структуру лесов Дальнего Востока, следует отметить, что около половины лесов (125,8 млн га) имеют возраст выше возраста спелости и пригодны к рубке главного пользования: молодняки составляют – 17,7; средневозрастные леса – 27,4; приспевающие леса – 9,0; спелые и перестойные – 45,9 %. По различным территориям колебания незначительны, они варьируются от 33,5 % в Амурской области до 57,7 % на Камчатке.

Паспортизация около 40 лесозаготовительных предприятий Приморского края с общим объемом лесозаготовок 3,0 млн м³ позволяет установить следующую породную структуру (в процентах): ель – 40,7; пихта – 21,5; береза желтая – 18,6; ясень – 4,0; ильм – 3,6; дуб – 3,1; лиственница – 2,2; береза белая – 2,2; осина – 2,0; кедр – 1,2; клен – 0,7; липа – 0,2.

Юго-восточная часть Хабаровского края, отличающаяся высокой долей лиственных пород, близка по составу и породной структуре лесозаготовок к Приморью, но в

остальных лесах здесь заготавливаются в основном хвойные породы: около 60 % – ель; 10 % – пихта; 30 % – лиственница. На древесину березы и осины приходится лишь 2–3 %. Примерно такая же структура лесозаготовок на Сахалине. В Амурской области доля лиственницы составляет около 50 %; ели – 30 %; пихты – 10 %; сосны и белой березы – 10 %. В Магаданской области заготавливается в основном лиственница, а на Камчатке к лиственнице примешивается до 20 % ели и белой березы. В Якутии – сосна и лиственница с некоторым преобладанием первой.

В Хабаровском крае преобладают лиственница и ель, которыми занято около 34 млн га, это составляет 90 % лесного фонда. Допустимый годовой объем годичной рубки определен для края около 33 млн м³ в год.

Леса занимают свыше 60 млн га, то есть 76,9 % всей территории Хабаровского края. Запас лесного фонда оценивается примерно в 4,6 млрд м³, распределение между основными древесными породами приведено на рисунке.

Динамика лесного фонда Дальнего Востока (изменения в % от 1966 г.)

Край, область	Покрытая лесом площадь	Запас древесины по группам пород			
		общий	хвойные	твердолиственные	мягколиственные
Приморский	+ 3,4	+ 6,3	- 1,5	+ 35,8	- 18,8
Хабаровский	+ 4,7	+ 3,3	- 1,0	+ 27,5	+ 40,7
Амурская	+ 9,4	- 4,4	- 2,2	+ 57,5	+ 14,5
Камчатская	+ 1,6	+ 12,7	- 0,2	+ 2,7	+ 20,4
Магаданская	- 15,6	- 31,8	- 19,9	-	- 38,6
Сахалинская	+ 17,9	+ 5,0	+ 23,7	- 9,5	+ 28,3
Дальний Восток	+ 1,8	+ 0,7	- 2,6	+ 13,5	+ 14,5

Примечание: со знаком «+» значения увеличения, со знаком «-» значения снижения.

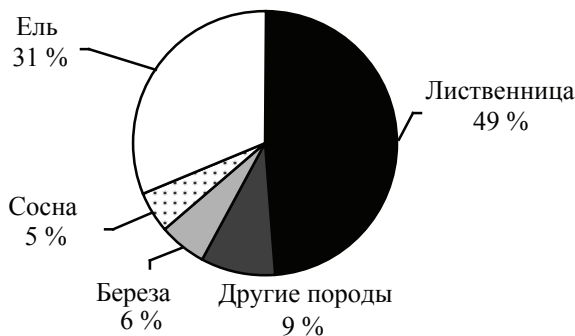


Рисунок. Запасы лесного фонда Хабаровского края по основным породам

Около 55 % всех запасов древесины в Хабаровском крае приходится на хвойные древесные породы. Распределение лесного фонда края по лесохозяйственным районам неравномерно: лесистость варьирует от 25 % по Охотскому до 87 % по Нижнеуссурийскому району. Наибольшими запасами древесины владеют Аянский, Чумиканский и Совгаваньский лесохозяйственные районы, на долю которых приходится соответственно 17,4; 14,4; 9,7 % от всех запасов Хабаровского края.

На территории Дальнего Востока полностью запрещены к рубке 16 древесных пород, как правило, это реликты и эндемики, поэтому существенного влияния на объем рубки не оказывают. Наиболее значим запрет рубки кедра корейского и липы. Рубка деревьев кедра запрещена в принципе на всей территории региона, однако существующие оговорки к запрету позволяют заготавливать его ежегодно в размере нескольких десятков тысяч кубометров, в основном в Приморье. Липа запрещена к рубке только в районах раз-

витого пчеловодства (западное Приморье, юг Хабаровского края и Еврейская автономная область).

Существует в регионе также ограничение минимального диаметра на высоте груди для вырубаемых стволов: он варьирует от 12 до 48 см в зависимости от района рубок, древесной породы и способа рубок.

Приведенные данные характеризуют лесосырьевую базу региона в соответствии с имеющимися официальными статистическими данными, которые не учитывают последствий лесных пожаров. По оценкам средств массовой информации, только по Хабаровскому краю эти пожары уменьшили природный ресурс от 10 до 30 %. Работники леса определяют ущерб в виде потерянных 125 млн м³ леса, что соответствует денежному эквиваленту в 3,3 млрд руб.

Рассматривая динамику изменения покрытой лесом площади за последние годы, можно отметить увеличение в целом по Дальнему Востоку на 1,8 %, по регионам прирост варьировал от 1,6 до 17,9 %. Только по Магаданской области наблюдается сокращение площади лесов на 15,6 %. Соответственно возросли и запасы древесины. Результаты анализа изменения лесного фонда приведены в табл. 8. Динамика породной структуры для краткости не приводится, рассмотрены лишь группы пород.

Из табл. 8 следует, что в целом по Дальнему Востоку запасы древесины возросли на 0,7 %, прирост запасов на 3,3–12,7 % установлен в Приморском и Хабаровском краях, Камчатской и Сахалинской областях. При

этом снижены запасы древесины в Амурской на 4,4 % и Магаданской на 31,8 % областях.

Запасы древесины твердолиственных пород возросли на 13,5 %, а мягколиственных – на 14,5 %. При этом запасы древесины хвойных пород снижены на 2,6 %. Последнее произошло, главным образом, за счет резкого (на 21 %) снижения запасов кедр, в том числе в Приморском крае на 10,6 %, в Хабаровском крае на 40,3 %. В Амурской области запасы кедр наоборот возросли на 44 %, но объясняется это прежде всего тем, что запасы составляют всего лишь 0,07 % от общего запаса хвойного сырья в этой области.

Наиболее интенсивно прирост запасов древесины твердолиственных пород идет в Амурской области (на 57,5 %), Приморском (на 35,8 %) и в Хабаровском (на 27,5 %) краях. Прирост запасов древесины мягколиственных пород составляет в Хабаровском крае – 40,7 %, на Сахалине – 28,3 %, на Камчатке – 20,4 %, в Амурской области – 14,5 %. Интенсивно развивается переработка лиственницы, особенно в Магаданской, Амурской, Камчатской областях и в Хабаровском крае.

Завершая характеристику имеющейся лесосырьевой базы, необходимо отметить,

что она все еще велика и способна обеспечить устойчивое многоцелевое лесопользование. По имеющимся данным [2, 4], при реально существующих технологиях и оборудовании лесозаготовители дальневосточного региона практически не могут взять более половины, лишь в отдельных случаях до 70 % разрешенного лесосекой объема древесины. Кроме того, используются практически только хвойные леса. Среднее по территории использование всей расчетной лесосеки оказывается сравнительно небольшим, только на Сахалине оно достигает 50 % за счет полного освоения лесов.

Библиографический список

1. Шейнгауз, А.С. Лесной комплекс российского Дальнего Востока: Ситуационный анализ / А.С. Шейнгауз, В.П. Каракин, В.А. Тюкалов. – Хабаровск – Владивосток: ДВО РАН, 1996. – 63 с.
2. Белозеров, И.Л. Комплексная переработка пиловочника в условиях Дальнего Востока: Монография / И.Л. Белозеров. – Хабаровск: Изд-во Хабар. техн. ун-та, 1998. – 188 с.
3. Справочник для таксации лесов Дальнего Востока. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1990. – 526 с.
4. Ковалев, А.П. Эколого-лесоводственные основы рубок в лесах Дальнего Востока / А.П. Ковалев. – Хабаровск: ФГУ «ДальНИИЛХ», 2004. – 270 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ В КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

С.И. КОЖУРИН, доц. каф. лесоинженерного дела КГТУ, канд. техн. наук,

С.А. УГРЮМОВ, доц. каф. механической технологии древесины КГТУ, канд. техн. наук,

И.М. ШАПКИНА, асп. каф. лесоинженерного дела КГТУ,

Н.С. КУЗНЕЦОВА, каф. технологии производства лубяных волокон КГТУ, канд. техн. наук

В настоящее время в лесах Костромской области накопилось свыше 147 млн м³ спелой и перестойной древесины, значительную часть которой составляют низкотоварные насаждения. Рост объемов низкокачественных древостоев объясняется большой убыточностью реализации дровяной древесины, отсутствием ее углубленной переработки. К примеру, на лесозаготовительных предприятиях Антроповского района Костромской области при себестоимости 480 руб./м³ цена реализации дров составляет 250 руб./м³, т.е. на каждый кубометр дровяной древесины

потери составляют 230 руб. При полном освоении расчетной лесосеки (403,6 тыс. м³) убытки при производстве дров превысят 24 млн руб. в год. Причем формируются они главным образом в результате затрат на вывозку леса, которые составляют примерно половину суммы себестоимости дровяной древесины, франко-нижний склад. В связи с этим возникает обоснованная проблема переработки низкокачественной древесины на верхнем складе, разработки технологических процессов, обеспечивающих устранение ее убыточности.

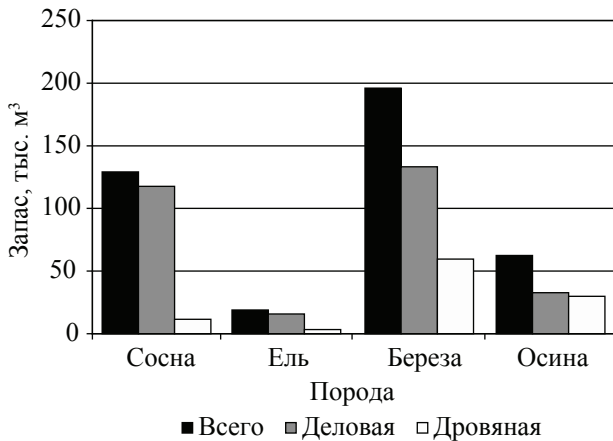


Рис. 1. Распределение запасов эксплуатационного фонда по составляющим породам в расчетной лесосеке

Леса Антроповского района характеризуются довольно разнообразным составом древесных пород с преобладанием мягколиственных древостоев (60 % площади покрытых лесом земель). Наряду с основными лесообразующими породами – сосной, елью, березой, осиной и ольхой – встречается лиственница.

Запасы дровяной древесины в объеме расчетной лесосеки составляют 104,2 тыс. м³. Породный состав древесины, а также его распределение на дровяную и деловую приведены на рис. 1. Большую часть (86 %) в составе дровяной древесины занимают лиственные породы, в первую очередь береза – около 60 тыс. м³ (57 % от всей дровяной).

Существующая годовая потребность населения и предприятий района в дровах составляет 31 тыс. м³. Оставшиеся 73,2 тыс. м³ дровяной древесины являются достаточной сырьевой базой для организации ее углубленной переработки. В целом объем дровяной древесины на территории района 2,5 млн м³. Таким образом, даже при полном использовании расчетной лесосеки сырья для переработки хватит более чем на 23 года.

В Костромской области низкокачественную древесину используют в основном в виде энергоносителей с минимальной обработкой (т.е. топливных дров) и лишь незначительную ее часть – в качестве технологической щепы для плитного производства. В связи с этим целесообразно исследовать перспективу производства эффективных и экологически чистых энергоносителей на основе

древесного угля, получаемых в результате углубленной переработки древесины непосредственно в местах лесозаготовок – на верхних складах.

Необходимость внедрения биоэнергетики и биотехнологий стала особо актуальной для мирового сообщества вследствие опасности глобального изменения климата из-за выбросов в окружающую среду так называемых парниковых газов – продуктов сжигания и химических превращений ископаемых видов топлива (каменного угля, нефти, природного газа). Россия является и субъектом и объектом Киотского протокола. В его рамках страны-участники обязуются обеспечить снижение выбросов парниковых газов в атмосферу. Когда деревья погибают по естественным причинам и их биомасса разлагается, углекислота вновь переходит в свободное состояние. Поэтому образование углекислоты при сжигании, а также при термических и химических превращениях древесины не включается в баланс общих выбросов и рассматривается как естественный фон. Эта ситуация сформировала мировую тенденцию к вытеснению каменного угля и нефтепродуктов, традиционно использовавшихся в энергетике и промышленности, древесиной как топливом и сырьем для химических технологий. По-настоящему широкое использование древесного угля как топлива, горящего без пламени и дыма, началось с появлением металлургии. В наше время его используют и в черной и цветной металлургии (для получения алюминия и бора). Древесный уголь находит также применение в самых различных областях человеческой деятельности: в производстве чистого кремния, стекла, хрусталя, красок, электродов, пластмасс, в медицине и т.д.

Производство древесного угля на лесосеке позволит получить прибыль от заготовки и переработки низкокачественной древесины, а также обеспечить экономическую выгоду от улучшения ухода за лесом, оздоровления окружающей среды, создания новых рабочих мест. Кроме того, углежжение на лесосеке позволяет осуществлять заготовку и переработку низкокачественной древесины в круглогодичном режиме, в т.ч. с использованием вахтового метода.

Уголь высшего качества в Костромской области вырабатывается из древесины березы; качественные показатели угля из осины несколько ниже. При производстве древесного угля появляется возможность более полного использования низкокачественной и дровяной древесины, отходов лесозаготовок. Рассортированная по породам древесина поступает на участок углежжения, где она сначала подготавливается, а затем происходит ее переугливание.

В состав подготовительных работ входят: раскряжевка хлыстов на отрезки нужной длины, откатка и укладка кряжей вручную, расколка дров, укладка их в поленницы и подноска к углевыжигательной печи.

Подготовленные технологические и топливные дрова поступают к трем углевыжигательным печам. Для организации углежжения в условиях лесосеки целесообразно использовать передвижные углевыжигательные печи, например печь МУЛ-2С.

Главное достоинство печи МУЛ-2С – возможность перерабатывать как мелкие отходы деревообработки, так и кряжи длиной до 3 м хвойных и мягколиственных пород в высококачественный древесный уголь. Древесный уголь из коротких поленьев может оставаться практически тех же размеров, что и загруженное сырье. В процессе производства фракция менее 20 мм не превышает 2–3 % от общего выхода древесного угля. Регулировка температуры в пиролизной камере позволяет получать наряду с традиционным углем «древесно-угольные поленья», получившие широкое распространение в странах Западной Европы. Выход древесного угля составляет 30 % от массы загружаемой древесины.

С экономической точки зрения в ходе проектирования участка углежжения следует ориентироваться на следующие результаты:

- минимальные приведенные затраты по производству 1 м³ готовой продукции;
- максимальная производительность труда;
- наивысший уровень механизации труда;
- наибольший экономический эффект.

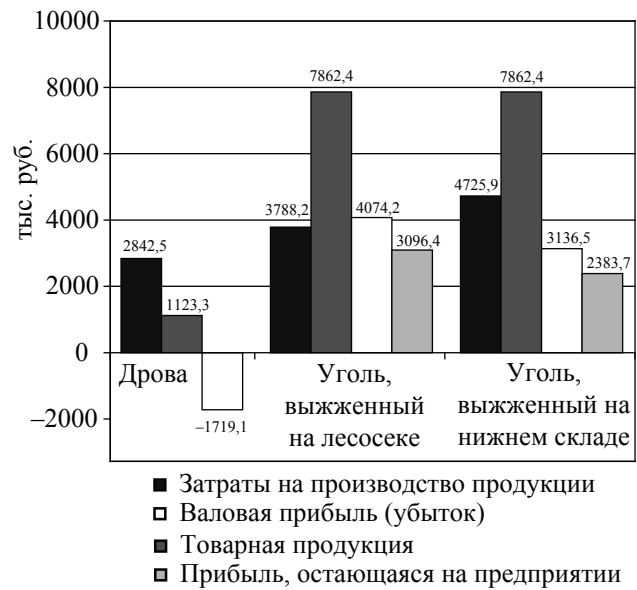


Рис. 2. Основные технико-экономические показатели

В результате расчетов установлены основные технико-экономические показатели участка углежжения, расположенного на лесосеке. Учитывая, что на участке сосредоточены три печи, его производственная мощность составит 786,24 т высококачественного древесного угля при расходе дров около 5 тыс. м³ в год. При этом транспортные расходы по перевозке древесного угля, по сравнению с вывозкой древесины в круглом виде, сократятся в 2,3 раза.

Показатели эффективности работы участка углежжения, расположенного на *верхнем складе*, приведены на рис. 2. Валовая (балансовая) прибыль от переработки неиспользованной дровяной древесины достигнет 4074,2 тыс. руб. против убытка в сумме 1719,1 тыс. руб. при заготовке и вывозке дров в круглом виде. Объем товарной продукции увеличится в шесть раз при сравнительно небольшом (на 33 %) росте затрат на производство продукции.

Переработка данного объема дровяной древесины на древесный уголь в условиях *нижнего склада* влечет увеличение затрат на 25 % и, соответственно, сокращение валовой прибыли на 30 %. При этом существенно ухудшается экологическая обстановка населенного пункта в месте расположения склада в связи с круглосуточными выбросами продуктов сгорания в процессе углежжения.

Если вместо установок МУЛ-2С использовать довольно распространенные печи УВП-5А, то для переработки того же объема дровяной древесины необходимо задействовать пять штук. Потребуется обустроить два участка углежжения, описанные выше. Соответственно затраты на углежжение возрастут в два раза, себестоимость угля возрастет на 31 % и составит около 6,3 тыс. руб. за 1 т. Вместе с тем рентабельность производства достигнет достаточно высокого уровня – 58 %.

Из анализа технико-экономических показателей следует вывод, что внедрение в производство технологии переработки дровяной древесины в древесный уголь на лесосеке имеет высокую экономическую эффективность. Затраты на 1 руб. товарной продукции не превышают 48 коп. В распоряжении предприятия остается 76 % валовой прибыли, что составляет 3096,4 тыс. руб. Достигается высокий уровень рентабельности – 108 %. Срок окупаемости капитальных вложений составит около восьми месяцев.

О РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОЦЕССОВ ОБЕЗЛЕСИВАНИЯ НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ МОНГОЛИИ

С.Н. БАЖА, ст. науч. сотр. ИПЭЭ РАН, канд. биол. наук,
П.Д. ГУНИН, зав. лаб. ИПЭЭ РАН, д-р биол. наук,
Ю.И. ДРОБЫШЕВ, ст. науч. сотр. ИПЭЭ РАН, канд. биол. наук,
Н.В. ЕКИМОВА, ст. науч. сотр. Института экологии БГУ, канд. биол. наук,
А.В. ПРИЩЕПА, ст. науч. сотр. ИПЭЭ РАН, канд. геогр. наук

Хвойные и лиственные леса произрастают в Монголии преимущественно в горах, где образуют высотный пояс, хорошо выраженный на всех склонах гор, относящихся к Евразийской лесной области, и ограниченный только северными склонами в горах, лежащих в пределах Евразийской степной области [1]. Основной лесообразующей породой является лиственница сибирская (*Larix sibirica*), которая в восточной части Хэнтэя сменяется лиственницей даурской (*Larix daurica*). В целом, по состоянию на 2002 г., лиственничники занимают 60,3 % общей площади лесов. Леса из кедра (*Pinus sibirica*) и сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*) встречаются в Хэнтэе, Хангае, Прихубсугулье и Селенгинском среднегорье отдельными небольшими массивами и занимают около 13,2 % лесопокрытой площади. Еловые (*Picea obovata*) и пихтовые (*Abies sibirica*) леса занимают 9,3 % площади. Лиственные леса, в значительной степени вторичные, развиваются на месте хвойных и в настоящее время занимают незначительную площадь. По данным разных авторов, она колеблется от 1,0 до 9,0 % [2, 10]. Оставшаяся

площадь (16,3 %) приходится на пустынные заросли саксаула (*Haloxylon ammodendron*). Горные леса Монголии сформировались под существенным влиянием сибирских лесов и по характеру растительности и особенностям распространения относятся к южносибирско-северомонгольским и северомонгольским.

Согласно последним данным, лесной фонд Монголии (без учета саксауловых лесов) составляет 12997010 га, из которых только 1138552 га, или 8,7 % территории, покрыты хвойным лесом [11]. В экосистемном спектре преобладают экосистемы лиственничных лесов, составляющие в нем более 60 %; экосистемы темнохвойных лесов составляют около 25 % и порядка 15 % приходится на экосистемы сосновых и вторичных мелколиственных лесов [12].

За последние 100 с небольшим лет антропогенному воздействию в той или иной степени подверглось около 40 % всей территории монгольских лесов. Так, пожарам было подвержено около 684 тыс. га лесов, площади невозстановленных вырубок достигли 250 тыс. га, а вырубки, восстановлен-

ные осиной, березой и кустарниками, покрыли почти 1740 тыс. га. Кроме этого, площади лесных угодий, сменившихся гравийно-каменистыми осыпями и песчаными массивами, достигли 159 тыс. га, и только на площади в 1230 тыс. га отмечены леса, восстановленные коренными породами: кедром, лиственницей и сосной. Особенно сильно подвержены антропогенному воздействию разреженные лесные массивы, которые возобновляются хвойными породами на 30 % первоначальной площади, березой и осиной – на 43 %, на 4 % заменяются на нелесные экосистемы и на 23 % теряют лесные свойства на достаточно длительный срок [3, 4]. В результате южная граница хвойных лесов Монголии имеет сложный фестончатый рисунок и можно предположить, что она существенно продвинулась на север. Об этом свидетельствуют остатки лесостепной растительности с участками лесных кустарников, березовых и осиновых рощ, а также наличие островных хвойных лесов, сохранившихся пока на южной границе Хангайского и Хэнтэйского нагорий (рис. 1).

Несмотря на незначительную площадь лесных экосистем (всего 8,7 % территории страны), они имеют определяющее значение в поддержании экологической стабильности Северной Монголии и в значительной степени могут обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие страны. Этому способствует множественная пространственная неоднородность размещения лесных массивов и дифференцирование в доминировании различных хвойных (сосна, лиственница, ель, пихта, кедр) и мелколиственных (береза, осина) видов в различных ландшафтно-экологических условиях. Кроме того, лесные экосистемы Монголии имеют и глобальное экологическое значение. Во-первых, они служат важным экологическим барьером на пути распространения процессов опустынивания на территории Центральной и Северной Монголии и, во-вторых, обеспечивают поступление более половины объема водного стока Селенги и ее притоков в озеро Байкал.

Наибольшей нарушенностью (высокой и очень высокой степени) отличаются субтаежные лиственничные и сосновые леса, нарушенные на 85,8 % занимаемой

территории, второе место занимают горнотаежные леса, в которых сильно и очень сильно нарушенные территории составляют 35,3 % площади. В региональном плане наибольшей нарушенностью, гарями и рубками отличаются леса западной и восточной частей Хэнтэя и лесные массивы горных хребтов, прилегающих к средней части долины р. Селенги и Селенгинского среднегорья. При этом происходит не только замена коренных (или квазикоренных) хвойных лесов мелколиственными, но в ряде случаев сокращается лесопокрытая площадь. Так, на месте сгоревших лесов иногда формируются луговые или степные фитоценозы, особенно по нижней границе распространения горных лесов; в среднегорьях на месте вырубок и гарей могут образовываться кустарниковые заросли, преимущественно ерниковые, которые могут быть замещены древесными сообществами лишь через десятки или даже сотни лет. Степные экосистемы, сформировавшиеся на бывших лесных площадях, практически полностью исключают возобновление древесных пород в современных экологических условиях.

Рубки и лесные пожары изменяют, иногда необратимо, не только характер древостоя, но и весь комплекс экологических условий. В частности, они приводят к изменениям почвенного покрова, развитию процессов эрозии, а в условиях распространения вечной мерзлоты – солифлюкционным и оползневым явлениям.

Значительный вред лесным экосистемам наносит также выпас домашних животных. Например, в гослесфонде аймаков (административных районов) в пределах бассейна Селенги учтено 37,8 тыс. га пастбищных угодий, которые сейчас представлены горными степями и используются непосредственно под выпас. Свыше трети поголовья скота содержится в лесных регионах Селенгинского бассейна, которое выпасается в горных степях, долинах рек, соседствующих с лесами. Особенно часто используются для выпаса места после сплошных и условно сплошных рубок, в результате чего на них существенно задерживаются лесовосстановительные процессы.

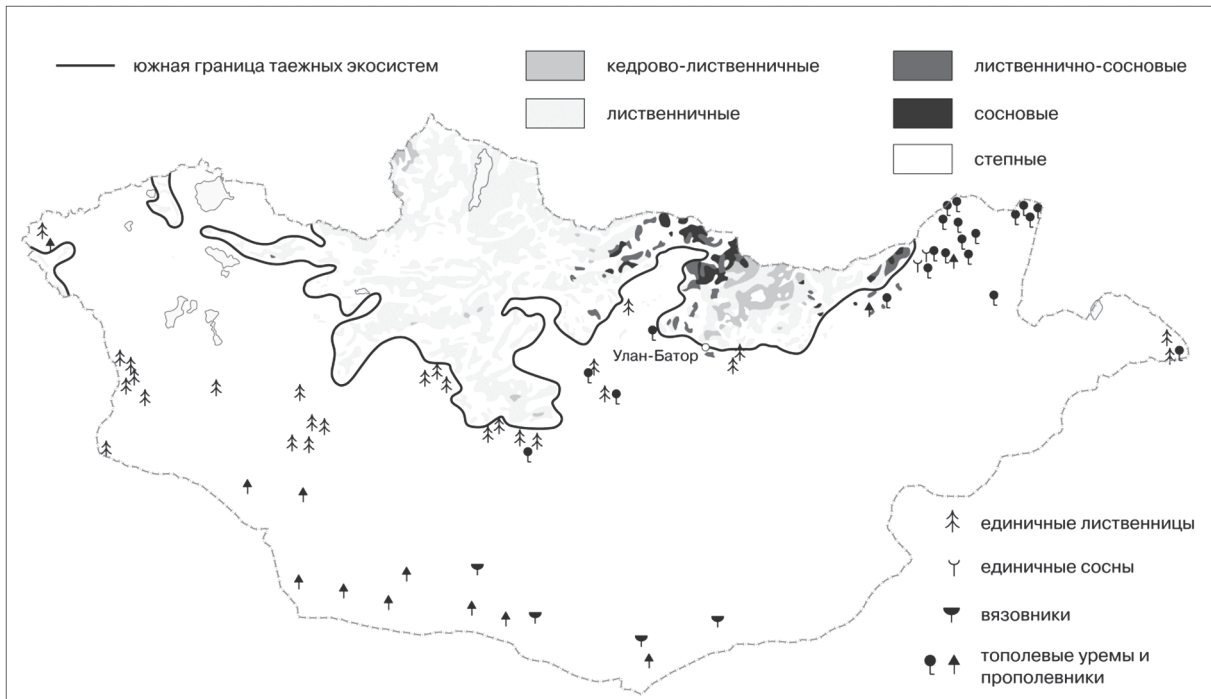


Рисунок. Границы распространения лесных экосистем в Монголии

В итоге при общей оценке восстановительных процессов на нарушенных территориях лесохозяйственных экосистем можно констатировать, что коренные леса (без смены лесообразующих пород) восстанавливаются примерно на 35 % площади бывших гарей и вырубок, восстановление через мелколиственные леса происходит на 40 % лесопокрытой территории с нарушениями III–V степени, а на остальной части лесохозяйственных систем коренные леса не восстанавливаются вообще [3].

В лесостепной Монголии на территории Селенгинского среднегорья между Северо-Восточным Хангаем и Северо-Западным Хэнтэем к настоящему времени практически не осталось истинно коренных разновозрастных климаксовых насаждений из хвойных пород – лиственницы сибирской и сосны обыкновенной. Это обусловлено огромной разницей между скоростью их восстановления и темпом хозяйственной деятельности человека. Реликтовые фрагменты подобных насаждений встречаются только на древних грядовых песках в долинах рек Орхон, Хара и Шарын-гол. Сосновые древостои представлены здесь элементами леса всех классов возраста – от подростка до спелых и перестойных. Кроме того, в древостоях присутствуют

отдельные деревья и пни климаксовой стадии в возрасте около 300 лет и с диаметром ствола до 1 м. Такие же особи сосны единично встречаются в длительно-производных березняках. Имея в качестве эталона строение и возрастную структуру реликтовых коренных сосняков и лиственничников, в том числе сохранившихся в заповеднике Богдо-Ула близ Улан-Батора, современный состав лесного фонда бореального пояса можно представить следующими сукцессионными сериями: а) производные и коренные, чистые и смешанные хвойные (лиственничные и сосновые) леса (условно одновозрастные и разновозрастные субклимаксовые); б) производные хвойно-мелколиственные леса; в) короткопроизводные и длительнопроизводные субклимаксовые мелколиственные леса.

До сих пор сукцессии в бореально-лесостепных экосистемах Монголии изучены недостаточно. Ранее в литературе отмечалось, что на вырубках и гарях в этих лесах хвойные насаждения восстанавливаются по классическому варианту европейских и южно-сибирских смен, т.е. с формированием длительнопроизводных березняков, сменами на степные сообщества [5, 6]. Однако в ходе обследования значительной территории Селенгинского среднегорья мы не встречали

практически ни одного сколько-нибудь крупного массива с подростом или с молодняком (в пределах I–II классов возраста) хвойных или мелколиственных пород. В то же время именно в этом районе наиболее развиты, особенно в низкогорьях, обрамляющих низовья долин рек Орхона, Еро и отчасти Селенги, чистые и смешанные заросли из ксерофитных, мезоксерофитных и ксеромезофитных кустарников лжеминдаля черешкового *Prunus (Amygdalus) pedunculata*, спиреи водосборной *Spiraea aquilegifolia*, абрикоса сибирского *Armeniaca sibirica*, березы бурой *Betula fusca* и курильского чая *Potentilla parvifolia* [7]. Сведения о составе и строении некоторых сообществ сибирского абрикоса и лжеминдаля черешкового были опубликованы Р.В. Камелиным [5], однако в этих работах строение кустарниковых ценозов детально не освещалось.

Экосистемы Селенгинского среднегорья

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является одной из главных лесообразующих пород Монголии и нередко формирует древостой на границе леса и степи. В силу естественных и антропогенных причин эта граница весьма подвижна. В некоторых случаях происходят необратимые смены сосновых ценозов на кустарниковые, а дальнейшая деградация ведет к развитию степной растительности. Однако в экотопах, характеризующихся супесчаными и песчаными почвами, при деградации сосняков растительность приобретает черты большей ксероморфности и можно говорить о наличии признаков опустынивания.

Изучение сукцессионных смен сосновых лесов проводилось на южной границе их распространения – в Восточном Хангае, Селенгинском среднегорье и Западном Хэнтэе. Исследовались сосняки, произрастающие на речных террасах и в межгорных котловинах на каштановых почвах песчаного и супесчаного механического состава. Использовались стандартные лесоводственные и геоботанические методы [8]. Полные геоботанические описания в лесу и зарослях кустарников составлялись на пробных площадях размером 400 м², в степных сообществах – 100 м². В

лесных и кустарниковых сообществах велись таксационные измерения, включающие для каждого вида деревьев промеры высоты и диаметров стволов; для кустарников – числа стволов, высоты и диаметров кустов, а также величины надземной фитомассы. Анализировалось современное состояние сообществ на основе сравнения флористического состава, обилия, состояния и жизненности входящих в нее видов. Сообщества, развивающиеся на одной высоте над уровнем моря и на одном элементе рельефа, объединялись в один сукцессионный ряд.

Полный сукцессионный ряд представлен пятью основными стадиями: I – леса коренные (Ia – развивающиеся без влияния рубок; Ib – подверженные выборочным рубкам), II – леса мелколиственные с участием коренных пород, III – леса мелколиственные без участия коренных пород, включая подрост или заросли кустарников с усыхающими деревьями, IV – заросли кустарников без участия любых деревьев, V – опустыненные степи.

Одним из ведущих факторов деградации сосновых лесов является человеческая деятельность: рубки, палы степей, в ходе последних огонь нередко губит лесные насаждения, а также выпас скота, препятствующий естественному возобновлению леса.

В ходе дигрессионных сукцессий сначала происходит некоторое увеличение общего числа видов растений, но на последних стадиях оно уменьшается. Состав видов-доминантов претерпевает закономерные изменения. Из древостоя выпадает сосна, сменяющаяся сначала вязом, а затем караганой или можжевельником. В растительный покров внедряются пустынные виды, такие как *Thymus gobicus*, *Kochia prostata*, *Corispermum mongolicum*, *Agriophyllum pungens* и в отдельных случаях *Ephedra sinica* (табл. 1).

Динамика фитомассы по стадиям сукцессии условно может быть выражена U-образной кривой, левая ветвь которой почти в 3 раза выше правой. Сосновое редколесье с полнотой 0,2–0,3 накапливает фитомассу, как минимум 20 т/га. В вязовниках, сменивших сосну, вяз при полноте 0,1 насчитывает порядка 4 т/га, а карагана – 0,8 т/га.

Дифференциация видов-доминантов по координатам антропогенного воздействия (выпас, рубки) на стадиях сукцессионных смен в экосистемах сосновых лесов с каштановыми супесчано-песчаными почвами

Рубка	Выпас		
	слабый	умеренный	сильный
Слабая	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Ulmus pumila</i> <i>Caragana microphylla</i>	<i>Caragana microphylla</i> <i>Thymus gobicus</i>
Умеренная	<i>Pinus sylvestris</i> <i>Ulmus pumila</i> <i>Betula platyphylla</i> <i>Salix ledebouriana</i>	<i>Ulmus pumila</i> <i>Caragana microphylla</i> <i>Thymus gobicus</i>	<i>Caragana microphylla</i> <i>Thymus gobicus</i> <i>Corispermum mongolicum</i> <i>Agriophyllum pungens</i>
Сильная	<i>Ulmus pumila</i> <i>Caragana microphylla</i> <i>Thymus gobicus</i>	<i>Ulmus pumila</i> <i>Caragana microphylla</i> <i>Thymus gobicus</i> <i>Juniperus pseudosabina</i>	<i>Juniperus pseudosabina</i> <i>Thymus gobicus</i> <i>Corispermum mongolicum</i> <i>Agriophyllum pungens</i>

Чистые караганники, сменившие лесное сообщество, продуцируют до 3,6 т/га фитомассы. На следующей стадии сукцессии лидирующая роль переходит к полукустарнику – тимьяну (*Thymus gobicus*), фитомасса которого достигает 0,1 т/га, в то время как травяной покров дает фитомассу, равную 0,3 т/га. На последних стадиях сукцессии сосновых лесов продуктивность производных сообществ демонстрирует существенное увеличение. Так, общая фитомасса можжевельниковых ценозов, возникающих на месте послелесных сообществ, достигает 7,2 т/га.

Сукцессионные смены сосновых лесов на южной границе их распространения можно отнести к необратимым сменам растительности по следующим критериям:

- отсутствие хвойных деревьев и их подроста на всех стадиях антропогенной нарушенности, начиная со II;

- отсутствие подроста любых древесных пород и жизнеспособных деревьев на всех стадиях, начиная с III;

- на последних стадиях (IV-V) снижается степень задернованности почв;

- усиливающиеся к последним стадиям динамичность почвенной поверхности и иссушение почв практически полностью препятствует самовозобновлению леса, т.к. для жизнедеятельности молодых деревьев необходима стабильная поверхность и достаточно большой влагозапас.

Экосистемы западного Хэнтэя

В основу данного анализа положены результаты исследований в экотонной зоне Западного Хангая, на контакте лесостепных и умеренно-влажных степных сообществ. Здесь характерен заход участков крупных песчаных массивов, генетически связанных с Котловиной Больших Озер, с которых происходит перенос песка на Хангайское нагорье, что создает условия для развития процессов трансформации всех природных комплексов.

Верхние части среднегорий и высокогорья Хангая заняты кустарниковыми (из *Betula rotundifolia*) и кустарничковыми (сложенными *Dryas oxydontha*) тундрами в сочетании с кобрезиевыми и заболоченными осочниками, а также высокогорными криофитными лугами (кобрезиевниками, осочниками и группировками высокогорных криопертофитов). На северных макросклонах хребтов Хангайского плато верхние высотные уровни состоят из подгольцовых редкостойных лесов и редколесий: лиственничных, кедрово-лиственничных, которые ниже по склону сменяются лиственничными «псевдотаежными» разнотравно-ритидиевыми, бруснично-ритидиевыми и осочково-ритидиевыми горными лесами. Такие псевдотаежные горные леса встречаются отдельными компактными массивами на склонах Хангая, в среднегорной части долины реки Тэс, на отрогах хребта Булнай-Нуур.

**Основные характеристики экосистем лиственничников
Хангайской ландшафтно-экологической провинции**

Ландшафтно-экологический район	Тэсский	Северо-Хангайский			Западно-Хангайский				
Название ассоциации*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Абс. высота (м)	1640	1814	1858	1762	1910	1909	1789	2056	2372
Экспозиция	С	С-в	С-в	С-с-з	З-ю-з	Ю-з	С	С-с-з	С-с-в
Проективное покрытие травостоя, %	80	30-40	50	25	45	70	45	15	55-60
Сомкнутость крон, баллы	0,1-0,2	0,2-0,5	0,4-0,6	0,2-0,5	0,6-0,7	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5
Проективное покрытие доминантов кустарникового яруса, %									
<i>Caragana bungei</i>	20	14	-	40	-	-	-	-	-
<i>C. spinosa</i>	-	-	-	-	-	20	-	-	-
<i>Dasiphora fruticosa</i>	-	3	-	-	-	2	-	-	-
<i>Lonicera altaica</i>	-	-	-	-	-	-	-	5	5
<i>Ribes rubrum</i>	-	-	-	-	-	-	-	3	2

* Примечание: цифрами обозначены названия ассоциаций: 1 – лиственничник разнотравно-злаково-осоковый разреженный; 2 – лиственничник разнотравно-злаково-осоково-карагановый; 3 – лиственничник разнотравно-осоковый; 4 – лиственничник злаково-разнотравно-осоково-зеленомошный; 5 – лиственничник разнотравно-злаковый; 6 – лиственничник разнотравно-злаково-осоковый разреженный; 7 – лиственничник злаково-разнотравный; 8 – лиственничник злаково-жимолостно-таволгово-зеленомошный; 9 – лиственничник мятликово-зеленомошный.

**Основные характеристики экосистем лиственничных редколесий
в Хангайской ландшафтно-экологической провинции**

Название ассоциации*	1	2	3	4	5
Ландшафтно-экологический район	Северо-Хангайский		Западно-Хангайский		
Абс. высота (м)	1804	1876	1720	1909	2005
Экспозиция	В	С-в	В-с-в	Ю-з	С-с-з
Проективное покрытие травостоя, %	20 %	20 %	30 %	70 %	40 %
Сомкнутость крон, баллы	-	-	-	0,1-0,2	-
Проективное покрытие доминантов кустарникового яруса, %					
<i>Caragana bungei</i>	40	15	25	-	-
<i>C. stenophylla</i>	-	-	6	-	-
<i>C. spinosa</i>	-	-	-	20	-
<i>C. pygmaea</i>	-	-	-	-	0,5
<i>C. arborescens</i>	-	-	-	-	5-7

* Примечание: цифрами обозначены названия ассоциаций: 1 – петрофитно-разнотравно-житняковая степь с караганой и единичными лиственницами; 2 – разнотравно-злаково-осоковый остепненный луг с караганой и единичными лиственницами; 3 – злаково-осоково-разнотравное остепненное лиственничное редколесье с караганами; 4 – разнотравно-злаково-осоковый разреженный лиственничник с караганой; 5 – спирейник кизильниковый злаково-разнотравный с единичными лиственницами.

Для Западного Хангая характерны островные леса, т.е. лесные сообщества, развивающиеся в пределах горно-степного пояса. Его нижняя граница на северном Хангае спускается до 1000–1200 м над уровнем моря, а верхняя поднимается до высот 2200–2500 м.

Подлесок в таких лесах не развит; изредка встречается *Salix petrandra*, *S. depressa*, *Dasiphora fruticosa*, *Rosa acicularis*, *Spiraea*

media, *S. flexuosa*. В травяном ярусе, который хорошо развит благодаря освещенности леса, встречаются злаки *Calamagrostis obtusata*, *Poa sibirica* и осоки *Carex pediformis*. Из разнотравья обильны *Fragaria orientalis*, *Lathyrus humilis*, *Geranium pseudosibiricum*, *Thalictrum minus*. С увеличением абсолютной высоты в лиственничных лесах может развиваться прерывистый моховый покров.

Рассматриваемые лиственничные леса располагаются в поясе горных степей (главным образом умеренно-влажных и в меньшей степени сухих) на абсолютных высотах от 1600 до 2400 м в пределах трех ландшафтно-экологических районов: Тэсского, Северо-Хангайского и Западно-Хангайского. Лиственничники, в которых проводились исследования, представляют собой островные лесные ценозы, располагающиеся главным образом на склонах северных экспозиций (табл. 2). Было заложено свыше 25 учетных площадок размером 10 × 10 м, а результаты измерений сведены по трем вышеуказанным районам в 9 различных ассоциациях. Древостой этих лесов разрежен: сомкнутость крон колеблется от 0,1–0,2 в Тэсском районе до 0,6–0,7 в Западно-Хангайском. Высота основной древесной породы – *Larix sibirica* – часто не более 15–20 м. Ближе к опушкам на нижней границе леса может встречаться примесь *Populus tremula* и *Betula fusca*.

Как показали результаты исследований, наиболее часто встречающимся доминантом кустарникового яруса в этих лесах является *Caragana bungei*; значительное покрытие отмечено также у *Dasiphora fruticosa*, *Lonicera altaica* и *Ribes rubrum*. Интересно, что под полог осветленных травяных лиственничных лесов внедряются нехарактерные для этих сообществ виды: *Caragana bungei*, *C. stenophylla*, *C. spinosa*, а также *C. arborescens*. Последняя развивается в том числе на опушках лиственничных и сосновых лесов до западных оконечностей хребтов Хангая. *Caragana bungei* имеет широкий экологический ареал и может выступать эдификатором в сообществах сухих и опустыненных степей, в то время как *Caragana spinosa* характерна для пойменных местообитаний и каменистых склонов.

Помимо этого караганы характерны для щебнистых, каменистых или опесчаненных местообитаний, поэтому их присутствие свидетельствует о развитии процесса переноса отложений легкого механического состава в данном регионе. В этом случае нами зафиксирован интенсивный этап развития процесса переноса песчаных отложений. Были отмечены также пространственные различия в про-

никновении караган под полог леса. Так, для Тэсского и Северо-Хангайского ландшафтно-экологических районов характерно внедрение *Caragana bungei*, а для Западно-Хангайского – *C. spinosa*.

Проникновение караган под полог леса происходит из соседних с ним степных сообществ, которые представлены лиственничными редколесьями или кустарниковой степью с участием единичных лиственниц (табл. 3). Было заложено свыше 20 учетных площадок 10 × 10 м, результаты измерений в которых представлены для двух ландшафтно-экологических районов и 5 различных ассоциаций. Здесь разреженные лиственничники и лиственничные редколесья сохранились на месте бывших лесов, структура которых была разрушена пожарами, рубками и последующим выпасом.

Как показывает таблица, в сообществах петрофитно-разнотравно-житняковой степи с караганой и единичными лиственницами абсолютным доминантом является *Caragana bungei* (проективное покрытие до 40%), а в разнотравно-злаково-осоковых остепненных лугах с единичными лиственницами и в злаково-осоково-разнотравных остепненных лиственничных редколесьях ее доля не опускается ниже 15–20%. В разнотравно-злаково-осоковых разреженных лиственничниках с сомкнутостью крон 0,1–0,2 происходит активное внедрение *C. spinosa*.

Процесс проникновения кустарниковых сообществ в лесные свидетельствует не только о ксерофитизации растительности, но и о развитии одного из доминирующих процессов в условиях аридизации климата – процесса опустынивания.

Экосистемы Северной Монголии

Основными методами исследования сукцессий кустарниковой растительности являлось составление стандартных геоботанических описаний и популяционно-структурный анализ кустарниковых сообществ, которые проводились на пробных площадях размером 10 × 10 м в пределах трансект, закладываемых регулярным способом по склону. Количество трансект ограничивалось двумя-тремя повторностями. Оценивались следую-

щие морфометрические параметры и биологические характеристики особи: фенофаза, высота, длина стволиков, онтогенетическое состояние, диаметр кроны и основания куста, количество порядков ветвления, средний и максимальный диаметр оснований стволиков и их количество, форма кроны, количество плодов, энергия вегетативного возобновления после пожаров. Затем по разработанной нами 10-балльной шкале оценивалась жизнеспособность кустарников. Выявлялся биологический и экологический оптимум этих растений. Стратегия популяций определялась по методике Л.П. Рысина и Т.Н. Казанцевой. Как правило, на тех же пробных площадях закладывались почвенные разрезы и отбирались образцы почв.

Район исследования в основном охватывал низкогорные территории бассейнов рек Селенга и Эгийн-гол, а также более аридные территории, лежащие южнее, в бассейнах рек Орхон и Тола. В ходе маршрута было заложено 48 трансект и в них 247 площадок. Изучена структура и состояние 11 популяций *Armeniaca sibirica*, 7 – *Amygdalus pedunculata*, 7 – *Rhamnus erythroxylon*, 1 – *Atraphaxis pungens*, 1 – *Caragana microphylla*, 3 – *C. pigmaea*, 8 – *C. stenopylla*, 7 – *C. leucophloea*, 9 – *Spiraea aquilegifolia*, 6 – *Ribes diacantha*, 7 – *Cotoneaster melanocarpa*, 3 – *Malus baccata* и сопутствующих им древесных растений.

В низкогорных бассейнах рек Селенги и Эгийн-гола климатические условия полугумидные (даже полуаридные) и в растительности контрастно выражена экспозиция склонов.

Для северных склонов характерны лиственничные леса, для южных – степные и горно-степные сообщества. По предварительным данным выявлено, что участки степных и лесостепных кустарниковых сообществ многочисленны и имеют различные размеры, в среднем от 5 до 100 га. Они занимают преимущественно южные, хорошо инсолируемые каменистые склоны хребтов, покрытых слоем щебня (крупнее 1–3 см), и глыб в пределах 900–1200 м абсолютной высоты. Миндальники спускаются и на щебнистые делювиальные и пролювиальные шлейфы с уклоном 5–7°, а абрикосники всегда произ-

растают на более крутых обвально-осыпных склонах крутизной 20–30°, где мало мелкозема и вся вода находится в более свободном состоянии, доступном для корней растений. Они встречаются реже на склонах восточной и западной, и единично – северной экспозиции. Крутизна склонов здесь 15–30°. Если кустарники проникают под полог *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica*, то они хорошо приспособляются к притенению, но глубина их проникновения на северные склоны под полог незначительна (20–30 м от линии водораздела по склону) (табл. 4).

Amygdalus pedunculata и *Armeniaca sibirica* чаще всего выступают в роли доминанта и содоминанта в реликтовых кустарниковых сообществах степного и лесостепного пояса. Проективное покрытие кустарникового яруса здесь варьирует от 10 до 60 %, в среднем составляет 25 %. Видовая насыщенность у подножья склонов хребтов в сообществах колеблется в пределах 29–53 вида на 100 м², в среднем 43 вида. В местах выпаса скота видовое богатство значительно ниже – в среднем 25 видов на 100 м².

В сообществах, где миндаль и абрикос произрастают совместно, выявлено, что популяции абрикоса инвазионного типа, в то время как популяции миндаля – регрессивного. В таких сообществах быстрыми темпами происходит замена доминанта (скорость продвижения популяции *Armeniaca sibirica* по склону составляет в среднем 2 м в год). Абрикос вытесняет миндаль за счет лучшей выживаемости ювенильных особей, более высокой скорости роста молодых растений, а также устойчивости к воздействию пирогенного фактора, так как пожары здесь нередки. Так, *Armeniaca sibirica* за счет активной вегетации побегами возобновления от корневой шейки за 5 лет после сильного повреждения пожаром (крона куста выгорает полностью до корневой шейки) целиком восстанавливает крону и обильно плодоносит (в среднем 400 плодов на особь). При этом абрикосники развивались не только на маломощном щебнисто-глыбовом субстрате склонов крутизной 25–35°, но и на скальных выходах, где растения укоренились в широких трещинах скальных пород.

Amygdalus pedunculata, *Armeniaca sibirica*, *Rhamnus erythroxylon*, *Caragana leucophloea* достигают своего биологического и экологического оптимума в верхней половине каменистых склонов южной экспозиции. Здесь они формируют хорошо развитую полушатровидную (абрикос) и неправильную (миндаль) форму кроны, достигают в высоту 2,3–2,5 м и обильно плодоносят. Кроме того, отмечен биологический оптимум *Amygdalus pedunculata* в нижней части песчаного склона юго-восточной экспозиции на задернованных дюнах в Хустайн-Нуруу, где миндаль достигает максимальной высоты (2,5 м) и диаметра кроны (4,9 м).

Кусты миндаля формируют раскидистую полуприжатую полушатровидную крону, нетипичную для особей, произрастающих на каменистых склонах. Вероятно, это связано с иной стратегией выживания особей миндаля на песчаном субстрате. Также отмечен абсолютный биологический оптимум для *Armeniaca sibirica* в нижней части каменистого склона южной экспозиции. Высота кустарника составляла здесь 3 м, а диаметр ствола 13 см (при средних показателях высоты и диаметра соответственно 1,8 м и 4,5 см).

Предварительные результаты таксации кустарников показывают значительную вариабельность размеров, обусловленную, прежде всего, чрезмерным выпасом на исследованных территориях. Численность и структура популяций реликтовых кустарников зависит от их приуроченности к различным элементам рельефа: подножье склона, склон, водораздел, овраги, экспозиции склона, а также степени антропогенной нагрузки на популяцию.

Максимальных значений по численности особей в популяциях все изучаемые виды кустарников достигают в верхней части каменистых склонов южной экспозиции. Число взрослых особей *Amygdalus pedunculata* здесь колеблется от 8 до 24 куста на площадку, *Armeniaca sibirica* – 8–26 кустов, *Atraphaxis pungens* – 1–4, *Rhamnus erythroxylon* – 2–11, *Caragana pigmaea* – 6–25, *C. stenopylla* – 4–19, *C. leucophloea* – 1–6 кустов. Жизненность кустарников, как правило, высокая,

однако там, где условия среды не вполне отвечают экологическим требованиям того или иного вида, она ниже (табл. 4).

По предварительным данным, в районе исследований не наблюдается какого-либо одного выраженного тренда растительности. В некоторых случаях имеет место наступление лесной растительности на степь, в других наблюдается противоположная картина. Кустарниковые заросли иногда маркируют остатки лесных экосистем, а иногда указывают скорее на потенциальную пригодность местообитаний для развития леса, чем на фактическое существование там леса в обозримом прошлом. Это особенно верно в случае мезофитных кустарников, таких как *Cotoneaster* sp., развивающихся в ложбинах на сравнительно крутых (порядка 20–40°) склонах гор, исключая склоны южной экспозиции. При этом кустарники, как правило, занимают северные склоны ложбин. Там же нередко можно видеть единичные сосны.

Интересно отметить, что чаще всего возраст этих сосен не превышал 30 лет. Вероятно, около 30 лет назад в изученном районе сложились благоприятные условия для возобновления сосны. В настоящее время часть этих деревьев усыхает, причем мы исключаем пожар или нападение вредителей как возможную причину. По-видимому, в данном случае ведущую роль играет климатический фактор. Характер почвообразовательного процесса в таких местообитаниях иногда свидетельствует о периодических сменах леса степью и наоборот.

Мезофитные кустарники (*Cotoneaster* sp., *Ribes* sp.) могут некоторое время существовать после вырубki или распада древостоя. Кизильник, по-видимому, сначала значительно увеличивает фитомассу, однако впоследствии начинает усыхать и сменяться более устойчивой к дефициту влаги и повышенной инсоляции *Spiraea aquilegifolia*. Этот вид спиреи также замещает на освободившихся от леса пространствах обычную под пологом леса *Spiraea media*. Если в сообществе еще сохраняются отдельные деревья, в проекции их крон возможно успешное возобновление кизильника.

**Зависимость численности и возрастной структуры популяций
изучаемых кустарников от их экологической приуроченности**

Виды древесной растительности, входящие в состав сообщества	Высота над у.м., м	Экспозиция и крутизна склона, °	Генеративных особей, lim, шт.	Молодых особей, шт.	Примечания
<i>Pinus sylvestris</i> <i>Spiraea aquilegifolia</i> <i>Armeniaca sibirica</i> <i>Caragana stenophylla</i>	709	Ю 17–20	1 11 11 1	0 0 7 3	Абрикосник спиреевый разнотравно-осоковый с сосной, крупнокаменистый склон. В 1999 г. здесь был сильный пожар, в 2004 г. – низовой пал
<i>Pinus sylvestris</i> <i>Armeniaca sibirica</i> <i>Malus baccata</i> <i>Ribes diacantha</i>	714	С–3 12–15	4 7 32 3	2 10 54 1	Сосняк абрикосово-яблочный осоково-разнотравный, подножье пологого склона. В 2001 г. был сильный пожар
<i>Amygdalus pedunculata</i> <i>Rhamnus erythroxydon</i> <i>Ribes diacantha</i> <i>Ulmus pumila</i> <i>Crossularia acicularis</i>	661	Ю 15	7 1 1 6 1	0 0 0 0 0	Ильмовник миндалевый лапчатково-холоднопопынный, пролювиальный конус выноса, средняя часть шлейфа. Все кустарники сильно объедены, механически повреждены. Максимальный уровень пастбищной дигрессии
<i>Amygdalus pedunculata</i> <i>Armeniaca sibirica</i> <i>Crossularia acicularis</i> <i>Rhamnus erythroxydon</i>	706	Ю 22	11 7 1 1	4 16 1 1	Миндальник абрикосовый разнотравно-осоковый. Крутой каменистый склон, выходы плотных скальных пород. Под одним мощным кустом абрикоса в пределах проективного покрытия кроны 43 ювенильных особи
<i>Armeniaca sibirica</i> <i>Rhamnus erythroxydon</i> <i>Crossularia acicularis</i> <i>Ribes diacantha</i> <i>Spiraea quilegifolia</i> <i>Caragana stenophylla</i>	760	Ю 20–30 до отвесных скал	37 2 2 1 2 1	16 1 1 0 0 2	Абрикосник разнотравно-осоковый. Склон щебнисто-каменистый, обвальноссыпной. В 2001 г. был сильный пожар
<i>Armeniaca sibirica</i> <i>Spiraea aquilegifolia</i>	799	Ю 15–18	30 13	5 2	Абрикосник ковыльно-разнотравный со спиреей. Почва супесчаная с высокой степенью щебнистости. В 2001 г. был сильный пожар
<i>Larix sibirica</i> <i>Armeniaca sibirica</i> <i>Rhamnus erythroxydon</i> <i>Ribes diacantha</i> <i>Spiraea quilegifolia</i> <i>Caragana stenophylla</i>	1370	Ю 23–25	1 16 3 3 6 2	1 12 0 1 2 1	Абрикосник разнотравно-осоковый с отдельно стоящими лиственницами. Обвальноссыпной каменистый склон с гребнем из косо залегающих метаморфических сланцев, гребень создает частичное затенение. Склон находится прямо над рукавом двух ручьев
<i>Larix sibirica</i> <i>Amygdalus pedunculata</i> <i>Spiraea quilegifolia</i> <i>Caragana stenophylla</i>	1192	С 20	3 5 3 2	0 1 0 0	Миндальник разнотравно-осоковый с лиственницей. Водораздел со скальными обнажениями с переходом на северный склон
<i>Armeniaca sibirica</i> <i>Amygdalus pedunculata</i> <i>Spiraea aquilegifolia</i> <i>Caragana microphylla</i> <i>Rhamnus erythroxydon</i> <i>Ribes diacantha</i>	1150	Ю 28–30	43 20 16 9 7 1	16 0 0 4 1 0	Абрикосник миндалевый разнотравно-осоковый. Верхняя часть склона южной экспозиции. Почва каменисто-щебнистая, горнокаштановая. Каменистость до 40 %
<i>Amygdalus pedunculata</i> <i>Atraphaxis pungens</i> <i>Caragana stenophylla</i> <i>Spiraea aquilegifolia</i>	1218	Ю 30	25 4 2 6	0 0 12 0	Миндальник осоково-холоднопопынно-лапчатковый. Каменистый склон, скальные обнажения

* В графе 6 указано число молодых (ювенильных и вергинильных) особей семенного происхождения.

В целом распределение зарослей кустарников различных видов неравномерное. В некоторых районах сколько-нибудь выраженные заросли отсутствуют (северные склоны Дэлгэр-Хана, междуречье Еро и Хуйтэйн-Гола, большая часть южных и западных отрогов Ноен-Улы, окрестности Тунхэла и долина Тунхэлийн-Гола), другие, напротив, богаты ими. Установлена экологическая приуроченность кустарников к тем или иным условиям среды.

В ряде случаев кустарниковые заросли не развиваются непосредственно на месте сгоревших или вырубленных лесов. Такие местообитания заселяются обычно березой, а если в древостое присутствовала осина, то она дает крайне густое возобновление от корней (сотни тысяч побегов на 1 га). Иногда на горях развивается сосна. В то же время на нарушенных местообитаниях нередко разрастается курильский чай. В одном случае, возле лесного стационара на Шарынголе, удалось наблюдать заросли этого кустарника на участке степи, примыкающем к сосновому лесу, где несколько лет назад почвенный покров был специально нарушен, чтобы способствовать семенному возобновлению сосны (пропаханы глубокие и широкие борозды). Цель этого мероприятия не была достигнута, и вместо леса степь заросла курильским чаем.

В окрестностях сомонного центра Дзун-Бурэн (Селенгинский аймак) можно наблюдать смену лесных сообществ кустарниковыми. Сосняки сформировались на почвах легкого механического состава на террасе рек Селенга и Орхон близ их слияния, а также поднялись на ближайшие невысокие горы, где к ним примешались береза и осина. В 1982 г. эти леса были пройдены сильным пожаром на значительной площади; менее сильные пожары случались и в последующие годы. Кроме того, здесь имеют место бессистемные рубки и пастбищная нагрузка. В настоящее время часть территории, ранее находившаяся под лесом (о чем свидетельствуют остатки пней и единичные деревья), покрыта зарослями абрикоса. Лес сохраняется лишь фрагментами и возобновляется весьма слабо, узко локально. Зафиксированы случаи возобновления сосны под кронами абрикоса, где подрост защищен от повреждения пасущимся скотом.

Предварительные результаты таксации кустарников показывают значительную вариабельность размеров, обусловленную прежде всего наличием растений различного возраста. В таких случаях можно говорить о более-менее длительном существовании кустарникового сообщества и о перспективах его развития. Чаще всего на пробных площадях встречались особи кустарников различных возрастных состояний. Нередко на размеры кустарников, прежде всего спиреи, сильное влияние оказывает выпас скота.

Наши исследования подтверждают, что хорошо сформированные сообщества из миндаля *Amigdalus pedunculata* в условиях Северной Монголии занимают экологическую нишу, в настоящее время не пригодную для произрастания леса (сухие каменистые крутые склоны южной экспозиции), и, следовательно, не могут служить индикатором недавних смен лесной растительности. В то же время его проникновение на склоны северной экспозиции может характеризоваться как современный формирующийся тренд аридизации лесостепных экосистем.

Абрикос *Armeniaca sibirica* встречается на склонах разной экспозиции, как под пологом разреженных пожарами и рубками сосновых лесов, так и на открытых местах. Есть основания предполагать, что абрикос увеличивает ареал. Сейчас он распространен к северу от р. Еро, на восточной оконечности хребта Джаргалант и западных отрогах хребта Дэлгэр-Хан на высотах менее 900 м.

Спирея *Spiraea aquilegifolia* и Курильский чай кустарниковый *Potentilla fruticosa* охотно заселяют конусы выноса у подножий гор и подгорные шлейфы, где нередко стравливаются скотом. В то же время они обычны на более или менее пологих горных склонах. Под полог леса заходят редко, но формируют сообщества с высоким проективным покрытием на местообитаниях с постлесными сукцессиями.

На основании вышеизложенного мы полагаем, что кустарниковые сукцессии на южной границе бореального пояса в Монголии – процессы глубоко исторические и активно развивающиеся в последние десятилетия. Причиной этого является глобальная

аридизация северного полушария в XX в., сопровождающаяся не только повышением температуры, но и циклически-ступенчатым снижением количества осадков в Центральной Азии с начала прошлого века. При такой ситуации исключительно мала вероятность сочетания благоприятных условий для массового семенного возобновления как хвойных, так и мелколиственных древесных пород. Вместе с тем, такие условия на первых и последующих этапах сукцессионного процесса исключительно благоприятны для развития мезоксерофитных и ксерофитных кустарников. Следовательно, эти кустарники вместе с ксерофитными травянистыми элементами (пустынно- и сухостепными, степными, кустарниково-степными, шибляковыми) в современный период наступают на леса и отодвигают их южную границу на север. В арьергарде же, в древних кустарниковых сообществах, из-за иссушения экотопов сукцессионные процессы характеризуются вытеснением мезоксерофитной спиреи с южных склонов и курильского чая с северных, что согласуется с их эколого-биологическими свойствами [7, 9].

С точки зрения энергетического и экологического баланса, кустарниковые смены относятся к дигрессионным процессам. Достаточно отметить, что исходная производительность лесных местообитаний на заключительных стадиях сукцессий снижается на два порядка и более. Уменьшается и трансформируется видовой состав травяного покрова. Значительно снижается его проективное покрытие, что ведет к прогрессивному и хроническому иссушению почвогрунтов. Последнее обстоятельство в наибольшей степени препятствует естественному семенному возобновлению хвойных пород. Поэтому по перечисленным признакам кустарниковые сукцессии в текущий момент в условиях ари-

дизации климата следует относить к необратимым сменам.

Библиографический список

1. Юнатов, А.А. Основные черты растительного покрова Монгольской Народной Республики / А.А. Юнатов. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – 123 с.
2. Семечкин, И.В. Кедровые леса Монгольской Народной Республики. Географические особенности типов леса Сибири и Монголии / И.В. Семечкин, И.А. Коротков, А.Е. Тетенькин и др. – Красноярск, 1976. – С. 54–101.
3. Доржсурэн, Ч. Структура и антропогенная динамика растительных сообществ лиственных лесов Монголии: автореф. дисс. ... д-р биол. наук / Ч. Доржсурэн. – Красноярск, 2006. – 40 с.
4. Цэдэндаш, Г. Реликтовые лесные сообщества как индикаторы климатических изменений / Г. Цэдэндаш, Ч. Дугаржав // Аридные экосистемы. – 2005. – Т. 10. – № 24–25. – С. 60–66.
5. Камелин, Р.В. География и фитоценология *Prunus (Amygdalus) pedunculata* (Rosaceae) / Р.В. Камелин // Ботанический журнал. – 2004. – Т. 89. – № 3. – С. 400–425.
6. Леса Монгольской Народной Республики (география и типология). – М., 1978. – 128 с.
7. Гунин, П.Д. Особенности сукцессий сосновых лесов на южном пределе их ареала / П.Д. Гунин, Н.Н. Слемнев, С.Н. Бажа и др. // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: м-лы Всероссийской конф., посвященной 60-летию Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. – Красноярск, 2004. – С. 282–284.
8. Методы изучения лесных сообществ / Е.Н. Андреева, И.Ю. Баккал, В.В. Горшков и др. – СПб.: НИ-ИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
9. Екимова, Н.В. Современное состояние популяций *amygdalus pedunculata* и *armeniaca sibirica* в Монголии и стратегия их выживания / Н.В. Екимова, С.Н. Бажа, Ю.И. Дробышев и др. // Экосистемы Внутренней Азии: вопросы исследования и охраны: сб. науч. трудов. – М., 2007. – С. 162–170.
10. State of the Environment of Mongolia. UNEP. 2002. 79 p.
11. Mongolian State Yearbook, 2003. Ulaanbaatar, 2004.
12. Ecosystems of Mongolia. The Atlas / Ed. by E.A. Vostokova, P.D. Gunin. Moscow, 2005. 48 p.

ОСОБЕННОСТИ ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ СИЗЫХ ГОЛУБЕЙ

Е.Б. СКРЫПНИКОВА, *асп. каф. экологии, защиты леса и лесного охотоведения ВГЛТА*

В условиях городской и сельской местности были изучены режим питания, различия в передвижении и смертность в популяциях полудомашнего сизого голубя.

После выпадения снега единственным источником пищи для городских голубей становятся помойки и кормовые площадки, где их подкармливают жители. В зимнее время с сильными снегопадами и ветрами голуби могут до 3–4 дней не получать никакой пищи. В зимы с сильными и продолжительными метелями погибает довольно много голубей.

В сельских условиях таких перебоев в питании не наблюдается. В зимнее время сельские голуби два раза в день вылетают на кормежку на ближайший ток или ферму и проводят в воздухе до 2–3 ч в сутки. Для городских голубей долгое кружение в воздухе при кормодобывании не характерно. В поисках корма голуби подолгу ходят по тротуарам и газонам, проводя на земле до 6 ч в сутки.

На протяжении уже нескольких лет ночевки голубей в культурном ландшафте сохраняются на одном и том же месте, но при воздействии неблагоприятных факторов ночевки перемещаются на новые места или исчезают совсем. Факторами, влияющими на смертность голубей городской и сельской популяций, являются хищники, болезни и зимняя бескормица. Дневные пернатые хищники, хорьки, собаки, каменная куница, домашние кошки, крысы – наиболее обычные враги деревенского голубя.

Совсем иное положение в городской популяции: здесь голуби почти полностью исключены из характерных для естественного ландшафта цепей питания [1].

Различное влияние на голубей городской и сельской популяций оказывают болезни. В сельской местности редко встречаются голуби с явными признаками какого-

либо заболевания. Заболевший голубь здесь быстро становится добычей хищников и не успевает заразить других птиц. В условиях города заболевшая птица, постепенно слабея, продолжает встречаться с другими птицами на кормовых площадках и в местах ночевки. Неоднократно были встречены голуби с признаками паратифа и осподифтерита. Заболевание либо проходит само, и голубь остается разносчиком возбудителей болезни, либо заканчивается смертью. Погибшая птица не перестает быть источником инфекции. Населяющие ее клещи покидают остывший труп и расползаются по чердаку, где инфицируют других голубей.

В сельской местности голуби имеют хорошую кормовую базу на протяжении всего года и от бескормицы не гибнут. В городских условиях в зимы с длительными метелями гибель голубей составляет до 46 %, в сильно морозные зимы – до 35 %; в теплые зимы гибнет 6–13 % общего числа голубей.

Различные условия существования вызывают морфологические изменения в разных популяциях голубей. У живущих в сельской местности лучше развиты все элементы летательного аппарата, что объясняется быстротой элиминаций плохих летунов хищниками. В городе хорошие летуны не получают никаких преимуществ перед «плохими», а на первый план выступает способность переживать длительные периоды зимней бескормицы. Такой способностью обладают голуби, имеющие увеличенный объем зоба и способные заглатывать крупные куски хлеба, которые попадают при кормлении голубей, за счет чего они поедают больше пищи и лучше переживают период бескормицы.

Библиографический список

1. Приклонский, С.Г. Первая встреча кольчатой горлицы в Окском заповеднике / С.Г. Приклонский. – Рязань, 1978. – С. 367.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАШИНЫ ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ СОРНЯКОВ В ПИТОМНИКАХ КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ

А.А. КОТОВ, доц. МГУЛ, канд. техн. наук,
С.А. ГОРДЕЙЧЕНКО, директор ФГУ Центрлессем,
В.И. КАЗАКОВ, проф., директор ЦОКБлесхозмаш, д-р с.-х. наук

Отсутствие высокоселективных гербицидных составов, избирательно действующих на ценные древесные породы, существенно ограничивает использование в лесном хозяйстве традиционных жидкокапельных технологий нанесения гербицидов. С другой стороны, низкая конкурентная способность древесных растений по сравнению с сорняками в начальные фазы жизни, медленный рост и недостаточная эффективность агротехнических приемов защиты растений определяют высокий отпад лесопосадочного материала и, как следствие, низкие показатели темпов воспроизводства лесных ресурсов. В связи с этим разработка специализированных машин и технологий для применения в специфических условиях лесного хозяйства является весьма актуальной [1–3].

Машина для химического уничтожения сорняков, созданная кафедрой механизации лесохозяйственных работ МГУЛ совместно с ЦОКБлесхозмаш для защиты древесных пород от сорной растительности методом контактного нанесения гербицидных составов, позволяет высокоэффективно и абсолютно безопасно (для культивируемых растений) применять гораздо более широкий спектр гербицидных комплексов, в том числе и низкоселективных препаративных форм общеистребительного действия, используемых обычно при сплошном уничтожении растительности.

Машина состоит из рамы с двумя опорными колесами, рабочего органа пассивного типа из пористого полотна, устройства для регулирования высоты нанесения гербицида, системы питания, состоящей из бака для хранения раствора гербицида, дозирующего устройства, шлангов, распределительной штанги с калиброванными отверстиями.

Работа происходит следующим образом: при въезде машины на посевную

грядку устанавливается необходимая высота обработки, открывается запорный вентиль системы питания, рабочий раствор поступает из бака по шлангам через дозирующее устройство в распределительную штангу, через отверстия которой происходит смачивание рабочего органа. Пропитанный раствором гербицида полотно рабочего органа, контактируя с сорняками, наносит на них гербицид.

Следует отметить, что процессы производства посадочного материала высокозатратны, длительны и отличаются многоступенчатостью технологических циклов. Интенсификация лесопитомнического производства на сегодняшний день возможна лишь на основе внедрения в лесное хозяйство новейших достижений науки и техники, проведения разработок по новым технологиям лесовыращивания, создания узкоспециализированных машин и агрегатов для специфических условий лесного хозяйствования.

Анализ состояния лесопитомнического производства в нашей стране показал, что основной массе лесопитомников не удается добиться ежегодного выхода стандартного посадочного материала хозяйственно ценных пород в соответствии с действующими отраслевыми нормами. Основными причинами такого положения являются, с одной стороны, применение устаревших экстенсивных технологий и, с другой стороны, низкая степень обеспеченности современными специализированными машинами и механизмами. Отсутствие в лесной отрасли специализированной техники по применению химических средств защиты растений в специфических условиях лесохозяйственного комплекса приводит к неоправданным потерям лесохозяйственной продукции и существенному сдерживанию темпов роста воспроизводства лесных ресурсов. Так, реальные показатели сохран-

ности лесокультур составляют 40–60 %, а во многих случаях – 20–30 %. Велика доля ручного труда (до 70 % всего рабочего времени), особенно в процессе ухода за посевами и посадками в посевных и школьных отделениях лесных питомников. Значительная часть выращиваемого посадочного материала гибнет при ручных прополках (в лесопитомниках до 60 %), а также от вредителей и сорняков в лесокультурах и плантациях.

Опыт лесокультурного производства высокоразвитых стран показывает, что наиболее продуктивно развивающимися на сегодняшний день являются направления, основанные на научно-исследовательских разработках по созданию новых агрегатов, машин и технологий на их основе, способствующих интенсивному выращиванию древесных пород с применением гербицидов и других средств химии по уходу за растениями. За рубежом выращивание больших объемов качественного посадочного материала хозяйственно ценных пород в настоящее время базируется на принципах минимизации затрат ручного труда, экономии материальных ресурсов и высокой интеграции специализированных машин, механизмов и комплексов современных средств химии.

В большинстве развитых стран, несмотря на значительную наукоемкость и необходимость больших капиталовложений, одной из прибыльных сфер экономической деятельности считается создание специализированной техники для лесного хозяйства, поиск эффективных химических средств по уходу за растениями, разработка на этой основе новых малозатратных технологий по воспроизводству и рациональному использованию лесных ресурсов. Актуальность таких работ в нашей стране обусловлена, с одной стороны, необходимостью интенсификации лесохозяйственного производства России на основе прежде всего отечественных разработок и, с другой стороны, повышением конкурентоспособности отечественных технологий на мировых рынках.

Создание современных наукоемких технологий воспроизводства лесных ресурсов является на сегодняшний день одной из приоритетных задач отрасли.

При контактной аппликации гербицидных составов воздействие происходит избирательно лишь на сорные объекты. Попадание действующих веществ на культивируемые древесные растения исключается, что позволяет эффективно использовать низкоселективные формы гербицидов вне зависимости от сроков и фаз активного роста культивируемых пород, в том числе и гербициды сплошного действия.

Технологии защиты хозяйственно ценных пород на основе применения нового образца машины для контактного избирательного нанесения гербицидных препаратов имеют широкую востребованность в лесной отрасли, в лесопарковом, городском жилищно-коммунальном хозяйстве, при проведении озеленительных, рекреационных работ и воспроизводстве лесных ресурсов.

Экспериментальная оценка эффективности различных режимов работы машины выполнялась в производственных условиях посевного отделения лесопитомника Сергеево-Посадского ОЛХ (Московская область) на посевах сосны и ели первого года выращивания.

Работы проводились на грядах, специально отобранных и подготовленных для имитации краевых условий применения существующих технологий по уходу за сеянцами хвойных пород первого года выращивания. Подготовка гряд заключалась в отсутствии предварительных прополок с целью формирования наиболее сложных режимов проведения испытаний. Результаты учета состояния посевов показали их соответствие требованиям по проведению испытаний экспериментального образца машины для нанесения гербицидов. Посевные гряды типичные, посев пятистрочный, в соответствии с принятой технологической схемой.

Всходы культур в строках ровные, равномерные, сеянцы высотой 2–3 см хорошо развиты. Отпад сеянцев на момент учета не наблюдался.

Плотность посевов составляла:

для сосны – 95 ± 18 растений на 1 пог. м посевной строки;

для ели – 71 ± 20 растений на 1 пог. м посевной строки.

Засоренность посевов на момент проведения испытаний была очень высокой и являлась критичной по отношению к сохранности семян.

Высота верхнего яруса сорной растительности на посевных грядах варьировала от 50 до 70 см в зависимости от представительства ботанических видов и факторов условий роста.

Количество сорных растений на 1 м² посевной гряды составляло:

для сосны – 853,3 ± 77,4 штук сорняков;

для ели – 93,3 ± 136,1 штук сорняков.

Величина проективного покрытия верхнего яруса – 100 %.

Ярусность сорняков – не менее 3-х ярусов.

Фенофазное состояние основной массы сорных растений – период активного роста накануне фазы цветения.

Экспертная оценка состояния посевов показала, что в рамках существующих технологий при такой степени засоренности проведение ручных и механизированных прополок, а также применение гербицидов по жидкокапельным технологиям нанесения не представляется возможным без существенного (хозяйственно неприемлемого) отпада семян.

При проведении испытаний машины в качестве гербицидного агента применялась изопропиламинная соль *N*-фосфометилглицина в товарной гербицидной форме раундапа производства ЗАО «Щелково Агрохим». Содержание действующего вещества составляло 360 миллиграммов *N*-фосфометилглицина (в пересчете на кислоту) в одном литре гербицида (или 36 %).

Препарат раундап применяется в качестве гербицида сплошного действия по активно вегетирующей растительности. Высокоэффективно поражает фитомассу очень многих одно- и многолетних травянистых видов, а также древесно-кустарниковую растительность. Обладает системным действием. Величина гербицидного эффекта и скорость процессов фитотоксикоза растений, при прочих равных условиях, пропорциональна интенсивности фотосинтеза в начальные перио-

ды действия гербицида. В солнечную теплую погоду при хорошей обеспеченности влагой процессы фитотоксикоза протекают интенсивнее. Показана способность *N*-фосфометилглицина к перемещению из надземных частей в корневые системы растений.

Препарат раундап малотоксичен. Его действующее вещество не накапливается в тканях животных и не раздражает кожу. Препарат малотоксичен для пчел и других полезных насекомых. Концентрация гербицида в рабочем водном растворе, заливаемом при испытаниях в бак машины для нанесения гербицидов, составляла 5,66 % (по препарату), или 2,04 % в пересчете на действующее вещество.

Испытания проходили следующим образом. В бак заливалось определенное количество рабочей жидкости V_6 заданной концентрации по препарату K_i . Агрегат проезжал гон с постоянной скоростью v_p (км/ч), при этом фиксировалось время прохода t (с) и замерялась длина гона l (м). Скорость движения определялась по формуле

$$v_p = 3,6(l / t).$$

В конце гона из бака сливался и замерялся остаток жидкости $V_{ост}$ и определялся ее расход V (л):

$$V = V_6 - V_{ост}.$$

Площадь обработки S (га) при ширине захвата B (м) вычислялась по формуле

$$S = Bl / 10^4.$$

Норма расхода рабочего раствора Q (л/га) определялась по формуле

$$Q = V / S.$$

Концентрация рабочей жидкости по препарату K_i (%) устанавливалась по формуле

$$K_i = (V_{пр} / V_6) \cdot 100.$$

$$V_6 = V_b + V_{пр},$$

где V_b – объем заливаемой в бак воды, л.;

$V_{пр}$ – объем заливаемого в бак препарата (36- %-го раствора раундапа), л.

Норма расхода по препарату $Q_{пр}$ (л/га) определялась следующим образом:

$$Q_{пр} = Q(K_i / 100).$$

Минутный расход рабочего раствора $q_{мин}$ (мл/мин) вычислялся по формуле

$$q_{мин} = 60000V / t.$$

В табл. 1 представлены режимы работы и результаты проведения опытно-про-

изводственных испытаний машины. Отмечено, что при скорости работы агрегата свыше 5 км/час наблюдается нарушение закономерности связи фитотоксического эффекта и дозы гербицида. Так, на грядах 5 и 6 (табл. 1) показано, что при существенном увеличении дозы гербицида с 1,46 кг/га на гряде 5 до 8,33 кг/га на гряде 6 наблюдаемый прирост фитотоксического эффекта был незначительным, всего 15–20 %. На гряде 5 гибель сорной растительности составила 60 %, а на гряде 6 этот показатель был на уровне 75–80 %. В ходе дальнейших испытаний было установлено, что для высокоэффективного действия гербицидных составов при скоростях, превышающих 4 км/ч, требуется либо увеличение нормы расхода рабочего раствора до 100–150 л/га, либо увеличение площади апплицирующей поверхности рабочего органа машины.

Результаты проведенных испытаний показали, что при всех режимах работы машины, при всех дозах активного вещества и нормах расхода рабочего раствора повреждения сеянцев не отмечались.

Величина сохранности сеянцев во всех случаях и при всех режимах работы механизма составляла 100 %, а гибель сорняков достигала величины 99 %. По этим показателям и в связи с лесоводственной целесообразностью при различных возможных величинах засоренности посевов были признаны хозяйственно эффективными все испытываемые режимы работы машины (табл. 1).

В ходе испытаний было показано, что применение машины позволяет эффективно уничтожать сорную растительность и тем самым существенно увеличивать освещенность посевов хозяйственно ценных пород первого года выращивания. Анализ табл. 1 показывает, что при проведении опытно-производственных испытаний оценивалась эффективность различных режимов работы машины. На разных скоростях работы агрегата (от 0,97 км/ч до 6,11 км/ч) испытывались различные концентрации рабочего раствора (5,66 % и 11,00 %), разные дозы гербицида (от 1,46 кг/га до 14,13 кг/га) и нормы расхода рабочей жидкости (от 25,8 л/га до 249,7 л/га).

Из табл. 1 видно, что увеличение дозы гербицида и нормы расхода рабочего раствора при сравнимых прочих условиях приводит к увеличению фитотоксического эффекта. Наиболее высокие показатели хозяйственной эффективности испытываемых режимов работы машины отмечены на гряде 2 при дозе гербицида из расчета 14,13 кг/га и норме расхода рабочего раствора 249,7 л/га (табл. 2). При этих режимах работы наблюдается наибольшее поражение сорной растительности (до 99 % сорных растений погибли), при этом признаков гербицидного повреждения сеянцев сосны и ели не отмечено и величина сохранности сеянцев первого года выращивания составила 100 %. На других грядах, в случаях применения иных режимов работы, хозяйственная эффективность машины была более низкой. Так, сравнение режимов работы на грядах 2 и 6 показывает, что уменьшение нормы расхода рабочего раствора с 249,7 л/га (гряда 2) до 75,7 л/га (гряда 6) и при сравнимых дозах гербицидного препарата (14,13 и 8,33 кг/га) наблюдается уменьшение величины поражения сорной растительности с 99 % на гряде 2 до 60 % на гряде 6.

Анализ результатов проведенных испытаний показывает, что после применения машины величина освещенности сеянцев, а также наблюдаемое ограничение воздействия прямых солнечных лучей за счет частичного бокового притенения сеянцев стеблями усохших сорных растений создают оптимальные условия роста для выращиваемой культуры. Оптимизирование условий выращивания посадочного материала по факторам роста, связанным с освещенностью, является одним из важнейших лесохозяйственных мероприятий, зачастую определяющих величину сохранности посевов и размеры выхода стандартного посадочного материала. В связи с этим, по-видимому, особую лесохозяйственную значимость приобретает высокая эффективность применения машины, показанная в ходе испытаний на медленно растущих сеянцах хвойных пород, особенно в посевах первого года выращивания, когда сохранность сеянцев во многом определяется уровнем засоренности посевов и соответственно степенью их освещенности.

Т а б л и ц а 1

Режимы и результаты проведения опытно-производственных испытаний

Показатели	Номер посевной гряды						
	1	2	3	4	5	6	
Режимы испытаний							
Ширина захвата рабочего органа, см	123	123	123	123	123	123	
Длина гона, м	190	140	128	190	190	190	
Расход рабочего раствора, л	3,24	4,30	1,68	0,90	0,60	1,77	
Продолжительность обработки	6 мин 24 с	8 мин 40 с	1 мин 36 с	2 мин 47 с	1 мин 52 с	3 мин 02 с	
Концентрация рабочего раствора (по препарату), %	5,66	5,66	5,66	5,66	5,66	11,00	
Высота обработки, см	3...5	10...15	3...5	3...5	3...5	3...5	
Расчетные показатели							
Доза раундапа по препарату, кг/га	7,85	14,13	6,04	2,19	1,46	8,33	
Норма расхода рабочего раствора, л/га	138,6	249,7	106,7	38,7	25,8	75,7	
Рабочая скорость, км/ч	1,78	0,97	4,80	4,10	6,11	3,76	
Минутный расход рабочего раствора, мл/мин	506	496	1050	323	323	583	
Фитотоксическая эффективность							
Количество погибших сорняков по ярусам сорной растительности, %	I ярус	100	100	100	95	95	97
	II ярус	95	99	99	90	70	95
	III ярус	70	95	90	40	30	50
Количество погибших сорняков в целом по площади нанесения, %		85	99	95	70	60	75...80
Сохранность семян							
Величина сохранности семян, %	100	100	100	100	100	100	

Т а б л и ц а 2

Сравнительная характеристика сохранности семян сосны в первый год выращивания

Технологическая схема выращивания семян	Показатели сохранности семян		Лесохозяйственная эффективность	
	в штуках на 1 погонном метре посевной строки, шт./ 1 пог. м	в процентах относительно числа укоренившихся всходов, %	выход семян, млн шт./га	%
1. Традиционная на основе применения ручных прополок	23 ± 4	20 ÷ 28	0,7	100
2. Новая на основе применения машины для нанесения гербицидов	79 ± 7	75 ч 90	2,5	345
3. Новая на основе применения машины для нанесения гербицидов с последующим удалением усохших сорняков	62 ± 14	50 ч 80	1,9	270

В табл. 2 приведены результаты учета сохранности семян сосны первого года выращивания при применении различных технологических схем.

Анализ данных табл. 2 свидетельствует о том, что при применении новой машины сохранность посевов существенно выше, чем при применении традиционных схем выращивания с применением ручных прополок. При ручных прополках посевов значительная часть семян погибает в результате повреждения корневых систем. Часть семян гиб-

нет от экстремального изменения условий освещения и влажности среды обитания. После ручных прополок на одном погонном метре посевной строки сохранили жизнеспособность лишь 23 ± 4 семян сосны, что составило в среднем всего лишь 24 % от числа укоренившихся всходов. Технологический отпад семян в этом случае достигал величины 72–80 %.

В случае применения машины сохранность семян была существенно выше и составила 79 ± 7 штук на 1 погонном метре

посевной строки, или в среднем 83 % от первоначального числа укоренившихся всходов (табл. 2). Технологический отпад семян в этом случае составил всего лишь 17 %. Следует отметить, что такой высокий процент сохранности семян недостижим при применении традиционных технологических схем выращивания.

В случае технологии с применением машины и последующим удалением усохших сорняков вручную сохранность семян была также высокой, однако несколько ниже, чем в случае без удаления усохших сорняков (табл. 2). Отмеченное снижение сохранности семян в этом случае связано, по-видимому, в большей степени с частичным нарушением устоявшихся условий роста, чем с повреждением корневых систем семян при выдергивании усохших сорняков в ходе прополки. По результатам испытаний отмечено, что в случае применения машины для нанесения гербицидов наблюдаемое усыхание надземной части сорняков, по-видимому, сопровождается последующим микробиотическим разрушением корневых систем усыхающих сорных растений. Сорная растительность в этом случае выпалывается существенно легче, производительность ручной прополки гораздо выше, а трудозатраты во много раз меньше, чем на участках без применения машины. Отмечено также, что на обработанных машиной посевах первого года выращивания последующее отрастание сорной растительности не выражено по сравнению с посевами на необработанных участках.

При применении традиционных технологий выращивания семян хвойных пород существенное зарастание посевов сорной растительностью наблюдается уже через 15 суток после проведения очередной прополки. В случае применения машины последующее зарастание посевов сорняками не отмечается даже по прошествии 35 суток после проведения ухода.

Результаты испытаний машины для нанесения гербицидов показывают высокую лесохозяйственную эффективность. Так, выход семян возрастает с 0,7 млн шт. / га до 1,9–2,5 млн шт./га (табл. 2), что дает дополнительную прибавку по выходу стандартного

посадочного материала с единицы площади более чем на 200 %. При этом существенно уменьшаются прямые затраты на единицу продукции и соответственно увеличивается рентабельность производства. Показано, что внедрение новых наукоемких технологий, новых материалов, современных химических средств по уходу за растениями, специализированной техники увеличивает рентабельность традиционных производств в десятки и сотни раз. Так, прямые расходы на обработку одного гектара посевов хвойных пород машиной с учетом стоимости гербицидных препаратов составляют от 100 до 300 руб. на 1 га. В то же время прямые расходы на уход за посевами древесных пород при традиционных технологиях выращивания посадочного материала составляют от 15 000 до 27 000 руб. на 1 га и более (в зависимости от уровня механизации работ и состояния рынка труда в регионе).

В ходе испытаний оценивалась также эффективность различных параметров и режимов работы машины. При этом были установлены следующие рациональные режимы работы:

- рабочая скорость агрегата – 4,8 км/час;
- минутный расход рабочего раствора – 1050 мл/мин;
- концентрация рабочего раствора – 5,66 % (по препарату);
- норма расхода рабочей жидкости – 106,7 л/га;
- расчетная доза гербицида – 6,04 кг/га.

Результаты испытаний эффективности машины для нанесения гербицидов при разных режимах высоты обработки приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Влияние высоты обработки на качественные показатели

Высота обработки, см	Состояние посевов	
	сохранность семян, %	поражение сорной растительности, %
3	100	99
12	100	99
20	100	97

Анализ данных табл. 3 показывает, что при всех исследуемых режимах высоты поднятия рабочего органа отмечаются высокие показатели эффективности. Так, сохранность семян во всех случаях составила 100 %. Признаки гербицидного поражения культивируемых растений не наблюдались при всех вариантах режимов обработки. При этом поражение сорной растительности для всех исследуемых режимов работы было высоким.

Опытно-производственную проверку лесохозяйственной эффективности применения машины провели также в школьном отделе этого же питомника на площади 0,7 га в посадках ели текущего года.

Саженьцы ели находились в фазе активного роста. Прирост текущего года не одревесневший, хвоя ярко-зеленая, нежная, кутикулярный слой слабо выражен. Высота саженьцев неровная от 20 до 45 см. Средняя высота саженьцев составляла 25–35 см. Основная масса саженьцев (95 % от их общего числа) была ниже 35 см. Три процента растений были выше 40 см.

Высота сорного покрова варьировала по длине гряд от 30 до 60 см в соответствии с изменением плодородных свойств почв по протяженности гряд. Засоренность посадок 100 %. Покров сорной растительности многоярусный. Сорное проективное покрытие – 100 %. Плотность травостоя сорняков, в зависимости от условий роста, 400–650 штук на 1 м².

Концентрация рабочего водного раствора гербицидного препарата составляла 10 % (по препарату раундап). Высота обработки 42 см. Рабочая скорость агрегата 6,5 км/ч.

Сорная растительность на части обработанной площади была поражена в среднем на 80 %. При этом варьирование фитотоксического эффекта по протяженности гряд наблюдалось в пределах 70–99 %. По-видимому, выбранная скорость движения апплицирующего агрегата на этой части площади была чрезмерно высокой (6,5 км/ч) и не соответствовала установленному режиму плотности контакта апплицирующей поверхности агрегата с сорной растительностью, к тому же имеющей переменную высоту по протя-

женности гряд. Изменение режимов работы агрегата, а именно снижение рабочей скорости до 3 км/ч и уменьшение высоты установки рабочего органа апплицирующего агрегата обеспечило существенно более равномерное распределение рабочего раствора по площади нанесения, что обеспечило уменьшение variability признаков поражения сорняков по протяженности гряд и повышение фитотоксического эффекта в целом по площади до 95 % уровня. Признаков гербицидного поражения саженьцев ели в ходе проведенных учетов не отмечено.

Результаты обследования обработанной площади показывают, что применение машины обеспечило высокий эффект осветления саженьцев ели. Освещенность культивируемых растений соответствовала необходимому уровню оптимальных условий роста. Результаты опытно-производственной проверки работоспособности машины выявили его высокую лесохозяйственную эффективность при уходах за посадками хвойных пород в школьных отделениях лесных питомников, особенно в случаях высокого потенциала засоренности производственных площадей.

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. Установлено, что отсутствие специализированной техники для применения химических средств защиты растений в специфических условиях лесного хозяйства приводит к неоправданным потерям лесохозяйственной продукции и существенному сдерживанию темпов роста показателей воспроизводимости лесных ресурсов.

2. Новая машина, созданная кафедрой механизации лесохозяйственных работ совместно с ЦОКБлесхозмаш для защиты древесных пород от сорной растительности методом контактного нанесения гербицидных составов, позволяет высокоэффективно и абсолютно безопасно применять гораздо более широкий спектр гербицидных комплексов, чем в случае обычных сельскохозяйственных средств нанесения гербицидов. Машина позволяет избирательное применение, в том числе и низкоселективных препаративных форм общеистребительного действия, использу-

емых обычно при сплошном уничтожении растительности.

3. Эффективность машины для нанесения гербицидов определяется уникальной конструкцией, при которой рабочий раствор гербицидных препаратов целенаправленно наносится лишь на сорную растительность и тем самым обеспечивается высокий защитный эффект по отношению к сеянцам и саженцам хозяйственно ценных древесных пород.

4. Результаты проведенных испытаний показали, что при всех режимах работы машины, при всех дозах активного вещества и нормах расхода рабочего раствора повреждения сеянцев не отмечалось. Величина сохранности сеянцев во всех случаях и при всех режимах работы механизма составляла 100 %, а гибель сорняков достигала 99 %. По этим показателям и в связи с различными лесохозяйственными потребностями при различных возможных потенциалах засоренности посевов были признаны хозяйственно эффективными все испытываемые режимы работы машины.

5. Сохранность сеянцев первого года выращивания существенно выше при применении машины, чем при использовании традиционных схем ухода, ручных прополок.

При ручных прополках посевов значительная часть сеянцев погибает в результате повреждения корневых систем. После ручных прополок на 1 погонном метре посевной строки сохранили жизнеспособность лишь 23 ± 4 сеянца сосны, что составило в среднем всего лишь 24 % от числа укоренившихся всходов. Технологический отпад сеянцев в этом случае достигал 72–80 %.

В случае применения машины для нанесения гербицидов сохранность сеянцев была значительно выше и составила 79 ± 7 штук на 1 погонном метре посевной строки, или в среднем 83 % от первоначального числа укоренившихся всходов. Технологический отпад сеянцев в этом случае составил всего лишь 17 %. Следует отметить, что такой высокий процент сохранности сеянцев недостижим при применении традиционных технологических схем выращивания посадочного материала хвойных пород.

6. В ходе испытаний было показано, что применение новой машины тормозит процессы последующего отрастания сорняков.

7. Выход сеянцев при применении машины возрастает с 0,7 млн шт./га до 1,9–2,5 млн шт./га, что составляет прирост урожайности с одного гектара площади лесного питомника более чем на 200 %. При этом существенно уменьшаются прямые затраты на единицу продукции и соответственно увеличивается рентабельность производства.

8. Результаты последующих обследований обработанных площадей показывают, что применение машины для нанесения гербицидов обеспечило высокий эффект осветления сеянцев ели в школьном отделении лесного питомника. Освещенность культивируемых растений соответствовала необходимому уровню оптимальных условий роста. Результаты опытно-производственной проверки работоспособности машины показали высокую лесохозяйственную эффективность при уходах за посадками хвойных пород в школьных отделениях, особенно в случаях высокого потенциала засоренности производственных площадей.

9. Технологии защиты хозяйственно ценных пород на основе применения нового образца машины для контактного избирательного нанесения гербицидных препаратов имеют широкую востребованность в лесной отрасли. Применение новой машины для нанесения гербицидов планируется для воспроизводства лесных ресурсов в Центральном, Приволжском и других федеральных округах со сходными лесорастительными условиями.

Библиографический список

1. Котов, А.А. Исследование механизма нанесения рабочей жидкости контактной гербицидной машиной на сорную растительность / А.А. Котов // Рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов: сб. научн. тр. – Вып. 256. – М.: МЛТИ, 1992. – С. 91–95.
2. Котов, А.А. Эффективность контактного способа внесения арборицидов при уходе за культурами / А.А. Котов // Лесное хозяйство. – 1993. – № 5. – С. 48–49.
3. Котов, А.А. Результаты исследований механизма нанесения гербицидов контактным способом / А.А. Котов // Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов: сб. научн. тр. – Вып. 286. – М.: МГУЛ, 1997. – С. 60–65.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОРЦЕВЫРАВНИВАНИЯ ПАКЕТОВ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ГРАВИТАЦИОННЫМИ ТОРЦЕВЫРАВНИВАТЕЛЯМИ

Е.А. ЖУРАВЛЕВ, доц. каф. СМиПМ МарГТУ, канд. техн. наук,
М.Н. ВОЛДАЕВ, асп. каф. ТОЛП МарГТУ

От транспортной составляющей затрат на производство и реализацию продукции лесопромышленных предприятий во многом зависит их рентабельность. Выравнивание торцов пакетов круглых лесоматериалов при формировании способствует повышению степени использования грузоподъемности и грузоместимости подвижного состава, что ведет к снижению транспортных расходов.

Для механизации работ по выравниванию торцов пачек круглых лесоматериалов создан ряд устройств, подробная классификация которых приведена в работе [4].

Нами предложено несколько торцевывравнивателей. Один из них, гравитационный, представлен на рис.1, его подробное описание приведено в работе [2].

Целью теоретических и экспериментальных исследований ученых, занимавшихся и занимающихся вопросами торцевывравнивания, было и остается обоснование оптимальных конструктивных параметров все более совершенных торцевывравнивающих устройств. Для этого аналитическим или путем обработки экспериментальных данных получали выражения для усилий сопротивления бревен в пакетах продольному перемещению и теоретически определяли усилия, которые необходимо приложить к щитам для обеспечения торцевывравнивания. Полученные результаты проверялись в лабораторных или производственных условиях [1, 3–5].

В работе [4] изучены вопросы взаимодействия торцевывравнивателя, установленного на подкрановые пути, с краном.

В работах [1, 5] были теоретически определены усилия торцевывравнивания и на щитах и приведены результаты экспериментальных определений усилий на щитах.

В работе [3] теоретически определены усилия торцевывравнивания и приведен расчет мощности привода поворотных торцевывравнивающих щитов.

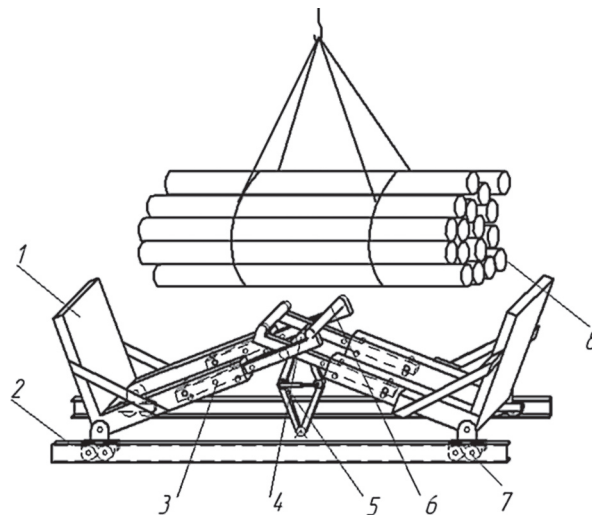


Рис. 1. Гравитационный торцевывравниватель с шарнирно соединенными торцующими щитами и гидроприводом, применяемым для изменения расстояния между щитами и поддержания усилия торцевывравнивания на щитах: 1 – вертикальная часть Г-образного торцующего щита; 2 – направляющая кареток; 3 – горизонтальная часть Г-образного торцующего щита; 4 – металлический стержень кругового поперечного профиля; 5 – пантограф; 6 – грузовая балка; 7 – каретка; 8 – пачка круглых лесоматериалов

Анализ теоретических исследований гравитационных торцевывравнивателей показывает, что в ранее рассмотренных работах [1, 5] одним из основных условий определения усилия торцевыва было наличие данных об ускорении движения пакета \ddot{y} . При этом следует отметить, что если в какой-то момент времени прекращается движение щитов вследствие недостаточности на них усилия для преодоления сопротивления продольному движению бревен, то впоследствии при аккумулировании на щитах достаточной энергии происходит так называемый срыв пакета [3], а пакет при этом продолжает двигаться с ускорением. Так как в большинстве случаев, как показывает практика, при обработке пакетов круглых лесоматериалов в торцевывравнивателях гравитационного типа воз-

никают и зацепы и срывы бревен, то логично предположить, что применение результатов теоретических исследований, приведенных в [1, 5] для реальных расчетов, довольно проблематично из-за невыясненности вопроса о величинах ускорений \ddot{j} .

Нами предложена математическая модель процесса торцевывравнивания в торцевывравнивателе с шарнирно соединенными торцующими щитами. Данная модель позволяет при заданных конструктивных параметрах устройства и параметрах пакета получить зависимости от времени угла между горизонтальной частью Г-образного щита и ровной поверхностью (линией горизонта, направляющими) (θ), угловой скорости ($\dot{\theta}$) и ускорения ($\ddot{\theta}$) движения пакета.

При получении уравнения динамики торцевывравнивающего устройства использована теорема об изменении кинетической энергии механической системы в дифференциальной форме

$$dT = -d\Pi - Rds, \quad (1)$$

где dT – сколь угодно малое изменение кинетической энергии системы «торцевывравниватель + пакет»;

$d\Pi$ – элементарная работа потенциальных сил (сил тяжести);

Rds – элементарная работа равнодействующей R диссипативных сил (сил трения).

Кинетическая энергия системы «торцевывравниватель + пакет» представляет собой сумму кинетических энергий торцевывравнивателя ($T_{\text{торц}}$) и пакета (T_n) в отдельности. Кинетическую энергию торцевывравнивателя определим как сумму кинетической энергии центра масс торцевывравнивателя $T_{ц}$ и кинетической энергии торцевывравнивателя в его вращательном движении относительно оси $O_3 T_v$ (рис. 2).

Введем допущение: по аналогии с работами [1,3,4,5] рассматриваем лишь один щит установки, предполагая, что на него воздействует сила, равная половине веса пакета (сосредоточенная нагрузка).

При составлении зависимости для $T_{ц}$ было получено выражение для скорости центра тяжести щита. При составлении зависимости для T_v были получены выражения для

угловой скорости вращения щита и общего момента инерции щита относительно центра тяжести.

При определении скорости центра тяжести щита производилось дифференцирование выражений для координат щита, полученных аналитическим путем с помощью рис. 2.

Угловую скорость вращения щита определяем как первую производную от угла θ .

Нахождение моментов инерции частей щита относительно центра тяжести щита проводим после определения моментов инерции относительно осей, перпендикулярных продольным осям частей щита и проходящим через их центр, с использованием рис. 2.

Дифференцированием общего выражения для кинетической энергии системы «торцевывравниватель + пакет» и умножением полученной в результате этого зависимости на dt получим выражение для dT – левой части выражения (1)

$$dT = \dot{\theta} ((m_b + m_r)(b_1^2 + b_2^2 + l^2 \sin^2\theta - 2l \cdot b_2 \cdot \sin^2\theta - l \cdot b_1 \cdot \sin 2\theta) + I + ML^2 \cos^2\theta) + (\dot{\theta}^2 / 2)((m_b + m_r) l^2 \sin 2\theta - 2l \cdot b_2 \cdot \sin 2\theta - 2l \cdot b_1 \cdot \cos 2\theta) - ML^2 \sin 2\theta, \quad (2)$$

- где m_b – масса вертикальной части щита;
- m_r – масса горизонтальной части щита;
- b_2 – расстояние от центра масс щита до его вертикальной части;
- b_1 – расстояние от центра масс щита до его горизонтальной части.
- l – длина вертикальной части щита до места его пересечения с шарниром;
- I – общий момент инерции торцевывравнивающего щита относительно центра тяжести;
- L – полная длина вертикальной части щита.

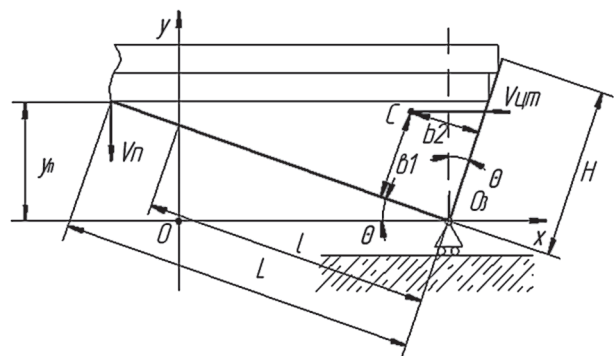


Рис. 2. Основная расчетная пояснительная схема устройства

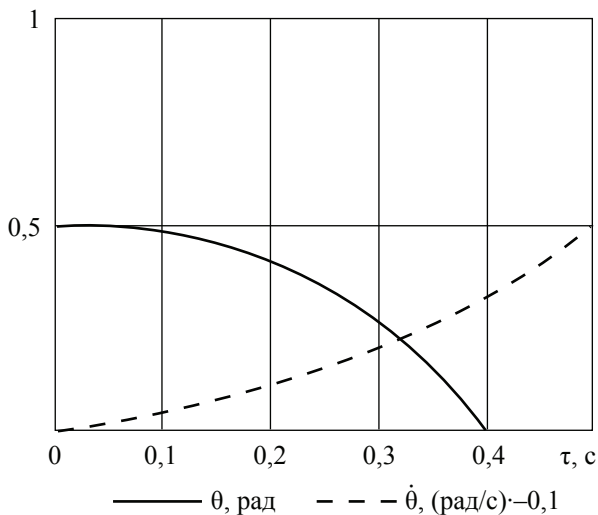


Рис. 3. Графики изменения угла между горизонтальной частью Г-образного щита и направляющими (θ) и угловой скорости ($\dot{\theta}$) во времени для случая торцевывравнивателя с шарнирно соединенными щитами

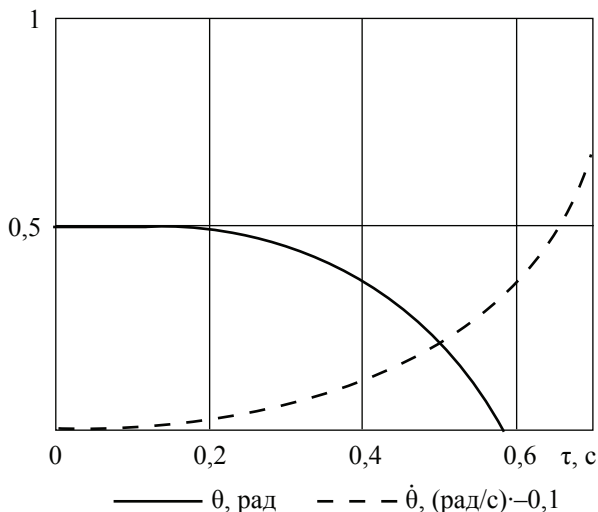


Рис. 4. Графики изменения угла между горизонтальной частью Г-образного щита и направляющими (θ) и угловой скорости ($\dot{\theta}$) во времени для случая классического гравитационного торцевывравнивателя

Элементарная работа потенциальных сил (сил тяжести) выражается через дифференциал потенциальной энергии

$$d\Pi = g(ML + m \cdot b_2) \cos\theta - m \cdot g \cdot b_1 \cdot \sin\theta, \quad (3)$$

где m – полная масса торцевывравнивающего щита.

При определении выражения для потенциальной энергии использовались аналитические зависимости, полученные с помощью рис.2.

Элементарная работа равнодействующей R диссипативных сил (сил трения) равна

$$Rds = -R(L(1 + (1 / \cos^2\theta) - l), \quad (4)$$

где s – величина перемещения бревен в пакете при торцевывравнивании.

Выражение для s , впоследствии дифференцируемое, также получено аналитическим путем с помощью рис.2.

Приравняв выражения (2), (3) и (4) согласно (1) и совершив ряд перестановок в данном равенстве, получаем дифференциальное уравнение следующего вида:

$$F_1(\theta(t))\theta'' + F_2(\theta(t))(\theta')^2 = F_3(\theta(t)) \quad (5)$$

где

$$F_1(\theta(t)) = (m_b + m_r) \cdot (b_1^2 + b_2^2 + l^2 \sin^2\theta - 2l \cdot b_2 \cdot \sin^2\theta - l \cdot b_1 \cdot \sin 2\theta) + I + ML^2 \cos^2\theta$$

$$F_2(\theta(t)) = ((m_b + m_r) / 2)(l^2 \sin 2\theta - 2l \cdot b_2 \cdot \sin 2\theta - 2l \cdot b_1 \cos 2\theta) - (Ml^2 / 2) \sin 2\theta$$

$$F_3(\theta(t)) = -g(ML + mb_2) \cos\theta - m \cdot g \cdot b_1 \cdot \sin\theta + R(L(1 + (1 / \cos^2\theta) - l)$$

Численное решение данного дифференциального уравнения производится в пакете Mathcad с помощью процедуры rkfixed (метод Рунге-Кутты с фиксированным шагом).

Расчеты проводим для изготовленной нами в масштабе 1:10 модели торцевывравнивающего устройства предложенной нами конструкции и пакета модельных бревен с геометрическими параметрами также в масштабе 1:10. Масса вертикальной части щита установки – 3 кг, горизонтальной – 0,7 кг, масса пакета – 1,7 кг, высота щита – 0,27 м, $L = 0,45$ м, $l = 0,225$ м. Величину диссипативных сил условно принимаем равной 0,3 веса пакета. Начальную скорость движения пакета, воздействующего всем своим весом на торцующий щит, принимаем равным 0. В начальный момент движения угол между горизонтальными частями Г-образных щитов и направляющими принимаем равным 0,5 рад.

Уравнения в среде приводились для установки в целом.

Аналогичным образом можно составить нелинейное дифференциальное уравнение в случае классического гравитационного торцевывравнивателя без шарнирного соединения торцевывравнивающих щитов. В этом случае при выводе уравнения не будет учитываться кинетическая энергия центра масс торцевывравнивателя. Численное решение данного дифференциального уравнения также производится в пакете Mathcad с по-

мощью процедуры `rkfixed`. Весо-габаритные параметры установки принимаем аналогичными изготовленной нами модели.

В случае предлагаемой нами установки время торцевывравнивания сокращается и нарастание ускорения движения пакета происходит быстрее. Кроме того, исследования показали, что при уменьшении массы пакета классический торцевывравнитель перестает действовать, в то время как торцевывравнитель с шарнирно соединенными щитами продолжает работать.

Следует отметить, что расчеты отображают наиболее значимые для процесса изменения физических величин и на данном этапе исследований во внимание пока не принимаются такие величины, как, например, работа сил трения торцов бревен о щиты, кинетическая энергия перемещающихся внутри движущегося пакета бревен и т.д.

В результате проведенных предварительных исследований была подтверждена работоспособность предложенной нами конструкции устройства, параметры которого были выбраны с учетом предмета труда для реальных производственных условий.

Библиографический список

1. Войтко, П.Ф. Совершенствование процессов выгрузки лесоматериалов с воды и их торцевания на рейдах приплава: автореф. дис. ...докт.техн.наук: 05.21.01 / Войтко Петр Филиппович. – МарГТУ, 2005. – 24 с.
2. Волдаев, М.Н. К вопросу совершенствования торцевывравнителей пачек круглых лесоматериалов / М.Н. Волдаев // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Сборник докладов молодых ученых на ежегодной научной конференции Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2006. – Вып. 11. – С. 72–77.
3. Донской, И.П. Усилия выравнивания торцов пакетов бревен / И.П. Донской, Я.И. Виноградов // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: сб. научн. тр. – Л.: РИО ЛТА, 1974. – Вып. III. – С. 84–89.
4. Свиридюк, К.А. Исследование процесса выравнивания торцов бревен устройствами гравитационного действия и влияния этих устройств на конструкцию крана: автореф. дис. ...канд.техн.наук: 05.06.02 / Свиридюк Константин Александрович. – Львов: ЛЛТИ, 1977. – 24 с.
5. Фадеев, А.С. Обоснование параметров гравитационного торцевывравнителя с поворотными щитами для формирования пачек круглых лесоматериалов: автореф. дис. ...канд.техн.наук: 05.21.01 / Фадеев Анатолий Степанович. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – 249 с.

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ НАГНЕТАТЕЛЬНОГО КЛАПАНА ДИЗЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН

В.И. ПАНФЕРОВ, *ст. преподаватель каф. энергетики лесных комплексов МГУЛ*,
 И.Г. ГОЛУБЕВ, *проф. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, д-р. техн. наук*,
 А.В. СИРОТОВ, *ст. науч. сотр. каф. станков и инструментов МГУЛ, канд. техн. наук*,
 Ю.А. ШАМАРИН, *доц. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, канд. техн. наук*

В топливных системах дизелей лесных машин применяется преимущественно нагнетательный клапан грибового типа с разгружающим пояском. Основные функции такого клапана – разъединять в конце процесса впрыска объем камеры нагнетания насоса и остальной объем системы и при помощи разгружающего пояска дополнительно разгружать линию нагнетания от высокого остаточного давления, чтобы уменьшить опасность появления дополнительных впрысков.

Из-за наличия разгружающего пояска движение клапана разделяется на три периода. Вначале, пока разгружающий поясок не

вышел из канала гнезда, давление p_n (давление в надплунжерном пространстве) действует на всю площадь поперечного сечения клапана по разгружающему пояску. Противодействуют этому сила давления начальной затяжки пружины клапана и давление p'_n (давление в полости нагнетания), действующее на ту же площадь. Топливо из объема V_n (объем в надплунжерном пространстве) в объем V'_n (объем в полости нагнетания) не перетекает, в результате чего при выходе пояска из канала гнезда клапан приобретает большое ускорение. Это ускорение подбрасывает клапан на высоту, значительно превышающую величину

ну подъема, соответствующую равновесному состоянию сил давления топлива и сил жесткости пружины, вследствие чего перепад ($p_n - p'_n$) уменьшается до десятых долей атмосферы. Движение клапана, во время которого разгружающий поясok находится в объеме V'_n , является вторым периодом, продолжающимся от момента выхода пояска из канала гнезда до момента входа его в этот канал в конце процесса впрыска [1].

Второй период характеризуется тем, что объемы V_n и V'_n сообщены, поэтому топливо может поступать как из объема V_n в объем V'_n , так и обратно – из объема V'_n в объем V_n . На клапан при этом действуют со стороны плунжера давление p_n по площади поперечного сечения перьев клапана и поток топлива, перетекающего из объема V_n в объем V'_n . Противодействуют этим силам давление p'_n и жесткость пружины клапана. Направление действия силы потока при отсечке, когда топливо перетекает из объема V'_n в объем V_n изменяется. После израсходования энергии, сообщенной клапану при выходе разгружающего пояска из канала гнезда под действием силы жесткости пружины, которая в этот момент значительно превышает величину перепада давления ($p_n - p'_n$), клапан начинает обратное движение, во время которого ему также сообщается ускорение. Под влиянием этого ускорения разгружающий поясok клапана может так близко подойти к входному сечению канала гнезда, что перетекание топлива из объема V_n в объем V'_n затормозится, вследствие чего клапан будет подброшен на высоту, соответствующую равновесному состоянию сил, действующих на клапан, на которой он может на некоторое время задержаться, или на большую высоту, после чего снова начнет обратное движение.

Клапан войдет в канал гнезда после начала отсечки, причем обратное движение разгружающего пояска по каналу гнезда от момента его входа до момента посадки клапана на седло следует считать третьим, последним периодом движения клапана. На рис. 1 изображена теоретическая кривая движения клапана системы ТН, на рис. 2 – зависимость площади поперечного сечения под пояском нагнетательного клапана F_k от подъема клапана h .

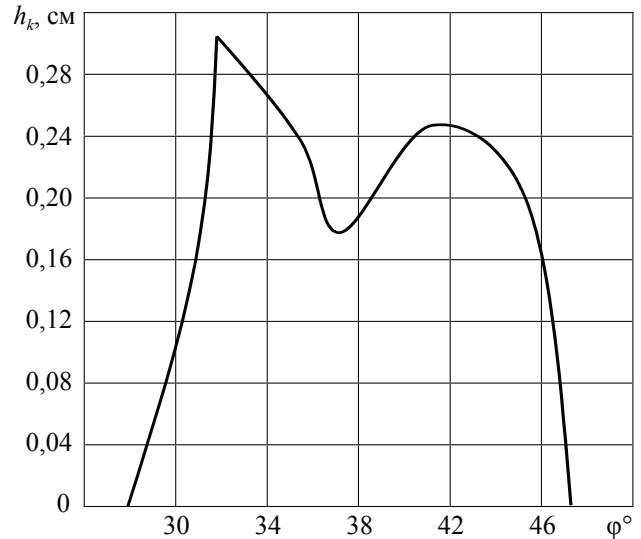


Рис. 1. Теоретическая кривая движения нагнетательного клапана

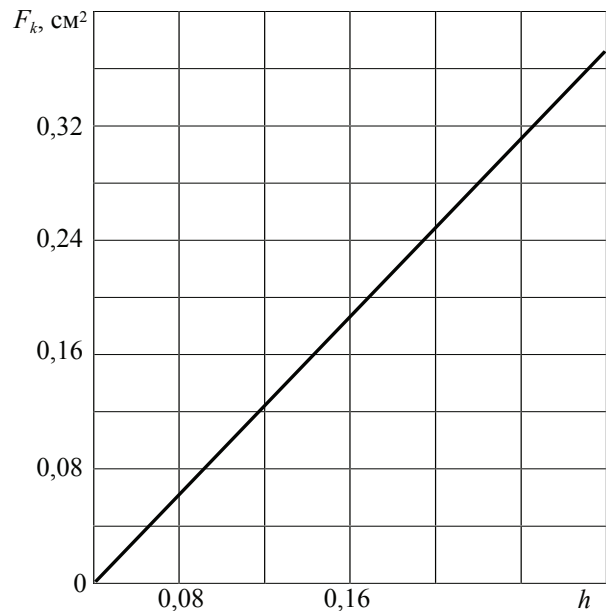


Рис. 2. Зависимость площади между кромкой пояска и конусом седла от подъема нагнетательного клапана

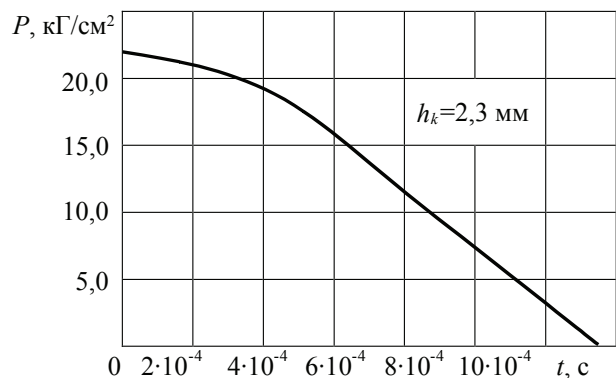


Рис. 3. Изменение давления топлива в конечной фазе впрыска

Таким образом, существенное влияние на работоспособность нагнетательного клапана оказывает жесткость пружины.

Клапан при посадке освобождает собою объем, в результате чего давление в области нажимного штуцера снижается. Интенсивность снижения давления зависит от скорости перемещения клапана. На рис. 3 показана кривая спада давления. Из графика видно, что давление в нажимном штуцере сначала снижается медленно, потом все более интенсивно, далее спад давления замедляется. А поскольку спад давления находится в прямой зависимости от скорости клапана, то и она меняется по такой же закономерности. Изменение скорости клапана при его движении к седлу объясняется тем, что в период отсечки топлива плунжер и клапан перемещаются навстречу друг другу и сжимают топливо. Оно не успевает перетекать в отсечное отверстие втулки плунжера, и давление в надплунжерном объеме возрастает, что и тормозит движение клапана.

Уравнение движения клапана, когда его разгрузочный пояс входит в отверстие седла, описывают формулой

$B_k(h_k - h'_k) + A_k + F_k P_{uu} = m_k(d^2 h'_k / dt^2) + P_n F_k$,
где B_k, A_k – жесткость и предварительное сжатие пружины клапана;

h_k, h'_k – ход разгрузки клапана и текущее значение хода от положения

максимального его подъема к седлу;

F_k – площадь поперечного сечения клапана по разгрузочному пояску;

P_{uu}, P_n – давление топлива в нажимном штуцере и надплунжерном пространстве;

m_k – масса клапана.

$m_k(d^2 h'_k / dt^2) + B_k h'_k = B_k h_k + A_k + F_k(P_{uu} - P_n)$,

Это линейное дифференциальное уравнение 2-го порядка с постоянными коэффициентами (неоднородное). Перепишем уравнение в виде

$$\frac{d^2 h'_k}{dt^2} + \frac{B_k}{m_k} h'_k = \frac{B_k h_k}{m_k} + \frac{A_k + F_k(P_{uu} - P_n)}{m_k} = \frac{B_k}{m_k} \left(h_k + \frac{A_k + F_k(P_{uu} - P_n)}{m_k} \right). \quad (1)$$

Решение этого уравнения состоит из 2-х частей:

1. Общего решения однородного

$$(d^2 h'_k / dt^2) + (B_k / m_k) h'_k = 0. \quad (2)$$

2. Частного решения показного неоднородного (2).

Общее решение однородного уравнения (2) соответствует случаю комплексного корней характеристического уравнения

$$\lambda^2 + (B_k / m_k) = 0 \quad \lambda_{1,2} = \pm \sqrt{-\frac{B_k}{m_k}}$$

и имеет вид

$$h'_{k0} = C_1 \sin\left(\sqrt{\frac{B_k}{m_k}} t\right) + C_2 \cos\left(\sqrt{\frac{B_k}{m_k}} t\right).$$

Частное решение неоднородного уравнения (1) находится в виде

$$h'_{kч} = A = \text{const}.$$

Это подсказывает правая часть.

Так как $d^2 h'_{kч} / dt^2 = 0$, то из уравнение (1) следует

$$A = h_k + (A_k + F_k(P_{uu} - P_n)) / B_k.$$

Таким образом, закон движения клапана имеет вид

$$h'_k = h'_{k0} + h'_{kч} = C_1 \sin\left(\sqrt{\frac{B_k}{m_k}} t\right) + C_2 \cos\left(\sqrt{\frac{B_k}{m_k}} t\right) + h'_{kч} + \frac{A_k + F_k(P_{uu} - P_n)}{B_k}.$$

Если предположить, что в начальный момент времени $t = 0$ клапан находится в положении $h'_k = h_{k0}$ и начинает движение со скоростью $V_0 = (d^2 h'_k / dt^2) = 0$ (точка покоя), то значения констант C_1 и C_2 определяются из системы

$$\begin{cases} C_2 = h_{k0} + \frac{A_k + F_k(P_{uu} - P_n)}{B_k} = h_{k0} \\ C_1 = 0 \end{cases}$$

и, следовательно

$$C_2 = h_{k0} - h_{km} - (A_k + F_k(P_{uu} - P_n)) / B_k.$$

В окончательном виде закон движения клапана определяется формулой

$$h'_k = \left(h_{k0} - h_{km} - \frac{A_k + F_k(P_{uu} - P_n)}{B_k} \right) \cos\left(\sqrt{\frac{B_k}{m_k}} t\right) + h_{km} - \frac{A_k + F_k(P_{uu} - P_n)}{B_k}.$$

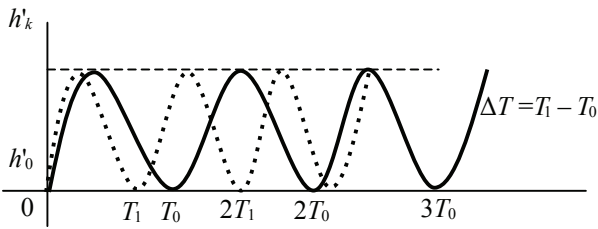


Рис. 4. График движения клапана

Преобразуем

$$h'_k = h_{k0} + \left((h_{km} - h_{k0}) + \frac{A_k + F_k(P_u - P_n)}{B_k} \right) \times \left(1 - \cos \left(\sqrt{\frac{B_k}{m_k}} t \right) \right) = h_{k0} + \left(h_{km} - h_{k0} + \frac{A_k + F_k(P_u - P_n)}{B_k} \right) 2 \sin^2 \left(\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{B_k}{m_k}} t \right) \right).$$

Из этой формулы следует, что клапан будет осуществлять колебательное движение с периодом

$$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{B_k}{m_k}} T = \pi$$

и, следовательно, время прямого и обратного хода клапана T определяется формулой

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_k}{B_k}}.$$

Из формулы следует, что с уменьшением жесткости пружины клапана увеличивается T . Качественная картина движения

клапана для различных значений B_k ($B_{k0} > B_{k1}$) будет иметь вид (рис. 4).

Разность $\Delta T = T_1 - T_0$ определяется формулой

$$\Delta T = 2\pi \left(\sqrt{\frac{m_k}{B_k}} \right)_{B_k} \Delta B_k = -\pi \frac{\sqrt{m_k}}{B_{k0} \sqrt{B_{k0}}} \Delta B_k.$$

Анализ полученной формулы показывает, что с увеличением жесткости пружины уменьшается продолжительность закрытия клапана и сокращается период освобождения от остаточного давления в линии нагнетания и тем самым снижается вероятность подпрысков топлива и, как следствие, дымность дизелей.

Поскольку при эксплуатации дизелей пружина клапанов теряет жесткость, продолжительность закрытия клапана снижается, как следствие, снижается работоспособность клапана, а дымность дизеля увеличивается.

Таким образом, теоретически обосновано влияние жесткости пружины на работоспособность нагнетательного клапана. Эту гипотезу подтвердили наши дальнейшие экспериментальные исследования.

Библиографический список

1. Астахов, И.В. Подача и распыливание топлива в дизелях / И.В. Астахов, В.И. Трусов, А.С. Хачиян и др. — М.: Машиностроение, 1972. — 359 с.
2. Самойленко, А.М. Дифференциальные уравнения / А.М. Самойленко, С.А. Кривошея, Н.А. Престюк. — М.: Высшая школа, 1989. — 382 с.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПАРАМЕТРАМ ШЕРОХОВАТОСТИ, СЦЕПНЫМ КАЧЕСТВАМ И РОВНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

О.Н. БУРМИСТРОВА, доц. каф. транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА, канд. техн. наук

Для контроля ровности дорожных покрытий применяются различные методы и приборы. Наиболее точно характеризуют взаимодействие автомобиля с дорожным покрытием приборы типа толчкомера, которые широко применяются в России и за рубежом. В основном толчкомеры применяются при эксплуатационном контроле ровности, однако их достаточно часто используют и при приемке дорог в эксплуатацию.

Нормативные значения показателя ровности, выражаемые в см/км и действующие в настоящее время, базируются на субъективном восприятии комфортности езды группой экспертов: допустимых вертикальных ускорениях, воздействующих на автомобиль и пассажиров; эмоциональном состоянии водителя в процессе движения автомобиля по дороге; на результате расчета, в основу которого положены устойчивость ав-

томобиля на дороге, экономические условия перевозок и т.п.

В качестве объективного критерия для оценки ровности дорожных покрытий может быть использована средняя скорость движения автотранспорта. Многочисленные исследования показали значительное влияние ровности на скорость движения [1]. Нормирование ровности по средней скорости отличается универсальностью. Она отражает влияние ряда факторов: самой ровности покрытия, эмоционального состояния водителя, экономических характеристик перевозок.

Одним из наиболее эффективных можно считать комбинированные методы нормирования, включающие экономико-математические и эргономические характеристики. Первые шаги в этом направлении ОНИЛ качества автомобильных дорог сделала в 1983 г. В дальнейшем велась работа по совершенствованию метода нормирования, проводились экспериментальные исследования. Полученные результаты свидетельствуют о правильном ходе ведения работ и необходимости продолжения исследований в данном направлении.

Вопросам нормирования значений коэффициента сцепления (φ) уделялось большое внимание на протяжении всего периода изучения сцепных качеств дорожных покрытий. Существуют 2 способа нормирования значений коэффициента сцепления: статистический и расчетный.

Статистический метод заключается в установлении зависимости между величиной коэффициента сцепления и количеством дорожно-транспортных происшествий (ДТП). За минимально допустимое значение принимается такой коэффициент сцепления, при котором количество ДТП резко возрастает.

В основе расчетного способа лежат физические явления, которые происходят в результате взаимодействия автомобильного колеса с дорожным покрытием. Одним из примеров реализации расчетного способа является зависимость [1, 2]

$$\varphi = a/g, \quad (1)$$

где φ – величина коэффициента сцепления;
 a – ускорение, требуемое для выполнения маневра автомобилем, м/с²;

g – ускорение свободного падения, принимается $g = 9,81$ м/с².

Величина ускорения a определялась по реальным значениям замедления при движении автомобиля по дороге. Недостатком этого метода является то, что наблюдаемые замедления автомобилями определялись сцепными качествами тех покрытий, на которых происходило торможение, т.е. нормирование коэффициента сцепления дорожных покрытий происходило «от достигнутого».

При этом смысл нормирования сводится к усреднению существующих значений и в итоге заканчивается выводом: коэффициент сцепления должен быть равным тому значению, которое достигнуто.

Собственно расчетный метод нормирования коэффициента сцепления основывается на использовании формулы

$$S_t = v_0^2 / 2g\varphi, \quad (2)$$

где S_t – путь торможения, м;

v_0 – начальная скорость движения, м/с.

Такой метод применялся в работе Э.Г. Подлиха [3]. При этом φ назначался исходя из расчетной скорости движения по дороге соответствующей категории и расстояния видимости, принятого для данной категории. Проверялось выполнение неравенства

$$S_t \leq S_{\text{вкл}}, \quad (3)$$

где S_t – расстояние видимости, м.

При встречном движении двух автомобилей и при условии, что они тормозят одновременно и столкновение исключено, расчетная формула имеет вид

$$\varphi = K_3 V_0^2 / (127(S_b - l_1 - (V_0 t_0 / 1,8))), \quad (4)$$

где K_3 – коэффициент эксплуатационных условий торможения, – 1,2;

l_1 – запас безопасности, 5 м;

t_0 – время реакции водителя,

В случае торможения автомобиля перед препятствием коэффициент сцепления определяется по формуле

$$\varphi = K_3 V_0^2 / (254(S_b - l_1 - (V_0 t_0 / 1,8))), \quad (5)$$

В таблице приведены значения коэффициента сцепления для различных категорий дорог и соответствующих им расчетных скоростей движения и расстояний видимости.

Расчетные значения коэффициента сцепления

Категория дороги	Расчетная скорость, км/м	Расстояние видимости поверхности дороги, м	Расстояние видимости встречного автомобиля, м	Коэффициент сцепления	
				по формуле	по формуле
Iэ	150	250	–	0,52	–
IIэ	120	175	350	0,50	0,49
IIIэ	100	140	280	0,44	0,43
IVэ	80	100	200	0,41	0,40
Vэ	60	75	150	0,32	0,30
	50	60	120	0,29	0,27
	40	50	100	0,24	0,21
	30	40	80	0,16	0,15

Значения коэффициента сцепления, указанные в таблице, относятся к величинам, полученным по методу экстренного торможения. Учитывая, что расстояние видимости обычно значительно превышает минимально допустимое значение, формулами (4) и (5) для нормирования коэффициента сцепления следует пользоваться лишь на участках дорог с ограниченной видимостью.

К расчетному способу нормирования относится и экономический метод. Учитываются потери от ДТП, себестоимость перевозок, другие факторы, зависящие от сцепных качеств дорожного покрытия.

Наиболее верным следует признать путь нормирования сцепных качеств на основе экономико-математических методов с учетом условий безопасности дорожного движения.

Прямая связь имеется между сцепными качествами дорожного покрытия и шероховатостью его поверхности. Повышение степени шероховатости дорожного покрытия улучшает сцепные качества мокрой поверхности при некотором снижении их в сухом состоянии. Шероховатая поверхность улучшает отвод воды из зоны контакта колеса с покрытием, но одновременно увеличивается износ шин.

Оптимальное значение шероховатости будет находиться в диапазоне, обеспечивающем минимальные транспортные затраты, при условии сохранения безопасных условий движения.

Степень шероховатости дорожного покрытия оценивается средней высотой выступов макрошероховатости H_{cp} , средней величиной расстояния между вершинами выступов T_{cp} , количеством выступов с углом при вершине менее 90° и менее 150° . На основе этих показателей в СоюздорНИИ были разработаны нормативные значения шероховатости для обеспечения необходимого коэффициента сцепления.

Требования к шероховатости дорожного покрытия по средней глубине макрошероховатости H_{cp} и средней высоте выступов R_z приведены в работе.

В настоящее время на территории России действуют «Технические указания по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью» (ВСН 38-80).

Целью нормирования параметров шероховатости дорожных покрытий является получение стабильных сцепных качеств поверхности дорог.

Библиографический список

1. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1984, – 287 с.
2. Немчинов, М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля / М.В. Немчинов. – М.: Транспорт, 1985. – 231 с.
3. Подлих, Э.Р. Исследование коэффициентов сцепления автомобильной шины с дорожным покрытием / Э.Р. Подлих. – М.: Автотрансиздат, 1963. – 44 с.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН НА ПРОЧНОСТЬ

С.А. СИДОРОВ, докторант каф. механизации л/х работ ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, канд. техн. наук

Прочность основных видов рабочих органов почвообрабатывающих машин (лемехов и отвалов плугов, лап и наральников культиваторов, сферических дисков борон, луцильников, лесных дисковых культиваторов, комбинированных агрегатов) является одной из важнейших характеристик, существенно влияющих на работоспособность рабочего органа и в целом на показатели надежности почвообрабатывающего орудия.

В настоящее время в РФ серийные рабочие органы почвообрабатывающих машин изготавливаются из трех основных марок сталей: 65Г; 45; Л53. В термообработанном состоянии (обычно с твердостью 37...43 ед.НRC) представленные стали имеют удовлетворительные показатели относительного удлинения ($\delta = 6,5...7,2\%$), но невысокие значения предела прочности ($\sigma_b = 880-1080$ МПа) [1].

По данным многолетних исследований и анализа результатов хозяйственных эксплуатационных испытаний различных видов серийных, изготовленных из представленных сталей, рабочих органов почвообрабатывающих машин только за первый год эксплуатации выходят из строя по причине поломки (либо деформации с последующей поломкой) около 35 % серийных лемехов плугов, 15 % отвалов плугов, 15 % лап культиваторов и 25 % различных видов дисковых рабочих органов.

При использовании почвообрабатывающих орудий на вырубках в лесном хозяйстве либо на каменистых почвах эти показатели еще выше.

Существует гипотеза, выдвигаемая некоторыми специалистами, по которой основной причиной большого количества эксплуатационных поломок рабочих органов почвообрабатывающих машин является низкая усталостная долговечность материалов, из которых изготавливаются детали.

Основным доводом служит распространенный факт, что, как правило, при увеличении наработки (продолжительности эксплуатации) количество отказов по критерию прочности возрастает.

Для оценки величин пределов выносливости основных видов сталей (включая экспериментальные, повышенной прочности), из которых изготавливаются рабочие органы почвообрабатывающих машин, в ОАО ВИСХОМ были проведены лабораторные испытания на пластинчатых образцах толщиной 4–8 мм.

Испытательным оборудованием служила электромеханическая кривошипная установка типа ИРС-НАМИ. Испытания характеризовались следующими показателями:

- вид испытаний – многоцикловое;
- режим нагружения – плоский симметричный консольный изгиб;
- частота нагружения – $17 \pm 0,5$ Гц;
- база испытаний – $7 \cdot 10^6$ циклов (7 млн циклов);
- периодичность испытаний – непрерывно вплоть до достижения образцом предельного состояния или базы испытаний;
- критерий предельного состояния – полное разрушение образца;
- первичное напряжение

$$\sigma_{-1 \text{ нач.}} = (0,25 - 0,30) \cdot \sigma_b.$$

Результаты испытаний показали, что для различных видов сталей их пределы выносливости составляют величину от 310 до 620 МПа.

Для оценки действующих на рабочие органы почвообрабатывающих орудий реальных нагрузок (напряжений) были проведены специальные исследования.

В частности, для определения значений сосредоточенной нагрузки, действующей на носовую часть лемеха плуга и, соответственно, являющейся «причиной» создания изгибных напряжений в опасном сечении лемеха (в районе первого крепежного отверстия)

был использован оригинальный экспериментальный метод, основанный на априорных данных о физико-механических свойствах сталей. На полях хозяйств Домодедовского района Московской области в тяжелых почвенных условиях (тяжелый суглинок, твердость почвы – 3,1...3,5 МПа) при скорости пахоты 2,5–2,7 м/с исследовались прочностные свойства трапецевидных лемехов, изготовленных из «мягкой», не термообработанной стали «3» с различной толщиной проката (10,8 и 6 мм).

Величина нагрузки, приложенной к носовой части лемеха, определялась с учетом известных закономерностей курса «сопротивления материалов» [2].

В данном случае за основу была взята система нагружения (эпюра изгибающих моментов) «от сосредоточенной на свободном конце нагрузки». Усилие « F » (рисунок), приложенное к носку лемеха, определялось по соответствующей зависимости

$$F = W \cdot \sigma / l, \text{ Н} \quad (1)$$

где σ – действующее напряжение в опасном сечении лемеха, МПа;

l – изгибное плечо (рисунок), м;

W – момент сопротивления сечения лемеха в опасном сечении, м³;

$$W = h \cdot b^2 / 6, \text{ м}^3 \quad (2)$$

где h – ширина лемеха в опасном сечении, м;

b – толщина лемеха.

При проведении опытов обязательным условием, характеризующим значение « F », было наличие деформации (изгиба или начала изгиба), которая имела место при испытаниях лемехов определенной толщины проката и которая должна соответствовать пределу текучести (σ_T) используемой марки стали.

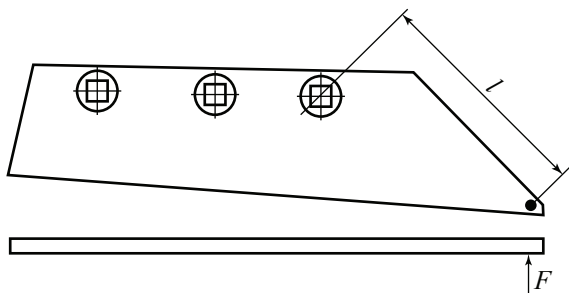


Рисунок. К расчету лемеха плуга на изгибную прочность

Опыты показали, что лемехи, изготовленные из проката толщиной 6 мм (для их крепления к «башмаку» корпуса плуга использовались дополнительные специальные гайки), на длине гона около 300 м, при нормальных условиях эксплуатации, без каменных и древесных включений, имели устойчивую изгибную деформацию (в отдельных случаях – поломку) в зоне носка и первого крепежного отверстия. У лемехов толщиной проката 8 мм также имелась деформация носка, но менее выраженная. У деталей, изготовленных из листа «10», деформаций не было.

Значение сосредоточенной нагрузки определялось по формуле (1) с учетом известных данных [1] о том, что предел текучести стали «3» равен $\sigma_T \approx 280$ МПа. Момент сопротивления сечения для лемехов, изготовленных из проката толщиной 8 мм, равнялся примерно $W \approx 1,39 \cdot 10^{-6}$ м³, а величина изгибного плеча – $l \approx 0,17$ – $0,18$ м.

Таким образом было определено, что значение усилия, действующего на носок лемеха в обычных, хотя и тяжелых условиях эксплуатации, находится в пределах $F = 1800$ – 2200 Н. Примерно такое же значение данной нагрузки можно получить, если исходить из достаточно известного факта, что на носок лемеха приходится примерно 25–35 % от величины тягового сопротивления лемешно-отвального корпуса (обычно равное 5500–7500 Н).

Из изложенного можно сделать общий вывод, что сосредоточенная нагрузка, действующая на носок лемеха в усредненных почвенных условиях эксплуатации, находится в пределах $F = 1500$ – 2200 Н (меньшее значение соответствует условиям эксплуатации при относительно невысокой твердости почвы). Это означает (согласно зависимости, обратной зависимости 1), что обычные усредненные эксплуатационные напряжения в опасном сечении лемеха, изготовленного из стали толщиной проката 9,5–12,0 мм, находятся в пределах $\sigma = 110$ – 170 МПа. Аналогичный примерный расчет для стрельчатой лапы культиватора показывает, что обычное эксплуатационное напряжение в опасном сечении (на уровне первого крепежного отвер-

стия) лапы культиватора, изготовленной из листа 5–6 мм, еще меньше и составляет величину 35–55 МПа.

Для сферических дисковых рабочих органов был проведен специальный расчет напряжений, действующих в районе «заделки диска» (зоне контакта с распорной втулкой) при усредненных обычных условиях эксплуатации. Основным методом такого расчета дисков на прочность являлся метод конечных элементов, при котором поверхность диска разбивалась на ряд конечных элементов, представляющих собой «подобласть простой формы», из которых составлена «область сложной формы». В качестве базового для расчета был выбран элемент № 44 с неартогональными сторонами. Координаты узловых точек были заданы в сферической системе координат. Расчет велся на ЭВМ, оснащенной графопостроителем, по программе «LIRA». Была принята расчетная схема с частой разбивкой на конечные элементы в центре диска и в местах соприкосновения с распорной втулкой. Моделирование влияния зажимной распорной втулки осуществлялось с помощью поперечных стержней. За линией контакта с распорной втулкой также имела место частая разбивка. Далее использовалась относительно редкая разбивка, т.к. уровень напряжений с удалением от центра диска значительно снижается при постоянной толщине материала сферического диска. Наиболее напряженными являлись элементы, которые расположены вблизи «заделки» со стороны точки приложения нагрузки. Этот факт подтверждается на практике, т.к. у большинства сломанных дисков (более чем в 80 % случаев) трещина образуется именно вблизи заделки.

Моделировались условия эксплуатации (нагрузочный режим) диска луцильника (толщина листа материала диска 4,0 мм) и тяжелой дисковой бороны (толщина материала 6,0 мм). Расчет показал, что величина напряжений, действующих в «заделке» сферического диска, находится в пределах от 85 до 170 МПа. Данный результат в значительной степени был подтвержден при проведении в Поволжском филиале ОАО ВИСХОМ (г. Кинель) исследований по определению напряже-

ний, действующих в опасных сечениях дисков луцильников и полевых борон, в хозяйственных (полевых) условиях, осуществлявшихся с помощью тензометрической аппаратуры по специальной методике. Уровень напряжений в районе «шпильки» (распорной втулки) у реальных дисков находился в пределах 110–150 МПа.

Из изложенного видно, что обычные эксплуатационные напряжения в опасных сечениях у основных видов рабочих органов почвообрабатывающих машин не превышают величины 170 МПа (в большинстве случаев меньше).

Отдельно следует рассмотреть вопрос о нагрузках, действующих на рабочие органы почвообрабатывающих орудий, эксплуатирующихся в лесном хозяйстве, на нераскорчеванных вырубках, изреженных насаждениях и пр. Отмечается [3], что рабочее сопротивление почвообрабатывающих машин и орудий при обработке лесных угодий в 1,5 – 3 раза выше по сравнению с аналогичными показателями машин, обрабатывающих окультуренные почвы сельскохозяйственного назначения. У лесных почвообрабатывающих агрегатов существует большая неравномерность тягового сопротивления в процессе эксплуатации: коэффициент неравномерности (отношение разности максимального и минимального тяговых сопротивлений к их среднему значению) достигает при обработке лесных почв величины 2,5, в то время как в сельском хозяйстве он обычно не превышает значения 1,2.

При обработке почв сельскохозяйственного назначения рабочие органы достаточно часто (особенно на каменистых почвах) подвергаются воздействию повышенных нагрузок (при встрече с камнями, корнями, посторонними предметами и т.п.), максимальные значения которых, вероятно, мало отличаются от аналогичных нагрузок, действующих на детали при обработке лесных почв. Но, очевидно, дело в том, что при обработке лесных почв такие повышенные нагрузки возникают существенно чаще.

При этом важно определить, насколько велико количество таких повышенных нагрузок у рабочих органов лесных почво-

обрабатывающих орудий за срок их службы и сравнить это количество с числом циклов нагружения, являющимся критерием расчета сталей на выносливость, принятом в машиностроении, т.е. с 6–7 миллионами циклов нагружения.

Элементарный анализ показывает, что при наличии максимального количества (до 1000) пней на 1 га обрабатываемой площади и около 170 (максимум) возможных столкновений с препятствиями на одном гектаре обработки почвы лесным плугом (по данным работы [3]), а также с учетом того, что ресурс почворезущих рабочих органов (даже наиболее качественных и упрочненных) не превышает 70–80 га, можно подсчитать, что рабочие органы лесных почвообрабатывающих машин за весь период эксплуатации испытывают не более 14000 нагружений с увеличенными (до 2...3,5 раз) значениями нагрузки. Даже если увеличить это число в 2–2,5 раза, с учетом возможного наличия густой поросли с соответствующим воздействием относительно меньших по значению, но более частых нагружений, все равно число циклов повышенного нагружения на детали лесных почвообрабатывающих машин не менее чем в 200 раз меньше количества нагрузочных циклов, характеризующих предел выносливости сталей.

Поэтому можно принять, что рабочие органы почвообрабатывающих машин, применяемых в лесном и сельском хозяйствах, имеют сходные условия эксплуатации, а некоторые отличия носят не принципиальный, а статистический характер.

Действующие уровни обычных почвенных напряжений (до 170 МПа) при эксплуатации рабочих органов почвообрабатывающих машин существенно меньше пределов выносливости (310–620 МПа) сталей, из которых они изготавливаются. В опасных сечениях рабочих органов, используемых при обработке лесных почв, могут возникать напряжения близкие или даже несколько превышающие пределы выносливости сталей, но количество таких нагружений явно недостаточно для того, чтобы считать причиной пониженной прочности рабочих органов «усталость материалов».

На этом основании можно сделать важный вывод о том, что поломки и деформации рабочих органов почвообрабатывающих машин происходят не от «усталости материалов». Причиной поломок является относительно редкие «пиковые», по- существу ударные нагрузки (при встрече с камнем, древесным неперерезаемым препятствием и пр.), величины которых в 5–20 раз превышают значения средних почвенных нагрузок, и напряжения, возникающие в опасных сечениях деталей при таких нагрузках превышают не только предел выносливости, но и предел текучести и прочности используемых сталей. Наиболее важными параметрами, характеризующими прочностные свойства рабочих органов почвообрабатывающих машин, являются предел прочности (σ_b), предел текучести (σ_t) и относительное удлинение (δ) сталей, используемых для их изготовления.

Согласно результатам наших исследований, рабочие органы почвообрабатывающих машин необходимо изготавливать из сталей с пределом прочности не ниже 1100 МПа и относительным удлинением не менее 7 %. Меры, направленные на повышение предела выносливости сталей и, соответственно, изделий (дробеструйная обработка, поперечная прокатка, полировка поверхности и др.), при пониженных значениях базовых прочностных характеристик материалов малоэффективны.

Важнейшим параметром, определяющим прочностные характеристики рабочих органов, является толщина листа материала («*b*»), из которого изготавливаются детали. От верно выбранного значения толщины материала зависят надежность и долговечность рабочего органа, его материалоемкость и работоспособность.

До настоящего времени толщина материала рабочих органов почвообрабатывающих машин определялась не на основании научно обоснованных расчетов на прочность, а выбиралась «по апробированным практикой размерам» [4]. Нами предлагается методика определения толщины материала рабочих органов почвообрабатывающих орудий, основанная на учете действующих на деталь нагрузок и физико-механических свойств сталей, из которых она изготовлена.

Значения постоянных эмпирических коэффициентов для определения толщины листа материала рабочих органов по формуле (3)

Вид рабочего органа	A, мм·МПа / Н	c, мм / Н	μ
Лемех плуга (цельный)	2,5	0,002	6
Лемех плуга с накладным или приставным долотом:			
лемех	2,5	0,002	7
долото	2,5	0,002	4,5
Отвал плуга (грудь и крыло)	2,5	0,002	10
Полевая доска плуга	2,5	0,002	4
Стрельчатая лапа культиватора	2,5	0,002	1
Сферический диск тяжелой бороны, дискатера, лесного дискового культиватора	2,5	0,002	1,3
Сферический диск луцильника и полевой бороны	2,5	0,004	1

По результатам наших исследований, толщина листа материала рабочих органов почвообрабатывающих машин может определяться по обобщенной эмпирической зависимости, имеющей вид гиперболической функции

$$b = \Sigma F_x^{\max} ((A + c \cdot \sigma_b) / \mu \cdot \sigma_b), \text{ мм} \quad (3)$$

где $\Sigma F_x^{\max} = (1,6 \dots 2,3) \Sigma F_x^{\text{ср}}$ – максимальное тяговое сопротивление, действующее в обычных условиях на рабочий орган (корпус плуга, лапу культиватора, диск бороны и др.), Н;

$\Sigma F_x^{\text{ср}}$ – усредненное почвенное тяговое сопротивление рабочего органа, Н;

σ_b – предел прочности стали, из которой изготовлен рабочий орган, МПа;

[A] (мм·МПа / Н), [c] мм/Н, [μ] – постоянные эмпирические коэффициенты (таблица).

Представленная методика расчета на прочность рабочих органов почвообрабатывающих машин позволяет оптимизировать их конструктивные параметры с учетом действующих нагрузок (напряжений) и использования различных материалов.

Библиографический список

1. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др.; под общей редакцией В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
2. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов / Н.М. Беляев. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
3. Винокуров, В.Н. Теоретические и экспериментальные исследования изнашивания и долговечности почворезущих элементов машин и орудий, применяемых в лесном хозяйстве: дис...д-р. техн. наук / В.Н. Винокуров. – М., 1980. – 518 с.
4. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКОВЫХ ПЛОТОВ

Н.И. КАЗНАЧЕЕВА, ассистент каф. транспорта леса МГУЛ

В современных условиях водный транспорт остается и является эффективным способом транспорта лесоматериалов. В современных условиях экономика развития лесопромышленных предприятий на первый план выдвигает необходимость решения ряда задач по совершенствованию структуры технологий, применяемого оборудования и оптимизации основных параметров состояния технологических процессов. Важной

составляющей водного лесотранспорта является плотовой лесосплав, и совершенствование его технологических единиц становится перспективным направлением развития этого вида транспорта для лесной отрасли.

Гидродинамические процессы силового взаимодействия плота, формируемого из лесосплавных пучков с водой, являются достаточно сложными, поэтому аналитическое обоснование становится необходимым ус-

ловием повышения эффективности данного вида лесотранспорта.

В общем случае гидродинамическая сила сопротивления движению тела в жидкости суммируется из двух составляющих: силы сопротивления давления P_d и силы сопротивления трения P_t и равно

$$P = P_d + P_t. \quad (1)$$

В свою очередь силу сопротивления давления P_d можно определить по уравнению

$$P_d = c_d S \rho U^2 / 2, \quad (2)$$

где c_d – коэффициент силы сопротивления давления;

S – характерная площадь поперечного сечения обтекаемого жидкостью тела;

ρ – плотность жидкости;

U – скорость движения.

Силу сопротивления трения P_t можно определить по формуле

$$P_t = c_t F \rho U^2 / 2, \quad (3)$$

где c_t – коэффициент силы сопротивления трения;

F – площадь смоченной поверхности движущегося в жидкости тела.

С учетом формул (2) и (3) формулу (1) можно представить уравнением

$$P = (c_d + c_t F/S) \rho U^2 S / 2. \quad (3,a)$$

Тогда суммарный коэффициент силы сопротивления C движения тела можно записать в виде зависимости

$$C = c_d + c_t F/S. \quad (3,b)$$

Для оценки величины коэффициента сопротивления давления плохо обтекаемых тел рассмотрим осесимметричное потенциальное обтекание круглой пластины радиуса R , поставленную поперек потока несжимаемой жидкости. Невязкое осесимметричное течение в цилиндрической системе координат r, φ, z можно выразить уравнениями [1] движения

$$v \partial v / \partial r + w \partial v / \partial z = -\rho^{-1} \partial p / \partial r, \quad (4)$$

$$v \partial w / \partial r + w \partial w / \partial z = -\rho^{-1} \partial p / \partial z, \quad (5)$$

и неразрывности

$$\partial v / \partial r + v r^{-1} + \partial w / \partial z. \quad (6)$$

Решение систем уравнений (4) – (6) позволяет получить

$$V = a r, \quad W = -2 a r, \quad a = 2U/R. \quad (7)$$

Давление в жидкости для данного вида потенциального течения можно определить по уравнению Бернулли

$$p_0 - p = \rho (V^2 + W^2) / 2 = \rho a^2 (r^2 + 4z^2) / 2, \quad (8)$$

где p_0 – давление в критической точке пластины круглого сечения.

Для пластины уравнение (8) примет вид

$$p_0 - p = \rho a^2 r^2 / 2, \quad (9)$$

или с учетом значения величины « a »

$$p_0 - p = 2 \rho U^2 r^2 / R^2. \quad (10)$$

Сила давления на круглую пластину определяется по формуле

$$P_d = 2 \rho U^2 \int \int r^3 dr d\varphi = \pi \rho U^2 R^2. \quad (11)$$

С учетом формулы (2), определим значение коэффициента силы сопротивления давления, которое равно

$$C_d = 2. \quad (12)$$

Рассмотрим коэффициент силы сопротивления давления при потенциальном обтекании плоской пластины размерами

$$B \times T \quad (B > T),$$

поставленной поперек потока несжимаемой жидкости. В прямоугольной системе координат x, y (ось x совмещена с пластиной, $x = 0$ соответствует середине пластины, ось y – перпендикулярна пластине).

Данное состояние обтекания течением выражается системой уравнений для движения

$$v \partial v / \partial x + v \partial w / \partial y = -\rho^{-1} \partial p / \partial x, \quad (13)$$

$$v \partial w / \partial x + w \partial w / \partial y = -\rho^{-1} \partial p / \partial y, \quad (14)$$

и для неразрывности потока

$$\partial v / \partial x + \partial w / \partial y = 0. \quad (15)$$

Решая систему уравнений (13–15) для рассматриваемых условий, получим

$$V = ax, \quad W = -ax, \quad a = 2U/T. \quad (16)$$

Тогда уравнение Бернулли примет вид $p_0 - p = \rho(V^2 + W^2)/2 = \rho a^2 (x^2 + y^2)/2$, $a = 2U/T$, а давление на пластину составит

$$p_0 - p = \rho a^2 x^2 / 2, \quad (17)$$

Силу сопротивления давления для рассматриваемой задачи можно выразить формулой

$$P_d = 1/2 \rho a^2 B \int x^2 dx = \rho a^2 B T^3 / 6, \quad (18)$$

или с учетом значения « a » (16) получим формулу для определения силы сопротивления давления

$$P_d = 2 \rho U^2 B T / 3. \quad (19)$$

В соответствии с формулой (2) коэффициент силы сопротивления давления будет равен

$$C_d = 4/3. \quad (20)$$

Применительно к пучковому плоту (длина $L \gg T$) формула (3,а) принимает вид

$$P = (c_d + c_r L/T) \rho U^2 BT/2. \quad (21)$$

Согласно экспериментальным данным, представленным в [2], формулы для расчета суммарного коэффициента силы сопротивления имеют вид для хлыстовых пучковых плотов

$$C = 1,82 + 0,007 L/T, \quad (22)$$

для сортиментных пучковых плотов

$$C = 1,63 + 0,0125 L/T. \quad (23)$$

Отметим здесь следующее обстоятельство. Характерное число Рейнольдса R_e для лобовой площади плотов по порядку величины составляет $R_e \approx 10^6$, при этом числе Рейнольдса коэффициент сопротивления для круглых цилиндров $C=0,4$ и для шаров $C=0,3$, для хорошо обтекаемых тел $C = 0,004$.

Таким образом, конструктивное решение задачи придания лобовой части пучковых плотов хорошо обтекаемой формы даст возможность повысить их транспортные характеристики, поэтому с учетом этих условий она становится актуальной и перспективной.

Коэффициент силы сопротивления трения в общем случае можно представлять в виде суммы трех коэффициентов [3]

$$C_r = c_{tr} + c_{тш} + c_{тм}, \quad (24)$$

где c_{tr} – коэффициент силы сопротивления трения тела с гладкой в гидродинамическом отношении поверхностью;

$c_{тш}$ – коэффициент силы сопротивления трения того же тела, обусловленной общей шероховатостью поверхности;

$c_{тм}$ – коэффициент силы сопротивления трения того же тела, обусловленной локальной шероховатостью.

Первые два коэффициента в формуле (24) можно рассчитывать по формулам, полученным в теории пограничного слоя для маловязких жидкостей, а третий определяется экспериментальным путем. Для гладкой продольно обтекаемой пластины значение коэффициента сопротивления трения можно получить из формулы [1, 3]

$$C_{tr} = 0,455 / \log R^{2,58}_{el}, \quad (25)$$

для цилиндрических тел

$$C_{tr} = (1 + \kappa) 0,455 / \log R^{2,58}_{el}. \quad (26)$$

Здесь коэффициент «к» зависит только от относительного удлинения и для пуч-

ков в плотях много меньше единицы и его значением можно пренебречь. Формулы (25) и (26) показывают, что с ростом числа Рейнольдса рассматриваемый коэффициент уменьшается.

Коэффициент силы сопротивления трения общей шероховатости зависит от числа Рейнольдса иначе, чем C_{tr} . С ростом числа Рейнольдса $C_{тш}$ возрастает, поэтому при превышении числа Рейнольдса предельного значения сумма данных коэффициентов становится постоянной, не зависящей от числа Рейнольдса (автомодельная относительно числа Рейнольдса область). В этом случае сопротивление трения пропорционально квадрату скорости движения тела. Установлено, что с уменьшением длины тела данный суммарный коэффициент сопротивления трения возрастает.

Таким образом, вторые слагаемые в формулах (22) и (23) показывают, что коэффициенты сопротивления трения пучковых плотов соответствуют телам с общей крупной шероховатостью.

Данные аналитические исследования позволяют построить асимптотические формулы для коэффициентов сопротивления пучковых плотов в том случае, когда им будут соответствовать хорошо обтекаемые в гидродинамическом отношении формы с гладкой поверхностью для хлыстовых плотов по формуле

$$C = (0,004 - 0,04) + (0,0015 - 0,0001) L/T, \quad (27)$$

для сортиментных плотов по зависимости

$$C = (0,004 - 0,04) + (0,002 - 0,0015) L/T. \quad (28)$$

Таким образом, гидродинамическое совершенствование пространственной структуры пучковых плотов является важной задачей в области развития водного лесотранспорта.

Библиографический список

1. Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – М.: Наука, 1969. – 742 с.
2. Овчинников, М.М. Транспортные характеристики пучковых плотов / М.М. Овчинников, А.Н. Минаев, В.И. Михасенко. – СПб.: СПбГЛТА, 2005. – 88 с.
3. Патрашев, А.Н. Прикладная гидромеханика / А.Н. Патрашев, Л.А. Кивако, С.И. Гожий. – М.: Из-во МО СССР, 1970. – 684 с.

МЕТОДИКА И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ШАРНИРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛЕСНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ

А.И. СЕРЕБРЯНСКИЙ, *ст. преподаватель каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства ВГЛТА, канд. техн. наук*

В промышленности широко применяются машины манипуляторного типа, слабым местом которых являются шарнирные соединения. При наработке до 3000 моточасов они выходят из строя [1]. Низкая износостойкость этих узлов трения в значительной мере объясняется высокими нагрузочными режимами их работы. Силовой анализ шарниров манипуляторов проводится с целью определения нагрузочных режимов работы этих узлов трения, в число которых входят нагрузка и удельное давление. Их можно определить исходя из кинематических схем работы отдельных шарниров манипуляторов. В качестве примера рассматривается определение нагрузочных режимов работы шарнира «рукоять – рабочий орган», кинематическая схема которого представлена на рисунке. За основу алгоритма расчета принят литературный источник [2].

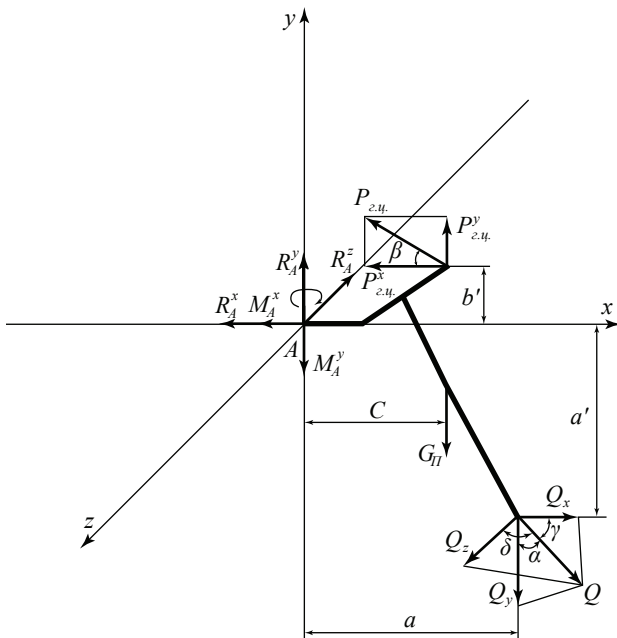


Рисунок. Кинематическая схема шарнира «рукоять – рабочий орган»

На рабочий орган действуют следующие силы и моменты: Q_x , Q_y и Q_z – составляющие пространственного усилия Q взаи-

модействия рабочего органа с деревом; G_n – сила тяжести рабочего органа; $P_{z.c.}$ – реакция от гидроцилиндра привода рабочего органа в плоскости «yAx»; $P_{z.c.}^x$ и $P_{z.c.}^y$ – составляющие усилия на штоке гидроцилиндра; M_A^x , M_A^y и M_A^z – моменты от боковых сил, действующих на шарнир «А»; β – угол наклона оси гидроцилиндра подвески к горизонтالي; α – угол между осью «У» и вектором пространственного усилия Q ; γ – угол между осью «Х» и вектором пространственного усилия Q ; δ – угол между осью «Z» и вектором пространственного усилия Q .

Для определения реакций в шарнире «А» составляются шесть уравнений равновесия.

$$\left. \begin{aligned} \sum Y &= R_A^y + P_{z.c.}^y - G_n - Q_y = 0 \\ \sum X &= -R_A^x - P_{z.c.}^x + Q_x = 0 \\ \sum Z &= -R_A^z + Q_z = 0 \\ M_A^y &= -Q_z \times a = 0 \\ M_A^x &= -Q_y \times a' = 0 \\ M_A^z &= P_{z.c.}^y \times b + P_{z.c.}^x \times b' - G_n \times \\ &\quad \times c - Q_y \times a + Q_x \times a' = 0 \end{aligned} \right\} (1)$$

Из полученных уравнений, с учетом уравнений

$$\left. \begin{aligned} P_{z.c.}^x &= P_{z.c.} \times \cos\beta; P_{z.c.}^y = P_{z.c.} \times \sin\beta; \\ Q_x &= Q \times \cos\gamma; Q_y = Q \times \cos\alpha; \\ Q_z &= Q \times \cos\delta, \end{aligned} \right\} (2)$$

определим реакции связей рабочего органа с рукоятью

$$\left. \begin{aligned} R_A^y &= G_n + Q \times \cos\alpha + P_{z.c.} \times \sin\beta; \\ R_A^x &= Q \times \cos\gamma - P_{z.c.} \times \cos\beta; R_A^z = Q \times \cos\delta; \\ M_A^y &= -Q \times \cos\delta \times a; M_A^x = -Q \times \cos\delta \times a'. \end{aligned} \right\} (3)$$

Наибольшая нагрузка на втулку и палец будет равна

$$R_{\max} = \sqrt{\left(\frac{R_A^x}{2} + \frac{M_A^y}{e''}\right)^2 + \left(\frac{R_A^y}{2} + \frac{M_A^x}{e''}\right)^2} + R_A^z, \quad (4)$$

где e'' – расстояние между серединами втулок в шарнире.

Величины нагрузок и давлений в шарнирах «рукоять – рабочий орган»

Показатели	Марка машины		
	ЛП-18А, ЛП-49	ЛП-19А	ЛП-17А, ТБ-1М
Максимальная нагрузка, R_{\max} , (кН)	13,5185	17,0807	9,7
То же с учетом сил инерции, R_{\max}^i , (кН)	14,4724	20,668	10,177
Среднее давление в втулке, $P_{\text{ср}}$, (МПа)	24,14	21,09	29
То же с учетом сил инерции, $P_{\text{ср}}^i$, (МПа)	25,84	26,7	30,59
Давления во втулке с учетом динамических нагрузок, $P_{\text{д}}$, (МПа)	41,344	42,72	49,95

В момент начала подъема дерева на шарнир, кроме указанных выше сил, действуют силы инерции. При этом реакции связей можно определить по формулам

$$R_A^{xi} = R_A^x \times \left(1 + \frac{V}{t \times q}\right); R_A^{yi} = R_A^y \times \left(1 + \frac{V}{t \times q}\right);$$

$$R_A^{zi} = R_A^z \times \left(1 + \frac{V}{t \times q}\right), \quad (5)$$

где V – средняя скорость подъема подвески;
 t – время разгона;
 q – ускорение свободного падения.

$$R_{\max}^i = \sqrt{\left(\frac{R_A^{xi}}{2} + \frac{M_A^y}{\sigma''}\right)^2 + \left(\frac{R_A^{yi}}{2} + \frac{M_A^x}{\sigma''}\right)^2} + R_A^{zi}. \quad (6)$$

Давление во втулке определяется по формуле

$$P = R_{\max} / (0,2 \times r \times l \times 1000), \quad (7)$$

где P – давление в втулке, Мпа;

R_{\max} – максимальная нагрузка на втулку, кН;

l – длина втулки, м;

r – радиус втулки, м.

Коэффициент значением 0,2 в знаменателе уравнения (8) получается исходя из усредненного значения половины угла контакта рабочих поверхностей, шарнирных соединений. Так как $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$, то удельное давление P – это отношение удельной нагрузки R к площади рабочей поверхности в пределах половины угла контакта.

Половина угла контакта определяется по известной зависимости, преобразованной в вид, удобный для расчета шарнирных соединений [1]

$$\varphi_0 = 0,317 \left(\frac{4}{\pi} \times \frac{(1 - v_1^2) + (1 - v_2^2) \times \psi}{0,117} + 1 \right) \times$$

$$\times \frac{P_a}{P_a + E_1 \varepsilon / d_2} \quad (8)$$

где v_1, v_2 – коэффициенты Пуассона материала вала и втулки;

ε – радиальный зазор в сопряжении;

d_2 – диаметр вала;

$$\psi = E_1 / E_2, \quad (9)$$

где E_1 и E_2 – модули упругости материала вала и втулки.

Значения нагрузок и удельных давлений, действующих на шарниры манипуляторов, достаточно высоки (таблица). Это объясняется реверсивностью трения, спецификой работы и предмета труда, несовершенным подбором конструкционных и смазочных материалов, так как при пластичной смазке под действием нагрузок она выдавливается из зоны трения, в результате чего проявляются задиры и заедания, что приводит к повышенному износу деталей шарнирных соединений.

Таким образом, необходимо изменить конструкцию шарнирных соединений, чтобы исключалось влияние отрицательного эффекта реверса, кроме того необходимо заменить пластичные смазки на самосмазывающийся антифрикционный материал (АМАН).

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. Артамонов, Ю.Г. Проектирование технологического оборудования манипуляторных лесных машин / Ю.Г. Артамонов. – Л., 1985. – 86 с.
3. Смогунов, Н.С. Влияние характера трения на износостойкость шарнирных соединений универсальных гидроманипуляторов / Н.С. Смогунов, А.И. Серебрянский. – ВИНТИ. – № 1417 – И99. – 10 с.
4. Герасимов, Ю.Ю. Манипуляторные системы лесных машин: проектирование и расчет / Ю.Ю. Герасимов и др. – Петрозаводск – Йоенсуу, 1994. – 95 с.

ВЛИЯНИЕ БОКОВОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛЫ

В.Н. СЕРДЮКОВ, доц. Мар ГТУ, канд. техн. наук

В данной статье рассматривается устойчивость ленточной пилы без учета боковой силы резания. Задача решалась динамическим методом. Ленточная пила нагружалась силами P и T , выводилась из плоского (невозмущенного) состояния и предоставлялась самой себе. За критерий устойчивости принимался характер движения пильной ленты после начального возмущения.

Нормальная и касательная силы резания являются следящими силами. Вектор силы P при потере устойчивости, всегда совпадает с осью y_1 поперечного сечения (рис. 1, 2) и является следящим вектором, а вектор силы T перпендикулярен вектору P и лежит в плоскости, касательной к срединной поверхности пильной ленты в данном сечении.

Считаем, что ленточная пила в плоскости xu не изгибается и ее концы жестко защемлены. Концевые сечения не могут поворачиваться относительно оси x , а в плоскости zx они шарнирно оперты.

Прогиб и угол поворота представим в форме бесконечных рядов

$$w(x,t) = \sum_{i=1}^{\infty} w_i(t) \sin \frac{i\pi x}{2L}, \quad \varphi(x,t) = \sum_{i=1}^{\infty} \varphi_i(t) \sin \frac{i\pi x}{2L} \quad (1)$$

и решим задачу в первом приближении, аппроксимируя прогиб и угол поворота в виде одной полуволны синусоиды (понимая при

этом, что форма потери устойчивости будет несколько отличаться от симметричной).

$$w(x,t) = w(L,t) \sin \pi x / 2L, \quad \varphi(x,t) = \varphi(L,t) \sin \pi x / 2L. \quad (2)$$

Функции (2) удовлетворяют граничным условиям. При $x = 0$ и $x = 2L$, $w = 0$, $\partial^2 w / \partial x^2 = 0$, $\varphi = 0$.

Из суммы проекций сил на ось x следует, что

$$X_B = N + T. \quad (3)$$

Для определения реакций опор Y_A , Y_B , M_{ZA} , M_{ZB} раскрывалась статическая неопределенность стержня длиной $2L$, жестко зашпеленного по концам в плоскости xu и нагруженного в среднем сечении силой P и моментов Ta . В результате получили

$$Y_A = (P / 2) + (3Ta / 4L), \quad Y_B = (P / 2) - (3Ta / 4L), \\ M_{ZA} = (PL / 4) + (Ta / 4), \quad M_{ZB} = (PL / 4) - (Ta / 4). \quad (4)$$

Затем составим три уравнения равновесия.

$$\sum M_{iy} = Z_B 2L + L \int_0^{2L} dR + \\ + T[w(L,t) + a \sin \varphi(L,t)] - PL \sin \varphi(L,t) = 0, \\ \sum M_{iz} = Z_A 2L + L \int_0^{2L} dR - \\ - T[w(L,t) + a \sin \varphi(L,t)] - PL \sin \varphi(L,t) = 0, \\ \sum M_{ix} = 2M_{xA} - \int_0^{2L} dM_u - Pw(L,t) \cos \varphi(L,t) = 0. \quad (5)$$

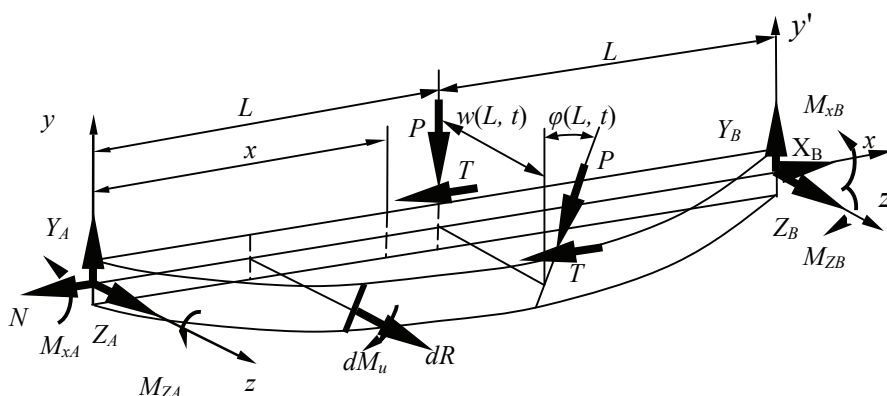


Рис. 1. Расчетная схема ленточной пилы: P – нормальная сила резания; T – касательная сила резания; $2a$, S (рис. 2) – размеры поперечного сечения; $2L$ – длина рабочей части ленточной пилы; N – сила натяжения; M_x , M_z , X , Y , Z с соответствующими индексами – реакции опор; $W(L, t)$ – прогиб среднего сечения; $\varphi(L, t)$ – угол поворота среднего сечения; $dR = -A dx \gamma (\partial^2 w(x,t) / \partial t^2)$ – сила инерции элемента длиной dx ; $dM_u = -A dx \gamma \rho^2 (\partial^2 \varphi(x,t) / \partial t^2)$ – инерционный момент элемента длиной dx ; A – площадь поперечного сечения; γ – плотность; ρ – радиус инерции.

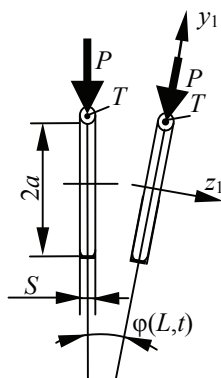


Рис. 2. Положение среднего поперечного сечения и векторов сил P и T

Подставляя в (5) вместо dR и dM_u соответствующие выражения и вычисляя интегралы, получаем

$$Z_A = \frac{2LA\gamma d^2 w(L,t)}{\pi dt^2} + \frac{T}{2L} [w(L,t) + a\phi(L,t)] + \frac{P}{2} \phi(L,t),$$

$$Z_B = \frac{2LA\gamma d^2 w(L,t)}{\pi dt^2} - \frac{T}{2L} [w(L,t) + a\phi(L,t)] + \frac{P}{2} \phi(L,t),$$

$$M_{xA} = M_{xB} = -\frac{2LA\gamma \rho^2 d^2 \phi(L,t)}{\pi dt^2} + \frac{P}{2} w(L,t). \quad (6)$$

При получении выражений (6) имелось ввиду, что при малых перемещениях

$$\sin\phi(L,t) = \phi(L,t), \cos\phi(L,t) = 1.$$

Расчетная часть ленточной пилы (рис. 1) имеет два грузовых участка. Вопрос ставится следующим образом: какой из участков является инициатором потери устойчивости ленточной пилы в целом?

Сделаем произвольное поперечное сечение на левом участке и рассмотрим часть ленточной пилы длиной x в искривленном (возмущенном) состоянии (рис. 1, 3). Координатные оси x_0, y_0, z_0 параллельны осям x, y, z . Координатная система x_1, y_1, z_1 жестко скреплена с поперечным сечением. Ось x_1 является касательной к оси ленточной пилы и лежит в плоскости xz . Оси y_1, z_1 – главные центральные оси поперечного сечения.

Моменты относительно осей x_0, y_0, z_0

$$M_{x_0} = Y_A w - M_{xA} + \int_0^x dM_u = Y_A w - M_{xA} - A\gamma \rho^2 \frac{d^2 \phi(L,t)}{dt^2} \left(1 - \cos \frac{\pi x}{2L}\right) \frac{2L}{\pi},$$

$$M_{y_0} = Z_A x + Nw + \int_0^x dR(x-x') = Z_A x + Nw - A\gamma \frac{2L d^2 w(L,t)}{\pi dt^2} x + A\gamma \frac{4L^2 d^2 w(L,t)}{\pi^2 dt^2} \sin \frac{\pi x}{2L},$$

$$M_{z_0} = Y_A x - M_{zA}. \quad (7)$$

При составлении выражений (7) векторы моментов направлялись так, что если смотреть со стороны стрелки вектора, то момент виден направленным против часовой стрелки. На рис. 3 показаны положительные направления векторов моментов $M_{x_0}, M_{y_0}, M_{z_0}$.

Моменты относительно осей x_1 и y_1

$$M_{x_1} = -M_{x_0} \cos \frac{\partial w}{\partial x} + M_{z_0} \sin \frac{\partial w}{\partial x} = -M_{x_0} + M_{z_0} \frac{\partial w}{\partial x},$$

$$M_{y_1} = M_{y_0} \cos \phi - M_{z_0} \cos \frac{\partial w}{\partial x} \sin \phi - M_{x_0} \sin \frac{\partial w}{\partial x} \sin \phi = M_{y_0} - M_{z_0} \phi - M_{x_0} \frac{\partial w}{\partial x} \phi. \quad (8)$$

При составлении выражений (8) изгибающий момент считался положительным, если он увеличивал кривизну оси ленточной пилы, и отрицательным, если уменьшал. Крутящий момент считался положительным, если его направление совпадало с направлением угла поворота ϕ .

Пренебрегая слагаемым

$$\left(M_{x_0} \frac{\partial w}{\partial x} \phi \right),$$

содержащим произведение малых величин, и подставляя (7) в (8), получаем:

$$M_{x_1} = -Y_A w + M_{xA} + A\gamma \rho^2 \frac{2L d^2 \phi(L,t)}{\pi dt^2} \times \left(1 - \cos \frac{\pi x}{2L}\right) + Y_A \frac{\partial w}{\partial x} x - M_{zA} \frac{\partial w}{\partial x},$$

$$M_{y_1} = Z_A x + Nw - A\gamma \frac{2L d^2 w(L,t)}{\pi dt^2} x + A\gamma \frac{4L^2 d^2 w(L,t)}{\pi^2 dt^2} \sin \frac{\pi x}{2L} - Y_A x \phi + M_{zA} \phi. \quad (9)$$

Изгибно-крутильная деформация ленточной пилы в процессе ее движения после начального возмущения описывается уравнениями

$$B(\partial^2 w / \partial x^2) = M_{y_1}, C(\partial \phi / \partial x) = M_{x_1}, \quad (10)$$

где $B = EI_{y_1}$ – изгибная жесткость поперечного сечения,

$$C = (1/3)2aS^3G + (1/3)a^2N \quad (11)$$

– крутильная жесткость поперечного сечения [1].

Подставляя (9) в (10), получаем дифференциальные уравнения движения поперечного сечения с координатой x на левом участке (12).

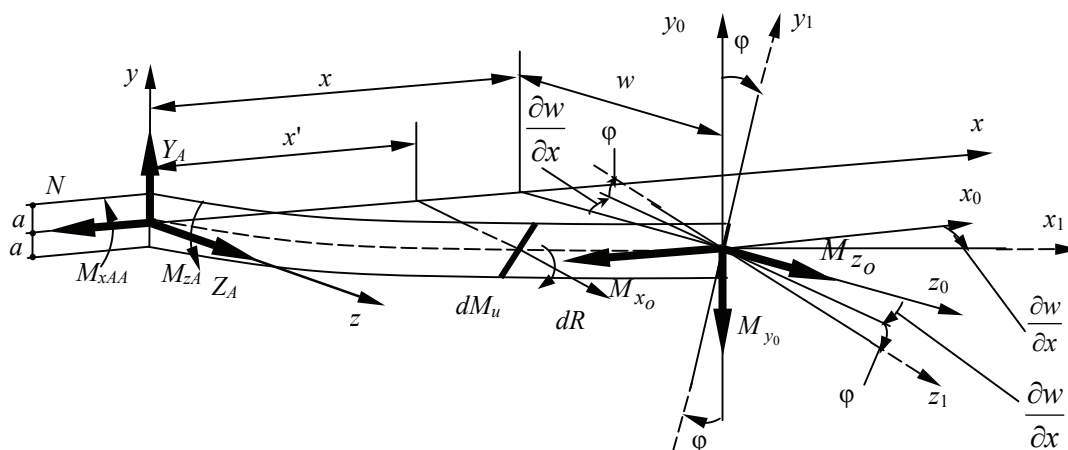


Рис. 3. Часть ленточной пилы длиной x

$$\begin{aligned}
 B \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} &= Z_A x + Nw - A\gamma \frac{2L}{\pi} \frac{d^2 w(L,t)}{dt^2} x + \\
 &+ A\gamma \frac{4L^2}{\pi^2} \frac{d^2 w(L,t)}{dt^2} \sin \frac{\pi x}{2L} - Y_A x \varphi + M_{zA} \varphi, \\
 C \frac{\partial \varphi}{\partial x} &= -Y_A w + M_{xA} + A\gamma \rho^2 \frac{2L}{\pi} \frac{d^2 \varphi(L,t)}{dt^2} \times \\
 &\times \left(1 - \cos \frac{\pi x}{2L}\right) + Y_A \frac{\partial w}{\partial x} x - M_{zA} \frac{\partial w}{\partial x}. \quad (12)
 \end{aligned}$$

Далее фиксируем время t и интегрируем уравнения (12) по координате x , используя процедуру Бубнова-Галеркина.

Для этого аппроксимирующие функции (2) подставляем в (12), умножаем полученные выражения на $\sin(\pi x / 2L)$ и интегрируем в пределах от 0 до L .

$$\begin{aligned}
 \int_0^L \left[D_1 \sin^2 \frac{\pi x}{2L} + Z_A x \sin \frac{\pi x}{2L} + Nw(L,t) \sin^2 \frac{\pi x}{2L} - \right. \\
 \left. - D_2 x \sin \frac{\pi x}{2L} + D_2 \frac{2L}{\pi} \sin^2 \frac{\pi x}{2L} - \right. \\
 \left. - Y_A x \varphi(L,t) \sin^2 \frac{\pi x}{2L} + M_{zA} \varphi(L,t) \sin^2 \frac{\pi x}{2L} \right] dx = 0, \\
 \int_0^L \left[B_1 \sin \frac{\pi x}{2L} \cos \frac{\pi x}{2L} - Y_A w(L,t) \sin^2 \frac{\pi x}{2L} + \right. \\
 \left. + M_{xA} \sin \frac{\pi x}{2L} + B_2 \left(1 - \cos \frac{\pi x}{2L}\right) \sin \frac{\pi x}{2L} + \right. \\
 \left. + Y_A w(L,t) \frac{\pi}{2L} \cos \frac{\pi x}{2L} \sin \frac{\pi x}{2L} - \right. \\
 \left. - M_{zA} w(L,t) \frac{\pi}{2L} \cos \frac{\pi x}{2L} \sin \frac{\pi x}{2L} \right] dx = 0, \quad (13)
 \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
 D_1 &= Bw(L,t)\pi^2 / 4L^2, \quad D_2 = A\gamma(2L / \pi)(d^2 w(L,t) / dt^2), \\
 B_1 &= -C(\pi / 2L)\varphi(L,t), \quad B_2 = \\
 &= A\gamma\rho^2(2L / \pi)(d^2 \varphi(L,t) / dt^2). \quad (14)
 \end{aligned}$$

После вычисления интегралов и подстановки вместо соответствующих величин выражений (4), (6), (14) приходим к системе уравнений, описывающих движение среднего сечения после начального возмущения

$$\begin{aligned}
 (d^2 w(L,t) / dt^2) + C_{11} w(L,t) + C_{12} \varphi(L,t) &= 0, \\
 (d^2 \varphi(L,t) / dt^2) + C_{21} w(L,t) + C_{22} \varphi(L,t) &= 0. \quad (15)
 \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
 C_{11} &= \frac{\pi^2}{2A\gamma L^2} \left(B \frac{\pi^2}{8L^2} + T \frac{2}{\pi^2} + \frac{1}{2} N \right), \\
 C_{12} &= \frac{\pi^2}{2A\gamma L^2} \left(Ta \frac{20 - \pi^2}{16\pi^2} + PL \frac{3}{2\pi^2} \right), \\
 C_{21} &= -\frac{\pi^2}{2A\gamma \rho^2 L^2} \left(PL \frac{9 - 3\pi}{8\pi} + Ta \frac{3 - 8\pi}{16\pi} \right), \\
 C_{22} &= \frac{\pi^2}{4A\gamma \rho^2 L^2} C. \quad (16)
 \end{aligned}$$

Частное решение уравнений (15) ищем в форме

$$w(L,t) = Ae^{\omega t}, \quad \varphi(L,t) = Ke^{\omega t}. \quad (17)$$

После подстановки (17) в (15) получаем систему двух уравнений

$$\begin{aligned}
 A(\omega^2 + C_{11}) + KC_{12} &= 0, \quad (18) \\
 AC_{21} + K(\omega^2 + C_{22}) &= 0.
 \end{aligned}$$

Система уравнений (18) имеет ненулевое решение, если определитель системы равен нулю. Составляя и раскрывая определитель, получаем уравнение

$$\omega^4 + 2a\omega^2 + b = 0, \quad (19)$$

где

$$a = (C_{11} + C_{22}) / 2, \quad b = C_{11}C_{22} - C_{12}C_{21}. \quad (20)$$

Корни биквадратного уравнения (19)

$$(\omega^2)_{1,2} = -a \pm \sqrt{a^2 - b}. \quad (21)$$

Тогда

$$\omega_{1,2} = \pm \sqrt{(\omega^2)_1} \quad \text{и} \quad \omega_{3,4} = \pm \sqrt{(\omega^2)_2}. \quad (22)$$

Характер движения пильной ленты после начального возмущения зависит от вида корней $\omega_{1,2,3,4}$. Из выражений (16) и (20) следует, что $a > 0$ при любых значениях параметров системы. Поэтому если $b < 0$, то один из корней оказывается вещественным и положительным. Соответствующее движение пильной ленты после начального возмущения представляет собой аperiodический монотонный уход от положения равновесия. В этом случае плоскую форму равновесия следует признать неустойчивой.

Если $b > a^2$, то корни $\omega_{1,2,3,4}$ оказываются комплексными и ленточная пила после начального возмущения совершает колебательное движение с возрастающими амплитудами. В этом случае плоскую форму равновесия следует признать также неустойчивой.

Если $0 < b < a^2$, то корни $\omega_{1,2,3,4}$ все мнимые и движение представляет собой колебания с постоянной амплитудой. В этом случае плоская форма равновесия является устойчивой.

Таким образом, критическим состояниям ленточной пилы соответствуют два равенства

$$a^2 - b = 0 \text{ и } b = 0. \quad (23)$$

Подставляя (16) в (20), а (20) в (23), получаем два условия критических состояний.

$$0,01L^2P^2 + 0,272aLTP + k\rho^2 + 0,113a^2T^2 = 0, \quad (24)$$

где $k = [0,203T + 0,5N - 0,5(C / \rho^2)]^2$.

$$P^2 + (27,24a / L)TP - 1 / L^2(40,56T + 100N)C + (11,32a^2 / L^2)T^2 = 0. \quad (25)$$

При выводе условий (24) и (25) в формуле для C_{11} (16) мы пренебрегли членом, содержащим изгибную жесткость.

При $P > 0$ и $T > 0$ условие (24) не может быть выполнено. Это означает, что потеря устойчивости в форме колебательного движения с нарастающей амплитудой невозможна при любых значениях параметров системы.

А из условия (25) определим P .

$$P = -13,62(Ta / L) \pm \frac{1}{L} \sqrt{174,18(Ta)^2 + (40,56T + 100N)C}. \quad (26)$$

Сила P , определенная по выражению (26), соответствует потере устойчивости в форме аperiodического ухода от положения равновесия.

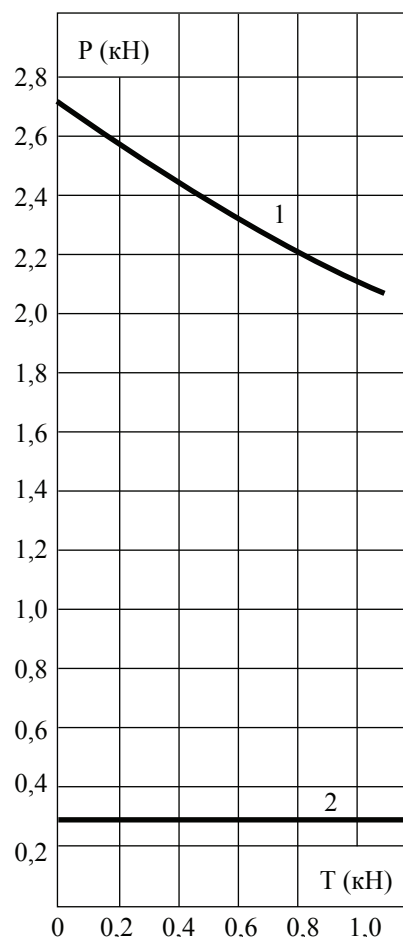


Рис. 4. Предельные диаграммы: 1 – без учета боковой силы резания; 2 – с учетом боковой силы резания

Далее предположим, что инициатором потери устойчивости пильной ленты является правый грузовой участок (рис. 1). Тогда условие потери устойчивости в форме колебательного движения с нарастающей амплитудой получим из выражения (24), заменяя в нем T на $(-T)$, а условие потери устойчивости в форме аperiodического ухода от положения равновесия получаем из (25) заменой T на $(-T)$, а N на $(N + T)$. В итоге получаем два условия критических состояний пильной ленты.

$$0,01L^2P^2 - 0,272aLTP + k\rho^2 + 0,113a^2T^2 = 0, \quad (27)$$

где $k = [0,297T + 0,5N - 0,5(C / \rho^2)]^2$,

$$P^2 + (27,24a / L)TP - 1 / L^2(59,44T + 100N)C + (11,32a^2 / L^2)T^2 = 0. \quad (28)$$

При $T = 0$, условие (27) дает мнимое значение для P , а при $P = 0$ получим мнимое значение для T . Расчеты показали, что при $T > 0$ и $P > 0$ условие (27) невыполнимо. Из этого следует, что потеря устойчивости в форме колебательного движения с нарастающей амплитудой невозможна.

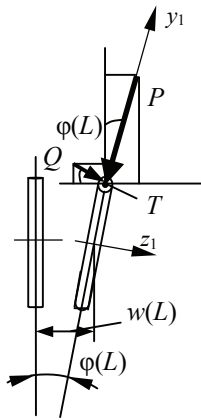


Рис. 5. Положение среднего поперечного сечения и векторов сил P , T и Q до и в процессе нагружения

Расчеты показали, что при одном и том же значении $T \neq 0$ формула (26) дает меньшее значение силы P , чем значение этой силы, определенное из уравнения (28). Следовательно, инициатором потери устойчивости ленточной пилы является левый (менее натянутый) грузовой участок.

Выражение (26) можно рассматривать как уравнение предельной кривой. На рисунке 4 показана предельная кривая 1, построенная без учета боковой силы резания для ленточной пилы с параметрами: $L = 90$ см, $2a = 10$ см, $S = 0,1$ см, $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, $N = 7$ кН. Если точка, построенная по числовым значениям касательной и нормальной сил резания, оказывается ниже или на предельной кривой, то плоская форма равновесия пильной ленты устойчива, если же точка оказывается выше предельной кривой, то плоская форма равновесия неустойчива.

Величины реальных сил резания P и T таковы, что можно утверждать: при наличии только этих сил потеря устойчивости ленточных пил всех типоразмеров невозможна.

Проведенное исследование влияния боковой силы резания на устойчивость ленточной пилы показало, что пильная лента теряет устойчивость в форме апериодического ухода от плоской формы равновесия (статическая форма потери устойчивости). Поэтому задачи устойчивости ленточных пил можно решать нединамическим методом.

Используем здесь метод начальных несовершенств. Горизонтальную составляющую сил резания раскладываем на нор-

мальную силу резания P и боковую силу Q (рис. 5). Силу Q будем рассматривать как начальное несовершенство, которое всегда имеет место. Перемещения поперечных сечений не равны нулю с самого начала нагружения пильной ленты силами P , T и Q . В момент потери устойчивости перемещения начинают активно расти. Активный рост перемещений и является критерием потери устойчивости.

Рассмотрим сколь угодно малые перемещения $w(L)$ и $\varphi(L)$, имея ввиду что Q , P и T это конечные величины. При этом $Q \sin \varphi(L) \ll P \cos \varphi(L)$, а $P \sin \varphi(L) \ll Q \cos \varphi(L)$. Поэтому вертикальной проекцией силы Q будем пренебрегать по сравнению с вертикальной проекцией силы P , а горизонтальной проекцией силы P будем пренебрегать по сравнению с горизонтальной проекцией силы Q . Последнее положение является ключевым при исследовании влияния боковой силы на устойчивость пильной ленты (при наличии силы Q появилась возможность пренебречь горизонтальной составляющей силы P).

Определяем реакции опор, не учитывая силы инерции.

$$\begin{aligned} Y_A &= (P/2) + (3Ta/4L), Y_B = (P/2) - (3Ta/4L), \\ M_{ZA} &= (PL/4) + (Ta/4), M_{ZB} = (PL/4) - (Ta/4), \\ Z_A &= T/2L[w(L) + a\varphi(L)] - Q/2, \\ Z_B &= -T/2L[w(L) + a\varphi(L)] - Q/2, \\ M_{xA} &= M_{xB} = 1/2[Pw(L) + P\varphi(L)a + Qa]. \end{aligned} \quad (29)$$

Уравнения, описывающие изгибнокрутильную деформацию ленточной пилы на левом участке, имеют вид

$$\begin{aligned} B(d^2w/dx^2) &= Z_A x + Nw - Y_A x \varphi + M_{ZA} \varphi, \\ C(d\varphi/dx) &= -Y_A w + M_{xA} + \\ &+ Y_A (dw/dx)x - M_{ZA} (dw/dx). \end{aligned} \quad (30)$$

Прогиб и угол поворота аппроксимируем в виде

$$w(x) = w(L) \sin(\pi x / 2L), \varphi(x) = \varphi(L) (\pi x / 2L). \quad (31)$$

В процессе решения уравнений (30) методом Бубнова-Галеркина получаем два уравнения, которые можно получить и из уравнений (13), если в последних положить $D_2 = 0$ и $B_2 = 0$. После вычисления интегралов и подстановки вместо соответствующих величин выражений (14) и (29) получаем систему из двух уравнений

$$\begin{aligned} C_{11} w(L) + C_{12} \varphi(L) &= \Delta_1, \\ C_{21} w(L) + C_{22} \varphi(L) &= \Delta_2, \end{aligned} \quad (32)$$

где

$$\begin{aligned} C_{11} &= B(\pi^2 / 8L^2) + T(2 / \pi^2) + (1 / 2)N, C_{12} = \\ &= Ta((20 - \pi^2) / 16\pi^2) - (PL / 2\pi^2), \\ C_{21} &= - (PL((9 - 3\pi) / 8\pi) + Ta((3 - 8\pi) / 16\pi)), \\ C_{22} &= (1 / 2)C - (PaL / \pi), \\ \Delta_1 &= (2L / \pi^2)Q, \Delta_2 = (aL / \pi)Q. \end{aligned} \quad (33)$$

Решение системы уравнений (32) имеет вид

$$w(L) = \frac{\begin{vmatrix} \Delta_1 & C_{12} \\ \Delta_2 & C_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{vmatrix}}, \quad \varphi(L) = \frac{\begin{vmatrix} C_{11} & \Delta_1 \\ C_{21} & \Delta_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{vmatrix}}. \quad (34)$$

В процессе потери устойчивости прогиб $w(L)$ и угол поворота $\varphi(L)$ активно растут, а знаменатель выражений (34) стремится к нулю. Приравняв знаменатель к нулю, получаем условие критического состояния пильной ленты.

$$\begin{aligned} \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{vmatrix} &= C_{11}C_{22} - C_{21}C_{12} = P^2 - 51,06(a / L)TP - \\ &- 187,41(Na / L)P + 119,29(C / L^2)T + \\ &+ 294,12(NC / L^2) - 33,29(a^2 / L^2)T^2 = 0. \end{aligned} \quad (35)$$

При выводе уравнения (35) в формуле для C_{11} (33) мы пренебрегли членом, содержащим изгибную жесткость. Предельная кривая, построенная по уравнению (35) (для ленточной пилы с параметрами: $L = 90$ см, $2a = 10$ см, $S = 0,1$ см, $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, $N = 7$ кН), выродилась в прямую линию 2 (рис. 4), параллельную оси абсцисс. Расчеты показали, что и при других параметрах системы предельная диаграмма имеет вид прямой линии, параллельной оси абсцисс. Это означает, что при нали-

чии боковой силы касательная сила резания перестает влиять на устойчивость ленточной пилы. Критическое же значение силы P (при $T = 0$) уменьшилось в 8,9 раз. Можно сказать, что боковая сила резания играет дестабилизирующую роль, она способствует потере устойчивости. По всей видимости, критическое значение равнодействующей сил резания Q и P зависит от величины боковой силы Q . Расчетная схема, принятая в данной работе, не позволила установить эту связь.

Так как критическое значение P не зависит от T , положим в (35) $T = 0$. Это приводит к уравнению

$$P^2 - 187,41(Na / L)P + 294,12(NC / L^2) = 0. \quad (36)$$

Откуда, с учетом (11), получаем формулу для определения критического значения нормальной силы резания P

$$P = 93,7(Na / L) \pm (1 / L) \sqrt{8681,7N^2a^2 - 294,12NGJ_K}. \quad (37)$$

Из двух значений P , определенных по формуле (37), в расчет принимается меньшее положительное значение.

Таким образом, в статье дан анализ устойчивости ленточной пилы для случая, когда боковая сила отсутствует. Расчетами доказано, что при реальных силах резания в этом случае потеря устойчивости ленточной пилы невозможна.

Библиографический список

1. Тимошенко, С.П. Сопротивление материалов. Т. 2 / С.П. Тимошенко. – М.-Л.: Гостехиздат, 1946. – 456 с.

ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕРАМ И КАЧЕСТВУ СОВРЕМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ПОЛА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ

Н.В. КУЛИКОВА, *асп. каф. технологии лесопиления и деревообработки, МГУЛ*

Древесина березы в деревообрабатывающей промышленности используется в небольших объемах, в основном в фанерном производстве. Это обусловлено сильным короблением, большими температурными и влажностными перепадами, а также биологическими воздействиями. Она во многом могла бы заменить использование древесины хвойных пород, что способствовало бы уста-

новлению баланса в соотношении объемов хвойных и лиственных лесов. Береза неприхотлива к условиям произрастания, поэтому этот вид природного ресурса относительно быстро возобновляем. Годовой прирост древесины составляет 15 %, т.к. береза достигает высоты 20–25 м. Широко распространена она в Европе, Азии, Америке [4]. Древесина березы достаточно твердая и упругая, одно-

родная по строению, тонковолокнистая, после просушки гладкая, с матовым блеском. Ее поверхность легко отделяется, хорошо выдерживает склеивание. Она легко обрабатывается, режется, хорошо полируется, после обработки приобретает красивый золотистый оттенок и шелковистую поверхность. Все эти качества снискали ей популярность в отечественном мебельном деле.

Вплоть до XVI в. в жилищах преобладали простые дощатые полы. Полы из обрезной доски в большинстве случаев изготавливались из древесины сосны, лиственницы или ольхи – этими породами были богаты окружающие леса.

В конце XVIII столетия в связи с временным запретом на ввоз в страну ряда товаров, и в частности красного дерева (которое в связи с этим сильно вздорожало), русские мастера начали искать альтернативу ценным сортам древесины и открыли удивительные декоративные возможности березы [3].

В конце XIX в. – начале XX в. ручную обработку дерева заменили фабричные технологии. Сложные наборные паркетные композиции в интерьерах уступили место орнаментам в стиле модерн.

Исчезли монотонно повторяющиеся формы и цвета, появилось чередование цветов и многообразие форм. Традиционные прямоугольные паркетные планки сменились планками в форме морской волны и др. Повсеместное распространение высокохудожественный паркет получил после 1950 г. при реставрации памятников старины.

Полы из натурального дерева и в наше время не потеряли актуальности и по-прежнему остаются широко востребованными при оформлении жилого и корпоративного интерьера. Это экологически чистый, натуральный и красивый отделочный материал и в то же время возможная доминанта дизайнерского решения для любого архитектурного стиля оформления интерьера.

В зависимости от предпочтения паркетный пол поставляется как с лаковым, так и со специальным покрытием маслом или

воском, обработанный и полностью подготовленный к укладке в заводских условиях. Обработка древесины щелочным раствором придает покрытию благородный вид и характерный светлый оттенок. Пропитка паркетного пола маслом обеспечивает полу исключительно высокую устойчивость к пятнам и простоту ухода. Лак придает красивый блеск, обеспечивает прекрасную износостойкость и гарантирует простоту ухода.

В настоящее время наиболее распространенными видами напольных покрытий из натуральной древесины являются:

- доска из массива натуральной древесины;
- штучный паркет;
- паркетная доска;
- модульный паркет;
- мозаичный паркет.

Отдельно рассматривается такой вид паркетной укладки, как панно художественного паркета.

Доска из массива дерева

Раньше настил доски выполняли без промежуточных стыков, из-за чего длина пиломатериала при ширине 10, 15 и 20 см могла достигать 6 м. Толщина досок со временем менялась. Например, во второй половине XX в., когда для защиты деревянного пола стали применять масляную краску, она варьировалась от 26 до 50 мм. Покрытие выполнялось из обрезных, строганых, сосновых или еловых досок и укладывалось по лагам.

Сегодня доска из массива производится из твердых пород древесины, сортность и определение качественных характеристик которой осуществляются по «паркетным» нормативам. Основной геометрический признак доски из массива – толщина (не менее 20 мм), ширина покрытия 12–20 см, длина 1,5–3 м (наибольшей популярностью пользуется материал длиной 1,2 и 2,4 м, шириной 12 и 13,6 см, толщиной 22 мм). Поскольку комплектовать покрытие только длинномерными заготовками или заготовками одинаковой длины не рационально, обычно его составляют таким образом: 10 % приходится на материал длиной 2,2–2,5 м, 10 % – на припуск по 0,5–0,6 м, остальной объем – это доски разной длины,

кратной 5 см (от 1,2 до 2 м). Впрочем, заказ может формироваться и по индивидуальным замерам, при этом исходят из стилистического решения интерьера. Так, длинные доски позволяют зрительно уменьшить помещение, а покрытие, набранное из широких элементов (16-20 см), создает ощущение основательности и надежности.

Доска из массива имеет шип-паз. Кроме того, по периметру верхних кромок снимается фаска шириной 0,5 мм. Она компенсирует незначительные усадочные деформации (вообще этот материал характеризуется высокой стабильностью параметров, что обеспечивается особой технологией сушки) и зрительно корректирует неровности покрытия. На задней пласти заготовок делаются горизонтальные насечки и вертикальные пропилы, что придает ему большую гибкость, позволяет «адаптироваться» к неровностям основания.

Штучный паркет

Составными частями штучного паркета являются отдельные планки из массива дерева, на кромках которых имеются пазы и гребни, предназначенные для соединения планок между собой. На рынке имеется импортный паркет, не имеющий пазов и гребней.

Штучный паркет различается геометрическими размерами, видом древесины и типами распила, а также наличием или отсутствием отбора по однотонности.

Многослойный паркет

Этот вид паркета нам близок и дорог, как все привычное. Ведь традиции производства русского паркета уходят корнями в XVI в., а в начале XX в. в Российской империи штучный паркет производили на 85 предприятиях. Производство современного штучного паркета не собирается сдавать свои лидирующие позиции: по оценкам специалистов, доля штучного паркета на паркетном рынке составляет более 90 %.

Внешне такая паркетная доска похожа на традиционный паркет из массива древесины, только она, как правило, уже отшлифована и обработана защитно-декоративным покрытием. Для ее производства применяют различ-

ные породы древесины – и местные, и экзотические. Пол из таких планок внешне ничем не отличается от пола из штучного паркета. Благодаря высочайшей точности геометрии пластин и обработки стыков швы между единичными деталями практически неразличимы.

Отличие данного вида паркета состоит в многослойной структуре планок. Верхний (рабочий) слой, выполненный из древесины ценных пород, по особой технологии наклеен на композитное основание, состоящее из нескольких разнонаправленных слоев фанеры. Из этих пластин можно выкладывать любые традиционные паркетные рисунки.

Многослойный паркет делают толщиной 11 и 14 мм, причем рабочий слой в обоих случаях пятимиллиметровый. Верхний слой шлифуют и покрывают восемью слоями лака. Лаковое покрытие, нанесенное в заводских условиях, обеспечивает высокую стойкость паркета к истиранию и надежно защищает массив ценной древесины от воздействия влаги. Паркет могут также поставлять без нанесения лакового покрытия. Иногда производители наносят специальные покрытия (например восковое) или состав повышенной стойкости – для помещений с усиленным износом пола.

Толщина слоя ценной древесины достаточна для проведения со временем циклевания, шлифования и нанесения лакового покрытия – совершенно так же, как в случае с классическим штучным паркетом. Срок службы многослойного материала не меньше, чем стандартного аналогичной толщины.

Применяемые для изготовления рабочего слоя многослойного паркета ценные сорта древесины проходят строгий отбор. В итоге заказчику предлагают изделие с различными поверхностями (внутри одной породы): равномерной, однородной или более разнообразной по цветовой и структурной гамме.

Подложку паркетных планок многослойного паркета обрабатывают специальными водоотталкивающими составами. Паркет на подобной подложке в меньшей степени, нежели традиционный, реагирует на колебания влажности и температуры в помещении. Еще одно несомненное преимущество многослойного продукта заключается в том, что его можно укладывать на обогреваемые полы.

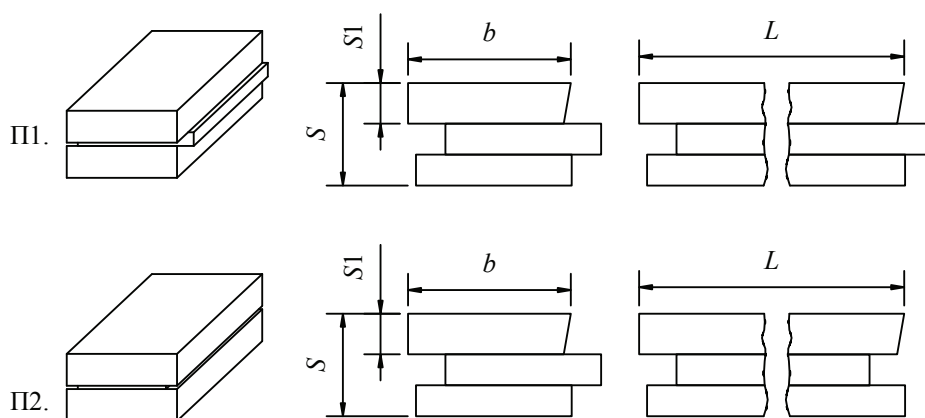


Рис. 1. Типы паркетных пластин

В дополнение к рядовым паркетным планкам выпускается также большое количество декоративных элементов с разными рисунками. У данных элементов паз идет со всех сторон, а соединяются они с помощью специальных планок.

Для укладки паркета в подложке паркетных планок (так же, как и в паркете из массива) делают пазы и гребни. Паркет может быть «правым» и «левым», и поэтому под заказ поставляется нужное соотношение тех или иных планок.

Укладка многослойного паркета ведется так же, как и традиционного штучного – на клей. Его необходимо укладывать на водостойкую фанеру или другой вид подосновы с устройством необходимого слоя парогидроизоляции.

Массивный штучный паркет

Составными частями штучного паркета являются отдельные планки из массивной древесины, на кромках которых имеются пазы и гребни, предназначенные для соединения планок между собой. Большая часть паркетных планок, поступающих в продажу, проходит сортировку.

Стандартная толщина планок (S) составляет от 14 до 22 мм (наиболее популярная – 15 и 22), в соответствии с ГОСТ 862.1-85. При указанных размерах покрытие имеет равную прочность и в середине пластин, и в местах их соединения. Выше паза и гребня находится слой, работающий на износ (S_1), истираемый при эксплуатации пола. Толщина этого слоя для твердолиственных пород (таких, как дуб, мербау, клен, ясень) составляет

7 мм при толщине планки 15 мм и 13 мм при толщине 22 мм. Принятая ширина пластин (b) – от 40 до 70 мм. Для простоты запоминания укажем: ширина планок не должна превышать пятикратного значения их толщины (S с целью уменьшения покособленности). Длина (L) колеблется в пределах от 250 до 490 мм.

Пластины делятся на два типа: П1 – с гребнями и пазами на противоположных кромках и торцах (рис. 1) и П2 – с гребнем на одной кромке и пазами на другой кромке и торцах (рис. 1). Планки П1 делают парными: с правым и левым гребнями.

Штучное покрытие набирается из строганных дощечек (планок, клепок). Толщина последних составляет 14, 15, 16, 18 или 22 мм (для жилых помещений, как правило, применяется материал толщиной 16 мм). Поскольку некратность длины и ширины паркетных планок может затруднить формирование рисунка, обычно применяют материал со следующим соотношением ширины и длины – 1:3, 1:4, 1:5 и 1:6 (например, 420×70×15 мм). Специалисты также рекомендуют использовать планки, ширина которых не менее чем в четыре раза превосходит толщину, но не больше 75–80 мм. Такое пожелание вызвано тем, что в большей степени дощечки деформируются поперек волокон, и увеличение ширины может провоцировать коробление паркетного покрытия. Важнейшим показателем древесины является твердость, которая зависит от породы, от региона произрастания, условий роста и влажности дерева, класса прочности, плотности, коэффициента тангенциально-радиальной усадки и других факторов [1].

Т а б л и ц а 1
Показатели твердости и плотности
различных пород

Порода	Твердость по Бринеллю	Средняя плотность, кг/м ³
Сосна	1,6	500
Береза	2,1–3,6	630
Бук	3,8	650
Дуб	3,7–3,9	700

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что показатели твердости и плотности березы близки к показателям бука и намного больше, чем показатели древесины сосны. Это свидетельствует о том, что пол из древесины березы будет более устойчив к продавливаниям и другим механическим повреждениям по сравнению с полом из древесины сосны.

Паркетная доска

Под этим напольным покрытием сегодня понимают трехслойный материал, изготовленный из различных сортов древесины. Волокна каждого слоя перпендикулярны волокнам, расположенным в соседнем слое, что позволяет минимизировать деформацию. Верхний, рабочий слой (толщина от двух до 6 мм) делается в основном из ценных пород дерева.

Его формируют из тонких древесных пластин, которые подбираются вручную, с учетом сортности (распила) и цвета. Средний слой – это еловые или сосновые бруски, уложенные таким образом, чтобы их волокна были направлены перпендикулярно оси паркета. Его толщина должна позволять выполнить качественный и надежный шип-паз. Нижний, стабилизирующий слой изготавливается из фанеры. Все элементы паркетной доски склеиваются с помощью специального водостойкого клея.

Паркетная доска может иметь толщину от 8,5 до 22 мм, однако наибольшим спросом пользуется материал толщиной 14 и 15 мм (толщина рабочего слоя 3,6 мм). Ширина досок, как правило, составляет 150 или 180 мм, 200 мм. Вместе с тем, на рынке есть покрытия и с другой геометрией, скажем, 139 мм, 188 мм. Также различают трех-, двух- и однополосные доски, то есть по ширине на доске может размещаться до трех пластин. При

одинаковых породе и сортности древесины первый вариант наиболее доступен по цене. Кроме того, одно- и двухполосная паркетная доска обычно не хранится на складе и продается только на заказ.

Паркетная доска поставляется полностью готовой к использованию – после укладки ее не нужно шлифовать и покрывать лаком (при производстве на рабочий слой наносятся пять слоев износостойкого лака или масла). Во время первого ремонта с доски будет удалено защитное лаковое покрытие и только через несколько лет – древесина. Это, кстати, позволяет шлифовать материал с рабочим слоем толщиной 3,6 мм несколько раз. Таким образом, паркетная доска способна прослужить 20 лет и более.

В помещении площадью менее 250 м² материал укладывается «плавающим» способом, то есть доски не приклеиваются к основанию. На твердой, выровненной, сухой и чистой стяжке располагают гидроизоляционную пленку – рулоны раскатывают внахлест, частично заводя их на стены. Стыки закрепляют с помощью скотча. Затем укладывают подложку (вспененный полиэтилен, например, или пробку), которая компенсирует мелкие погрешности основания и обеспечивает звукопоглощение. При заметных неровностях стяжки подложку располагают на слое фанеры. Завершив подготовительные работы, приступают к укладке паркетных досок. Если применяется материал с традиционным пазо-гребневым соединением, доски склеивают между собой. Используемый клей служит и как герметик, не позволяя влаге проникать под покрытие.

Типоразмеры паркетных досок варьируются в зависимости от производителя. Базовой продукцией считается материал длиной 2,4 м, 2,5 или 2,6 м. Кроме того, выпускаются наборные элементы длиной 1,5–1,6 м. Кстати, такие укороченные доски довольно популярны в Европе, поэтому нередко используются в качестве основного материала.

Чтобы придать полу художественную выразительность, паркетную доску настилают, чередуя темные и светлые планки. При этом используют «палубную» укладку, как параллельно стенам по направлению естественного освещения, так и по диагонали

комнаты. Правда, в последнем случае доля отходов может составлять до 25 % от общего объема материала.

Срок службы

Для напольных покрытий, испытывающих заметные механические и климатические нагрузки, важным показателем является срок службы, который зависит и от типа конечной отделки деревянного покрытия. Пол, покрытый восковой мастикой или маслом, нуждается в более тщательном и частом уходе, но, поскольку его не нужно циклевать или шлифовать в процессе эксплуатации, он практически вечен. Паркет под лаковым покрытием нуждается в периодической замене лакового слоя. Раз в 5–8 лет его необходимо на 0,2–0,4 мм покрывать лаком заново. При толщине рабочей поверхности до ребра 7 мм это обеспечивает возможность 10–15-кратной шлифовки и соответствует сроку службы в 70–90 лет. Столько же или дольше служит доска из массива. Кроме того, по европейским требованиям на истирание должен работать не древесный слой, а слой лака, поэтому, предъявляя требования к сроку службы паркета, необходимо учитывать срок службы лакового покрытия.

При производстве и укладке покрытий пола из натуральной древесины играют немаловажную роль следующие аспекты:

- величина зазора между планками при укладке;
- влажность, удовлетворяющая месту эксплуатации;
- увеличение полезного выхода готовой продукции;
- точная укладка паркета;
- быстрая окупаемость производства паркета.

Используя современное оборудование при производстве покрытий пола из натуральной древесины, производитель может поставлять на экономический рынок товар, соответствующий всем европейским требованиям и нормам.

При обработке заготовки на современном европейском оборудовании точность ее базирования составляет 0,02 мм. Новые технологии позволяют изготавливать паркетные

планки с высочайшей точностью: погрешности составляют доли миллиметров, а шероховатости не превышают 125 мкм. Такие детали идеально стыкуются друг с другом, образуя пол, требующий лишь минимальной шлифовки перед нанесением лака.

Так как древесина – гигроскопичный материал, при выдержке ее на воздухе до определенного состояния влажность становится равновесной.

При изменении влажности окружающего воздуха влажность древесины начинает также изменяться, но существует такой диапазон, при котором изменение формы древесины, т.е. усушки или разбухания, не происходит. Такой диапазон называется гистерезисом. Для образцов толщиной более 15 мм и длиной более 100 мм он достигает постоянной величины, равной в среднем 2,5 % влажности.

Среднюю (при сорбции и десорбции) устойчивую влажность называют равновесной W_p , на практике ее определяют по диаграммам, построенным экспериментально.

Древесина может достигать устойчивого влажностного состояния либо поглощая водяной пар из воздуха (сорбция), либо выделяя его в воздух (десорбция). Эти процессы не вполне обратимы (рис. 2, а, кривые 1 и 2). В одинаковых условиях устойчивая влажность при сорбции $W_{у.с.}$ меньше, чем при десорбции $W_{у.д.}$. Разность между ними $\Delta W = W_{у.д.} - W_{у.с.}$ является показателем гистерезиса сорбции [2].

Предел гигроскопичности древесины $W_{п.г.}$, при котором она поглотила путем сорбции максимально возможное количество связанной воды, но не содержит свободной, наблюдается при выдержке на воздухе, состояние которого близко к насыщенному ($\varphi = 0,995$). Это состояние характеризуется при температуре 15–20 °С средней влажностью около 30 %, как и предел насыщения клеточных стенок. Однако в отличие от предела насыщения, который не зависит от температуры, величина $W_{п.г.}$ с ростом температуры понижается. При 100 °С она составляет, например, 19–20 %.

Устойчивая влажность древесины определяется только состоянием (t и φ) воздуха (рис. 2 б).

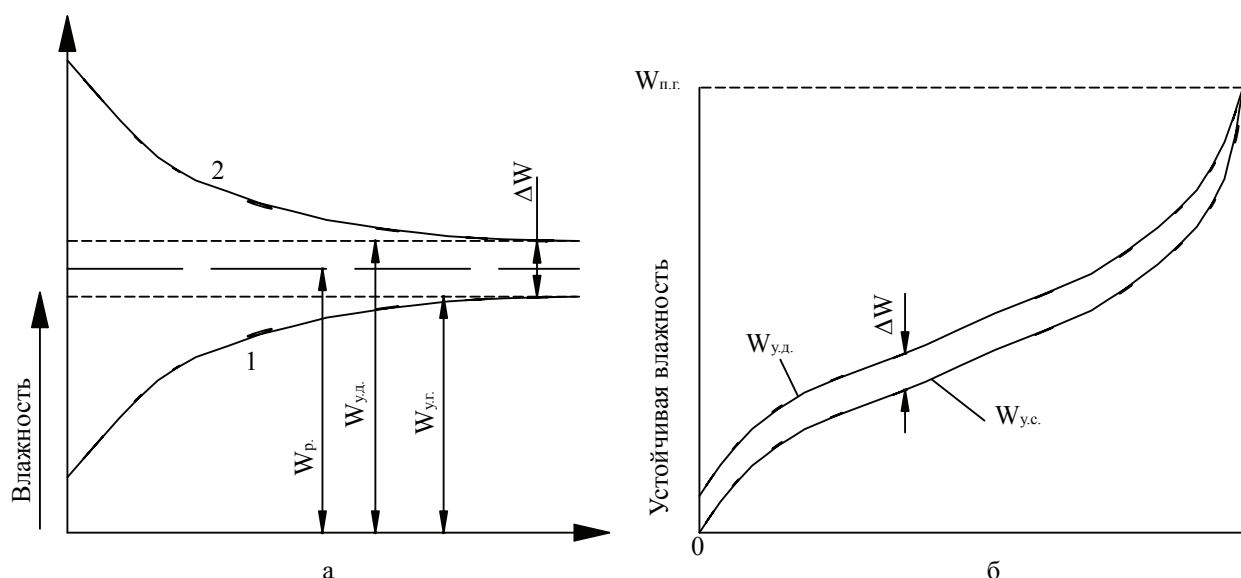


Рис. 2. Кривые сорбции и десорбции во времени (а) и зависимость устойчивой влажности от степени насыщенности (б).

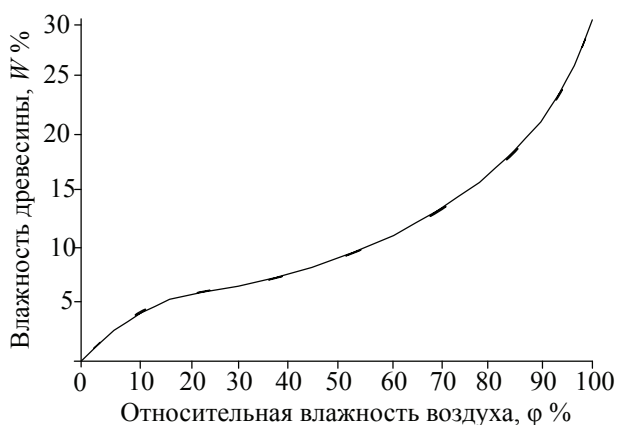


Рис. 3. Изотерма сорбции древесины при комнатной температуре

Т а б л и ц а 2

**Коэффициенты разбухания
древесины березы**

Порода	Коэффициент разбухания %/ % влажности		
	По объ-ему	По радиально-му направлению	По тангенциальному направлению
Береза	0,64	0,28	0,34

Устойчивая влажность при сорбции или десорбции для конкретных образцов и сортиментов устанавливается по диаграмме равновесной влажности с учетом показателя гистерезиса. Для древесины камерной сушки, имеющей несколько пониженную гигроскопичность, нужно пользоваться приближенными выражениями

$$W_{уд.} = W_p; W_{у.с.} = W_p - \Delta W,$$

или для сортиментов промышленного размера

$$W_{уд.} = W_p; W_{у.с.} = W_p - 2,5.$$

Таким образом, на основе полученных данных можно построить изотерму сорбции при комнатной температуре.

Из данного графика и вышеприведенных выкладок можно сделать вывод, что при сушке древесных заготовок для покрытий пола до равновесной влажности 6 % мы имеем возможность эксплуатировать при влажности воздуха от 20 до 50 %, без изменения размеров паркетной планки. Высушивая древесные заготовки до более высокой равновесной влажности, получаем возможность эксплуатировать паркет при более высокой атмосферной влажности.

В случае увеличения влажности, преувеличивающей гистерезис сорбции, происходит разбухание паркетной планки.

Величина разбухания также зависит от того, какие древесные заготовки должны получить: радиальные, тангенциальные или смешанные. В тангенциальном направлении разбухание примерно в 1,5–2 раза выше, чем в радиальном. Для березы коэффициент разбухания приведен в табл. 2 [1].

Таким образом, используя приведенные данные как пример, можно рассчитать увеличение размеров паркетной планки шириной 50 мм, высушенной до равновесной

влажности 6 %. Если влажность атмосферного воздуха повысится к примеру до 80 %, то, как это видно из графика, равновесная влажность паркетной планки повысится до 17 %. Разбухание паркетной планки начнется при влажности 8,5 %, значит разбухание заготовки составит:

- по всему объему 5,44 % объем заготовки увеличится на 2,72 мм³;
- в радиальном направлении 2,38 % заготовка увеличится на 1,19 мм (по ширине);
- в тангенциальном направлении 2,89 % заготовка увеличится на 1,45 мм (по ширине).

При укладке паркета на жесткое клеевое соединение при разбухании он останется неподвижным, в местах стыка паркетных планок будет происходить небольшое сжатие древесины. Как показали исследования, при данных показателях выдавливание планки происходить не будет и местоположение ее не изменится. Данные показатели помогают нам обеспечить минимальный зазор между паркетными планками, который по статистическим данным, полученным в результате визуальной оценки, не должен превышать 0,1 мм.

Необходимо учитывать влияние величины отклонения от заданных размеров при производстве паркетных планок.

Геометрическая точность размеров паркетных планок и шпунтового соединения определит, насколько качественным и «моноклассным» будет пол, понадобится ли его циклевка после укладки, значительно сокращающая жизненный цикл паркета. Точность геометрии паркета зависит от состояния и вида технологического оборудования паркетной линии производителя и определяется соответствующими нормативами. Европейские нормы (DIN 280) строго регламентируют изготовление паркета с допусками $\pm 0,1$ мм по ширине, длине и толщине планки, отечественные требования (ГОСТ 862.1–85) несколько либеральнее, допускают отклонения по ширине и толщине планки на 0,2 мм, а по длине – 0,3 мм.

С целью оптимизации экономического и объемного выхода заготовок необходимо учитывать спрос на ту или иную категорию паркета. Выход паркетной доски зависит от

качества пиломатериалов и изменяется в широком диапазоне. В среднем выход паркета смешанной распиловки составляет 25 %, выход паркета радиальной распиловки составляет 13 %. На выход конечной продукции влияет желаемое качество паркетной доски. В соответствии с ГОСТ 862.1–85 здоровые сросшиеся сучки являются пороком, но вместе с тем они не оказывают существенного влияния на физические свойства паркетной планки, а зачастую сучки имеют даже эстетическое преимущество. Такой вид паркета имеет не меньший спрос на рынке паркетной продукции. Выпуск паркетной доски со здоровыми сучками был выделен в отдельную категорию, имеющую эстетические преимущества, что способствовало повышению рентабельности производства.

Из вышесказанного следует сделать вывод о том, что дальнейшие исследования силовых напряжений сжатия между соседними заготовками пола во время усушки при изменении влажности окружающей среды сформируют более ясную картину конечной влажности заготовок после сушки, помогут установить оптимальный зазор между заготовками и более оптимально подобрать клеевую подложку или использовать другие варианты укладки напольных покрытий.

Библиографический список

1. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для лесотехнических вузов. Изд. 3-е переработанное и доп. / Б.Н. Уголев. – М.: МГУЛ, 2002. – 340 с.
2. Серговский, П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебник для вузов. 5-е изд., стер. / П.С. Серговский, А.И. Расев. – М.: МГУЛ, 2003. – 360 с.
3. Гарин, В.А. История мебели древнего мира и Западной Европы: учеб. пособие для вузов / В.А. Гарин, Е.М. Разиньков, А.Н. Чернышев. – СПб.: Ноосфера СПб, 2006. – 152 с.
4. John R. Barnett and George Jeronimidis, Wood Quality and biological Basis, 2003 – 226
5. Mottonen Veikko. Variation of colour and selected physical and mechanical properties related to artificial drying of sawn silver birch (*Betula pendula* Roth) timber from plantations, Editorial Office: The Finnish Society of Forest Science, 2005, 249.
6. Nordic timber. Grading rules for pine and spruce sawn timber. Published by Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys (STMY), Finland, 1997

О НОРМИРОВАНИИ И КОНТРОЛЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Д.В. ТУЛУЗАКОВ, *проф., проректор МГУЛ, канд. техн. наук,*
Ю.Г. ЛАПШИН, *каф. сопротивления материалов МГУЛ, д-р техн. наук,*
М.Н. СВИРИДЕНКО, *доц. каф. высшей математики МГУЛ, канд. физ.-мат. наук,*
А.С. АРХИПОВ, *асп. каф. сопротивления материалов МГУЛ*

Прочность является одной из важнейших характеристик древесно-стружечных плит, определяющих их использование в качестве конструкционного материала в мебели. Поскольку древесно-стружечные плиты являются конструкционным материалом, свойства которого формируются в технологическом процессе их изготовления, то вопросы, связанные с нормированием и контролем прочности, являются весьма существенными для производителей и потребителей этой продукции.

Работы, связанные с нормированием прочности, проводили в 80-х годах [1, 2], однако при этом использовали допущения, связанные с возможностями существующих тогда вычислительных программ. В настоящее время вычислительные возможности существенно увеличились и целесообразно заново провести анализ напряженно-деформированного состояния наиболее нагруженных конструкций корпусной мебели из древесно-стружечных плит. В модели, аналогичной [2], учтено, что плиты соединяются на угловых стяжках. Расчетная схема представлена на рис. 1.

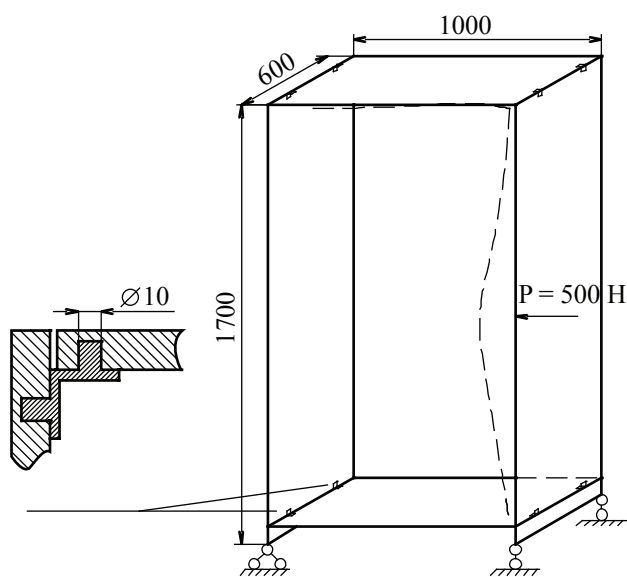


Рис. 1. Расчетная схема

Исходные данные: шкаф размерами 1700 × 1000 × 600 (рис. 1) с толщиной стенок 16 мм. Модуль упругости стенок шкафа $E = 2000$ МПа, а материала стяжки $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона 0,3. Диаметр втулки в стяжках 10 мм. Количество стяжек – восемь, задняя стенка из древесноволокнистой плиты толщиной 3,2 мм с модулем упругости 4000 МПа.

Расчет выполнен методом конечных элементов на базе прикладных программ SolidWorks и CosmosWorks. В результате расчета получены следующие данные: максимальные напряжения от изгиба плит в месте приложения силы равны 7,8 МПа, контактные напряжения в местах контакта стяжки и плиты 18 МПа, напряжения в уголке стяжки 70 МПа.

Как следует из приведенных расчетов, наибольшая величина погонного изгибающего момента $|M|$ равна

$$|M| = (\sigma \cdot h^2) / 6,$$

где σ – напряжение в наиболее напряженной области, МПа;

h – толщина плиты, м;

$$|M| = (7,8 \cdot 10^6 \cdot (1,6 \cdot 10^{-2})^2) / 6 = 34,8 \text{ кН}.$$

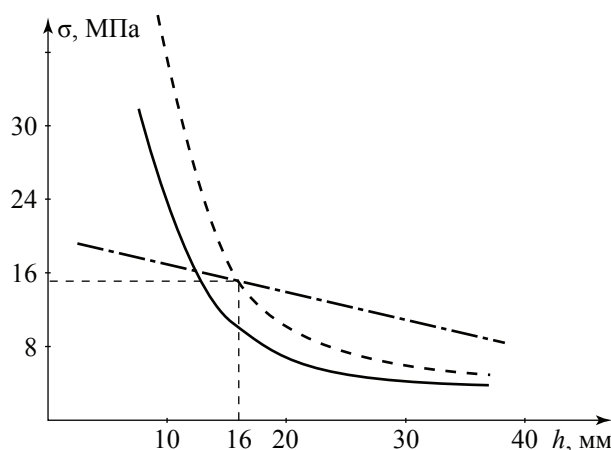


Рис. 2. Зависимость нормативной прочности от толщины плит при постоянной несущей способности при изгибе: — расчетные значения прочности; - - - с учетом запаса прочности $k = 1,5$; - · - · требования Европейского стандарта

Для плит разной толщины с одинаковой несущей способностью зависимость прочности от толщины плиты представлена графиком на рис. 2.

Сравнение расчетных значений прочности плит различной толщины и требований Европейского стандарта для несущих плит, используемых во влажной среде, приведены на графиках рис. 2.

В стандартах [3, 4] при производственном контроле прочности плит за единицу продукции принимается отдельная плита и используется ее усредненные показатели без учета изменения свойств по площади плиты. Однако в действительности прочность является локальным свойством материала и данный подход не дает объективной характеристики для оценки прочности мебельных деталей, используемых в качестве несущих элементов в конструкциях корпусной мебели. Кроме того, при обработке результатов испытаний усредняются показатели образцов, выпиленных вдоль и поперек плиты, а поскольку в этих направлениях наблюдается анизотропия, то, по существу, это приводит к неоднородности выборки и некорректному применению статических методов. Установленное количество плит для испытаний и объем испытаний приводят к значительным потерям продукции и трудозатратам.

Правила приемо-сдаточных испытаний жестко регламентированы и не учитывают возможности различных взаимоотношений между поставщиком и потребителем в новых экономических условиях. Поэтому представляется целесообразным проанализировать этот вопрос.

Правила приемки должны соответствовать новым стандартам [8–10]. Стандарт [8] устанавливает общие требования к организации статического приемочного контроля качества продукции (СПК), проводимого в целях подтверждения или опровержения верности информации поставщика о соответствии качества контролируемых совокупностей продукции (в том числе жидкостей, сыпучих веществ, материалов и т.п.) установленным требованиям. Стандарт рассматривает процедуры контроля поставщика, потребителя, третьей стороны как единую систему. Эта

система устанавливает максимально широкие права каждой из сторон, защищая при этом другие стороны от ошибочных решений. Система согласованных правил и схем контроля поставщика, потребителя и третьей стороны, определяемая стандартом [8], представляет собой совокупность порядка и правил назначения и согласования между заинтересованными сторонами исходных требований и выбора на их основе конкретных планов и схем контроля. При этом каждая сторона может выбирать планы и схемы контроля без согласования с другими сторонами и использовать различные планы и схемы контроля, исходя из своих индивидуальных целей и возможностей, соблюдая лишь назначенные и (или) согласованные требования. Установленные в стандарте [8] порядок и правила назначения и согласования исходных требований обеспечивают воспроизводимость решений, принимаемых различными сторонами по результатам контроля продукции неизменного качества. В частности, если по результатам контроля поставщика принято положительное решение, то маловероятно получить отрицательное решение при контроле потребителя или третьей стороны. В этом смысле планы и схемы контроля, выбираемые в соответствии со стандартом, являются согласованными.

Стандарт [9] устанавливает правила проведения СПК по количественному признаку и критерии принятия решений о соответствии или несоответствии партий продукции установленным требованиям. Условием применения настоящего стандарта является устойчивость производственного процесса изготовления продукции, а также согласование сторонами (поставщиком и потребителем) вида вероятностного распределения значений по каждому контролируемому показателю качества продукции. Требования к качеству партий продукции должны быть заданы в виде нормативного уровня несоответствий NQL, т. е. граничного значения уровня несоответствий в партии. При контроле поставщика должно быть обеспечено заданное нормативное значение риска потребителя β_0 , т. е. граничное значение вероятности принятия по результатам контроля поставщика решения о соответствии для совокупности продукции,

не соответствующей требованиям. Значение β_0 устанавливает потребитель в зависимости от степени доверия.

Стандарт [10] применяется, когда производство стабильно и значения показателя качества изделий распределены по признаваемому обеими сторонами нормальному закону распределения; при этом стандартное отклонение σ известно и согласовано сторонами. Рассмотрим случай требования $y \geq a$. Исходными данными для установления процедуры контроля поставщика являются β_0 , NQL, a , σ , n .

Измеряемая величина y имеет нормальное распределение с параметрами (μ, σ) , причем σ известно. Построим односторонний доверительный интервал для параметра μ с уровнем доверия $\gamma_0 = 1 - \beta_0$.

Известно, что случайная величина

$$\frac{\bar{y} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

имеет стандартное нормальное распределение. Пусть $\Phi(x)$ – функция распределения стандартного нормального закона и $z_{1-\beta_0}$ – квантиль уровня $1 - \beta_0$, т.е. $\Phi(z_{1-\beta_0}) = 1 - \beta_0$ тогда

$$P\left(\frac{\bar{y} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \leq z_{1-\beta_0}\right) = 1 - \beta_0.$$

Отсюда

$$P\left(\mu > \bar{y} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\beta_0}\right) = 1 - \beta_0,$$

$$\underline{\mu} = \bar{y} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\beta_0} \text{ и } P(\mu > \underline{\mu}) = 1 - \beta_0.$$

Теперь оценим вероятность того, что $y < a$. Имеем

$$P(y < a) = P\left(\frac{y - \mu}{\sigma} < \frac{a - \mu}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{a - \mu}{\sigma}\right) \leq \Phi\left(\frac{a - \underline{\mu}}{\sigma}\right).$$

Из условия $P(y < a) < \text{NQL}$ получаем условие

$$\frac{a - \underline{\mu}}{\sigma} < Z_{\text{NQL}}, \text{ т.е.}$$

$$\frac{a - y}{\sigma} + \frac{1}{\sqrt{n}} z_{1-\beta_0} \leq Z_{\text{NQL}}, \text{ или}$$

$$\frac{a - y}{\sigma} > \frac{1}{\sqrt{n}} z_{1-\beta_0} - Z_{\text{NQL}},$$

Итак, $P(y < a) < \text{NQL}$, если

$$\frac{\bar{y} - a}{\sigma} > K_1,$$

где
$$K_1 = \frac{1}{\sqrt{n}} z_{1-\beta_0} - Z_{\text{NQL}} = \frac{1}{\sqrt{n}} z_{1-\beta_0} + Z_{1-\text{NQL}}.$$

Значения $K_1 = K_1(\beta_0, \text{NQL}, n)$ можно определить по таблицам 4–8 (ГОСТ [10]).

Данный стандарт приводит рекомендации по установлению объема выборки для обеспечения при СПК поставщика вероятности приемки партии не менее 0,95 (приложение А):

а) оценивают предполагаемое среднее значение показателя качества μ ;

б) определяют запас качества

$$g = (\mu - a) / \sigma;$$

в) по таблицам А2 – А6 для заданного NQL находят строку со значением $g_0 \leq g$;

г) в левом столбце таблицы определяют минимальный объем выборки n , обеспечивающий для данного запаса качества g вероятность приемки партии не менее 0,95.

В результате обработки данных четырех рабочих смен АО «Сергиево-Посадского экспериментального завода ДСтП» получены значения

$$\bar{y}_{cp} = (18,86 + 17,88 + 18,25 + 16,41) / 4 = 17,85$$

$$\sigma_{cp} = (2,63 + 2,59 + 2,34 + 2,44) / 4 = 2,50.$$

Положим $a = 10$, NQL = 1 %, то предполагаемый запас качества равен

$$(18,75 - 10) / 2,5 = 3,14.$$

По таблицам А2 – А6 находим, что при любом β_0 достаточно 13 образцов.

Таким образом, получим объективную характеристику прочности в партии древесно-стружечных изделий по сравнению с [3, 4] при значительном сокращении объема испытаний.

Проанализируем полученные результаты:

1. Как видно из приведенных данных (рис. 2), рациональными значениями для плит крупногабаритной корпусной мебели являются плиты толщиной 16 мм со значением изгибной прочности порядка 15 МПа, а прочностные характеристики толстых плит (до 40 мм) могут быть снижены, что позволит снизить расход связующего и содержание формальдегида.

2. Для достоверного определения изгибной прочности плит в партии достаточно 13 образцов, таким образом, целесообразно из партии отбирать 3–4 плиты, из которых

выпиливать пять образцов по ширине плиты. По таблицам 4–8 [10] $K_1=1,25$ для $n = 1,5$, $B_0 = 0,25$. Партия принимается, если $(\bar{y} - 10) / 2,50 \geq 2,51$, где $\bar{y} \geq 162,8$.

Таким образом, можно существенно сократить расход материала и трудозатраты при проведении технического контроля физико-механических показателей качества древесно-стружечных плит.

Библиографический список

1. Поташев, О.Е. Древесно-стружечные плиты в конструкциях мебели / О.Е. Поташев, Ю.Г. Лапшин, А.Ф. Абельсон. – М.: Лесная пром-сть, 1978. – 85 с.
2. Поташев, О.Е. Механика древесных плит / О.Е. Поташев, Ю.Г. Лапшин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 112 с.
3. JCS 79.0602.0 «Древесно-стружечные плиты. Требования». Немецкое издание EN 312. – 2003.
4. ГОСТ 10632-89. Плиты древесно-стружечные. Технические условия.
5. ГОСТ 10633-78. Плиты древесно-стружечные. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний.
6. ГОСТ 10635-88. Плиты древесно-стружечные. Методы определения предела прочности и модуля упругости при изгибе.
7. ГОСТ 18321-73. Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции.
8. ГОСТ Р 50779.30-95. Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования.
9. ГОСТ Р 50779.50-95. Статистические методы. Приемочный контроль качества по количественному признаку. Общие требования.
10. ГОСТ Р 50779.53-98. Статистические методы. Приемочный контроль качества по количественному признаку для нормального распределения. Ч. 1. Стандартное отклонение известно.

К ВОПРОСУ О НАСТРОЙКЕ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

М.И. ВАСИЛЬЕВ, доц. каф. сопротивления материалов МГУЛ, канд. техн. наук

Исследованиями, проведенными учеными в разное время в области музыкальных инструментов [1], установлено, что их спектры дискретны. С учетом этого обстоятельства спектр, связывающий резонансные частоты, может быть представлен в виде системы линейных уравнений

$$\alpha \cdot \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^9 \sum_{n=1}^{108} q_{ij}^{n-1} \cdot X_j = b_i^{(n)}, \quad (1)$$

где α – нижняя частота основного тона музыкального звукоряда [с⁻¹];

q_{ij}^{n-1} – член геометрической прогрессии, $q = 1,05946$; $n = 1,2,3 \dots 108$; $i = 1,2,3 \dots 12$; $j = 1,2,3 \dots 9$;

X_j – верхняя гармоника спектра, $j = 1,2,3 \dots 9$; $X_j = 1,2,3 \dots f_k, f_k$ – число из ряда Фибоначчи, определяемое рекуррентными соотношениями $f_0 = f_1 = 1$; $f_k = f_{k-1} + f_{k-2}$.

В нашем случае имеем $f_{k-1} = f_k - f_{k-2}$. b_i – суммарный спектр резонансных частот музыкального звука по всем октавам. Следует отметить, что отношение b_{i+1} к b_i равно 1,05946, то есть соответствует коэффициенту температуры равномерно темперированного строя. Анализ спектров, построенных в со-

ответствии с уравнением (1), показывает, что при известных $X_j = 1,2,3 \dots f_k$ в левой части системы уравнений матрица дает частоты для каждой составляющей по всей части резонансного спектра.

Спектры музыкальных инструментов, имеющих различные диапазоны звучания, также можно строить с использованием формулы (1). Для этого необходимо знать диапазон звучания инструмента, создаваемого активным вибратором (голосовой язычок, струна, дека и т.д.).

Существующие конструкции музыкальных инструментов имеют следующие диапазоны звучания:

1. Клавишные (рояли, пианино) от Ля субконтроктавы до До пятой октавы.

2. Щипковые, например арфа от Ре-бемоль контроктавы до Соль-диез четвертой октавы.

3. Смычковые (контрабас, виолончель, альт, скрипка) охватывают диапазон от Ми контроктавы до Ми второй октавы.

4. Язычковые (орган, баян, аккордеон) от До субконтроктавы до Ля четвертой октавы.

Частоты гармоник

Нота	Октава, кол-во гармоник								
	Субконтроктава 89	Контроктава 55	Большая октава 34	Малая октава 21	1-я октава 13	2-я октава 8	3-я октава 5	4-я октава 3	5-я октава 2
До	1455,15	1798,5	2223,6	2746,8	3400,8	4185,5	5232	6278,4	8371,2
До-диез	1541,48	1905,2	2355,52	2909,76	3602,56	4433,92	5542,4	6650,88	8867,84
Ре	1633,15	2018,5	2495,6	3082,8	3816,8	4697,6	5872	7046,4	9395,2
Ре-диез	1730,16	2138,95	2644,52	3266,76	4044,56	4977,92	6222,4	7466,88	9955,84
Ми	1833,4	2266	2801,6	3460,8	4284,8	5273,6	6592	7910,4	10547,2
Фа	1941,98	2400,75	2968,2	3666,6	4539,6	5587,2	6984	8380,8	11175,2
Фа-диез	2057,68	2543,2	3144,32	3884,16	4808,96	5918,72	7398,4	8878,08	11837,44
Соль	2179,61	2694,45	3331,32	4115,16	5094,96	6270,72	7838,4	9406,08	12541,44
Соль-диез	2310,14	2855,05	3529,88	4360,44	5398,64	6644,48	8305,6	9966,72	13288,96
Ля	2447,5	3025	3740	4620	5720	7040	8800	10560	14080
Ля-диез	2592,57	3204,85	3962,36	4894,68	6060,08	7458,56	9323,2	11187,84	14917,12
Си	2746,54	3395,15	4197,64	5185,32	6419,92	7901,44	9876,8	11852,16	15802,88

Следовательно, расширенная матрица левой части системы уравнений может быть составлена для диапазона звучания от До субконтроктавы до Си пятой октавы. Например, при $\alpha = 16,35 \text{ с}^{-1}$ [2], количестве гармоник в спектре активного вибратора в субконтроктаве равном 89, частоты верхних гармоник соответствуют приведенным в таблице.

Гармонический состав звука по октавам любого музыкального инструмента может быть установлен современными способами анализа спектра, например [3]. Естественно, что спектры музыкальных инструментов различны, зависят от способа звукоизвлечения, их конструкции, свойств материалов, эргономики, и также могут быть представлены в матричной форме. Взаимосвязь между матрицами спектров и спектрами матрицы осуществляется с помощью рядов Фибоначчи, то есть по принципу золотого сечения в звуке [4].

Представление спектров музыкальных инструментов в матричной форме объясняет их настройку по квинто-октавному и квинто-квартовому кругу. Так, например, в квинте Ля контроктавы с 55 гармониками в спектре и Ми большой октавы с 34 гармониками в спектре насчитывается 17 кратных биений между (3,2); (6,4); (9,6); (12,8); (15,10); (18,12); (21,14); (24,16); (27,18); (30,20); (33,22); (36,24); (39,26); (42,28); (45,30); (48,32); (51,34) гармониками. Причем, количество биений между 51 и 34 гармониками составляет $3,74 \text{ с}^{-1}$, то есть данная

частота может быть услышана человеческим ухом, так как оно не воспринимает разность частот $0,1 \text{ с}^{-1}$ [5]. Соотношения в квинте Ми контроктавы с 55 гармониками в спектре и Ля контроктавы с 55 гармониками насчитывает 13 кратных биений между (3,4); (6,8); (9,12); (12,16); (15,20); (18,24); (21,28); (24,32); (27,36); (30,40); (33,44); (36,48); (39,52) гармониками. Количество биений между 39 и 52 гармониками составляет $2,6 \text{ с}^{-1}$, что соответствует соотношению биений в квинте Ля контроктавы – Ми большой октавы между 36 и 24 гармониками.

Из вышеизложенного следует, что построение спектров музыкальных звуков при помощи выражения (1) обеспечивает соотношения в музыкальных интервалах, применяемых при исполнении музыкальных произведений. С данной позиции можно объяснить согласованность спектра звучания оркестра музыкальных инструментов.

Но наряду с этим важнейшей особенностью при построении спектра музыкального инструмента следует считать влияние высшей гармоники как определяющей, являющейся конечной гармоникой и частотой вынуждающей силы. Последняя, в свою очередь, определяет скорость поперечных колебаний [4] и обеспечивает постоянное звуковое давление, создаваемое активными вибраторами (струна, голосовой язычок, дека и т.д.). Поэтому соотношения $n \cdot B = \text{const}$ [6] для всех акустических элементов дают переход от золотого сечения в

звуче к золотому сечению в геометрии, то есть соотношению их размеров.

В статье предложен способ построения спектров, обеспечивающий настройку музыкальных инструментов в инфразвуковой, звуковой и ультразвуковой области частот звучания. Установлена взаимосвязь принципа золотого сечения в звуке с геометрией акустических элементов. Это позволяет проектировать музыкальные инструменты с заданными акустическими характеристиками с учетом особенностей мастеров – изготовителей музыкальных инструментов.

Библиографический список

1. Римский-Корсаков, А.В. Музыкальные инструменты / А.В. Римский-Корсаков, Н.А. Дьяконов, – М.: РОСГИЗМЕСТПРОМ, 1952. – 335 с.
2. Комаров, Н.А. Изготовление и ремонт щипковых музыкальных инструментов / Н.А. Комаров, С.Н. Федюнин. – М.: Лекпромбытгиздат, 1988. – 272 с.
3. Архипов, А.А. Экспериментальные исследования работы язычков голосовых планок методом голографической интерферометрии / А.А. Архипов, М.И. Васильев, М.А. Мещеряков и др.: сб. науч. тр. – М.: НИКТИМП, 1990. – С. 185–201.
4. Васильев, М.И. К вопросу о способе построения спектров в музыкальных инструментах / М.И. Васильев, В.В. Тулузаков, Н.А. Комаров и др. Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 1999. – № 4 (9). – С. 67–70.
5. Мальгина, Л.А. Об акустических параметрах голосовых планок / Л.А. Мальгина, В.М. Шульпин: сб. науч. тр. – М.: НИКТИМП, 1988. – С. 139 – 151.
6. Vasiliev M.I. /New reed plates for musical instruments. SCIENCE & TECHNICS. 1993/1. – s. 33

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПИЛЕНИИ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫМ СТАНКОМ

Л.Т. СВИРИДОВ, *проф. проректор по научной работе ВГЛТА, д-р техн. наук,*
 А.И. МАКСИМЕНКОВ, *доц. каф. механизации лесного хозяйства ВГЛТА, канд. техн. наук*

Эффективность лесопользования в России – самая низкая среди развитых стран. Так, если России имеет 25 % мировых запасов древесины, то поступления от экспорта лесной продукции составляют 4,3 млрд долларов, что по стоимости в мировом экспорте леса составляет всего лишь 1,5–3 %. Практически девять десятых нашего экспорта состоит из необработанной древесины. По ней Россия занимает второе место в мире: 21,6 % продаваемого круглого леса на мировом рынке составляют российские деревья. Другие страны, в том числе богатые лесом, добиваются глубокой переработки древесины, тем самым существенно поднимая ее цену, повышая рентабельность своего экспорта.

В соответствии с перечнем критических технологий в Федеральной целевой программе (ФЦП) намечен план реализации приоритетных направлений развития науки, техники и технологий на основе коммерциализации путем консолидации и концентрации ресурсов на перспективных и научно-технологических направлениях с

применением государственно-частного партнерства и стимулирования заказов на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Основной целью программы по национально-технологической базе на 2007–2011 гг. является обеспечение технологического развития на основе создания и внедрения ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий для производства конкурентоспособной наукоемкой продукции.

В настоящее время в лесном комплексе России заготовка древесины ведется в различных регионах страны, включая лесодефицитную лесостепную и степную зоны, не только от главных рубок пользования, но и от рубок ухода и санитарных рубок леса. Заготавливаемая древесина в этих районах тонкомерная, фаутная, т.е. имеющая невысокое качество. В балансе общей заготовки и переработки она занимает 30–40 % от всей перерабатываемой древесины. Вместе с тем, она используется для производства различных столярных и др. изделий (паркет, поло-

вая рейка, вагонка). Одной из энергоемких и наиболее важных технологических операций при переработке древесины является ее распиловка на пиломатериалы.

При распиловке маломерной древесины, которая наиболее часто встречается в малолесной лесостепной и степной зонах России, ее эффективный выход находится в пределах 50–60 %, что обусловлено некачественной древесиной (кривизна, фаутность, сбежистость и т.д.) и большими потерями в опилки 5–10 %. Поэтому в последние годы в лесхозах начали использовать достаточно крупные и дорогостоящие ленточно-пильные станки различных зарубежных фирм и отечественного производства. Первые из них малодоступны для лесхозов по причине их низкой покупательной способности. А станки отечественного производства малоэффективны, так как большинство из них предназначено для больших объемов переработки и, как следствие, имеют высокую энергоемкость технологического процесса пиления древесины, что увеличивает себестоимость выпускаемой пилопродукции.

В связи с вышеизложенным можно констатировать, что в настоящее время в лесном хозяйстве нет достаточно эффективного малогабаритного ленточно-пильного оборудования с небольшой величиной энергозатрат, достаточно высокой производительностью и

соответствующим качеством получаемых пиломатериалов.

С целью обеспечения ресурсосбережения и повышения качества получаемых пиломатериалов на базе Воронежской государственной лесотехнической академии совместно с ООО «РКВ» разработан малогабаритный ленточно-пильный станок (рисунок) для распиловки лесоматериалов применительно к лесохозяйственным предприятиям степной и лесостепной зоны (патенты РФ на полезные модели № 26475, № 32425 и №47800) [1–3].

За основу принят ленточно-пильный станок, в котором приводной и натяжной шкивы расположены горизонтально. Разрабатываемая конструкция МЛС содержит механизм натяжения ленточной пилы пружинно-винтового типа. В отличие от зарубежных аналогов, в которых подача пильного агрегата осуществляется автоматически, не учитывая пороки и включения, твердость которых превышает твердость основной древесины, в разрабатываемой конструкции предлагается подавать пильный механизм на обрабатываемый материал вручную. В новой конструкции рекомендуется отказаться от дорогостоящих гидравлических, пневматических или пневмогидравлических натяжных устройств, а в целях снижения энергозатрат применить один приводной электродвигатель [4].

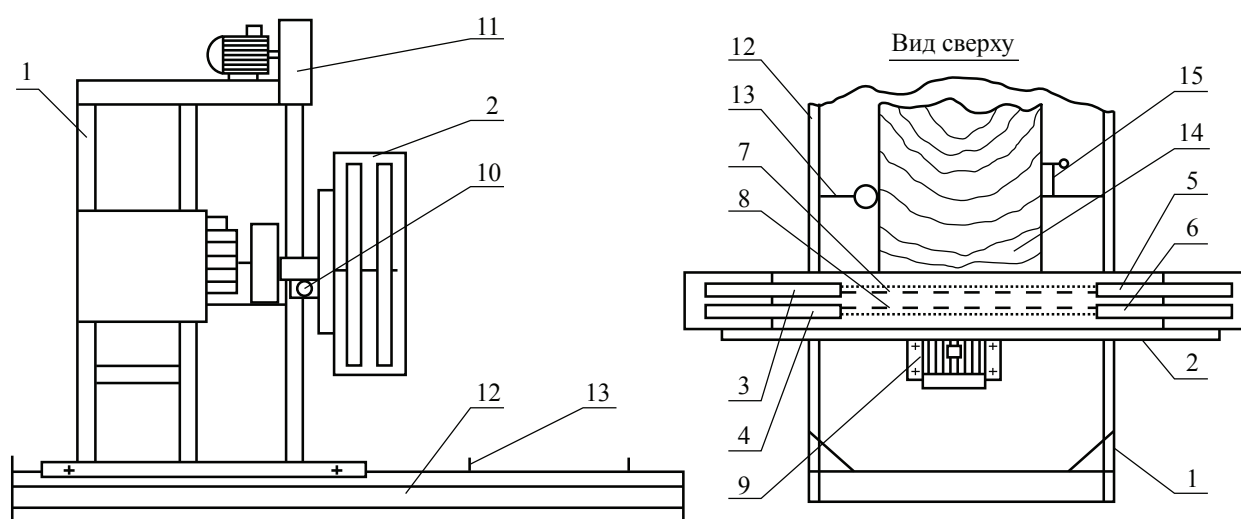


Рисунок. Малогабаритный ленточно-пильный станок: 1 – станина; 2 – пильный узел; 3, 4 – приводные шкивы; 5, 6 – натяжные шкивы; 7, 8 – пильные ленты; 9 – привод; 10 – механизм натяжения; 11 – привод вертикальной регулировки пильного узла; 12 – направляющий путь; 13 – опоры, на которых закрепляют бревно; 14, 15 – зажимы

*Технико-эксплуатационные
показатели станка*

Мощность электродвигателей – 7,5; 0,75 кВт;
Выход делового пиломатериала – до 88 %;
Производительность в смену – до 16 м³;
Наибольший диаметр бревна – 90 см;
Длина бревен – 0,5–6,5 м;
Толщина пропила – 2,1 мм;
Наименьшая толщина доски – 2 мм;
Скорость пиления – 32,0 м/с;
Масса станка без наземных направляющих – 470 кг;
Габариты (Д. Ш. В.) – 1000 × 2200 × 1600 мм;
Длина пилы – 4800–4950 мм;
Ширина пилы – 32–38 мм.

От отечественных и зарубежных аналогов подобного класса станок отличается механизмом резания, который оснащен дополнительным приводным и натяжным шкивами, снабженными пильной лентой, установленной с возможностью осуществления пиления в обратном направлении, упрощенным и надежным узлом натяжения пилы, состоящим из натяжного шкива, соединенного осью с кареткой, перемещаемой вдоль неподвижной направляющей. Соединение между кареткой и направляющей имеет форму ласточкиного хвоста, а натяжная пружина выполнена тарированной для различных скоростей пиления и усилий резания. Узел «ласточкин хвост» и тарированная пружина служат одновременно натяжителем и компенсатором линейного расширения ленточной пилы (патенты на полезную модель № 26475 и № 32425). Высокоскоростной режим пиления ($V_{рез} = 30$ м/с) обеспечивает повышение качества получаемой пиломатериала и уменьшение количества последующих операций (строгание, фугование). Станок не имеет каких-либо сложных электронных схем, затрудняющих ремонт и повышающих его стоимость. Конструкция ходовых колес и малая масса обеспечивают легкое перемещение механизма пиления оператором. Станок полностью адаптирован к российским условиям, имеет простую, достаточно прочную конструкцию, малые габарит-

ные размеры, низкую энергоемкость технологического процесса.

Предлагаемый станок весьма перспективен для широкого использования на малых деревообрабатывающих предприятиях различных форм собственности. Эксплуатация оборудования данного класса позволяет производить индивидуальный раскрой маломерной древесины невысокого качества. Применение новой конструкции малогабаритного ленточно-пильного станка с обоснованными конструктивно-технологическими параметрами позволит обеспечить ресурсосбережение за счет снижения энергозатрат примерно в 2–2,5 раза, увеличение выхода деловой древесины порядка 8 %, что в пересчете на 100 м³ составляет 8 м³ готовой пиломатериала, тем самым обеспечивая экономический эффект в размере 16–20 тыс. руб. и повышение производительности технологического процесса на 5–7 %. Помимо этого, за счет снижения количества дополнительных операций (фугование, строгание) возможно получить экономический эффект в размере 3–5 тыс. руб. со 100 м³ за счет сокращения потерь в отходы на 1,5–3 %.

Библиографический список

1. Патент на полезную модель 26475 РФ, МПК⁷ В 27 В 13/08. Ленточно-пильный станок / Л.Т. Свиридов, А.И. Максименков, С.Н. Черных и др. // Заявитель патентообладатель ВГЛТА. – №2002108407/20; заявл. 04.04.2002; опубл. 10.12.2002, Бюл. №34.
2. Патент на полезную модель 32425 РФ, МПК⁷ В 27 В 15/02. Ленточно-пильный станок / Л.Т. Свиридов, А.И. Максименков, С.Н. Черных и др. // Заявитель патентообладатель ВГЛТА. – №2003103563; заявл. 11.02.2003; опубл. 20.09.2003, Бюл. №26.
3. Патент на полезную модель 47800 РФ, МПК⁷ В 27 В 15/02. Горизонтальный ленточно-пильный станок / Л.Т. Свиридов, А.И. Максименков, С.Н. Черных // Заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – №2003133065; Заяв. 11.11.2003; Опубл. 10.09.2005, Бюл. №25.
4. Свиридов, Л.Т. Ленточно-пильное оборудование для лесоматериалов: моногр. / Л.Т. Свиридов, А.И. Максименков. – Воронеж: ВГЛТА, 2004. – 239 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ АДГЕЗИИ И СМАЧИВАНИЯ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ОСМОЛЕНИЯ КОСТРЫ

С.А. УГРЮМОВ, доц. каф. механической технологии древесины КГТУ, канд. техн. наук,
В.Е. ЦВЕТКОВ, проф. каф. технологии производства древесных плит и пластиков МГУЛ,
д-р техн. наук

При осмолении костры синтетическим связующим сложно достичь его равномерного распределения по наружной поверхности всех частиц. Особенно трудно равномерно распределить клеевые составы, обладающие повышенной концентрацией и вязкостью, например фенолформальдегидные. На лицевых сторонах изготовленной кистроплиты, как правило, наблюдаются участки с повышенным содержанием связующего в виде пятен и участки мало осмоленные. Неравномерность осмоления костры приводит к нестабильности свойств по толщине и формату плиты, что негативно отражается на качестве продукции.

Улучшение процесса осмоления, то есть повышение равномерности распределения относительно небольшого количества связующего по поверхностям частиц наполнителя возможно на основе применения теории адгезии и смачивания [1,2]. Согласно данной теории, клеевые составы, применяемые при осмолении дискретных наполнителей, должны обеспечивать полное смачивание их поверхностей, а также образовывать межфазный контакт между адгезивом и субстратом и межфазное или адсорбционное взаимодействие на границе раздела фаз полимер–наполнитель. А для достижения высокой адгезии необходимо, чтобы поверхностное натяжение жидкости имело высокие значения. Также необходимо, чтобы поверхностная энергия (γ) и поверхностное натяжение (σ) твердого тела были больше

поверхностной энергии и поверхностного натяжения жидкости, соприкасающейся с ним, при этом будет обеспечиваться смачивание адгезивом поверхности субстрата

$$\gamma_{\text{субстрат}} > \gamma_{\text{адгезив}}, \sigma_{\text{субстрат}} > \sigma_{\text{адгезив}}.$$

В экспериментальной части работы для определения поверхностного натяжения фенолформальдегидного связующего на основе смолы СФЖ-3014 применялся метод отрыва кольца, сущность которого состоит в измерении силы, необходимой для отрыва проволочного кольца от поверхности жидкости. Для снижения поверхностного натяжения и, соответственно, для повышения смачивающей способности олигомера, в его состав вводился спирт бутанол-1 в качестве поверхностно-активного вещества. Результаты определения поверхностного натяжения и вязкости исследуемых составов представлены в табл. 1.

Анализ полученных результатов показал, что введение в клеевой состав бутанола способствует снижению его поверхностного натяжения, при этом несколько уменьшается и вязкость, что должно положительно отразиться на процессе осмоления костры льна.

Исследования краевого угла смачивания целлюлозосодержащих субстратов исследуемыми составами проводились на основе методики [3] с использованием окуляра – микрометра, позволяющего измерить размеры капли адгезива, нанесенной на поверхность субстрата.

Т а б л и ц а 1

Поверхностное натяжение исследуемых адгезивов

Исследуемый состав	Вязкость по ВЗ-4, с	Поверхностное натяжение, σ , мДж/м ²
Смола СФЖ-3014	63	73,2
Смола СФЖ-3014 + 0,5 % бутанола	61	57,9
Смола СФЖ-3014 + 1 % бутанола	59	52,7
Смола СФЖ-3014 + 1,5 % бутанола	58	47,8
Смола СФЖ-3014 + 2 % бутанола	57	43,3

Сводные результаты определения косинусов краевых углов смачивания

Адгезив	Косинусы углов смачивания для субстратов				
	береза	сосна	наружный слой костры	внутренний слой костры	среднее значение для костры
СФЖ-3014	0,510	0,561	0,306	0,332	0,319
СФЖ-3014 + 0,5 % бутанола	0,642	0,682	0,440	0,493	0,467
СФЖ-3014 + 1 % бутанола	0,834	0,783	0,519	0,570	0,545
СФЖ-3014 + 1,5 % бутанола	0,977	0,962	0,717	0,766	0,742
СФЖ-3014 + 2 % бутанола	1,0	1,0	0,956	0,987	0,972

Сводные результаты определения краевых углов смачивания

Адгезив	Углы смачивания, град. для субстратов				
	береза	сосна	наружный слой костры	внутренний слой костры	среднее значение для костры
СФЖ-3014	59° 18'	55° 54'	72° 12'	70° 36'	71° 18'
СФЖ-3014 + 0,5 % бутанола	50° 0'	47° 0'	63° 54'	60° 24'	62° 12'
СФЖ-3014 + 1 % бутанола	33° 30'	38° 30'	58° 42'	55° 12'	57° 0'
СФЖ-3014 + 1,5 % бутанола	12° 18'	15° 48'	44° 36'	40° 0'	42° 18'
СФЖ-3014 + 2 % бутанола	0°	0°	17° 0'	9° 12'	11° 24'

Поверхностное натяжение полимеров

Материал	Поверхностное натяжение, МДж/м ²
Фенолформальдегидная смола (среднее значение)	68...79
Смола СФЖ-3014 (фактическое значение)	73,2
Древесина (среднее значение)	44...50
– береза (фактическое значение)	49
– сосна (фактическое значение)	47

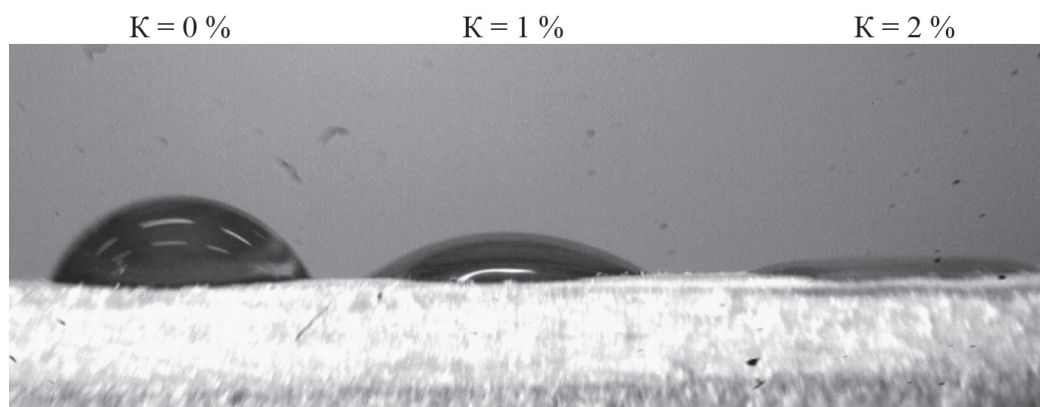


Рис. 1. Вид капель фенолформальдегидного адгезива на поверхности костры (К– количество добавленного модификатора)

Сводные результаты определения косинусов краевых углов смачивания представлены в табл. 2–3. На рис. 1. представлен внешний вид рассматриваемых капель. Практические

вопросы адгезионной прочности в структуре композиционных материалов могут быть решены только с учетом соотношений поверхностных натяжений адгезива и субстрата.

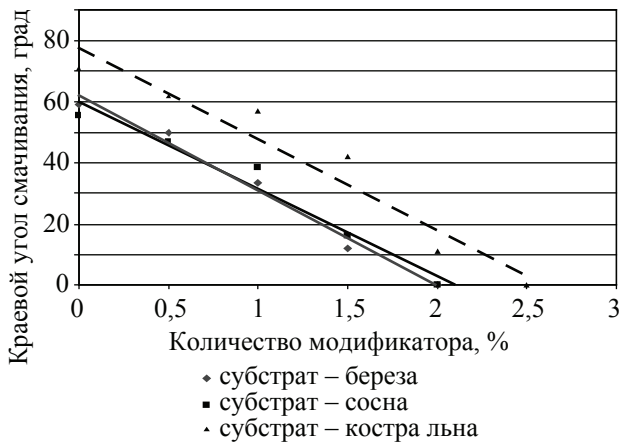


Рис. 2. Влияние количества модификатора (бутанола-1), добавляемого в смолу СФЖ-3014, на краевой угол смачивания адгезивов

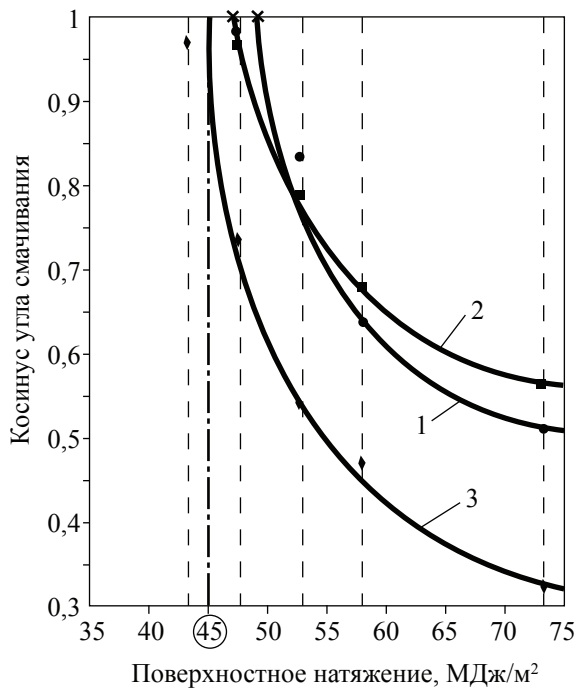


Рис. 3. Зависимость косинуса краевого угла смачивания от поверхностного натяжения фенолформальдегидной смолы СФЖ-3014, модифицированной бутанолом: 1 – субстрат – береза; 2 – субстрат – сосна; 3 – субстрат – костра льна

Поверхностное натяжение различных древесных пород отличается в зависимости от породы, анатомического строения, плотности, пористости и других факторов (табл. 4).

В литературных источниках отсутствуют сведения о величине поверхностного натяжения костры льна, однако определение данного показателя очень важно для прогнозирования адгезионной прочности и эксплуатационных свойств композиционных материалов на ее основе.

Определить поверхностное натяжение костры можно графическим способом на основе оценки взаимосвязи поверхностного натяжения различных адгезивов и косинуса краевого угла смачивания ими поверхности субстрата. Графическая оценка представлена на рис. 3.

Фактическое поверхностное натяжение костры льна определено экстраполированием кривой линии, выражающей зависимость $\cos\Theta = f(\sigma)$ до значения $\cos\Theta = 1$, при котором происходит полное смачивание. Таким образом, поверхностное натяжение костры составило 45 МДж/м². Для достижения полного смачивания и высокой адгезии необходимо, чтобы полимерные составы, применяемые для ее осмоления, имели поверхностное натяжение до 45 МДж/м². Это достигается при модифицировании фенолформальдегидной смолы СФЖ-3014 бутанолом в количестве порядка 2%. Такое модифицирование позволит обеспечить полное смачивание костры при осмолении и обеспечить высокую адгезию.

Библиографический список

1. Зимон, А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. – М.: Химия, 1974. – 416 с.
2. Берлин, А.А. Основы адгезии полимеров / А.А. Берлин, В.Е. Басин. – М.: Химия, 1974. – 392 с.
3. Практикум по коллоидной химии (коллоидная химия латексов и поверхностно-активных веществ) / Под ред. Р.Э. Неймана. – М.: Высшая школа, 1971. – 176 с.
4. Басин, В.Е. Адгезионная прочность / В.Е. Басин. – М.: Химия, 1981. – 208 с.
5. Фрейдин, А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений / А.С. Фрейдин. – 2-изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1981. – 270 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСХОДА ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО И РАСЧЕТНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТРОПЛИТ

С.А. УГРЮМОВ, доц. каф. механической технологии древесины КГТУ, канд. техн. наук

Сырьем для производства костроплит служит костра, образующаяся при первичной обработке льна. Ее использование в плитном производстве имеет большое значение, поскольку при этом экономятся древесные ресурсы и эффективно утилизируются отходы льнопроизводства.

Костроплиты изготавливаются по технологии производства древесно-стружечных плит, при этом одной из важнейших операций в технологическом процессе является осмоление наполнителя, которое производится с целью покрытия всех частиц оптимальным количеством связующего. Сложность осмоления заключается в том, что на относительно большую удельную поверхность частиц костры необходимо равномерно нанести сравнительно небольшое количество клеевого состава, неравномерное распределение которого приводит к снижению физико-механических показателей плит и к повышенному расходу клеевых материалов.

При осмолении величина расхода клея влияет на прочность соединения и самого плитного материала. Если расход меньше технологической нормы, то уменьшается прочность склеивания, так как клея не хватает для покрытия всей поверхности частиц

и создания клеевых мостов требуемой толщины.

При увеличении расхода клеевых материалов не всегда повышается прочность склеивания, иногда она даже снижается, потому что в утолщенном клеевом шве больше вероятность возникновения внутренних напряжений и образования микротрещин вследствие усадки клея при отверждении. Чрезмерный расход клея отражается и на стоимости готовой продукции, так как в плитном производстве стоимость клея составляет порядка 23,5 % общей себестоимости производства [1].

Оптимальная толщина клеевой прослойки, а следовательно, и величина расхода клея зависят от множества факторов – породы и плотности наполнителя, формы и размера частиц, шероховатости их поверхности, вязкости и концентрации клея, плотности укладки частиц в структуре материала, температуры прессования и др.

Нормы расхода связующего при производстве плит на основе древесных частиц широко исследованы и нормированы [1]. При использовании в качестве наполнителя плитного материала костры льна нормы расхода связующего мало изучены.

Т а б л и ц а

План эксперимента с выходными величинами

№ оп.	Управляемые факторы		Выходные величины				
	количество связующего, %	плотность плиты, кг/м ³	предел прочности при изгибе, МПа	предел прочности при отрыве, МПа	разбухание по толщине, %	объемное разбухание, %	водопоглощение, %
1	10	650	14,2	0,27	59,1	60,8	110,2
2	16	650	13,3	0,31	47,2	48,9	83,5
3	10	750	9,7	0,24	80,2	82,6	120,3
4	16	750	11,0	0,26	53,2	54,8	94,2
5	10	700	13,8	0,29	63,5	65,2	125,1
6	16	700	14,0	0,28	44,2	45,7	88,7
7	13	650	14,8	0,30	50,4	52,1	90,6
8	13	750	10,2	0,25	56,1	57,4	93,9

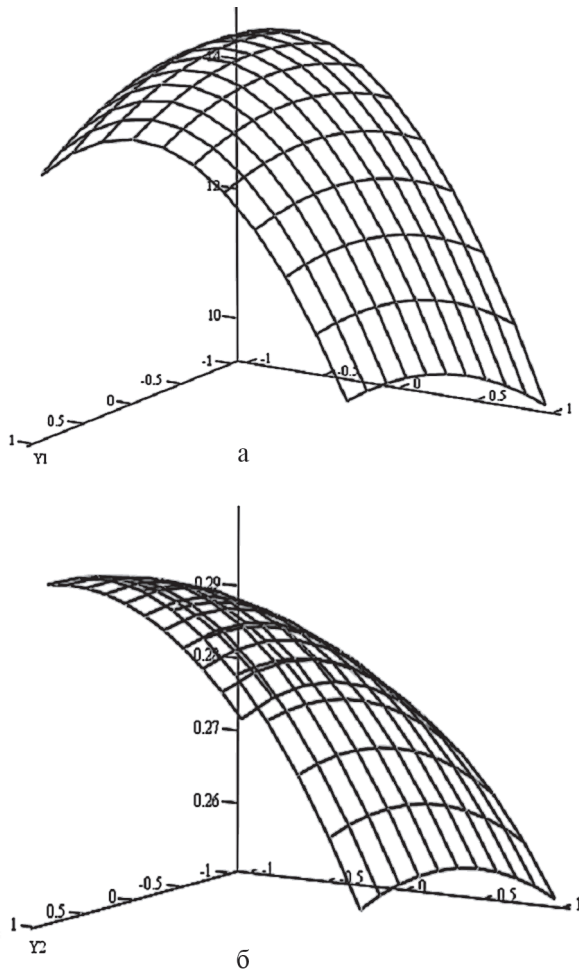


Рис. 1. Зависимость прочностных показателей костроплиты от количества связующего и плотности: а – выходная величина – предел прочности при изгибе, МПа; б – выходная величина – предел прочности при отрыве перпендикулярно пласти, МПа

С целью выявления влияния количества связующего на свойства костроплит и определения рациональной нормы расхода связующего был реализован план второго порядка. При постановке опытов в качестве связующего был использован клей на основе фенолформальдегидной смолы СФЖ-3013, количество которого варьировалось от 10 до 16 % относительно массы абсолютно сухой стружки. Поскольку свойства плитных материалов напрямую зависят от плотности упаковки частиц, в эксперименте кроме расхода связующего варьировалась плотность готовой костроплиты от 650 до 750 кг/м³. Матрица планирования эксперимента с основными выходными величинами представлена в таблице.

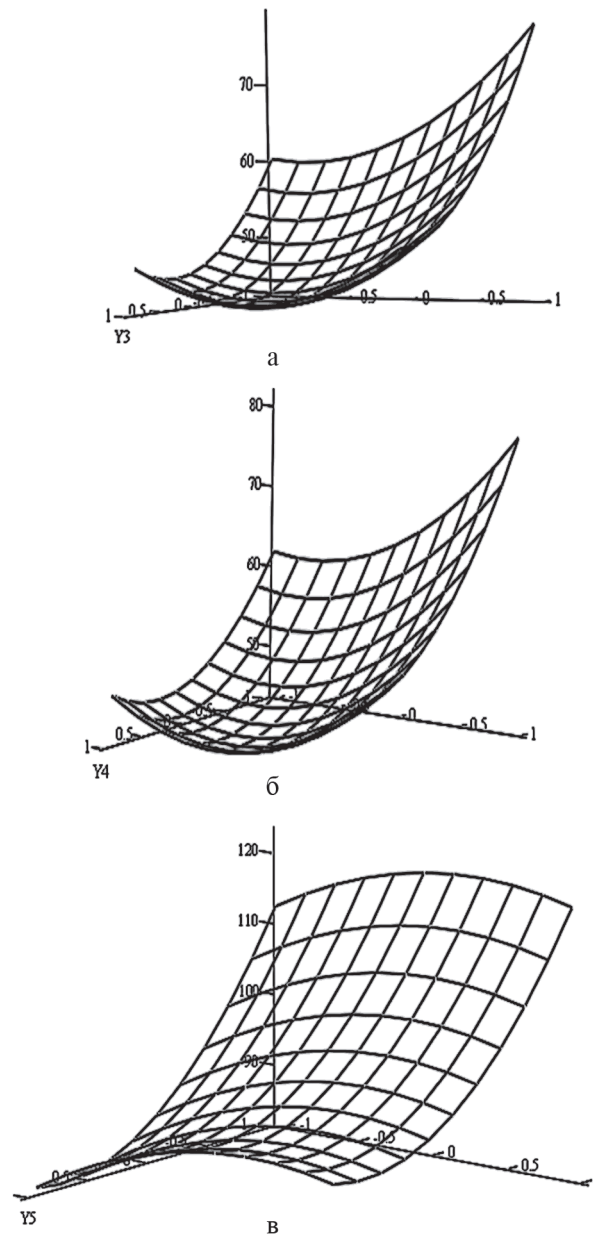


Рис. 2. Зависимость физических показателей костроплиты от количества связующего и плотности: а – выходная величина – разбухание по толщине, %; б – выходная величина – объемное разбухание, %; в – выходная величина – водопоглощение, %

После математической обработки результатов эксперимента в соответствии с рекомендациями [2] получены следующие математические модели в кодированных обозначениях факторов:

для предела прочности плиты при изгибе

$$Y_1(\sigma_{изг}) = 14,4 + 0,1X_1 - 0,45X_1^2 - 1,9X_2 - 1,9X_2^2 + 0,6X_1X_2;$$

для предела прочности плиты при отрыве перпендикулярно пласти

$$Y_1(\sigma_0) = 0,29 + 0,008 X_1 - 0,005 X_1^2 - 0,015 X_2 - 0,015 X_2^2 - 0,005 X_1 X_2;$$

для разбухания плиты по толщине

$$Y_1(P_s) = 47,2 - 9,7 X_1 + 6,7 X_1^2 + 5,5 X_2 + 6,1 X_2^2 - 3,8 X_1 X_2;$$

для объемного разбухания плиты

$$Y_1(P_0) = 48,4 - 9,7 X_1 + 7,0 X_1^2 + 5,5 X_2 + 6,3 X_2^2 - 4,0 X_1 X_2;$$

для водопоглощения плиты:

$$Y_1(\Delta W_{\text{вд}}) = 97,1 - 14,9 X_1 + 9,8 X_1^2 + 4,0 X_2 - 4,9 X_2^2 + 0,2 X_1 X_2.$$

Графические зависимости выходных величин от управляемых факторов представлены на рис. 1, 2.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшее влияние на прочностные показатели костроплиты оказывает ее расчетная плотность.

Как известно, при производстве традиционных древесно-стружечных плит с увеличением плотности материала физико-механические свойства возрастают. Однако по результатам эксперимента наилучшие показатели качества костроплиты достигаются при относительно небольшой ее плотности (порядка 650–700 кг/м³). Вероятно, при слишком плотной упаковке частиц костры происходит их механическая деформация и частичное разрушение с появлением многочисленных микро- и макротрещин, что негативно сказывается на прочностных показателях и отношении к действию воды. Кроме этого, поскольку частицы костры отличаются от древесных меньшими размерами (особенно по толщине), при прессовании происходит их упаковка с меньшим количеством воздушных пустот. В результате этого затрудняется выход парогазовой смеси, выделяющейся при горячем прессовании материала, которая разрушающе действует на образованные клеевые связи.

Производство костроплит с относительно небольшой плотностью положительно сказывается на экономических показателях производства, поскольку при этом снижается количество применяемого наполнителя (костры) и количество связующего, а также облегчается готовый материал.

На физические показатели костроплит наибольшее влияние оказывает количество введенного связующего. При введении максимального количества клея заметно снижаются показатели разбухания и водопоглощения, что вполне объяснимо, поскольку при этом возрастает количество клеевых мостов и изоляционных слоев на поверхности частиц наполнителя. Физические показатели довольно высоки: среднее значение разбухания составляет 47,2 %, водопоглощение – 97,1 %. Это объясняется большой впитываемостью фенольной смолы, поскольку ее концентрация относительно невелика (порядка 45 %), и сложностью ее распределения по частицам костры, удельная поверхность которых выше по сравнению с древесными частицами.

Применение фенолформальдегидных смол в производстве костроплит с традиционным расходом (порядка 10–15 %) не является экономически оправданным, так как при больших затратах на применение дорогого связующего не удается получить высоких показателей качества материала. Целесообразно использовать более дешевые карбамидные смолы. Для повышения прочностных и особенно физических свойств костроплит необходимо вводить в состав связующего модифицирующие добавки.

Библиографический список

1. Справочник по производству древесно-стружечных плит // И.А. Отлев, Ц.Б. Штейнберг, Л.С. Отлева и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 384 с.
2. Пижурин, А.А. Исследования процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенблит. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 232 с.

ОБ ОДНОМ СЛУЧАЕ ТОЧНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ НОРМЫ ОПЕРАТОРА

А.И. РУБИНШТЕЙН, *проф., МГУЛ, д-р физ.-мат. наук*

Вычислить норму оператора удается достаточно редко. Разумеется, часто можно более или менее точно оценить сверху эту величину. Но даже при организации приближенного численного нахождения решения уравнений, например в методе итераций, знание точного значения нормы оператора весьма полезно.

Многие задачи «прикладного» характера приводят к необходимости решения линейного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами вида

$$\frac{d^n x}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dx}{dt} + a_n x = y(t). \quad (1)$$

Как хорошо известно [1], задача нахождения общего решения уравнения (1) фактически сводится к нахождению его частного решения, удовлетворяющего нулевым начальным условиям

$$x(0) = x'(0) = \dots = x^{(n-1)}(0) = 0. \quad (2)$$

Решение задачи Коши (1–2) записывается в форме интеграла Дюамеля

$$x(t) = \int_0^t g(t-\tau)y(\tau)d\tau, \quad (3)$$

где $g(t)$ – решение соответствующего (1) однородного уравнения

$$\frac{d^n g}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} g}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dg}{dt} + a_n g = 0, \quad (4)$$

удовлетворяющее «импульсным» начальным условиям

$$g(0) = g'(0) = \dots = g^{(n-2)}(0) = 0, g^{(n-1)}(0) = 1. \quad (5)$$

Если обозначить левую часть (1) через $Ax(t)$ и считать $y(t)$ непрерывной на $[0; 1]$ функцией, то естественно рассматривать линейный оператор A действующим из банахова пространства $C_0^{(n)}[0; 1] = \{x = x(t): x^{(n)}(t) \in C[0; 1], x(0) = x'(0) = \dots = x^{(n-1)}(0) = 0\}$ с нормой

$$\|x\|_{C_0^{(n)}[0;1]} = \sup_{t \in [0;1]} |x^{(n)}(t)|$$

в банахово пространство $C[0; 1]$ непрерывных на $[0; 1]$ функций с чебышевской нормой. В этом случае правая часть (3) есть $A^{-1}y$, где обратный оператор A^{-1} действует из $C[0; 1]$ в $C_0^{(n)}[0; 1]$.

При некоторых условиях на коэффициенты левой части (1) можно точно вычислить значение $\|A^{-1}\|$.

По (3), используя правила дифференцирования интеграла, зависящего от параметра, и начальные условия (5), получим

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= \frac{d}{dt} \left(\int_0^t g(t-\tau)y(\tau)d\tau \right) = \\ &= g(t-t)y(t) + \int_0^t g'(t-\tau)y(\tau)d\tau = \\ &= g(0)y(t) + \int_0^t g'(t-\tau)y(\tau)d\tau = \int_0^t g'(t-\tau)y(\tau)d\tau. \end{aligned}$$

Аналогичным образом и для

$$k = 2, \dots, n-1 \quad \frac{d^k x}{dt^k} \Big|_{k=n} = \int_0^t g^{(k)}(t-\tau)y(\tau)d\tau.$$

Только для

$$\begin{aligned} \frac{d^n x}{dt^n} &= g^{(n-1)}(t-t)y(t) + \int_0^t g^{(n)}(t-\tau)y(\tau)d\tau = \\ &= g^{(n-1)}(0)y(t) + \int_0^t g^{(n)}(t-\tau)y(\tau)d\tau = \\ &= y(t) + \int_0^t g^{(n)}(t-\tau)y(\tau)d\tau. \end{aligned} \quad (6)$$

Отсюда

$$\begin{aligned} \|A^{-1}y\|_{C_0^{(n)}[0;1]} &= \sup_{t \in [0;1]} \left| \frac{d^n x}{dt^n} \right| = \\ &= \sup_{t \in [0;1]} \left| y(t) + \int_0^t g^{(n)}(t-\tau)y(\tau)d\tau \right|. \end{aligned} \quad (7)$$

Последнее равенство (7) позволяет доказать следующее

Предложение: Если $g^{(n)} \geq 0$ при $t \in [0; 1]$, то

$$\|A^{-1}\| = g^{(n-1)}(1). \quad (8)$$

Действительно, при $g^{(n)} \geq 0$ на $[0; 1]$

$$\begin{aligned} &|y(t) + \int_0^t g^{(n)}(t-\tau)y(\tau)d\tau| \leq |y(t)| + \\ &+ \left| \int_0^t g^{(n)}(t-\tau)y(\tau)d\tau \right| \leq |y(t)| + \int_0^t g^{(n)}(t-\tau)|y(\tau)|d\tau \leq \\ &\leq \|y\|_{C[0;1]} + \int_0^t g^{(n)}(t-\tau)\|y\|_{C[0;1]}d\tau = \\ &= \|y\|_{C[0;1]} \left(1 + \int_0^t g^{(n)}(t-\tau)d\tau \right) = \\ &= \|y\|_{C[0;1]} \left(1 + \int_0^t g^{(n)}(u)du \right) \leq \|y\|_{C[0;1]} \left(1 + \int_0^1 g^{(n)}(u)du \right) \leq \\ &\leq \|y\|_{C[0;1]} (1 + g^{(n-1)}(1) - g^{(n-1)}(0)) = g^{(n-1)}(1) \|y\|_{C[0;1]}. \end{aligned} \quad (9)$$

Из (7) и (9) следует, что

$$\|A^{-1}\| = \|A^{-1}\|_{C[0;1] \rightarrow C_0^{(n)}[0;1]} \leq g^{(n-1)}(1) \quad (10)$$

(Так как $g^{(n)}(t) \geq 0$ на $[0; 1]$, то на этом отрезке функция $g^{(n-1)}(t)$ возрастает и $g^{(n-1)}(1) \geq g^{(n-1)}(0) = 1$).

Для $y_0(t) \equiv 1$ при $t \in [0; 1]$ по (7)

$$\|A^{-1}y_0\|_{C_0^{(n)}[0;1]} = \sup_{t \in [0;1]} |1 + \int_0^t g^{(n)}(t-\tau) d\tau| = 1 + \int_0^1 g^{(n)}(u) du = g^{(n-1)}(1),$$

так что

$$\|A^{-1}\| \geq g^{(n-1)}(1). \quad (11)$$

Из (10) и (11) следует (8).

Выясним ситуацию для наиболее привычного случая $n = 2$, то есть для уравнения

$$Ax(t) = (d^2x / dt^2) - (\lambda_1 + \lambda_2)(dx / dt) + (\lambda_1\lambda_2)x = y(t). \quad (12)$$

Запись через характеристические значения, которые полагаем действительными, удобнее. Легко видеть, что

$$g(t) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} (e^{\lambda_1 t} - e^{\lambda_2 t}) & \text{при } \lambda_1 > \lambda_2 \\ t e^{\lambda t} & \text{при } \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda \neq 0 \\ t & \text{при } \lambda_1 = \lambda_2 = 0 \end{cases}$$

Соответственно

$$g''(t) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} (\lambda_1^2 e^{\lambda_1 t} - \lambda_2^2 e^{\lambda_2 t}) & \text{при } \lambda_1 > \lambda_2 \\ (\lambda^2 t + 2\lambda) e^{\lambda t} & \text{при } \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda \neq 0 \\ 0 & \text{при } \lambda_1 = \lambda_2 = 0 \end{cases} \quad (13)$$

Условие $g''(0) \geq 0$ по (13) во всех случаях влечет соотношение

$$\lambda_1 + \lambda_2 \geq 0. \quad (14)$$

откуда

$$\begin{cases} \lambda_1 > 0 & \text{при } \lambda_1 \geq \lambda_2 \\ \lambda_1 = \lambda_2 = 0 & \text{при } \lambda_1 = \lambda_2 = 0 \end{cases} \quad (15)$$

Из (14) следует, что

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} (\lambda_1^2 e^{\lambda_1 t} - \lambda_2^2 e^{\lambda_2 t}) \geq \\ \geq \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} e^{\lambda_1 t} (\lambda_1^2 - \lambda_2^2) = \\ = e^{\lambda_1 t} (\lambda_1 + \lambda_2) \geq 0 & \text{при } \lambda_1 > \lambda_2 \\ (\lambda^2 t + 2\lambda) e^{\lambda t} > 0 & \text{при } \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda > 0 \\ 0 \geq 0 & \text{при } \lambda_1 = \lambda_2 = 0 \end{cases}$$

для всех $t \in [0; 1]$, так что условие Предложения выполнено.

Следовательно, при

$$\lambda_1 + \lambda_2 \geq 0 \quad (\lambda_1 \geq \lambda_2)$$

$$\|A^{-1}\| = \begin{cases} \frac{\lambda_1 e^{\lambda_1} - \lambda_2 e^{\lambda_2}}{\lambda_1 - \lambda_2} & \text{при } \lambda_1 > \lambda_2 \\ (1 + \lambda) e^\lambda & \text{при } \lambda_1 = \lambda_2 = \lambda > 0 \\ 1 & \text{при } \lambda_1 = \lambda_2 = 0 \end{cases}$$

Можно показать, что при $\lambda_1 + \lambda_2 < 0$ или $\lambda_{1,2} = \alpha \pm i\beta$, $\beta \neq 0$, условие $g''(t) \geq 0$ на $[0; 1]$ не выполняется.

Соотношение (6), которое удобнее после замены $t - \tau$ на τ записать в виде

$$\frac{d^n x}{dt^n} = y(t) + \int_0^t g^{(n)}(\tau) y(t-\tau) d\tau,$$

позволяет оценить $\|A^{-1}\|$ и когда на $g^{(n)}(t)$ не накладываются какие-либо условия. Так как решение уравнения (4) – функция $g(t)$ – аналитическая, то $g^{(n)}(t)$ всюду непрерывна и имеет лишь конечное число промежутков постоянства знака на $[0; 1]$. Если $g^{(n)}(t_k) = 0$, $0 < t_1 < \dots < t_m \leq 1$ и $\varepsilon > 0$ произвольно, то полагая

$$y_\varepsilon(1-\tau) = \begin{cases} \text{sgn } g^{(n)}(\tau) & \text{при} \\ 1 - \tau \in [0; 1] - \bigcup_{k=1}^m (t_k - \delta; t_k + \delta) \\ \mp \frac{(1-\tau) - t_k}{\delta} & k=1, \dots, m \text{ при} \\ 1 - \tau \in \bigcup_{k=1}^m (t_k - \delta; t_k + \delta) \end{cases}, \quad (16)$$

при нужном выборе знаков " \mp " в (16) и достаточно малом $\delta = \delta(\varepsilon, m)$ получим

$$\int_0^1 |g^{(n)}(\tau)| d\tau - \varepsilon \leq \int_0^1 g^{(n)}(\tau) y_\varepsilon(1-\tau) d\tau \leq \int_0^1 |g^{(n)}(\tau)| d\tau.$$

Поэтому

$$\sup_{\|y\|_{C[0;1]} \leq 1} \int_0^1 |g^{(n)}(\tau) y(t-\tau)| d\tau = \int_0^1 |g^{(n)}(\tau)| d\tau.$$

откуда

$$\|A^{-1}\| = \sup_{\|y\|_{C[0;1]} \leq 1} \sup_{t \in [0;1]} |y(t) + \int_0^t g^{(n)}(\tau) y(1-\tau) d\tau| \in [\int_0^1 |g^{(n)}(\tau)| d\tau - 1; \int_0^1 |g^{(n)}(\tau)| d\tau + 1] \cap (0; 1 + \int_0^1 |g^{(n)}(\tau)| d\tau].$$

Точность этой оценки для $g^{(n)} \geq 0$ на $[0; 1]$ и показывает выше доказанное Предложение.

Библиографический список

1. Понтрягин, Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Л.С. Понтрягин. – М.: Наука, 1965. – 332 с.

НЕЗАВИСИМОСТЬ СИСТЕМЫ АКСИОМ ЛОГИКИ СУЖДЕНИЙ

В.А. ШАЧНЕВ, проф. каф. высшей математики МГУЛ, д-р. физ.-мат. наук,
 А.С. ШОЙКО, асп. каф. высшей математики МГУЛ,
 Е.Н. ШОМОВА, асп. каф. высшей математики МГУЛ

В курсе лекций для физико-математических лицеев (Шачнев В.А. Логика, 2007) построена полная система аксиом с двумя законами силлогизма, имплицативным и конъюнктивным, соответственно для общих и частных суждений

1. 1) $X \Rightarrow (Y \Rightarrow X)$, 2) $(X \Rightarrow (X \Rightarrow Y)) \Rightarrow (X \Rightarrow Y)$,
 3) $(X \Rightarrow Y) \Rightarrow ((Y \Rightarrow Z) \Rightarrow (X \Rightarrow Z))$,
2. 1) $\neg\neg X \Rightarrow X$, 2) $(X \Rightarrow \neg Y) \Rightarrow (Y \Rightarrow \neg X)$,
3. 1) $X \Rightarrow X \wedge X$, 2) $X \wedge Y \Rightarrow X$,
 3) $X \wedge Y \Rightarrow ((Y \Rightarrow Z) \Rightarrow Z \wedge X)$.

В дипломной работе Шойко А. доказывалась независимость этой системы. Независимость аксиом первых двух групп была ранее доказана для двух независимых операций, импликации и отрицания. Рассмотрим здесь третью группу, определяющую конъюнкцию как третью независимую операцию. Докажем сначала независимости аксиомы 3.3), для чего определим конъюнкцию следующим образом

$$\begin{array}{cccc} X & 0 & 0 & 1 & 1 \\ Y & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \hline X \wedge Y & 0 & 0 & 1 & 1 \\ X \wedge Y \Rightarrow X & 1 & 1 & 1 & 1, 0 \Rightarrow 0 \wedge 0 = \\ = 0 \Rightarrow 0 = 1, 1 \Rightarrow 1 \wedge 1 = 1 \Rightarrow 1 = 1 \end{array}$$

и две аксиомы, 3.1) и 3.2) выполняются. Аксиома 3.3) не выполняется: $1 \wedge 0 \Rightarrow ((0 \Rightarrow 0) \Rightarrow 0 \wedge 1) = 1 \Rightarrow (1 \Rightarrow 0) = 1 \Rightarrow 0 = 0$, и независимость аксиомы 3.3) доказана.

Докажем независимость аксиомы 3.2). Определим конъюнкцию следующим образом

$$\begin{array}{cccc} X & 0 & 0 & 1 & 1 \\ Y & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \hline X \wedge Y & 0 & 1 & 1 & 1 \\ X \wedge Y \Rightarrow X & 1 & 0 & 1 & 1, 0 \Rightarrow 0 \wedge 0 = \\ = 0 \Rightarrow 0 = 1, 1 \Rightarrow 1 \wedge 1 = 1 \Rightarrow 1 = 1. \end{array}$$

Здесь выполняется аксиома 3.1) и не выполняется аксиома 3.2).

При этом аксиома 3.3) выполняется: $X \wedge Y \Rightarrow ((Y \Rightarrow Z) \Rightarrow Z \wedge X) \equiv 1$.

Докажем независимость аксиомы 3.1)

Во-первых, необходимо $1 \Rightarrow 1 \wedge 1 = 0$, откуда следует, что $1 \wedge 1 = 0$.

Во-вторых, из $0 \wedge Y \Rightarrow 0 = 1$ следует, что $0 \wedge 0 = 0$, $0 \wedge 1 = 0$. Если теперь определить $1 \wedge 0 = 1$, то не будет выполняться аксиома 3.3) для $(X, Y, Z) = (1, 0, 1)$:

$$\begin{aligned} 1 \wedge 0 \Rightarrow ((0 \Rightarrow 1) \Rightarrow 1 \wedge 1) &= \\ = 1 \Rightarrow (1 \Rightarrow 0) &= 1 \Rightarrow 0 = 0. \end{aligned}$$

Следовательно, $1 \wedge 0 = 0$, и $X \wedge Y \equiv 0$. В этом случае аксиома 3.3) выполняется очевидно.

Вместе с тем докажем независимость аксиомы 3.1) в рамках трехзначной логики, определив импликацию как импликацию Лукашевича

$$\begin{array}{ccccccc} X & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ Y & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 \\ \hline X \Rightarrow Y & 2 & 2 & 2 & 1 & 2 & 2 & 0 & 1 & 2 \end{array}$$

Здесь конъюнкцию зададим в виде

$$\begin{array}{ccccccc} X & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ Y & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 \\ \hline X \wedge Y & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ X \wedge Y \Rightarrow X & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \end{array}$$

т.е. выполняется аксиома 3.2), но не выполняется аксиома 3.1), так как $1 \Rightarrow 1 \wedge 1 = 1 \Rightarrow 0 = 1$. Выполняется и аксиома 3.3):

$$X \wedge Y \Rightarrow ((Y \Rightarrow Z) \Rightarrow Z \wedge X) \equiv 2,$$

и независимость аксиомы 3.1) доказана.

Рассмотрим теперь другую систему аксиом логики суждений, полнота которой рассматривалась в дипломной работе Е. Шомовой:

1. 1) $X \Rightarrow (Y \Rightarrow X)$, 2) $(X \Rightarrow (X \Rightarrow Y)) \Rightarrow (X \Rightarrow Y)$,
 3) $(X \Rightarrow Y) \Rightarrow ((Y \Rightarrow Z) \Rightarrow (X \Rightarrow Z))$,
2. 1) $\neg\neg X \Rightarrow X$, 2) $(X \Rightarrow \neg Y) \Rightarrow (Y \Rightarrow \neg X)$,
3. 1) $X \Rightarrow X \wedge X$, 2) $X \wedge Y \Rightarrow X$, 3) $X \wedge Y \Rightarrow Y$,
 4) $X \wedge Y \Rightarrow ((Y \Rightarrow Z) \Rightarrow X \wedge Z)$.

Для доказательства аксиомы 3.1) введем следующую конъюнкцию

$$\begin{array}{ccccccc} X & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ Y & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 \\ \hline X \wedge Y & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 2 \end{array}$$

Для этой конъюнкции выполняются аксиомы 3.2), 3.3), 3.4). Однако аксиома 3.1) не выполняется: $1 \Rightarrow 1 \wedge 1 = 1 \Rightarrow 0 = 1$, и независимость этой аксиомы доказана.

Докажем независимость аксиомы 3.2).

Зададимся следующей конъюнкцией

$$\begin{array}{l} X 0 0 0 1 1 1 2 2 2 \\ Y 0 1 2 0 1 2 0 1 2 \\ \underline{X \wedge Y 0 0 0 0 1 2 0 1 2} \\ X \wedge Y \Rightarrow X 2 2 2 2 2 1 2 2 2 \end{array}$$

для которой аксиома 3.2) не выполняется. Остальные аксиомы, 3.1), 3.3), 3.4) выполняются, и независимость аксиомы 3.2) доказана.

Докажем независимость аксиомы 3.3).

Введем конъюнкцию

$$\begin{array}{l} X 0 0 0 1 1 1 2 2 2 \\ Y 0 1 2 0 1 2 0 1 2 \\ \underline{X \wedge Y 0 0 0 0 1 1 0 2 2} \\ X \wedge Y \Rightarrow Y 2 2 2 2 2 2 2 1 2 \end{array}$$

для которой аксиома 3.3) не выполняется. Остальные аксиомы, 3.1), 3.2), 3.4) вы-

полняются, и независимость аксиомы 3.3) доказана.

Докажем, наконец, независимость аксиомы 3.4). Здесь конъюнкция

$$\begin{array}{l} X 0 0 0 1 1 1 2 2 2 \\ Y 0 1 2 0 1 2 0 1 2 \\ X \wedge Y 0 0 0 0 1 0 0 0 2 \end{array}$$

так что аксиомы 3.1), 3.2) и 3.3) выполняются

Невыполняется аксиома 3.4), например, для $(X, Y, Z) = (1, 1, 2)$:

$$1 \wedge 1 \Rightarrow ((1 \Rightarrow 2) \Rightarrow 1 \wedge 2) = 1 \Rightarrow (2 \Rightarrow 0) = 1 \Rightarrow 0 = 1,$$

или для

$$\begin{aligned} (X, Y, Z) = (2, 2, 1): 2 \wedge 2 \Rightarrow ((2 \Rightarrow 1) \Rightarrow 2 \wedge 1) = \\ = 2 \Rightarrow (1 \Rightarrow 0) = 2 \Rightarrow 1 = 1. \end{aligned}$$

Независимость последней аксиомы доказана.

О НЕЙРОСЕТЕВОМ ПОДХОДЕ К РЕШЕНИЮ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ

В.Б. НЕТЫКШО, доц. каф. высшей математики МГУЛ, канд. техн. наук

Исследование систем, описывающих функционирование узлов дискретной аппаратуры булевых уравнений (СБУ)

$$f_i(\bar{x}) = a_i, \quad i=1, t, \quad (1)$$

связанное с нахождением представлений нелинейных булевых уравнений из системы (1) в базисе арифметических операций в поле действительных чисел, является актуальным направлением в дискретной математике [6]. Его развитие обуславливается как задачами анализа СБУ, так и задачами синтеза булевых функций и различных устройств обработки дискретной информации.

К анализу СБУ относятся псевдобулевы методы, сводящие решение СБУ к решению систем псевдобулевых уравнений или неравенств (метод разделяющей поверхности, метод замены булева равенства на линейное псевдобулево равенство с неоднозначно определенной правой частью, метод, использующий экстраполяцию булевых уравнений выпуклыми функционалами и другие). В большинстве случаев предлагаются способы построения таких систем уравнений или неравенств, что задача решения СБУ сводится к отысканию булевого вектора, минимизирую-

щего некоторую функцию и удовлетворяющего построенным ограничениям. Ограничения и функцию удобно выбирать линейными, что позволяет использовать для решения получаемой задачи хорошо разработанный аппарат линейного программирования. Значительная часть исследований, проводимых в этой области ранее, была связана с методом разделяющих плоскостей (МРП) [1, 5], основанном на сведении нелинейных булевых уравнений к равносильным системам линейных псевдобулевых неравенств, и решению последних методами линейного программирования. Линейные неравенства, лежащие в основе этих идей, могут возникать естественно, как следствие работы того или иного узла, но могут быть введены и искусственно, путем специального преобразования исходной задачи.

Вопросы решения систем линейных неравенств представляют большой практический интерес. В настоящее время не существует универсальных аналитических методов, позволяющих за приемлемое время решить произвольную действительную систему относительно дискретных неизвестных либо ответить на вопрос, совместна она или нет.

Целью статьи является расширение возможностей решения систем линейных неравенств.

Рассмотрим задачу решения систем линейных неравенств (СЛН)

$$L_i(\bar{x})\delta_i c_i, \quad (2)$$

где

$$L_i = \sum_{s=1}^n a_s^{(i)} x_s$$

– линейные формы, $a_s^{(i)} \in R, s = \overline{1, n}, \delta_i$ – один из знаков « \geq », « $>$ », « $<$ », « \leq », $c_i \in R, i = \overline{1, T}$. Описать все решения рассматриваемой системы в общем случае является чрезвычайно трудоемкой задачей. Осуществим попытку нахождения хотя бы одного решения системы (2). Необходимо отметить, что на практике существует широкий класс задач, имеющих единственное решение. К ним относятся, в частности, многие задачи решения СБУ.

Произведем преобразования (*) неравенств системы (2) следующего вида.

1. Если δ_i – знак « \geq » или « $<$ » – умножим i -е неравенство на $1 / |c_i|$;

2. если δ_i – знак « $>$ » или « \leq » – умножим i -е неравенство на $(-1 / |c_i|)$.

В результате получим новую СЛН

$$L'_i(\bar{x})\varepsilon_i c'_i, \quad (4)$$

где

$$L'_i = \sum_{s=1}^n b_s^{(i)} x_s$$

– линейная форма, $b_s^{(i)} = \pm (a_s^{(i)} / |c_i|) \in R, \langle \pm \rangle$ – в зависимости от знака неравенства (в соответствии с преобразованиями (*)), $s = \overline{1, n}, \varepsilon_i$ – один из знаков « \geq », « $<$ », $c'_i \in \{-1; 1\}, i = \overline{1, T}$. Система (4) равносильна системе (2).

Систему (4) можно рассматривать как реализацию некоторой функции f , заданной как отображение

$$f: R^{n+1} \rightarrow \{0; 1\}$$

по следующему правилу

$$f(\bar{y}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \sum_{s=1}^n k_s y_s - 2y_{n+1} < 1, \\ 1, & \text{если } \sum_{s=1}^n k_s y_s - 2y_{n+1} \geq 1, \end{cases} \quad (5)$$

где $y_{n+1} \in \{0; 1\}$. В формуле (5) коэффициенты $k_s \in R, s = \overline{1, n}$, и (-2) определяют по существу двузначную пороговую функцию от $n + 1$ действительных переменных. В новых обозначениях систему (4) можем записать в виде

$$f(\bar{b}^{(i)}) = d_i, \quad (6)$$

где $\bar{b}^{(i)} = (b_1^{(i)}, \dots, b_n^{(i)}, b_{n+1}^{(i)})$ известны, $d_i \in \{0; 1\}$ и принимают значения в зависимости от ε_i и c'_i в системе (4), $i = \overline{1, T}$. Система (6) равносильна системе (4). Неизвестными в ней являются весовые коэффициенты $k_s \in R, s = \overline{1, n}$.

Таким образом, задача решения СЛН (2) сведена к задаче восстановления семейства пороговых двухзначных функций вида (5), удовлетворяющих системе (6). Некоторые из таких функций могут быть найдены с использованием аппарата нейросетевой математики [2–4]. Покажем такую принципиальную возможность.

В качестве парадигмы нейросети [2–4] рассмотрим один нейрон $g(\bar{y})$ с произвольно заданными весовыми коэффициентами l_s , удовлетворяющий соотношениям

$$g(\bar{y}) = \begin{cases} 0, & \text{если } \sum_{s=1}^n l_s y_s - 2y_{n+1} < 1, \\ 1, & \text{если } \sum_{s=1}^n l_s y_s - 2y_{n+1} \geq 1. \end{cases}$$

Применим к нему алгоритм Back Propagation ([4]). Согласно теореме Розенблатта ([4]) такую нейросеть можно обучить тому, что она может реализовать. То есть при подаче на вход векторов $\bar{b}^{(i)} = (b_1^{(i)}, \dots, b_n^{(i)}, b_{n+1}^{(i)})$ нейросеть должна принимать значения $d_i \in \{0; 1\}, i = \overline{1, T}$. Поскольку система (2) заведомо имеет решение, то определенная согласно (5) пороговая функция, удовлетворяющая системе (6), существует. Следовательно, нейрон $g'(\bar{y})$, получившийся в результате настройки нейросети, задает одну из искомым пороговых функций. Его весовые коэффициенты являются одновременно решением СЛН (2). Равенство

$$g'(\bar{y}) = f(\bar{y})$$

справедливо для всех $\bar{y} = \bar{b}^{(i)}, i = \overline{1, T}$.

Для остальных действительных n -мерных векторов может иметь место неравенство

$$g'(\bar{y}) \neq f(\bar{y}).$$

Задавая иные «начальные» весовые коэффициенты, мы можем получить, вообще говоря, новые решения СЛН (2).

В статье показана принципиальная возможность использования настройки нейросети, состоящей из одного нейрона, для нахождения решений СЛН.

По-прежнему остается открытым вопрос исчерпывающего описания множества решений СЛН. Проблемы настройки нейросетей также остаются за рамками данной статьи.

Библиографический список

1. Балакин, Г.В. Методы сведения булевых уравнений к системам пороговых соотношений / Г.В. Балакин, В.Г. Никонов // *Обозрение прикл. и промышл. матем., сер. «Дискр. матем.»*. – 1994. – Т. 1. – Вып. 3. – С. 389–401.
2. Гаврилкевич, М. Введение в нейроматематику / М. Гаврилкевич // *Обозрение прикл. и промышл. матем., сер. «Дискр. матем.»*. – 1994. – Т. 1. – Вып. 3. – С. 377–388.
3. Григорьев, В.Р. Нейронные сети и клеточные автоматы / В.Р. Григорьев // *Обозрение прикл. и промышл. матем., сер. «Дискр. матем.»*. – 1994. – Т. 1. – Вып. 3. – С. 357–376.
4. Ежов, А. Нейрокомпьютинг и его применения в экономике и бизнесе (серия «Учебники экономического-аналитического института МИФИ») / А. Ежов, Б. Шумский. – М.: МИФИ, 1998.
5. Никонов, В.Г. Пороговые представления булевых функций / В.Г. Никонов // *Обозрение прикл. и промышл. матем., сер. «Дискр. матем.»*. – 1994. – Т. 1. – Вып. 3. – С. 402–457.
6. Рыбников, К.К. Прикладные задачи, сводящиеся к анализу и решению систем линейных неравенств. Метод разделяющих плоскостей / К.К. Рыбников, В.Г. Никонов // *Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник*. – 2002. – № 2(22). – С. 191–195.

ГРАДИЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ С К-ЗНАЧНЫМИ НЕИЗВЕСТНЫМИ

В.Г. НИКОНОВ, действительный член РАЕН, доктор технических наук
 П.Н. СИТНИКОВ, сотрудник лаборатории «ТВП», Москва.

Рассматривается задача поиска решений системы линейных неравенств

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \end{cases} \quad (1)$$

где a_{ij}, b_i – действительные, $x_j \in 0, 1, \dots, k - 1$.
 К анализу и решению систем (1) сводится широкий класс прикладных задач дискретной математики [2, 3, 5].

Для решения системы (1) в случае, когда неизвестные x_i – двоичные, Э. Балашем был разработан алгоритм направленного перебора, получивший имя автора [1, 4, 7]. Для обоснования алгоритма Э. Балаш ввел понятие невязки $p(x)$ системы на произвольном векторе x , определив ее суммой разностей левых и правых частей тех неравенств системы, которые не выполняются при подстановке в них данного вектора

$$p(x) = \sum_{i=1}^n \rho_i(x), \quad (2)$$

где

$$\rho_i(x) = \begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i, & \text{если } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i > 0 \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Алгоритм стартовал из вектора $(0, 0, \dots, 0)$ и на первом шаге переходил в тот вектор $(0, \dots, 1, \dots, 0)$, на котором минимизировалась невязка системы. Затем проставлялась вторая единица и также выбирался вариант вектора, в котором невязка была наименьшей. Далее логика алгоритма повторялась до того момента, когда находилось решение системы, либо алгоритм попадал в так называемую тупиковую точку, когда любой вариант проставления очередной единицы приводил к увеличению невязки в сравнении с невязкой на предыдущем шаге.

Известны различные способы выхода из тупиковой точки, например предложенный автором Э.Балашем возврат назад с запретом перехода на предыдущем шаге в ту вершину, которая породила тупиковую точку (из оставшихся также выбирается вариант, минимизирующий невязку).

Алгоритм Балаша показал свою эффективность для большого числа прикладных задач. Основным его недостатком является принципиальное отсутствие каких-либо оценок эффективности, кроме эмпирических, в силу наличия частных случаев

систем (1), для которых алгоритм Балаша приближается к перебору всех вариантов решений.

Переход от двоичных переменных к k -значным приводит к значительному усложнению задачи. Уже на первом шаге у вектора $(0,0,\dots,0)$ оказывается не « n », а « $n(k - 1)$ » соседних векторов, так как выделенной переменной можно придать уже « $k - 1$ » возможных значений. Алгоритм, построенный на рассмотрении всех соседних векторов (на первом шаге « $n(k - 1)$ ») и выделении оптимального по невязке, назовем базовым (алгоритм № 1).

Вместе с тем анализ строения систем неравенств (1) и поведения невязки (2) позволяет в k -значном случае значительно сократить число опробуемых вариантов. При этом на первом шаге, так же как в алгоритме Балаша для систем с булевыми переменными, рассматриваются векторы $(0,\dots,1,\dots,0)$ с представлением на v -м месте не произвольного значения $\varepsilon_v \in 0,1,\dots, k - 1$, а лишь значения $\varepsilon_v = 1$. Выделяется тот вариант v , при котором минимизируется значение невязки (2). Изменение переменной x_v оказывается наиболее «чувствительным» для невязки системы, что делает обоснованным следующий этап алгоритма: доопределение значения x_v . Для этого сразу после выделения v рассматриваются все векторы вида $(0,\dots,1,\dots,0)$, $(0,\dots,2,\dots,0)$, ..., $(0,\dots,k-1,\dots,0)$ и среди них выделяется тот, на котором минимизируется невязка. И только после нахождения оптимального в смысле невязки варианта переменной x_v алгоритм переходит к простановке следующей «1», выделению наиболее влиятельной переменной из оставшихся и ее доопределению. На последующих шагах алгоритм индуктивно повторяет данную процедуру.

Представленный алгоритм назовем градиентным алгоритмом решения систем линейных неравенств путем последовательного нахождения неизвестных (алгоритм №2). Название отражает внутреннюю логику алгоритма, когда первоначально выделяется переменная, изменение которой приводит к наибольшему снижению невязки, а затем выбирается ее окончательное значение, оптимизирующее невязку.

Приемы выхода из тупиковых точек для алгоритма в k -значном случае аналогичны предложенным в булевом случае и включают возврат на шаг назад или случайное изменение координат тупиковой точки.

Необходимо отметить, что при нахождении решения некоторых классов систем линейных неравенств не возникает тупиковых ситуаций. Для них удалось получить оценку трудоемкости работы как базового, так и модифицированного алгоритма. Прежде чем говорить о таких классах систем, введем для систем неравенств с k -значными переменными понятие монотонного шага алгоритмов №1 и №2 [1].

Определение 1

Назовем i -й шаг алгоритмов №1 и №2 монотонным, если все неравенства, выполняющиеся на предыдущем шаге, выполняются и на $(i + 1)$ шаге.

Определение 2

Назовем систему (1) монотонной относительно алгоритмов № 1 и № 2, если все шаги алгоритмов при нахождении решения являются монотонными.

Частным случаем монотонной системы является система с матрицей, удовлетворяющая свойству

$$\text{sign}(a_{ij}) = \text{const} \quad (3)$$

при фиксированном j и произвольном i .

Утверждение 1

Если матрица системы (1) обладает свойством (3), то она монотонна относительно 1 и 2 алгоритмов.

Доказательство

Очевидно, что путем инвертирования переменных систему (1) при условии (3) можно свести к системе с неотрицательной матрицей A и правой частью b

$$Ax \geq b. \quad (4)$$

Покажем, что система (4) будет являться монотонной. Пусть x – приближение решения на t -ом шаге, и первые r неравенств выполняются. Покажем, что они будут выполняться и на $t + j$ при любом j . В силу неотрицательности коэффициентов матрицы $A_{n \times n}$ для любого $t + j$ приближения

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^{t+j} \geq \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^t \geq b_i, i=\overline{1,r},$$

где x^{t+j} и x^t – это $t + j$ и t приближения решения соответственно.

Утверждение доказано.

Утверждение 2

Если система (1) совместна, а матрица A удовлетворяет условиям (3), то при нахождении решения алгоритмами 1 и 2 не возникает тупиковых ситуаций.

Доказательство

Согласно предыдущему доказательству система (1) при условиях (3) приводится к виду (4) и является монотонной. Для доказательства утверждения достаточно показать, что невязка не будет возрастать на каждом шаге. Пусть на t -м шаге x^0 приближение решения, а невязка равна

$$\rho^t = \sum_{i=1}^m \rho_i^t, \rho_i^t = \begin{cases} b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j^0, & \text{если } \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j^0 - b_i \leq 0 \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Покажем, что $\rho^{t+1} \leq \rho^t$.

В силу положительности коэффициентов и монотонности системы

$$\rho^{t+1} = \sum_{i=1}^m \rho_i^{t+1} \leq \sum_{i=1}^m \rho_i^t = \rho^t.$$

Мы показали, что невязка в данном случае не возрастает от шага к шагу и тупиковых ситуаций не возникает.

Утверждение доказано.

Модифицированный алгоритм несет в себе значительные выгоды в сравнении с базовым. Действительно, в предположении отсутствия тупиковых точек, трудоемкость базового алгоритма W_1 оценивается суммой

$$W_1 = \sum_{i=1}^n (n-i)k \approx k \frac{n^2}{2}, \quad (5)$$

а трудоемкость предложенного градиентного алгоритма

$$W_2 = \sum_{i=1}^n (n-i+k) \approx kn + \frac{n^2}{2}, \quad (6)$$

где k -размерность логики переменных, а n -количество неизвестных.

Приведем пример работы градиентного алгоритма в отсутствие тупиковых точек.

Пример 1

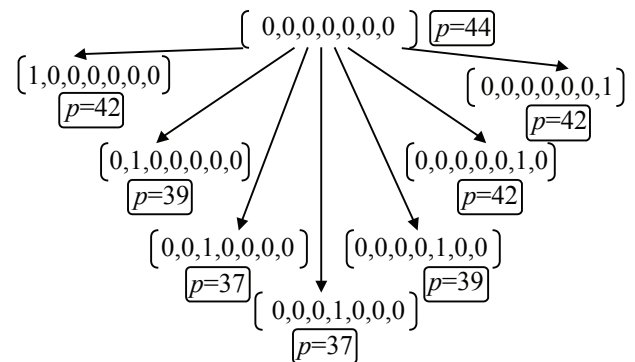
Рассмотрим систему неравенств сдвигового типа, в которой $x_i \in \{0, 1, 2, 3\}$, $i=1, 7$, а переменные x_v с номерами $v \geq 8$ рекуррентно выражаются через x_1, \dots, x_7 по формуле

$$x_{8+i} = x_{1+i} + x_{2+i} \pmod{4}. \quad (7)$$

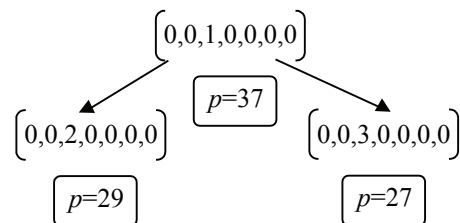
$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_1 \cdot x_2 \leq 2 \\ x_2 + x_3 + x_2 \cdot x_3 \leq 4 \\ x_2 + x_3 + x_2 \cdot x_3 \geq 3 \\ x_3 + x_4 + x_3 \cdot x_4 \geq 8 \\ x_4 + x_5 + x_4 \cdot x_5 \leq 7 \\ x_4 + x_5 + x_4 \cdot x_5 \geq 5 \\ x_5 + x_6 + x_5 \cdot x_6 \leq 2 \\ x_6 + x_7 + x_6 \cdot x_7 \leq 4 \\ x_6 + x_7 + x_6 \cdot x_7 \geq 3 \\ x_7 + x_8 + x_7 \cdot x_8 \leq 7 \\ x_7 + x_8 + x_7 \cdot x_8 \geq 5 \\ x_8 + x_9 + x_8 \cdot x_9 \leq 7 \\ x_8 + x_9 + x_8 \cdot x_9 \geq 5 \\ x_9 + x_{10} + x_9 \cdot x_{10} \leq 7 \\ x_9 + x_{10} + x_9 \cdot x_{10} \geq 5 \\ x_{10} + x_{11} + x_{10} \cdot x_{11} \leq 7 \\ x_{10} + x_{11} + x_{10} \cdot x_{11} \geq 5 \\ x_{11} + x_{12} + x_{11} \cdot x_{12} \leq 7 \\ x_{11} + x_{12} + x_{11} \cdot x_{12} \geq 5 \end{cases} \quad (8)$$

В целом система (8) зависит от первых 7 переменных в силу формулы (7).

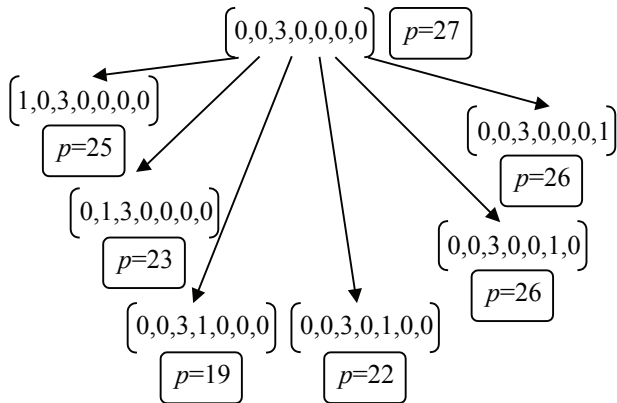
Для решения системы (5) используем градиентный алгоритм последовательного нахождения неизвестных. Выпишем векторы, получаемые в ходе работы алгоритма, и соответствующие им значения невязки p .



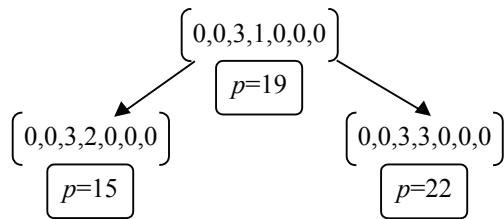
На следующем шаге работы алгоритма используем вектор (0010000), поскольку у него минимальное значение невязки ($p = 37$) среди всех рассмотренных векторов. Опробуем в качестве третьей координаты 2 и 3.



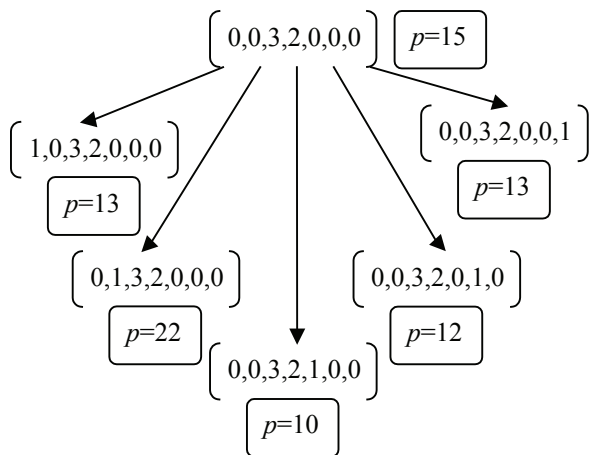
Так как для вектора (0020000) значение невязки $p = 29$, для (0030000) $p = 27$, зафиксируем 3 в качестве третьей координаты вектора-решения. Аналогично, выбирая минимальную невязку, будем повторять операции:



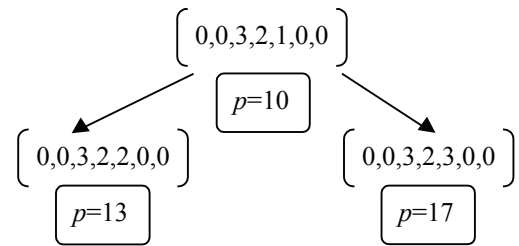
Минимизация невязки наблюдается на векторе (0031000), $p = 19$. Определим оптимальное значение x_4 :



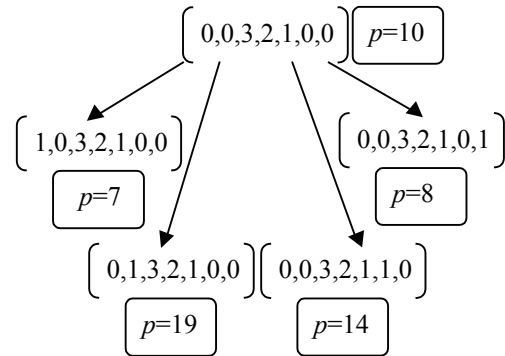
Фиксируем 2 на четвертой позиции, продолжаем работу алгоритма для вектора (0032000):



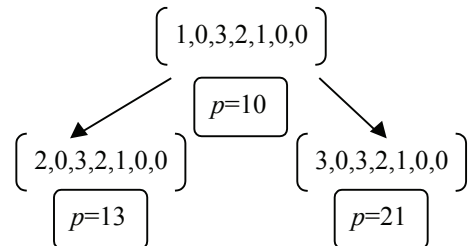
Теперь возьмем вектор (0032100), так как у него минимальная невязка $p = 7$.



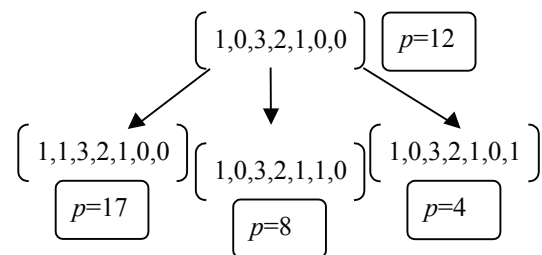
Очевидно, что на пятом месте следует фиксировать 1.



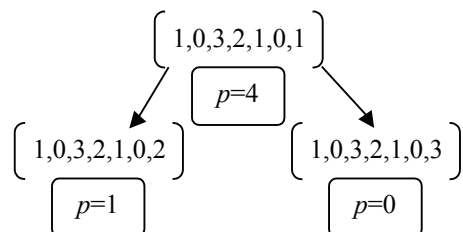
Невязка минимизируется на векторе (1032100), переберем варианты для первой координаты.



Значит можно фиксировать на первом месте 1.



Минимизация невязки произошла на векторе (1032101). Рассмотрим на седьмой позиции 2 и 3:



На векторе (1032103) невязка равна 0, значит это и есть искомый вектор-решение.

В процессе решения системы (8) градиентным алгоритмом было проделано 35 итераций ($W_1 = 35$). В то же время выполнение «базового» алгоритма Балаша потребовало бы в лучшем случае совершить $W_1 = 7 \cdot 3 + 6 \cdot 3 + 5 \cdot 3 + 4 \cdot 3 + 3 \cdot 3 = 75$ итераций.

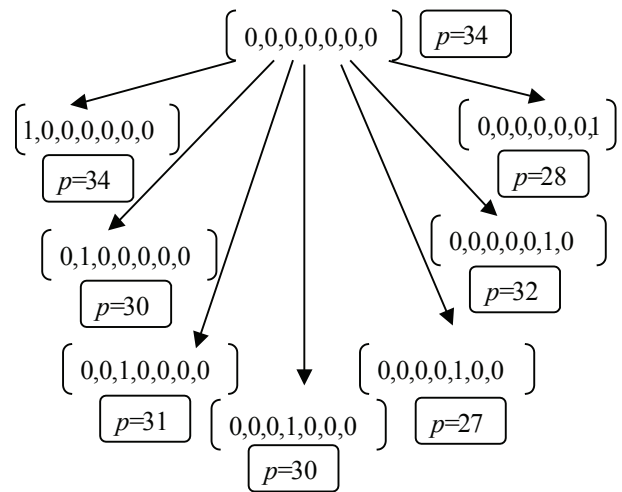
Вместе с тем, анализ и решение систем (1) составляют сложную проблему дискретной математики, требующую проведения дальнейших глубоких исследований, прежде всего из-за возможности попадания в тупиковые точки в процессе поиска решений. Проиллюстрируем поведение градиентного алгоритма в случае обнаружения в процессе его работы тупиковой точки.

Пример 2

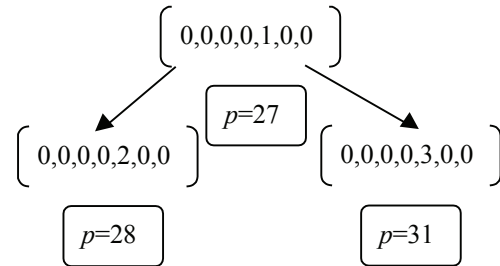
Используем градиентный алгоритм последовательного нахождения неизвестных для решения системы неравенств, как и в предыдущем примере – сдвигового типа. Переменные x_v с номерами $v \geq 8$ выражаются через исходные x_1, \dots, x_7 по формуле (7).

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 2 \\ x_2 - 2x_3 \leq -4 \\ x_4 \geq 2 \\ x_3 - 2x_4 \geq -3 \\ x_4 + 2x_5 \geq 3 \\ x_5 \leq 1 \\ x_5 + 2x_6 \leq 2 \\ x_6 + 2x_7 \leq -4 \\ x_7 + 2x_8 \geq 3 \\ x_8 \leq 1 \\ x_8 - 2x_9 \leq -4 \\ x_9 + 2x_{10} \geq 3 \\ x_{10} \leq 1 \\ x_{10} - 2x_{11} \leq -4 \\ x_{11} + 2x_{12} \geq 3 \\ x_{12} \leq 1 \\ x_{12} - 2x_{13} \leq -4 \end{cases} \quad (9)$$

В ходе работы алгоритма осуществляется опробование вариантов вектора-решения $x^0 = (x_1^0, x_2^0, x_3^0, x_4^0, x_5^0, x_6^0, x_7^0)$, $x_i^0 \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$, $i=1, 7$. Выпишем векторы, получаемые в ходе работы алгоритма, и соответствующие им значения невязки p .

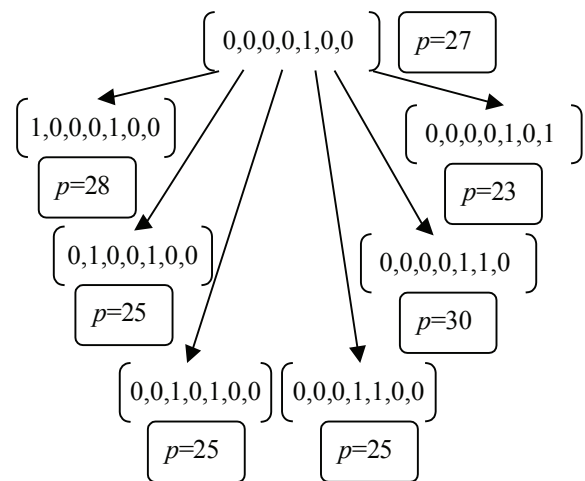


Возьмем вектор (0000100), так как у него минимальное значение невязки $p = 27$. Рассмотрим в качестве пятой координаты 2 и 3.

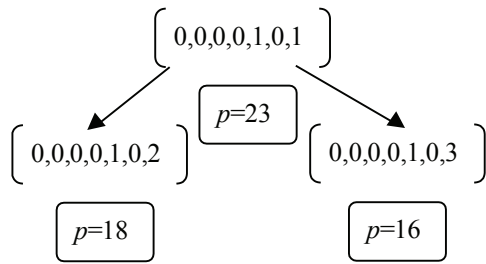


Так как у вектора (0000200) $p = 28$, (0000300) $p = 31$, то зафиксируем 1 на пятой позиции.

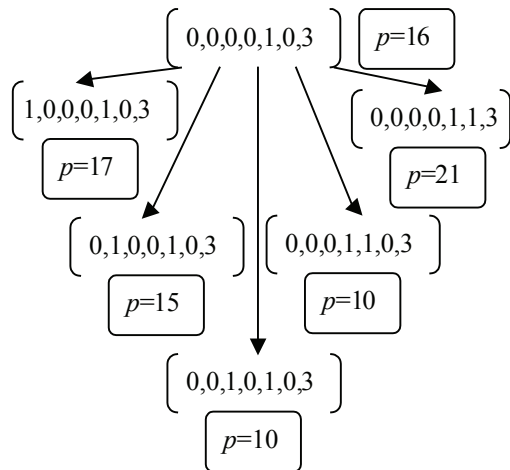
Аналогично, выбирая минимальную невязку, будем повторять операции:



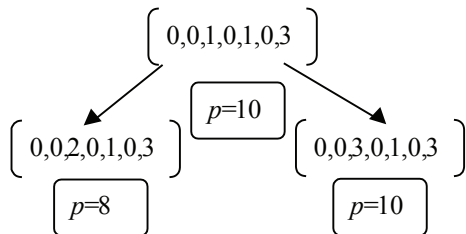
Минимизация невязки наблюдается на векторе (0000101), $p = 23$. Определим оптимальное значение x_6^0 :



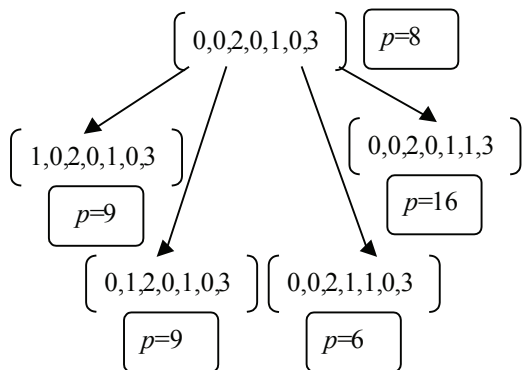
Фиксируем 3 на седьмом месте, продолжаем работу алгоритма для вектора (0000103):



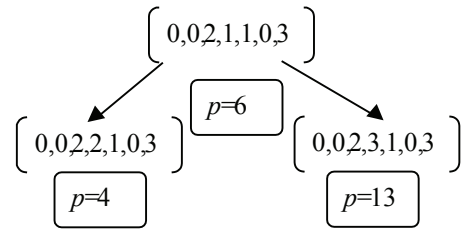
Теперь возьмем вектор (0010103), так как у него минимальная невязка $p = 10$.



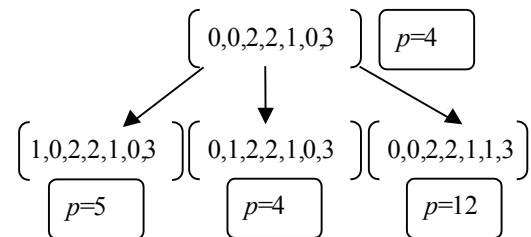
Видно, что на третьем месте следует фиксировать 2.



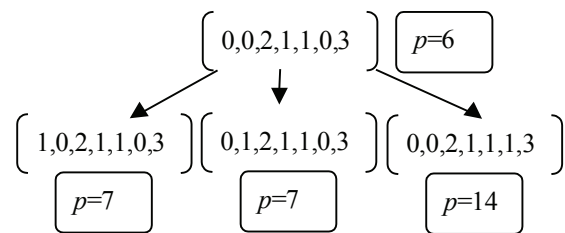
Невязка минимизируется на векторе (0021103), переберем варианты для четвертой координаты.



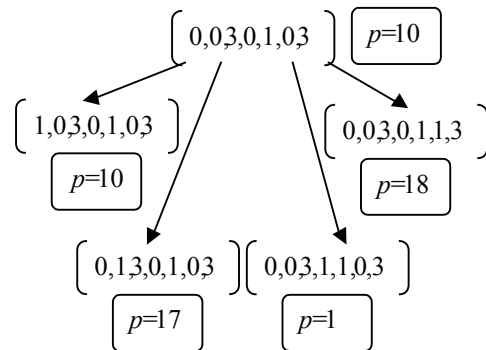
Значит можно фиксировать на четвертом месте 2.



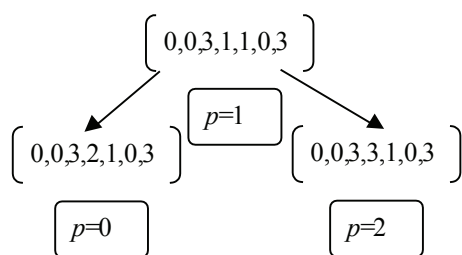
Уменьшения невязки не происходит. Возвращаемся к вектору (0021103), анализируем поведение невязки на соседних векторах.



Невязка и в этом случае только увеличивается. Возвращаемся еще на один шаг к вектору (0030103), рассматриваем невязку на соседних наборах



Минимизация невязки произошла на векторе (0031103). Рассмотрим на четвертом месте 2 и 3:



На векторе (0032103) невязка равна 0, значит искомым вектор-решение найден.

Естественно, что всевозможные модификации предлагаемого алгоритма должны тем или иным способом вести к уменьшению количества тупиковых точек. Одним из вариантов возможных модификаций является изменение критерия выбора приоритетного направления, то есть изменение способа подсчета невязки.

Экспериментальные исследования подтверждают целесообразность применения градиентного алгоритма, позволяющего для некоторых классов важных прикладных задач значительно снижать трудоемкость решения систем (1).

МЕТОД ВЫБОРА КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В.А. ДОРОШЕНКО, проф, МГУЛ, д-р техн. наук,
Л.В. ДРУК, доц. МГУЛ, канд. техн. наук,
А.А. НАЗАРЕНКО, асп. МГУЛ

Современные системы управления являются распределенными по уровням и интегрированными по функциям АСУ ТП и АСУП (рисунок). Каждому уровню соответствуют определенные функции, реализуемые соответствующими техническими средствами автоматизации и программным обеспечением. Ядром каждого уровня являются компьютерные средства автоматизации. Основой первого уровня являются оконечные устройства, интеллектуальные микропроцессорные измерительные и исполнительные устройства, расположенные непосредственно на объектах контроля и управления, для подключения которых имеются сенсорные сети. Второй относится к уровню низовой автоматизации. Основными техническими средствами этого уровня являются программируемые про-

Библиографический список

1. Анашкина, Н.В. Использование алгоритма Балаша для нахождения решения системы линейных ограничений специального вида / Н.В. Анашкина // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2005.
2. Анашкина, Н.В. Обзор методов решения систем линейных неравенств / Н.В. Анашкина // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2004. – №1 (32).
3. Балакин, Г.В. Методы сведения булевых уравнений к системам пороговых соотношений / Г.В. Балакин, В.Г. Никонов // Обзорение прикладной и промышленной математики. – 1994. – Т. 1. – Вып. 3.
4. Гришухин, В.П. Среднее число итераций в алгоритме Балаша / В.П. Гришухин // Численные методы в линейном программировании: сб. статей. – М.: Наука, 1973. – С. 31–38.
5. Черников, С.Н. Линейные неравенства / С.Н. Черников. – М.: Наука, 1973.
6. Хачиян, Л.Г. Полиномиальный алгоритм в линейном программировании / Л.Г. Хачиян // Доклады Академии наук. – 1979. – Т. 244. – № 5.
7. Balas E. An additive algorithm for solving linear programs with zero-one variables. // Operat.Res. – 1965.

мышленные контроллеры и промышленные контроллерные сети. Основная задача третьего уровня – управление технологическими участками и технологическими процессами. Технической основой являются операторские станции, промышленные компьютеры и универсальные промышленные сети, с помощью которых реализуется соответствующий уровень операторского интерфейса для визуального контроля процессов и воздействия на объекты управления. Четвертый относится к уровню управления производством (АСУП) в тесной интеграции в режиме реального времени с предыдущими уровнями системы. Технической основой уровня являются серверы и компьютеры, объединенные в вычислительные сети с соответствующими автоматизированными рабочими местами (АРМ).

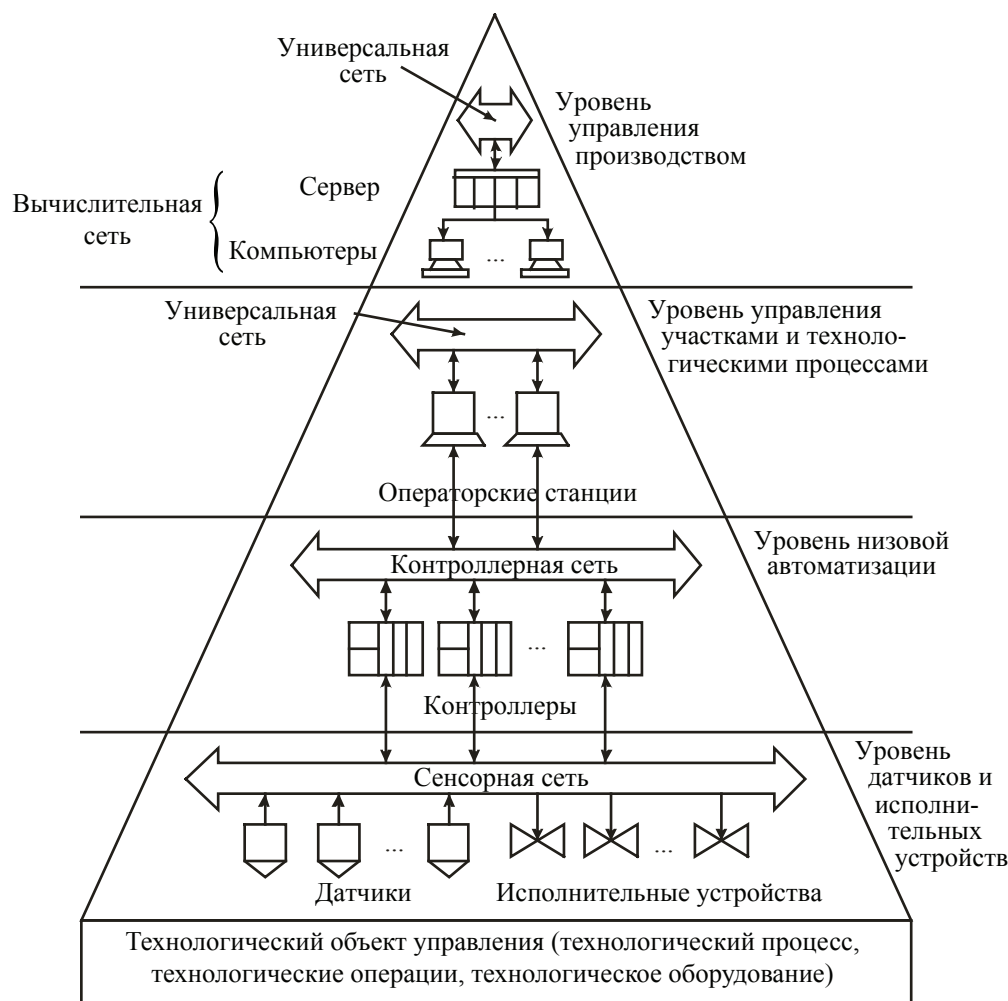


Рисунок. Уровни распределенной системы управления

Одной из основных задач в процессе синтеза таких систем является выбор оптимальных вариантов технических средств и программного обеспечения из исходного множества вариантов, удовлетворяющих заданному множеству показателей эффективности. Постановка задачи заключается в следующем: имеется исходное множество вариантов $B_{исх.} = \{B_i\} = \{B_1, B_2, \dots, B_N\}$;

множество показателей эффективности $\{K^k\} = \{K^1, K^2, \dots, K^m\}$, формируемых на основе характеристик исходных вариантов; множество значений показателей эффективности $\hat{K}^k = \{\hat{K}_1^k, \hat{K}_2^k, \dots, \hat{K}_{M_k}^k\}$, M_k – число значений показателя эффективности. Необходимо найти оптимальное соответствие между этими множествами. Задача является многовариантной, многокритериальной, для решения которой необходимо математическое описание процесса выбора на основе бинарных отношений между множествами. Модель

для решения задачи многокритериального выбора вариантов можно представить в виде множества

$$M = \{T_3, B, K^k, L, C, P_{II}\},$$

где T_3 – тип многокритериальной задачи;

B – множество исходных вариантов;

K^k – множество показателей эффективности;

L – множество отображений, устанавливающих соответствие между вариантами и числовыми значениями каждого показателя эффективности;

C – система предпочтений лица, принимающего решение (ЛПР) на множестве вариантов;

P_{II} – решающее правило, задающее на множестве вариантов отношения предпочтения.

Анализ работ по многокритериальному синтезу [1–6] показал, что существует три основные многокритериальные задачи и

соответствующие им способы решения. Задачи на основе частичного упорядочения сравниваемых вариантов с помощью отношения нестрогого порядка при отношении толерантности относительно упорядочения показателей эффективности по важности (при равноважных показателях эффективности), что соответствует безусловному критерию предпочтения [1, 5, 6]

$$B_1RB_2 \leftrightarrow (\forall K)[K^K(B_1) \leq K^K(B_2)] \wedge (\exists K)[K^K(B_1) < K^K(B_2)], \quad (1)$$

$$B_1RB_2 \leftrightarrow (\forall K)[K^K(B_1) \geq K^K(B_2)] \wedge (\exists K)[K^K(B_1) > K^K(B_2)], \quad (2)$$

т.е. если $(\forall K)$ для двух производных вариантов B_1, B_2 выполняется одно из неравенств (1, 2) и существует $(\exists K)$ и хотя бы одно из неравенств строгое, то вариант B_1 безусловно лучше, чем вариант B_2 (1), или безусловно хуже (2), при этом показатели эффективности являются равноважными. Уравнение (1) применяется при минимизации показателей эффективности, уравнение (2) – при максимизации. Основным достоинством безусловного критерия предпочтения является его объективность при выделении нехудших вариантов и отсеивании худших без введения дополнительных условий, но при этом задача определения оптимального варианта (единственного варианта) не решена до конца, кроме вырожденного случая. Во многих случаях выделение нехудших вариантов является удовлетворительным, но чаще всего, особенно при автоматизированном выборе, существует потребность выделения оптимального варианта. Для этого необходимо ввести дополнительные условия и решить вторую многокритериальную задачу, которая сводится к строгому упорядочению сравнительных вариантов и показателей эффективности на основе отношения (R)

$$B_1RB_2 \leftrightarrow [K^1(B_1) < K^1(B_2) \vee K^1(B_1) = K^1(B_2)] \wedge [K^2(B_1) < K^2(B_2) \vee K^2(B_1) = K^2(B_2)] \wedge \dots [K^{m-1}(B_1) < K^{m-1}(B_2) \vee K^{m-1}(B_1) = K^{m-1}(B_2)] \wedge [K^m(B_1) < K^m(B_2)] \quad (3)$$

$$B_1RB_2 \leftrightarrow [K^1(B_1) > K^1(B_2) \vee K^1(B_1) = K^1(B_2)] \wedge [K^2(B_1) > K^2(B_2) \vee K^2(B_1) = K^2(B_2)] \wedge \dots [K^{m-1}(B_1) > K^{m-1}(B_2) \vee K^{m-1}(B_1) = K^{m-1}(B_2)] \wedge [K^m(B_1) > K^m(B_2)], \quad (4)$$

Уравнение (3) применяется при минимизации показателей эффективности,

уравнение (4) – при максимизации. Решение задачи сводится к лексикографическому отношению предпочтения, при котором все показатели эффективности строго упорядочены по важности. В процессе сравнения вариантов в первую очередь используется первый по важности показатель за счет потерь по остальным показателям. При равенстве значений первого показателя для двух или более вариантов используется второй показатель эффективности и так до показателя K^m . Третья многокритериальная задача построена на основе комбинированного метода, включающего безусловный и условный критерии, при этом на первом этапе применяется безусловный критерий, который исключает потери полезной информации в виде нехудших вариантов и дает гарантию, что в процессе выбора на втором этапе на основе условного критерия будет выделен оптимальный вариант из множества нехудших вариантов.

В работе предложено математическое описание процесса выбора нехудших вариантов, реализующее первый этап комбинированного метода. Для объективного выбора множества нехудших вариантов необходимо осуществить замыкание исходного множества вариантов, т.е. выделить допустимое множество. Исходным является: множество исходных вариантов $M_{\text{исх}} = \{B_i\} = \{B_1, B_2, \dots, B_N\}$, $i = 1, 2, \dots, N$; множество показателей эффективности $\{K^k\} = \{K^1, K^2, \dots, K^m\}$, $k = 1, 2, \dots, m$; множество значений показателей эффективности $\widehat{K} = \{\widehat{K}_1^K, \widehat{K}_2^K, \dots, \widehat{K}_{M_K}^K\}$, M_K – число значений показателей эффективности, $k = 1, 2, \dots, m$. Для выделения допустимых вариантов необходимо ввести ограничения на значения показателей эффективности $\widehat{K}_T^K = \{\widehat{K}_T^1, \widehat{K}_T^2, \dots, \widehat{K}_T^m\}$. На основе $M_{\text{исх}}$ и \widehat{K}_T^K формируется матрица для выделения допустимых вариантов $A_g = |a_{ij}|$, строки матрицы соответствуют исходным вариантам, столбцы – требуемым значениям показателей эффективности. Элементы матрицы определяются в соответствии с выражением

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } B_i \in (\widehat{K}_T^1 \vee \widehat{K}_T^2 \vee \dots \vee \widehat{K}_T^m) \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (5)$$

Непосредственно выделение допустимых вариантов осуществляется путем логического умножения столбцов матрицы

$$A_g = A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_m,$$

где

$$A_1 \rightarrow \widehat{K}_T^1, A_2 \rightarrow \widehat{K}_T^2, \dots, A_m \rightarrow \widehat{K}_T^m. \quad (6)$$

Множество допустимых вариантов выбирается на основе пересечения множеств

$$M_g = X_1 \wedge X_2 \wedge \dots \wedge X_m, \quad (7)$$

где X_1, X_2, \dots, X_m – множества, элементами которых являются варианты, которым в столбцах матрицы A_g соответствует единица.

Выделение нехудших вариантов осуществляется на основе построения рабочих характеристик показателей эффективности [1, 2]. Исходными являются: множество допустимых вариантов $M_g = \{B_i\} = \{B_1, B_2, \dots, B_{N_g}\}$, $I = 1, 2, \dots, N_g$; множество показателей эффективности $K^k = \{K^1, K^2, \dots, K^m\}$, $k = 1, 2, \dots, m$; множество значений показателей эффективности $\widehat{K}^k = \{\widehat{K}_1^k, \widehat{K}_2^k, \dots, \widehat{K}_{M_k}^k\}$, M_k – число значений показателей эффективности. Для выбора нехудших (рациональных) вариантов необходимо выполнить:

1. Формирование упорядоченного ряда значений показателей эффективности

$$\begin{aligned} \widehat{K}^k &= \{\widehat{K}_1^k, \widehat{K}_2^k, \dots, \widehat{K}_{M_k}^k\}, \quad \widehat{K}^1 = \{\widehat{K}_1^1, \widehat{K}_2^1, \dots, \widehat{K}_{M_{k1}}^1\}, \\ \widehat{K}^2 &= \{\widehat{K}_1^2, \widehat{K}_2^2, \dots, \widehat{K}_{M_{k2}}^2\}, \dots, \\ \widehat{K}^m &= \{\widehat{K}_1^m, \widehat{K}_2^m, \dots, \widehat{K}_{M_{km}}^m\}, \end{aligned} \quad (8)$$

где M_k^1, M_k^2, M_k^m – число значений показателей эффективности.

Упорядоченные ряды (8) по возрастанию формируются при минимизации показателей эффективности в процессе выбора вариантов, при максимизации упорядоченные ряды формируются по убыванию.

2. Формирование матриц для показателей эффективности на основе упорядоченных значений показателей эффективности (8)

$$A_{K^i} = |a_{ij}|, \quad A_{K^2} = |a_{ij2}|, \dots, A_{K^m} = |a_{ijm}|. \quad (9)$$

Строки матриц соответствуют допустимым вариантам, $i = 1, 2, \dots, N_g$; столбцы – значениям упорядоченных рядов показателей эффективности, $j_1 = \widehat{K}_1^1, j_2 = \widehat{K}_2^1, \dots, j_m = \widehat{K}_1^m, \widehat{K}_2^m, \dots, \widehat{K}_{M_{km}}^m$. Первые столбцы матриц (9) соответствуют первым значениям упорядоченных рядов (8), при этом столбцы матриц можно обозначить

$$\begin{aligned} \widehat{K}_1^1 \rightarrow A_1^1, \widehat{K}_2^1 \rightarrow A_2^1, \dots, \widehat{K}_{M_{k1}}^1 \rightarrow A_{M_{k1}}^1; \\ \widehat{K}_1^2 \rightarrow A_1^2, \widehat{K}_2^2 \rightarrow A_2^2, \dots, \widehat{K}_{M_{k2}}^2 \rightarrow A_{M_{k2}}^2, \dots, \\ \widehat{K}_1^m \rightarrow A_1^m, \widehat{K}_2^m \rightarrow A_2^m, \dots, \widehat{K}_{M_{km}}^m \rightarrow A_{M_{km}}^m. \end{aligned} \quad (10)$$

Элементы матриц $A_{K^1}, A_{K^2}, \dots, A_{K^m}$ определяются в соответствии с условиями:

$$a_{ij1} = \begin{cases} 1, & \text{если } B_i \in (A_1^1 \vee A_2^1 \vee \dots \vee A_{M_{k1}}^1) \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$a_{ij2} = \begin{cases} 1, & \text{если } B_i \in (A_1^2 \vee A_2^2 \vee \dots \vee A_{M_{k2}}^2) \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (11)$$

⋮

$$a_{ij1} = \begin{cases} 1, & \text{если } B_i \in (A_1^m \vee A_2^m \vee \dots \vee A_{M_{km}}^m) \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

3. Для выделения множества нехудших вариантов необходимо выполнить логическое умножение матриц (9) в соответствии с условием

$$A_{j_1 j_2}^n = A_{j_1 j_2}^1 \wedge A_{j_1 j_2}^2 \wedge \dots \wedge A_{j_1 j_2}^m, \quad (12)$$

где $n = 2, 3, \dots, m$; $A_{j_1}^1, A_{j_2}^2, \dots, A_{j_m}^m$ – столбцы матриц показателей эффективности (9);

$$A_{j_1}^1 = \{A_1^1, A_2^1, \dots, A_{M_{k1}}^1\}, \quad A_{j_2}^2 = \{A_1^2, A_2^2, \dots, A_{M_{k2}}^2\},$$

$$\dots, \quad A_{j_m}^m = \{A_1^m, A_2^m, \dots, A_{M_{km}}^m\};$$

$A_{j_1 j_2}^2, A_{j_1 j_3}^3, \dots, A_{j_1 j_m}^m$ – логическое умножение матриц (9)

$$\begin{aligned} A_{K^1}, A_{K^2}; A_{K^1}, A_{K^3}; \dots; A_{K^1}, A_{K^m} \\ A_{j_1 j_2}^2 = (A_{j_1}^1 \wedge A_{j_2}^2) = \\ = (A_{j_1}^1 \wedge A_1^2) \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_2^2) \vee \dots \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_{M_{k2}}^2) \\ A_{j_1 j_3}^3 = (A_{j_1}^1 \wedge A_{j_3}^3) = \\ = (A_{j_1}^1 \wedge A_1^3) \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_2^3) \vee \dots \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_{M_{k3}}^3) \\ \vdots \\ A_{j_1 j_m}^m = (A_{j_1}^1 \wedge A_{j_m}^m) = \\ = (A_{j_1}^1 \wedge A_1^m) \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_2^m) \vee \dots \vee (A_{j_1}^1 \wedge A_{M_{km}}^m). \end{aligned} \quad (13)$$

Столбцы матрицы A_{K^1} логически умножаются на каждый столбец матриц $A_{K^2}, A_{K^3}, \dots, A_{K^m}$ до получения решения (совпадения хотя бы одного из единичных элементов столбцов).

Для матриц A_{K^1}, A_{K^2}

$$\begin{aligned} (A_{j_1}^1 \wedge A_1^2) &= (A_1^1 \wedge A_1^2) \vee (A_2^1 \wedge A_1^2) \vee \dots \vee (A_{M_{k1}}^1 \wedge A_1^2) \\ (A_{j_1}^1 \wedge A_2^2) &= (A_1^1 \wedge A_2^2) \vee (A_2^1 \wedge A_2^2) \vee \dots \vee (A_{M_{k1}}^1 \wedge A_2^2) \\ &\vdots \\ (A_{j_1}^1 \wedge A_{M_{k2}}^2) &= (A_1^1 \wedge A_{M_{k2}}^2) \vee \\ &\vee (A_2^1 \wedge A_{M_{k2}}^2) \vee \dots \vee (A_{M_{k1}}^1 \wedge A_{M_{k2}}^2). \end{aligned} \quad (14)$$

Для матриц A_{K^1}, A_{K^3}

$$\begin{aligned} (A_j^1 \wedge A_1^3) &= (A_1^1 \wedge A_1^3) \vee (A_2^1 \wedge A_1^3) \vee \dots \vee (A_{M_{K^1}}^1 \wedge A_1^3) \\ (A_j^1 \wedge A_2^3) &= (A_1^1 \wedge A_2^3) \vee (A_2^1 \wedge A_2^3) \vee \dots \vee (A_{M_{K^1}}^1 \wedge A_2^3) \\ &\vdots \\ (A_j^1 \wedge A_{M_{K^3}}^3) &= (A_1^1 \wedge A_{M_{K^3}}^3) \vee \\ &\vee (A_2^1 \wedge A_{M_{K^3}}^3) \vee \dots \vee (A_{M_{K^1}}^1 \wedge A_{M_{K^3}}^3). \end{aligned} \quad (15)$$

Для матриц A_{K^1}, A_{K^m}

$$\begin{aligned} (A_j^1 \wedge A_1^m) &= (A_1^1 \wedge A_1^m) \vee (A_2^1 \wedge A_1^m) \vee \dots \vee (A_{M_{K^1}}^1 \wedge A_1^m) \\ (A_j^1 \wedge A_2^m) &= (A_1^1 \wedge A_2^m) \vee (A_2^1 \wedge A_2^m) \vee \dots \vee (A_{M_{K^1}}^1 \wedge A_2^m) \\ &\vdots \\ (A_j^1 \wedge A_{M_{K^m}}^m) &= (A_1^1 \wedge A_{M_{K^m}}^m) \vee \\ &\vee (A_2^1 \wedge A_{M_{K^m}}^m) \vee \dots \vee (A_{M_{K^1}}^1 \wedge A_{M_{K^m}}^m). \end{aligned} \quad (16)$$

В результате выполнения операций (12–16) выделено множество точек вариантов в координатах рабочих характеристик показателей эффективности $K^1K^2, K^1K^3, \dots, K^1K^m$ в соответствии с условием

$$X_{j_1j_2}^n = X_{j_1j_2}^2 \vee X_{j_1j_3}^3 \vee \dots \vee X_{j_1j_m}^m, \quad (17)$$

где $X_{j_1j_2}^2, X_{j_1j_3}^3, \dots, X_{j_1j_m}^m$ – множества вариантов (в частном случае один вариант), полученные в результате логического умножения матриц (12);

$X_j^1, X_j^2, \dots, X_j^m$ – множества вариантов, которым в столбцах матриц (9) соответствуют единичные значения: $X_{j_1j_2}^2$ соответствует рабочей характеристике $K_1 = f(K_2)$;

$X_{j_1j_3}^3$ – рабочей характеристике $K_1 = f(K_3)$;

$X_{j_1j_m}^m$ – рабочей характеристике $K_1 = f(K_m)$,

$X_j^1 = \{X_1^1, X_2^1, \dots, X_{M_{K^1}}^1\}$, $X_j^2 = \{X_1^2, X_2^2, \dots,$

$X_{M_{K^2}}^2\}$, ..., $X_j^1 = \{X_1^m, X_2^m, \dots, X_{M_{K^m}}^m\}$.

Для множеств матриц A_{K^1}, A_{K^2}

$$\begin{aligned} (X_j^1 \wedge X_2^2) &= (X_j^1 \wedge X_1^2) \vee (X_j^1 \wedge X_2^2) \vee \dots \vee (X_j^1 \wedge X_{M_{K^2}}^2) \\ (X_j^1 \wedge X_1^2) &= (X_1^1 \wedge X_1^2) \vee (X_2^1 \wedge X_1^2) \vee \dots \vee (X_{M_{K^1}}^1 \wedge X_1^2) \\ (X_j^1 \wedge X_2^2) &= (X_1^1 \wedge X_2^2) \vee (X_2^1 \wedge X_2^2) \vee \dots \vee (X_{M_{K^1}}^1 \wedge X_2^2) \\ &\vdots \\ (X_j^1 \wedge X_{M_{K^2}}^2) &= (X_1^1 \wedge X_{M_{K^2}}^2) \vee \\ &\vee (X_2^1 \wedge X_{M_{K^2}}^2) \vee \dots \vee (X_{M_{K^1}}^1 \wedge X_{M_{K^2}}^2). \end{aligned} \quad (18)$$

Для множеств матриц A_{K^1}, A_{K^3}

$$\begin{aligned} (X_j^1 \wedge X_1^3) &= (X_j^1 \wedge X_1^3) \vee (X_j^1 \wedge X_2^3) \vee \dots \vee (X_j^1 \wedge X_{M_{K^3}}^3) \\ (X_j^1 \wedge X_2^3) &= (X_1^1 \wedge X_2^3) \vee (X_2^1 \wedge X_2^3) \vee \dots \vee (X_{M_{K^1}}^1 \wedge X_2^3) \\ (X_j^1 \wedge X_2^3) &= (X_1^1 \wedge X_2^3) \vee (X_2^1 \wedge X_2^3) \vee \dots \vee (X_{M_{K^1}}^1 \wedge X_2^3) \\ &\vdots \\ (X_j^1 \wedge X_{M_{K^3}}^3) &= (X_1^1 \wedge X_{M_{K^3}}^3) \vee \\ &\vee (X_2^1 \wedge X_{M_{K^3}}^3) \vee \dots \vee (X_{M_{K^1}}^1 \wedge X_{M_{K^3}}^3). \end{aligned} \quad (19)$$

Для множеств матриц A_{K^1}, A_{K^m}

$$\begin{aligned} (X_j^1 \wedge X_{j_m}^m) &= (X_j^1 \wedge X_1^m) \vee (X_j^1 \wedge X_2^m) \vee \dots \vee (X_j^1 \wedge X_{M_{K^m}}^m) \\ (X_j^1 \wedge X_1^m) &= (X_1^1 \wedge X_1^m) \vee (X_2^1 \wedge X_1^m) \vee \dots \vee (X_{M_{K^1}}^1 \wedge X_1^m) \\ (X_j^1 \wedge X_2^m) &= (X_1^1 \wedge X_2^m) \vee (X_2^1 \wedge X_2^m) \vee \dots \vee (X_{M_{K^1}}^1 \wedge X_2^m) \\ &\vdots \\ (X_j^1 \wedge X_{M_{K^m}}^m) &= (X_1^1 \wedge X_{M_{K^m}}^m) \vee \\ &\vee (X_2^1 \wedge X_{M_{K^m}}^m) \vee \dots \vee (X_{M_{K^1}}^1 \wedge X_{M_{K^m}}^m). \end{aligned} \quad (20)$$

Нехудшими вариантами в координатах рабочих характеристик $K^1K^2, K^1K^3, \dots, K^1K^m$ являются варианты, соответствующие точкам левой границы, при минимизации показателей эффективности, точкам правой границы – при максимизации показателей эффективности. Множество нехудших вариантов, соответствующее множеству показателей эффективности $K^k = \{K^1, K^2, \dots, K^m\}$, определяется в соответствии с условием $M_{HX} = M_{1,2} \vee M_{1,3} \vee \dots \vee M_{1,m}$, где $M_{1,2}, M_{1,3}, M_{1,m}$ – варианты, выделенные в координатах рабочих характеристик.

На основе изложенного математического описания процесса выбора вариантов разработан алгоритм и программное обеспечение для выбора рациональных вариантов компьютерных средств автоматизации.

Предложенный метод может применяться для многокритериального выбора вариантов промышленных сетей, топологии вычислительных сетей и программного обеспечения на основе SCADA-систем для распределенных систем управления.

Библиографический список

1. Дорошенко, В.А. Метод выбора вариантов компоненты технологических потоков обработки древесного сырья / В.А. Дорошенко, Л.В. Леонов, Л.В. Друк // Технология и оборудование для переработки древесины: сб. науч. тр. – Вып. 324. – М.: МГУЛ, 2004. – С. 68–81.
2. Дорошенко, В.А. Синтез технологической структуры автоматизированных технологических процессов первичной обработки древесины: монография / В.А. Дорошенко. – Красноярск: КГТА, 1996. – 299 с.
3. Загоруйко, Н.Г. Проблема выбора в задачах анализа данных и управления / Н.Г. Загоруйко, Г.С. Лбов. // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2000. – Т. 3. – С. 101–109.
4. Перегудов, Ф.И. Основы системного анализа / Ф.И. Перегудов. – Томск, 1997. – 396 с.
5. Дубов, Ю.А. Многокритериальные модели формулирования и выбора вариантов систем / Ю.А. Дубов, С.Н. Травкин. – М.: Наука, 1986. – 296 с.
6. Черноруцкий, И.Г. Методы принятия решений / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 416 с.

ПРОМЫШЛЕННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ, ОБЪЕДИНЕННЫХ СЕТЬЮ CAN-bus

Д.И. ОРЕХОВ, *асп. физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова,*
А.С. ЧЕПУРНОВ, *ст. науч. сотр НИИЯФ МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. физ.-мат. наук,*
А.А. САБЕЛЬНИКОВ, *ведущий программист ИОЯФ РНЦ «Курчатовский институт»*

Для любой большой современной промышленной или физической установки необходима система контроля, служащая для поддержания установки в рабочем состоянии. Такая система, как правило, работает параллельно с системой управления установкой. Система контроля должна осуществлять сбор и отображение данных о контрольных параметрах установки в реальном времени, а также последующий анализ собранных данных. Отметим, что под большой установкой мы понимаем сложное инженерное сооружение, состоящее из нескольких подсистем и расположенное на большой площади. Такие системы характеризуются следующими особенностями:

- используется большое количество первичных датчиков, состояние которых необходимо контролировать в ходе работы или эксперимента;

- происходит получение огромного количества «сырых» данных, которые обрабатываются с целью извлечения «физических» данных;

- несмотря на тщательный отбор электронных компонентов, существует вероятность их выхода из строя, что приведет к потере данных и искажению результатов работы установки.

Для контроля состояния большой установки нами была разработана распределенная система, построенная по модульному принципу. Модули системы взаимодействуют посредством стандартных и документированных интерфейсов. Применение широко распространенных промышленных шин для связи компонентов системы контроля гарантирует большую стабильность работы, повышает удобство обслуживания за счет стандартизированных средств анализа и диагностики, облегчает расширяемость системы, позволяя использовать разработанные сторонними про-

изводителями модули, а для больших систем также способствует уменьшению стоимости разработки. Чтобы обеспечить оперативный доступ к данным, система контроля должна обеспечивать возможность удаленной работы. Для этого наиболее удобно использовать глобальную сеть Internet, организуя визуализацию текущего состояния установки при помощи WEB-интерфейса.

В некоторых случаях, например при использовании установки в научных экспериментах, собранные данные необходимо дополнительно исследовать. Анализ полученных данных позволяет:

- выявить характер спорадических эффектов и критических неисправностей в отдельных датчиках и в группах датчиков;

- определить наличие коррелированных изменений в группах датчиков;

- оценить периодические вариации сигнала с использованием Фурье-анализа;

- провести спектральный анализ сигналов с датчиков;

- исследовать наличие корреляций наблюдаемых параметров с другими физическими характеристиками установки (температура, давление, уровень радиации, вибрации, акустические шумы и т.д.).

Так как процессы сбора и анализа данных происходят в разное время, то информацию после предварительной обработки необходимо сохранить для дальнейшего анализа.

Архитектура аппаратной части системы

При многоканальном сборе данных в распределенных промышленных системах наиболее распространены следующие интерфейсы датчиков физических величин – «токовый 4–20 мА», по напряжению 0–10 В, и частотный.

Рассмотрим частотный интерфейс. При реализации частотного интерфейса

физическая величина преобразуется в сигнал частоты. Например, в частотную форму можно преобразовать такие параметры, как температура, напряжение, давление. Такое преобразование обеспечивает удобство при передаче сигнала для дальнейшей обработки благодаря технически более простой и дешевой гальванической развязке. Поэтому универсальным входным преобразователем в предлагаемом архитектурном решении является модуль, имеющий несколько входов для измерения частоты.

Для объединения измерительных модулей нашей системы и их подключения к центральному компьютеру из множества существующих промышленных сетей была выбрана шина CAN (Controller Area Network). В силу своих особенностей: надежный алгоритм обработки и фиксации ошибок, высокая скорость передачи данных (до 1 Мбит/с) и помехоустойчивость – шина CAN хорошо подходит для создания распределенных систем сбора данных, контроля и управления [1,2]. Гибкость CAN достигается за счет простого подключения и отключения от шины CAN-модулей. Современный стандарт CAN 2.0B [3] описывает реализацию двух нижних уровней эталонной модели ISO/OSI: физического и канального. В связи с этим для организации передачи данных требуется применение того или иного протокола верхнего (прикладного) уровня. Реализация протокола верхнего уровня определяет способ адресации узлов сети, отвечает за распределение адресов и приоритетов устройств, обработку передаваемых данных. Из множества существующих можно выделить следующие протоколы верхнего уровня для шины CAN: DeviceNet, который широко применяется в области АСУ ТП, и CANopen, который используется при построении распределенных встроенных систем управления [4,5]. Отличительной особенностью этих протоколов является открытость спецификации и наличие соответствующих международных стандартов. В реализованной нами системе контроля используется протокол DeviceNet.

Важной архитектурной особенностью системы является возможность организации сбора данных посредством нескольких

независимых подсистем. В каждой из этих подсистем может измеряться до 256 каналов частоты с помощью нескольких контроллеров-частотомеров, связь между которыми происходит по протоколу DeviceNet. Каждая подсистема контроллеров является отдельной CAN-сетью. При этом контроллеры для каждой из подсистем могут иметь отличающиеся технические характеристики (канальность, диапазон измеряемых частот) в зависимости от конкретной задачи, но при этом имеют одинаковое логическое представление в системе. Предполагается, что к одному модулю подключаются датчики, территориально расположенные в одной области контролируемой установки. Использование независимых друг от друга групп контроллеров позволяет обеспечить логическую группировку датчиков по географическому или функциональному признаку. Для измерения физических параметров, отличных от частоты, в систему могут быть добавлены стандартные модули-преобразователи, соединенные по шине CAN и поддерживающие протокол DeviceNet.

При разработке системы предполагалось измерение относительно медленно меняющихся параметров: характерное время изменения должно превышать 1 с. Измеряемое значение физического параметра после преобразования в частоту при этом может лежать в диапазоне от 10 до $0,5 \times 10^6$ Гц. Точность измерения частоты составляет 1 Гц в средней части рабочего диапазона, а вблизи границ диапазона имеет погрешность не более 10 %.

Архитектура программной части системы

Программное обеспечение системы контроля, сбора и анализа данных (рис. 1) построено по многоуровневой схеме. В частности, в нем можно выделить 4 функциональных уровня: аппаратный, сбора данных, обработки данных и отображения данных.

Также можно выделить 6 функциональных подсистем (рис. 2 и 3):

- 1) сбора данных (уровень сбора данных);
- 2) имитации реальных данных (уровень сбора данных);
- 3) обработки данных (уровень обработки данных);

4) сохранения данных (уровень обработки данных);

5) визуализации данных (уровень отображения данных);

6) offline анализа (уровень отображения данных).

Как видно на схеме (рис. 1), программные модули подсистем находятся на разных компьютерах. Такая архитектура обеспечивает возможность расширения системы и служит для балансировки нагрузки на компоненты системы. Кроме того, распределенная

схема наилучшим образом подходит для системы, выполняющей такие неоднородные и разделенные во времени задачи, как контроль состояния, накопление и анализ данных.

Рассмотрим каждую подсистему в отдельности.

На аппаратном уровне системы происходит сбор данных о контролируемых параметрах, которые поступают от множества датчиков к контроллерам, соединенным по шине CAN. Контроллеры в CAN-сети являются Slave устройствами (рис. 1).

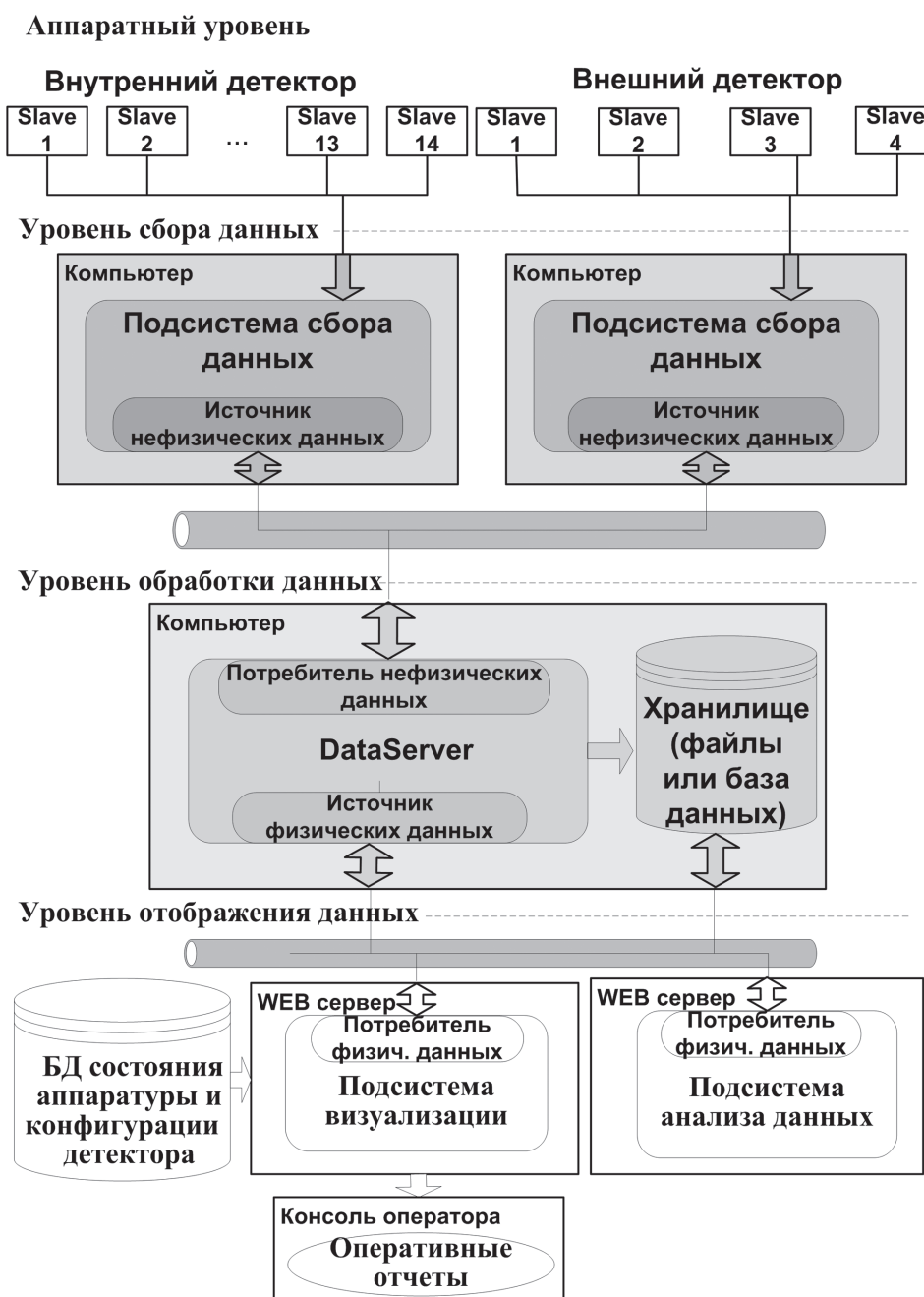


Рис. 1. Структурная схема программного обеспечения системы контроля

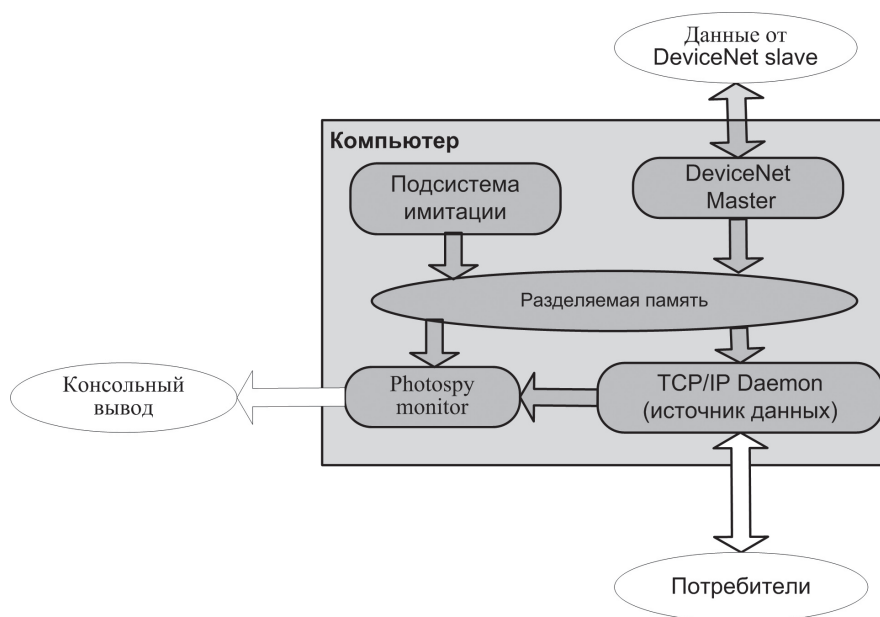


Рис. 2. Структура подсистемы сбора данных.

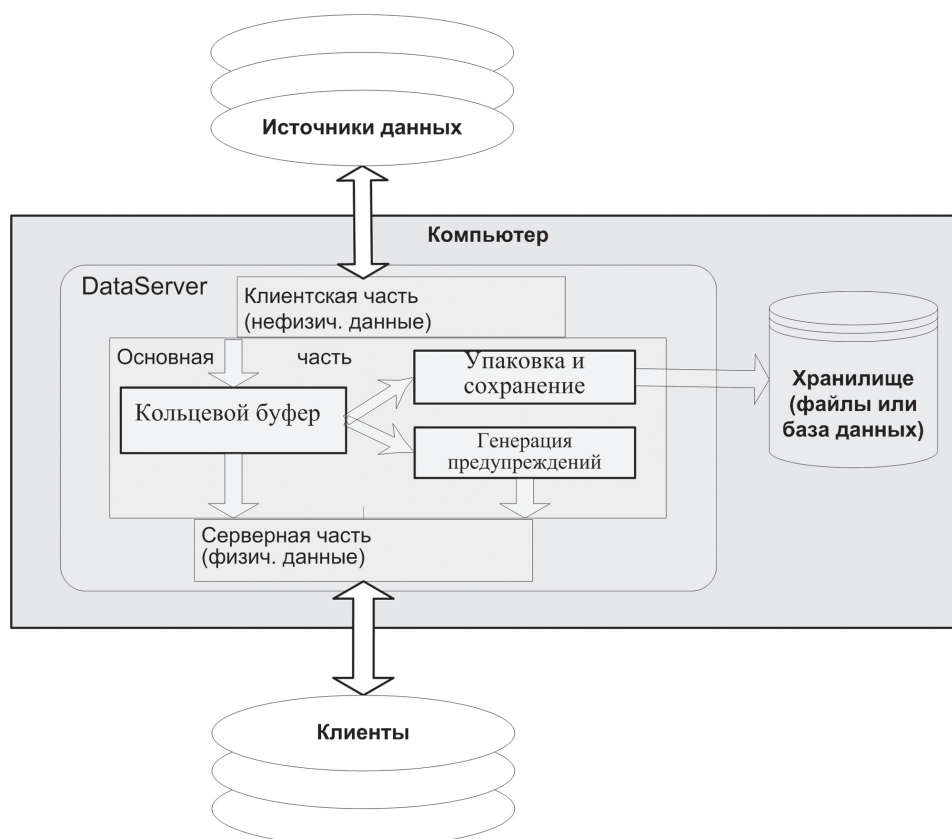


Рис. 3. Структура подсистемы обработки данных

Далее данные поступают к модулю сбора данных (DeviceNet Master) и записываются в область распределенной памяти (рис. 2). Если установка не находится в рабочем режиме, то в область распределенной памяти данные могут поступать и от модуля имитации. Подсистема имитации позволяет смоделировать нетипичные состояния установки, обеспечивая проверку адекватности поведения системы сбора и визуализации данных. Интерфейсная часть модуля имитации позволяет в реальном времени задавать поведение каждого из имитируемых каналов через удобный графический интерфейс.

Далее данные поступают к модулю сбора данных (DeviceNet Master) и записываются в область распределенной памяти (рис. 2). Если установка не находится в рабочем режиме, то в область распределенной памяти данные могут поступать и от модуля имитации. Подсистема имитации позволяет смоделировать нетипичные состояния установки, обеспечивая проверку адекватности поведения системы сбора и визуализации данных. Интерфейсная часть модуля имитации позволяет в реальном времени задавать поведение каждого из имитируемых каналов через удобный графический интерфейс.

Из области распределенной памяти данные забираются модулем передачи данных (TCP/IP daemon) (рис. 2). Этот модуль является источником данных для подсистемы обработки данных (dataserver) (рис. 3). Модуль обработки отправляет запросы к модулю передачи с периодом 0.5 с, что составляет 1/2 характерного времени поступления данных (1 с). Модуль обработки данных осуществляет временное хранение данных и выдачу данных по запросам с уровня отображения данных. Область временного хранения организована в виде кольцевого буфера, что позволяет реализовать быструю выдачу предыстории сигнала за определенный настраиваемый промежуток времени для модуля визуализации. Подсистема упаковки данных в БД (dataserver) производит первичную обработку данных, привязку их к абсолютному времени и в структурированном виде упаковку в БД (рис. 3). Данные перед сохранением и передачей web-клиентам преобразуются в физическую форму представления, например в частоту, температуру, напряжение dataserver, подсистемы сбора данных и имитации написаны на языке ANSI C для операционной системы Linux.

Как уже было отмечено, сохранение данных необходимо для подробного анализа работы установки. Поэтому при выборе формата хранения данных основной целью являлась возможность полного восстановления временной картины событий в контролируемой установке. При сборе данных с периодом 1 раз в секунду полный объем сохраняемой информации от одной подсистемы контроллеров с 256 каналами равняется примерно 80 Гбайт в год. Оценка показывает, что данные можно хранить на одном сервере баз данных, имеющем несколько современных жестких дисков. Для хранения данных используется реляционная система управления базами данных (СУБД) PostgreSQL [6].

Модули визуализации и анализа данных написаны с использованием CGI скриптов на языках Perl и PHP. Пользовательский интерфейс данных подсистем представляет собой динамически генерируемые WEB-страницы, просмотр которых возможен в любом браузере.

Подсистема визуализации (рис. 1) служит как для контроля состояния установки в реальном времени оператором и анализа аварийных или непонятных событий в работе установки, так и для технологической отладки. Информация о разных подсистемах частотометров отображается на отдельных экранах. Данные могут быть представлены в 2 видах: текущие значения сигнала в каналах и в режиме скользящего временного окна, отображающего предысторию изменения сигнала. Данные на экранах автоматически обновляются с заданным периодом. Благодаря использованию многоуровневой архитектуры программного обеспечения и организации динамической генерации Web-страниц с данными возможно одновременное обслуживание через сеть Internet большого количества запросов на отображение текущего состояния установки.

Подсистема анализа данных генерирует запросы к СУБД для получения информации о контролируемой величине за произвольный период времени (рис. 1). Информация может быть представлена как в числовой форме, так и в виде графиков. Данный модуль предназначен для первичного анализа данных. Для дальнейшего исследования информация выгружается во внешний файл и передается в какой-либо математический пакет.

Практическая реализация системы

Описанная архитектура была использована при создании системы контроля темновых шумов фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) для большого нейтринного детектораorexino [7]. Система выполняет функцию мониторинга состояния детектора и его готовности для выполнения основной целевой функции по сбору физических данных.

Детекторorexino можно отнести к классу больших систем из-за его размеров и количества используемых в нем устройств и подсистем. Детектор представляет собой сферу диаметром 13,7 м, помещенную в водный резервуар диаметром 18 м. Функционально детектор, как и система контроля темновых шумов, разделен на 2 части: «внутреннюю» и «внешнюю». Внутренняя содержит 2400 ФЭУ, внешняя – 200 ФЭУ.

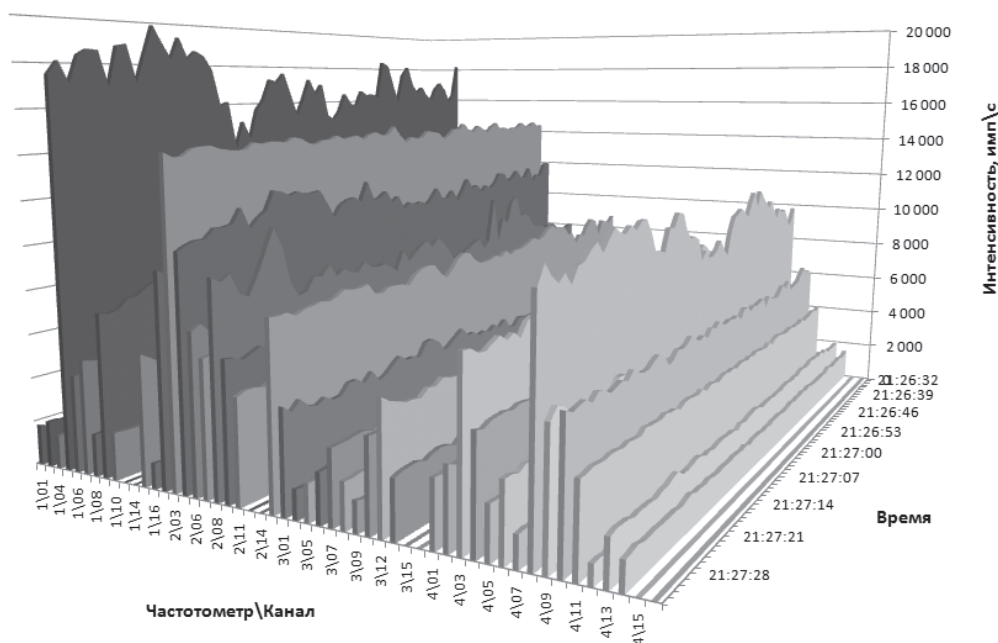


Рис. 4. График интенсивности темновых шумов ФЭУ

Характерной особенностью любого ФЭУ являются темновые шумы. При определенных условиях темновые шумы способны сделать эффективную работу детектора невозможной, поэтому контроль интенсивности темновых шумов является критически важной задачей.

Созданная система была запущена в тестовую эксплуатацию на детекторе Borexino осенью 2004 г. За время ее тестовой эксплуатации уже накоплено некоторое количество экспериментальных данных. На рис. 4 показана временная зависимость средней интенсивности темновых шумов для 40 каналов одной подсистемы детектора.

В 2007 г. система была запущена в эксплуатацию для ежедневного использования дежурной сменой операторов, следящих за состоянием детектора.

Разработанные нами программные и аппаратные компоненты образуют законченную платформу для построения распределенных систем контроля, сбора и анализа данных в режиме реального времени. Созданная на основе данной платформы система способна обеспечить оперативный контроль работы большой промышленной установки. Архитектура платформы позволяет легко масштабировать и расширять функциональные возможности созданной на ее основе системы. На основе описанных аппаратных и програм-

мных компонентов предполагается разработка современных систем сбора данных в АСУТП и систем автоматизации больших промышленных и экспериментальных установок, в том числе и в лесной промышленности.

Библиографический список

1. Baribaud, G., Barillere, R., Bland, A. et al. Recommendations for the Use of Fieldbuses at CERN in the LHC Era. //Proceedings of the 1997 Int. Conf. on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems (Beijing, China, November 3-7, 1997). – P. 285.
2. Chepurnov A.S., Nedeoglo F.N., Etenko A.V., Sabelnikov A.A. Application of Software and Hardware Components of CAN-technology for Accelerator Control. //Problems of Atomic Science and Technology. – 2004. – №2. Series: Nuclear Physics Investigations (43) – P. 75
3. CAN Specification 2.0B. – Germany, Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 1991. – <http://www.semiconductors.bosch.de/pdf/can2spec.pdf>
4. Lawrenz, W. CAN System Engineering, From Theory to Practical Applications. – New York: Springer-Verlag, 1997. – P. 468. – ISBN 0-387-94939-9.
5. Etschberger, K. Controller Area Network, basics, Protocols, Chips and Applications. – Germany: IXXAT Press, 2001. – P. 431. – ISBN 3-00-007376-0.
6. PostgreSQL Documentation. – PostgreSQL Global Development Group, 2007. – <http://www.postgresql.org/docs/>
7. Borexino Collaboration «SCIENCE AND TECHNOLOGY OF BOREXINO: A REAL TIME DETECTOR FOR LOW ENERGY SOLAR NEUTRINOS». //Astroparticle Physics. – 2002. – Vol. 16 – P. 205.

КОМПЛЕКСНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ ПРОГРАММА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОВОРОТНОЙ ВИБРОЗАЩИТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

А.Е. БОРИСОВ, асп. каф. систем автоматизированного управления МГУЛ

Динамическая обстановка на борту КА характеризуется широким амплитудно-частотным диапазоном действующих микроускорений, который можно условно разделить на вибрационные (фоновые) ($f > 10^{-2}$ Гц) и квазистационарные ($f < 10^{-2}$ Гц).

Изоляция гравитационно чувствительной научной аппаратуры от динамических воздействий на борту КА до настоящего времени осуществлялась в основном с помощью стационарных виброзащитных платформ. Такой способ позволяет эффективно блокировать вибрационные микроускорения в области средних и высоких частот, и проблему защиты бортовой аппаратуры от вибрационных воздействий можно считать в принципе решенной.

Анализ квазистационарной составляющей показал, что изменение компонент ускорения со временем носит довольно сложный характер, а суммарный вектор совершает пространственные эволюции. Одна из реализаций годографа вектора квазистационарного микроускорения на борту МКС представлена на рис. 1.

Однако известно, что именно квазистационарное ускорение даже очень низкого уровня ($\sim 10^{-5} - 10^{-6}g$) негативно влияет на многие технологические процессы, в частности на структурное совершенство и однородность свойств получаемого кристалла при выращивании его из раствора.

Особо следует отметить, что степень этого влияния в основном обусловлена не столько абсолютным значением ускорения, сколько его изменяющимся угловым положением относительно характерного направления исследуемого процесса (градиента температуры, концентрации и т.п.) [1].

На рис. 2 представлена фотография кристалла InSb:Te, выращенного на КА «Фотон-5» [4]. Основная причина сложной асимметрии части кристалла, выросшей в условиях полета КА, – воздействие на расплав

вектора квазистационарных микроускорений, имеющего переменную по величине компоненту ($\sim 10^{-5} - 10^{-6} g_0$), ортогональную направлению кристаллизации.

На сегодняшний день представляется актуальным решение технической проблемы сохранения заданной ориентации бортовой технологической установки относительно изменяющегося во времени вектора квазипостоянных микроускорений.

Разрабатываемая автоматическая поворотная виброзащитная платформа (АПВП) представляет собой прецизионную следящую систему, выполненную по схеме двухстепенного карданового подвеса. Назначением данной платформы является обеспечение заданного стабильного углового положения выделенной оси располагающейся на ней научно-технологической установки по отношению к изменяющемуся по направлению вектору квазипостоянных ускорений. Одновременно осуществляется виброзащита этой аппаратуры от фоновых микроускорений в области средних и высоких частот [2, 3].

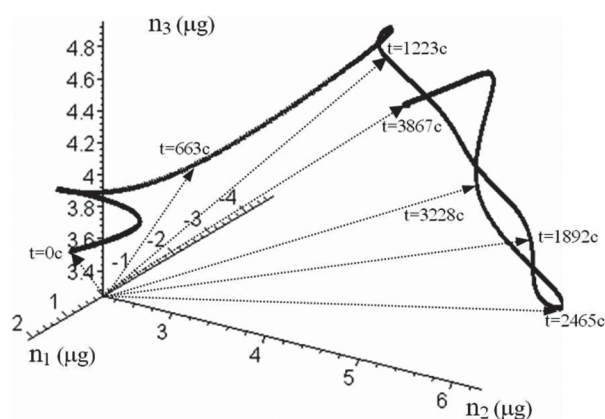


Рис. 1. Годограф вектора квазистационарного микроускорения



Рис. 2. Кристалл, выращенный на борту КА

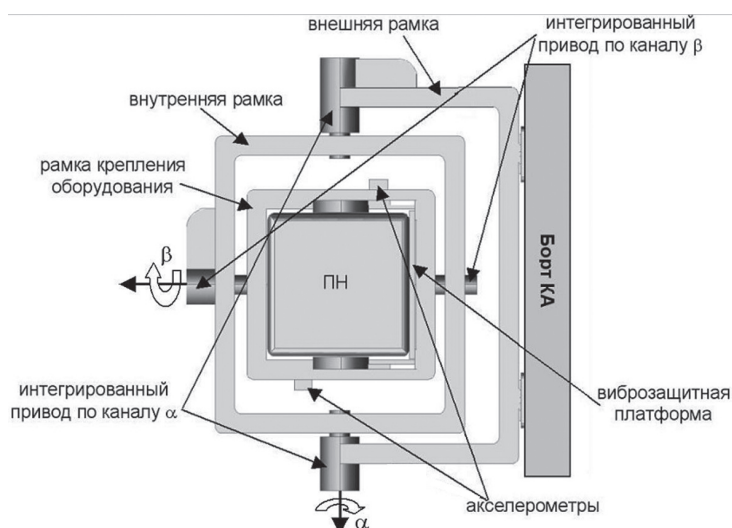


Рис. 3. Компоновочная схема АПВП

Важным этапом исследований функциональных возможностей АПВП являются исследования, основанные на постановке численных экспериментов. Инструментом численных экспериментов являются математические модели, наиболее адекватно описывающие технические, динамические и кинематические параметры систем и подсистем АПВП.

Компоновочная схема автоматической поворотной виброзащитной платформы

Автоматическая поворотная виброзащитная платформа состоит из 2-х систем обеспечения требуемых динамических условий: виброзащитной платформы и автоматической двухстепенной двухосной поворотной платформы, каждая из которых выполняет вполне конкретную задачу: виброзащитная платформа – виброзащиту полезной нагрузки (ПН), автоматическая поворотная платформа – стабилизацию положения полезной нагрузки относительно вектора квазипостоянных микроускорений.

Виброзащитная платформа с полезной нагрузкой располагается на последней ступени АПВП «Флюгер» с помощью рамки крепления оборудования и разрабатывается под конкретную ПН и конкретный эксперимент.

На рис. 3 представлена компоновочная схема платформы.

В состав АПВП «Флюгер» входят:

- рама наружная и внутренняя;
- рама крепления оборудования, предназначенная для крепления виброзащитной

платформы и установки портов коммутации полезной нагрузки;

- интегрированный двухконтурный привод, включающий механические узлы и детали с подсистемами управления, датчики и исполнительные элементы контуров наведения и стабилизации полезной нагрузки относительно суммарного вектора ускорения, механизм закрутки кабельного узла;

- блок прецизионных акселерометров, предназначенный для получения информации о векторе ошибки рассогласования между выделенной осью целевой научной аппаратуры и вектором квазистационарной составляющей бортового микроускорения;

- другие системы и блоки обеспечения функционирования платформы.

АПВП – сложная электромеханическая система, описываемая нелинейными уравнениями высокого порядка. Основу механической системы составляет поворотное устройство, имеющее две взаимно перпендикулярные оси вращения. По каждой из осей поворота установлены два моментных контура, обеспечивающих наиболее точное отслеживание вектора квазипостоянного ускорения. Первый моментный контур – контур наведения (КН) – обеспечивает грубое силовое наведение оси установки. Задачей контура наведения является разворот установки с блоком упругих транзитных кабелей таким образом, чтобы обеспечить область малых углов и зоны линейности для функционирования точного контура – контура стабилизации.

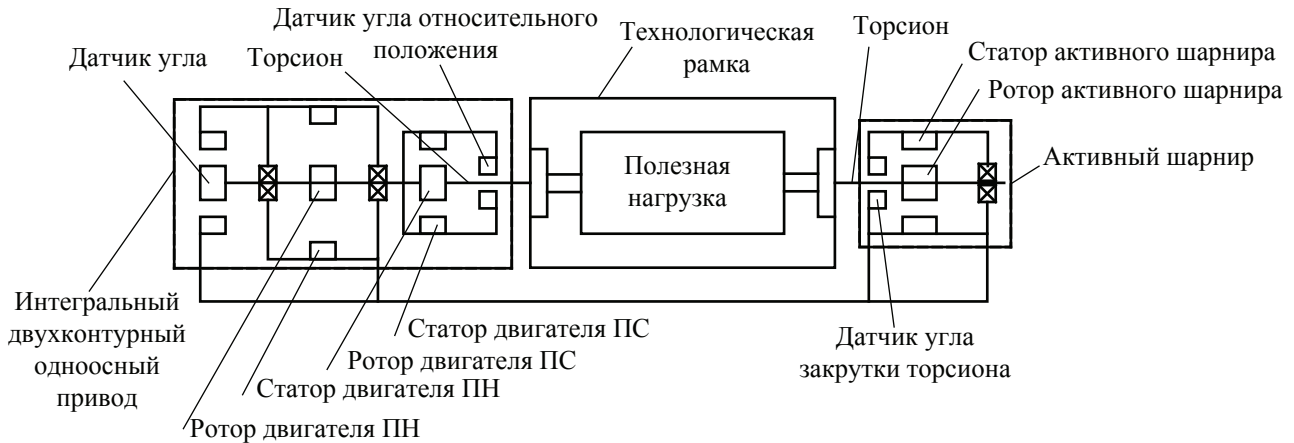


Рис. 4. Структурная схема взаимодействия приводов

Технической основой двухконтурной системы являются интегрированные моментные электропривода, расположенные по каждой из осей вращения. Структурно данные привода состоят из двух моментных электродвигателей, имеющих общий контроллер и функционально синхронизованных.

Системы приводов унифицированы по каждому угловому каналу. Технологическая рамка с полезной нагрузкой установлена на тorsiонах. С тorsiоном жестко связан ротор контура стабилизации и ротор датчика угла относительного перемещения, измеряющий угол закрутки тorsiона. Статор двигателя контура стабилизации жестко связан с ротором двигателя контура наведения. Для ограничения закрутки правого тorsiона установлен активный шарнир. На рис. 4 приведена структурная схема взаимодействия приводов.

Для определения бортовых ускорений в точке пересечения осей вращения (точка O) используется два трехосных акселерометра (Ac), расположенных на рамке крепления оборудования симметрично относительно точки O (рис. 5). В соответствии с рисунком левый и правый акселерометры измеряют ускорения \vec{n}_- и \vec{n}_+ :

$$\vec{n}_- = \vec{n}_o - \left(\frac{d\vec{\Omega}}{dt} + \frac{d\vec{\omega}}{dt}\right) \times \vec{l} - [(\vec{\Omega} + \vec{\omega}) \times \vec{l}] \times (\vec{\Omega} + \vec{\omega});$$

$$\vec{n}_+ = \vec{n}_o + \left(\frac{d\vec{\Omega}}{dt} + \frac{d\vec{\omega}}{dt}\right) \times \vec{l} + [(\vec{\Omega} + \vec{\omega}) \times \vec{l}] \times (\vec{\Omega} + \vec{\omega}),$$

где \vec{n}_o – ускорение точки O ;
 $\vec{\Omega}$ – угловая скорость КА;
 $\vec{\omega}$ – собственная угловая скорость рамки крепления.

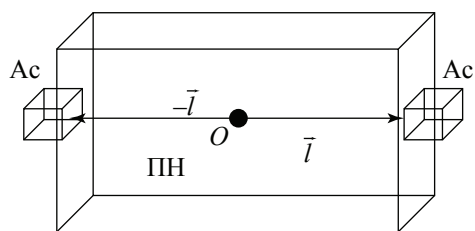


Рис. 5. Расположение акселерометров

Измеренное ускорение в точке O определяется как

$$\vec{n}_o = \frac{\vec{n}_- + \vec{n}_+}{2}.$$

Оценка квазистационарной составляющей и ее временной производной производится на основе динамической фильтрации данных измерений в системе координат, связанной с бортом КА.

Технические параметры платформы:

- масса полезной нагрузки, кг – < 60;
- габариты полезной нагрузки, мм – 300×220×600;
- мощность полезной нагрузки максимальная, Вт – 500;
- масса АПВП «Флюгер», кг – 55;
- габаритные размеры платформы, мм – 880×685×140;
- мощность, потребляемая АПВП «Флюгер», Вт – 100;
- точность стабилизации платформы, g – 3×10⁻⁷;
- углы прокачки платформы
- в вертикальной плоскости (канал «β»), град – ±140;
- в горизонтальной плоскости (канал «α»), град – ±90.

Комплексная имитационная программа

Исследование двухосной двухконтурной платформы проводилось с помощью разработанной комплексной имитационной программы «Флюгер», написанной на языке Delphi 7 с использованием графического пакета OpenGL (рис. 6).

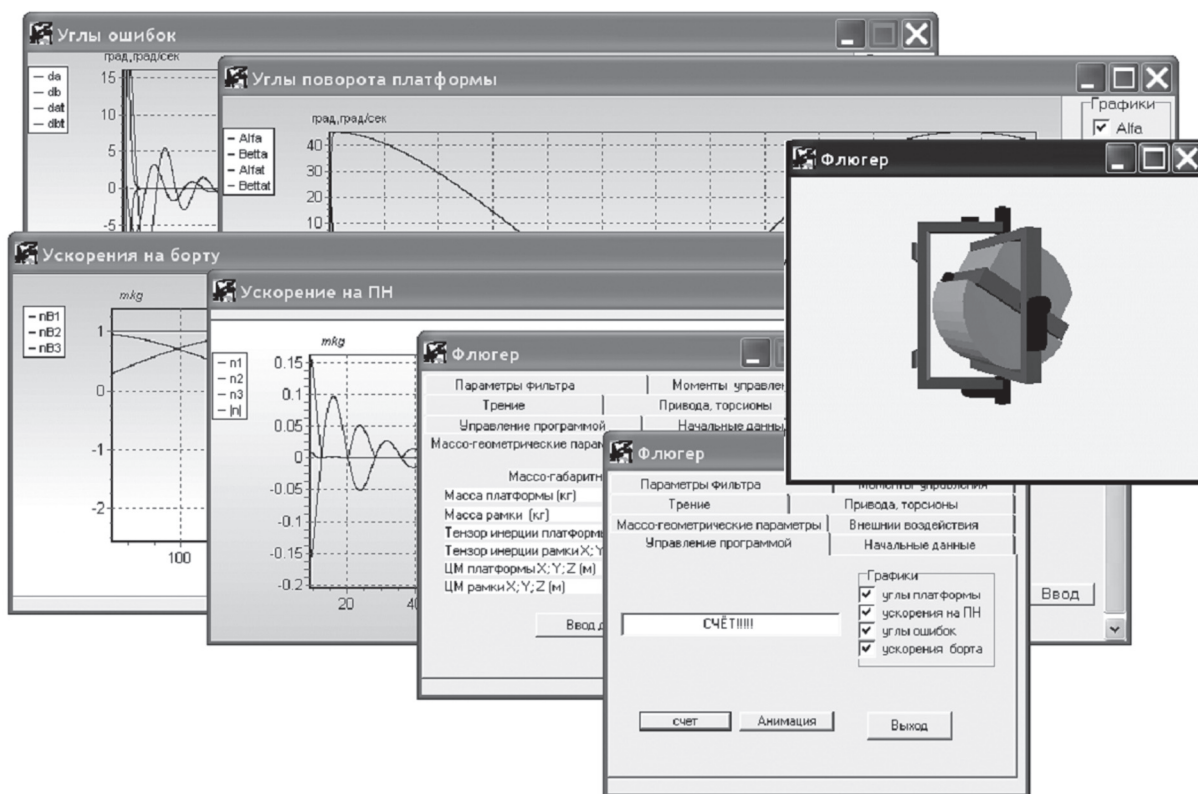


Рис. 6. Интерфейс комплексной имитационной программы

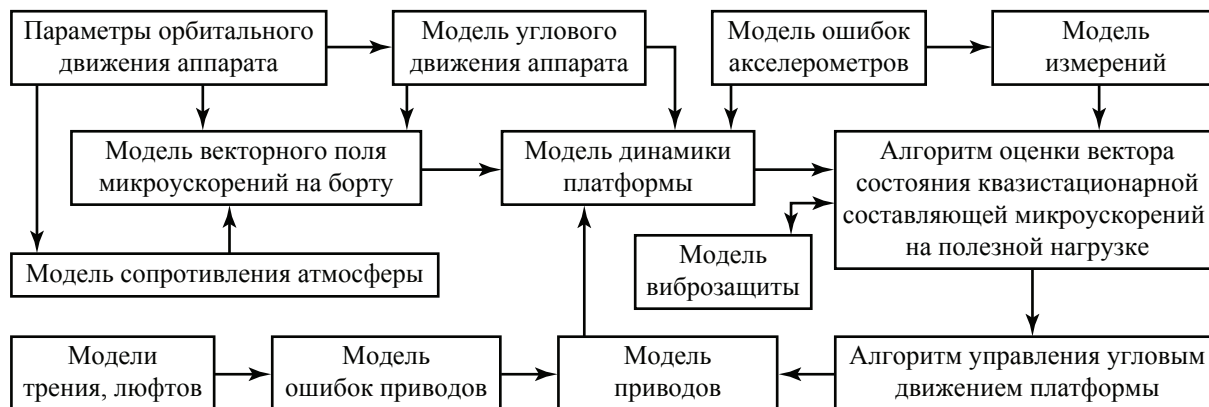


Рис. 7. Структурная схема комплексной имитационной программы

При моделировании учитывались массогабаритные, электромеханические параметры платформы, а также бортовые динамические возмущения различной природы.

Определялась возможность выполнения основного требования, стоящего перед системой управления АПВП, а именно: перпендикулярные составляющие суммарного вектора линейных ускорений на концах полезной нагрузки при поворотах платформы не должны превышать значения $3 \cdot 10^{-7}g$.

Основные модели и алгоритмы комплексной имитационной программы моде-

лирования интегрированной двухконтурной системы наведения АПВП «Флюгер»:

- модель орбитального движения КА;
- модель сопротивления атмосферы;
- модель линейных возмущений АПВП, идущих с борта КА;
- модель моментных возмущений АПВП, идущих с борта КА;
- модель ошибок информационной системы;
- модель двухосной поворотной платформы, закрепленной на подвижном основании – борту КА;

- модель интегрированной двухконтурной системы наведения, включающей моментные двухконтурные привода по каждой из осей наведения;
- модель упругости транзитных приводов;
- модель моментов трения на осях подвеса платформы;
- модель виброзащиты;
- алгоритм обработки информации;
- алгоритм управления системой наведения.

На рис. 7 представлена укрупненная структурная схема комплексной имитационной программы.

Доступными параметрами, передаваемыми через интерфейс программы, являются:

- радиус орбиты КА;
- радиус-вектор точки крепления АПВП в системе координат, связанной с бортом КА;
- массы рамки внутренней и полезной нагрузки с рамкой крепления;
- моменты инерции двигателей;
- коэффициенты управляющих моментов;
- коэффициенты противоЭДС двигателей;
- тензоры инерции рамки внутренней и полезной нагрузки с рамкой крепления;
- смещение центра массы полезной нагрузки относительно точки пересечения осей вращения;

- коэффициенты моментов трения;
- коэффициенты жесткости виброзащитной платформы;
- коэффициенты диссипации торсионов;
- жесткость кабелей;
- коэффициенты усиления фильтров;
- интенсивность флуктуационной составляющей плотности атмосферы;
- интенсивность шума в измерительной системе;
- интенсивность ошибок приводов.

Закон обратной связи в системе управления задается в текстовом режиме как функция от времени и угловых состояний (угла и угловой скорости) рамки крепления и оценки вектора квазистационарной составляющей микроускорений.

Микрогравитационная обстановка и угловые скорости КА могут задаваться как отдельными файлами данных, так и непосредственно моделироваться в текстовом режиме правыми частями дифференциальных уравнений первого порядка с задаваемыми начальными данными.

Комплексная программа позволяет осуществлять визуальное наблюдение процесса функционирования платформы в реальном и масштабированном времени.

Были рассмотрены различные варианты модельных воздействий внешних ускорений на платформу в месте ее установки.

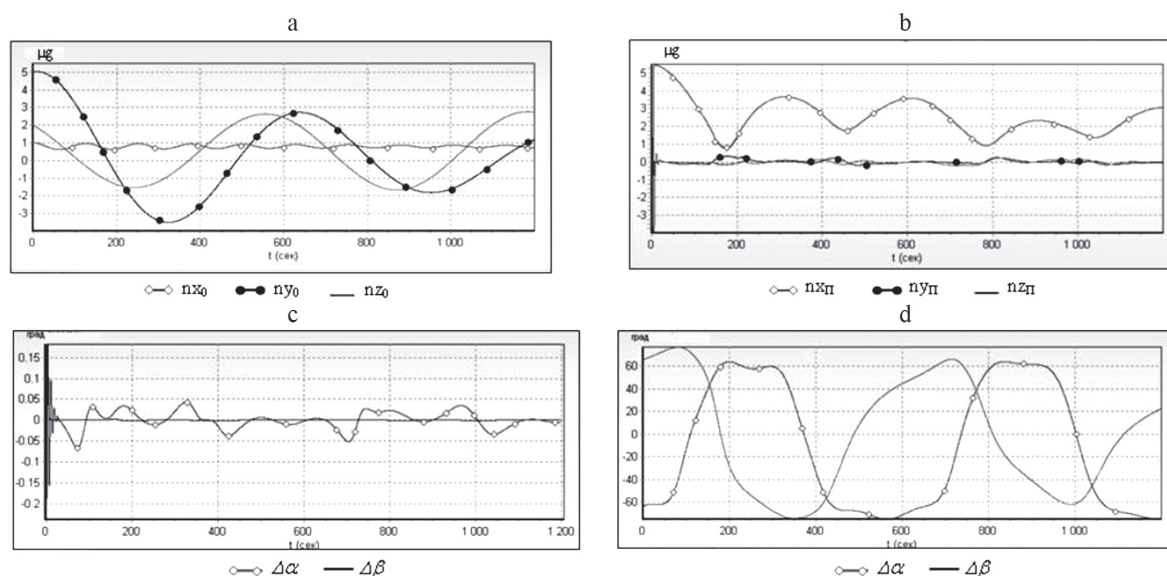


Рис. 8. Результаты моделирования: а – входные бортовые воздействия; б – ускорения на установке; с – углы ошибок рассогласования; д – углы поворота платформы

На рис. 8 показан один из вариантов бортовых микроускорений, действующих на платформу, и суммарные ускорения на конце технологической установки, расположенной на АПВП, без программных вибрационных воздействий. В данном варианте отслеживаемой платформы угловой диапазон поворота вектора квазистационарных ускорений по каналам « α » и « β » в системе координат, связанной с платформой, составляет более 120° .

Как показало моделирование, система управления автоматической поворотной виброзащитной платформы рассматриваемой структуры обрабатывает внешние возмущающие воздействия и сама вносит незначительные кратковременные возмущения, величина которых не превышает величины $3 \cdot 10^{-7}g$. Время переходных процессов в системе управления порядка $t \sim 10-20$ с.

Использование платформы на борту орбитальных КА обеспечит реализацию космических экспериментов на качественно новом уровне, в условиях воспроизводимой

динамической обстановки при проведении серии экспериментов.

Библиографический список

1. Земсков, В.С. Механика невесомости / В.С. Земсков // Итоги и перспективы фундаментальных исследований гравитационно-чувствительных систем: сб. тр. VII Российского симпозиума. – М.: Институт проблем механики РАН, 2001. – С. 34–51.
2. Борисов, А.Е. Оптимизация динамических условий проведения бортовых микрогравитационных экспериментов с помощью автоматической поворотной виброзащитной платформы «Флюгер» / А.Е. Борисов, В.Л. Левтов и др. // Тезисы докладов Российского симпозиума «Космическое материаловедение». – Калуга: «Манускрипт», 2007. – С. 299.
3. Лукьященко, В.И. Автоматическая поворотная виброзащитная платформа «Флюгер» для проведения микрогравитационных экспериментов на борту КА / В.И. Лукьященко, А.Е. Борисов и др // Пятый Международный Аэрокосмический Конгресс IAC'06. Тезисы докладов. – М., 2006. – С. 49.
4. Zemskov V.S., Raukhman M.R., et al. Experiments on directional crystallization of indium antimonide on Photon automatic satellites // Proceedings of AIAA/IKI Microgravity Science Symposium, Moscow, May 13-17, 1991. Published by AIAA, 1991. P. 124-129.

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

В.М. КУРЗИНА, доц. каф. высшей математики МГУЛ, канд. техн. наук,
П.А. КУРЗИН, ст. преп. каф. высшей математики МГУЛ

Стремительное изменение оснащённости человечества программными средствами, помогающими проводить численные эксперименты с большими базами данных, ставит вопрос о подготовке специалистов, умеющих находить среди программных средств те, которые могут быть использованы для решения поставленной задачи. При этом вопрос о применении того или иного математического метода тем более актуален, что зачастую слабая теоретическая подготовленность исследователей приводит к «сенсационным результатам» в результате некорректного применения математического аппарата, опосредованного тем или иным программным обеспечением, к решаемой задаче. Известен факт, когда применение решений уравнений Максвелла для взрывных процессов приводило к существенным ошибкам в оценке параметров излучаемых при этом

электромагнитных волн. Поэтому актуальным в настоящее время является обучение основам научных знаний таким образом, чтобы были усвоены не только основные факты и методы, но и необходимые условия их применения, обеспечивающие достоверность получаемых научных результатов.

Рассматривая основную структуру научного знания, В.И. Вернадский [1] считал, что «основной неоспоримый остов науки» включает следующие главные элементы:

- 1) Математические науки во всем их объеме.
- 2) Логические науки почти всецело.
- 3) Научные факты в их системе, классификации и сделанные из них эмпирические обобщения – научный аппарат, взятый в целом.

Все эти стороны научного знания – единой науки – находятся в бурном развитии, и область, ими охватываемая, все увеличивается». Язык математики универсален и позволяет вести общение на нем специалистам разных стран и профессий. Логическое мышление, которое развивается при решении математических задач, умение четко выражать мысли и намерения, необходимы любому деятельному человеку. Благодаря математике становится возможным объективное отражение универсальности законов окружающего нас многообразного мира.

Изучение математических дисциплин и их приложений для задач различного плана является необходимым залогом успешной работы специалиста в будущем, поскольку позволяет приобрести необходимые базовые навыки, используемые, например, в технике, экономике, прогностике [2]. Математическая грамотность специалиста помогает также сформировать главные компоненты мышления: уровень и кругозор.

Современные компьютерные классы позволяют строить занятия не только традиционным образом, демонстрируя решение задач на доске, но и привлекать студентов к творческому освоению математических методов как с помощью калькуляционных приемов, так и с привлечением программных средств компьютеров. В течение последних двух лет обучение элементам теории вероятностей и математической статистики, численным методам и исследованию операций студентов факультетов ФЭСТ, МШУБ и ФЭиВС проводится на кафедре высшей математики с привлечением средств программирования *Microsoft® Excel* и *Mathsoft® Mathcad* [3–5]. Цель такой методики преподавания курсов «Высшая математика», «Численные методы» – помочь студентам усвоить методы поиска решений задач, дающие возможность оперативно и на современном уровне принимать решения в будущей деятельности.

Методика обучения студентов математике заключается в том, что после прочтения лекции по теме проводится практическое занятие с изучением основных понятий и правил применения теоретического материала для решения поставленных учебных вариан-

тов задач. Проводится решение примеров на каждый раздел и элемент теории прочитанной лекции. Подготовительный этап каждой лабораторной работы, включает следующие этапы:

- напоминание основных фактов, без которых студенты не смогут выполнить задачи;
- сообщение о специфических приемах, которые должны быть применены при решении задач с помощью компьютерных средств;
- сообщение о форме оформления результатов выполнения задания и форме и сроках его защиты;
- перечисление контрольных вопросов, на которые студент должен будет дать обоснованный ответ при защите выполненного задания.

Подготовительный этап занимает от 15 до 30 минут, в зависимости от сложности материала. Цель проведения подготовительного этапа – направить усилия студентов на поиск ответов на контрольные вопросы, которые они должны получить, решая поставленные перед ними задачи выданного задания. При этом самостоятельная предварительная подготовка студентов к проводимому практическому занятию позволяет им улучшить ответы. Также возможна дистанционная форма проведения подготовительного этапа, когда все необходимые инструкции преподавателя рассылаются накануне проводимого практического занятия, а на занятии осуществляется контроль результатов выполненных заданий. К сожалению, эта возможность еще пока остается гипотетической, поскольку на современном этапе технически она ничем не подкреплена.

При проведении занятия акцент ставится на запоминании алгоритма решения задачи, выработке логического мышления, самостоятельности при поиске решения. Для этого разработано до 30 вариантов различных наборов задач, что позволяет поставить перед каждым из присутствующих на занятии студентов свой вариант задания, содержащего десять задач.

Практическое занятие завершается так называемым «минизачетом» по теоретичес-

ким вопросам, который проводится, ведущим лабораторные занятия и является допуском к выполнению лабораторной работы по теме занятия. Формой контроля качества выполненной работы является защита студентом полученных в ходе ее результатов. При защите результатов лабораторной работы студент должен продемонстрировать выработанное умение самостоятельно решать задачи практического задания, разбивая их на этапы и организуя соответствующий алгоритм выполнения, в том числе и с привлечением современных вычислительных средств. О теме предстоящей лабораторной работы студенты оповещаются заранее, не менее чем за неделю до нее, и имеют возможность к ней подготовиться.

Кроме того, на кафедре разработаны методические пособия для подготовки и выполнения лабораторных работ по двум разделам курса «Высшая математика», именно по теории вероятности и математическому программированию, а также по курсу «Численные методы».

Пособия содержат минимальное количество теоретических положений по каждому разделу, выносимому на лабораторную работу, но вполне достаточное, чтобы эту работу выполнить. Кроме того, в пособиях содержатся сведения по программным средствам *Microsoft® Excel* или *Mathsoft® Mathcad*, позволяющим минимизировать вычислительные работы по выполняемой лабораторной работе. Этими пособиями каждый студент обучаемой группы обеспечивается в начале семестра и пользуется им на лабораторной работе и практическом занятии.

Таким образом сочетается теоретическое овладение материалом темы с практикой решения задач. Высвобождается время для решения большего количества задач по теме, т.к. компьютерное выполнение рутинных операций и поиск значений сложных функций, используемых для задания функций распределения в теории вероятностей, позволяет уделять больше внимания выработке логического мышления у студентов. Студенты учатся строить алгоритмы решения сложных задач.

При выполнении лабораторных работ по математическому программированию

большое внимание уделяется выработке умения строить математическую модель задачи по ее экономической постановке или описанию основных шагов плана развития экономической ситуации. Кроме того, студенты проводят, по мере того как обучаются применять средства вспомогательного окна «Поиск решения» для определения параметров оптимального решения, численные эксперименты. Численные эксперименты заключаются в варьировании различных параметров поставленной задачи. На основе численных экспериментов студентами проводится анализ влияния тех или иных параметров на результат нахождения оптимального решения задачи.

В настоящее время такой метод обучения становится важным, поскольку все средства информации с детства приучают к потребительскому поглощению большого количества информации. К сожалению, будущим студентам не всегда прививается желание анализировать и делать самостоятельные выводы.

Фактически уровень знаний, получаемых выпускниками школ, позволяет им выдерживать вступительные испытания зачастую не без дополнительных занятий на подготовительных курсах и с репетиторами. Вместе с тем, абитуриенты не приучены к самостоятельной работе с литературой и не стремятся самостоятельно выполнять домашние задания, если их не контролируют.

Работа в школе с так называемыми «решебниками», в обилии распространяемыми в последние годы, использование их в качестве пособий при выполнении домашних заданий привело к тому, что при решении той или иной задачи современные выпускники школ слепо повторяют записанные в этих псевдометодических изданиях алгоритмы, решая только стандартные задачи из учебников школ, в лучшем случае отличающиеся друг от друга несколькими цифрами задания.

Такой подход к обучению в современной школе приводит к потере самого главного, чему служит математическое образование: выработке у обучаемого логического мышления и привычки выполнения кропотливой

работы вплоть до получения окончательного результата. Потребительский подход среди обучаемых чаще всего выражается в том, что они требуют объяснений фактов и действий, которые должны были быть усвоены в процессе обучения в школе и без знания которых абитуриенты не должны были бы выдержать вступительные испытания.

В условиях сокращения количества часов аудиторной работы преподавателей со студентами введение форм обучения, позволяющих избежать рутинных расчетов, к которым поколение, использующее всюду калькуляторы, не приучено, позволит осваивать методы обработки статистической информации на уровне, достаточном для специалистов, не являющихся профессиональными математиками. При этом резко увеличивается число решаемых за занятие задач на тему лабораторного занятия, что позволяет проводить постепенное усложнение постановки задачи. Это должно послужить выработке умения студентов применять полученные навыки к решению не только задач в стандартной постановке, следуя указанному алгоритму их решения, но и развитию их логического мышления.

Сдерживающим фактором для претворения современных методов преподавания математических дисциплин, требующих большого объема рутинных расчетов, является отсутствие норм планирования учебной нагрузки на такие виды работ в высших учебных заведениях. Кроме того, в ряде случаев приходится сталкиваться с компьютерной безграмотностью современных студентов, несмотря на то, что информатика преподается во всех школах как основной предмет в последние 10 лет.

Предлагаемая методика преподавания математики на втором курсе направлена на выработку у студентов качеств, необходимых для исследователя и будущего специалиста в своей области знаний.

Привлечение студентов в ходе проработки учебных задач к постановке задач по моделированию и исследованию результатов вычислительного процесса в зависимости от входящих параметров исходной задачи позволяет решать задачу воспитания личности, спо-

собной на самостоятельную выработку идей. Необходимость делать выводы по результатам выполненного исследования формирует такие качества, как критическое отношение к результатам вычислительных экспериментов и аналитический подход к выбору изменяемых от варианта к варианту расчетов численных данных. Цель курса не просто научить сочетанию знаний математических методов и умению применять для их реализации компьютерные средства, а выработать умение грамотно использовать для решения поставленной исследовательской задачи полученные в ходе обучения математике знания.

Известно, что конспективное (без доказательств теорем) преподавание математики студентам как технических, так и экономических и гуманитарных специальностей приводит к заблуждению, что все методы математики применимы во всех абсолютно ситуациях, для которых может быть записана та или иная полученная каким-либо способом формула.

В действительности как в физике, так и в математике существует понятие области применения тех или иных методов математического моделирования процессов. Каждый человек, использующий математические методы при решении поставленной перед ним задачи, должен ответить в первую очередь на вопрос: можно ли использовать этот метод для решения именно этой задачи? Действительно ли выбранные дифференциальные уравнения или задача линейного программирования позволяют получить решение или заведомо неверно выбранная математическая модель поставленной перед исследователем задачи приведет к неправомерным результатам и выводам? При этом численные расчеты будут сделаны правильно и грамотно, но они не будут иметь отношения к решению той реальной задачи, которую собирались решить.

Поэтому авторы, предлагая свою методику преподавания математики, ставят задачу научить правильному пониманию важности ответственно применять те или иные математические модели при решении задач.

Вместе с этим решается главная задача современного математического образо-

вания: предлагаемая методика преподавания исключает разрыв между математической и компьютерной подготовкой и обеспечивает тесную связь обучения математическим методам с общеинженерной подготовкой специалиста.

Библиографический список

1. Вернадский, В.И. О науке. Т.1. Научные знания. Научное творчество Научная мысль / В.И. Вернадский. – Дубна, 1997. – 640 с.
2. Шелобаев, С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах и бизнесе / С.И. Шелобаев. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 367 с.
3. Данилин, Г.А. Математические методы с Mathcad / Г.А. Данилин, П.А. Курзин, В.М. Курзина. – М.: МГУЛ, 2003. – 152 с.
4. Данилин, Г.А. Математическое программирование с EXCEL / Г.А. Данилин и др. – М.: МГУЛ, 2005. – 114 с.
5. Курзина, В.М. Элементы теории вероятностей с применением EXCEL / В.М. Курзина, П.А. Курзин. – М.: МГУЛ, 2005. – 92 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ МЕЖДУ ПРОДОЛЬНЫМИ И ПОПЕРЕЧНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ ГИБКОЙ ДЕФОРМИРУЕМОЙ НИТИ

А.В. БРЮКВИН, доц. каф. теоретической механики МГУЛ, канд. техн. наук,
О.Ю. БРЮКВИНА, ст. преподаватель каф. прикладной математики МГУЛ

Во многих задачах механики (например, задача о колебании струн и деки музыкальных инструментов) требуется найти вклад продольных составляющих в динамическое нагружение гибких связей и присоединенных к ним элементов конструкций. Решение данной задачи представляет значительные трудности. Однако, проанализировав интеграл энергии для общего случая движения нити, напряжение в которой описывается произвольной функцией деформации, возможно найти распределение энергии колебаний гибких связей между продольным и поперечным колебаниями.

В данной статье найдено распределение энергии между продольным и поперечным движениями в двух задачах: движения нити при поперечном перемещении одной ее точки с постоянной скоростью и свободных движений нити, закрепленной на концах и имеющей в начальный момент симметричную треугольную форму.

Эти задачи характерны при рассмотрении колебаний струн музыкальных инструментов. Показано, что вклад продольного движения в энергию имеет тот же порядок, что и поперечного.

Энергия колебаний гибкой нити

Рассмотрим движение гибкой нити, имеющую в начале прямолинейную форму и свободную длину l . Нить имеет начальную

плотность ρ , а силы натяжения нити направлены по касательной к ней (нити) и подчиняются произвольному закону $T = T(e)$, где e – текущее относительное удлинение отрезка нити.

Кроме того, на нить действуют внешние погонные силы, проекции которых на оси обозначим соответственно F_x, F_y, F_z .

Для описания движения нити введем декартовую систему координат, причем ось Ox проведем вдоль начального положения нити. Перемещение каждой точки нити будет описываться функциями, зависящими от времени t и лагранжевой координаты s (координата точки на оси Ox до начала деформации), которые обозначим: $x = x(s, t)$ – перемещение вдоль оси Ox , а $y = y(s, t)$ и $z = z(s, t)$ – соответственно перемещения вдоль осей Oy и Oz .

В процессе движения длина элемента нити ds , как известно [1], составит

$$\sqrt{(1+x'_s)^2 + (y'_s)^2 + (z'_s)^2} ds,$$

а его удлинение

$$e = \sqrt{(1+x'_s)^2 + (y'_s)^2 + (z'_s)^2} - 1.$$

В пространстве положение элемента будет описываться направляющими косинусами, которые с осями Ox, Oy, Oz составят соответственно величины

$$\cos\alpha = \frac{1+x'_s}{1+e}; \quad \cos\beta = \frac{y'_s}{1+e}; \quad \cos\gamma = \frac{z'_s}{1+e}. \quad (1)$$

Уравнения движения элемента нити длиной ds в проекциях на введенные оси будут иметь вид

$$\begin{aligned} \rho \ddot{x} &= (T(e)\cos\alpha)'_s + F_x, \quad \rho \ddot{y} = (T(e)\cos\beta)'_s + F_y, \\ \rho \ddot{z} &= (T(e)\cos\gamma)'_s + F_z. \end{aligned} \quad (2)$$

Запишем выражение для полной энергии W продольно-поперечного движения нити, состоящей из суммы кинетической и потенциальной энергии,

$$W = \frac{1}{2} \int_0^l \{ \rho [(\dot{x})^2 + (\dot{y})^2 + (\dot{z})^2] + \int_0^e T(\xi) d\xi \} ds. \quad (3)$$

Вычислив производную по времени t от полной энергии W и используя уравнения продольно-поперечных колебаний (2) и выражения для направляющих косинусов (1), получим

$$\begin{aligned} \frac{dW}{dt} &= \dot{x}T(e)\cos\alpha|_0^l + \dot{y}T(e)\cos\beta|_0^l + \\ &+ \dot{z}T(e)\cos\gamma|_0^l + \int_0^l \dot{x}F_y ds + \int_0^l \dot{y}F_x ds + \int_0^l \dot{z}F_z ds, \end{aligned}$$

т.е. изменение энергии продольно-поперечного движения нити равно сумме работ проекций F_x, F_y, F_z на соответствующих перемещениях внешних сил и работ реакций опор в точках закрепления нити на концах.

При нулевых граничных условиях в точках закрепления нити работа реакций опор равна нулю, а при отсутствии и внешних сил энергия постоянна $W = \text{const}$.

Распределение энергий продольных и поперечных движений нити в случае поперечного перемещения одной ее точки с постоянной скоростью V_0

Будем считать, что напряжение подчиняется закону Гука $T = Ee$, где E – модуль упругости. Рассмотрим интервал времени, когда волна не дошла до заделанных концов, т.е. отсутствуют отраженные волны. В этом случае достаточно рассмотреть полубесконечную нить, левый конец которой движется с постоянной скоростью V_0 перпендикулярно начальному положению струны (рис. 1).

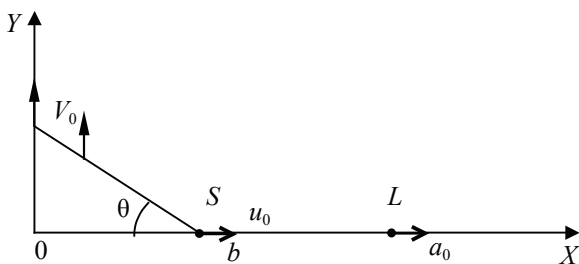


Рис. 1. Схема полубесконечной нити

В этом случае нить можно разделить на три участка:

первый участок до прохождения продольной волны L (энергия на этом участке равна потенциальной энергии от продольной начальной деформации e_0);

второй участок продольного возмущения после прохождения продольной волны L (деформация на этом участке e_1 , а из-за отличия в величинах e_0 и e_1 на первом и втором участках имеет место продольное движение частиц нити со скоростью $u_0 = a_0(e_0 - e_1)$ вдоль нити);

третий участок поперечного возмущения после прохождения поперечной волны S (деформация на этом участке также e_1 , а поперечная скорость частиц V_0).

Лагранжевы скорости продольных и поперечных волн будут соответственно определяться

$$a_0 = \sqrt{\frac{E}{\rho_0}} \quad \text{и} \quad b = dS / dt = \sqrt{\frac{Ee_1}{\rho_0(1+e_1)}} = a_0 \frac{\sqrt{e_1(1+e_1)}}{1+e_1}. \quad (9)$$

Используя решение [1], получим формулы для вычисления угла θ и удлинения e_1 на втором и третьем участках нити.

$$1 - \cos\theta = \frac{e_1}{\sqrt{e_1(1+e_1)}}; \quad \sin\theta = \frac{V_0}{a_0 \sqrt{e_1(1+e_1)}}. \quad (10)$$

Поскольку потенциальная энергия определяется с точностью до произвольной постоянной, за начало отсчета энергии элемента ΔS примем величину $E_0 = (Ee_0^2 / 2) \Delta S$, до прохождения продольной волны. Тогда на первом участке энергия будет равна нулю, а полная энергия всей нити будет складываться из энергий на втором и третьем участках. Вычислим полную энергию W в произвольный момент времени t , учитывая, что длина третьего участка bt , а длина второго участка $(a_0 - b)t$

$$\begin{aligned} W &= \left(\frac{\rho_0 V_0^2}{2} + \frac{Ee_1^2}{2} \right) bt + \left(\frac{\rho_0 u_0^2}{2} + \frac{Ee_1^2}{2} \right) (a_0 - b)t - \\ &- \frac{Ee_0^2}{2} a_0 t = Ee_1 V_0 t \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right). \end{aligned} \quad (11)$$

Итак, полная энергия равна произведению силы натяжения Ee на перемещение и на косинус угла между ними, т.е. работе, совершаемой на левом конце струны за время t .

Сравним вклад кинетической энергии на третьем участке в общую энергию. Из выражений (9), (10), (11) видно, что

$$\frac{\rho_0 V_0^2}{2} b t = \frac{E e_1}{2} V_0 t \sin \theta,$$

что составляет только половину затраченной работы, остальная часть работы пошла на увеличение кинетической энергии продольного движения и увеличение потенциальной энергии на втором и третьем участках. Отсюда можно сделать вывод, что величины энергий на участках продольной и поперечных волн являются величинами одного порядка.

Изменение энергии в частном симметричном случае задачи о начале движения струны щипкового музыкального инструмента

В этом случае струна в начальный момент времени имеет форму, показанную на рис. 2.

Для этого случая известно решение [2], имеющее вид бегущих продольной и поперечной волн, показанных на рис. 3. По частям нити исходной формы от точки С симметрично распространяются продольные волны L_1 и L_2 , а за ними поперечные волны S_1 и S_2 , бегущие в разные стороны. Всюду в области $L_1 S_1 C S_2 L_2$ деформации постоянны. На каждом из участков постоянны и скорости всех частиц.

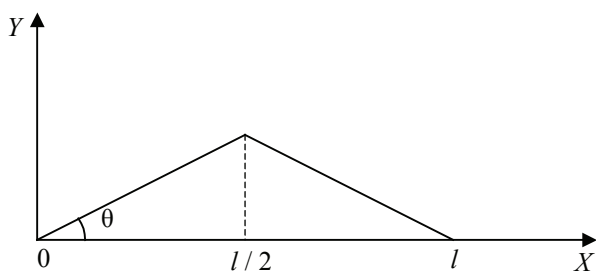


Рис. 2

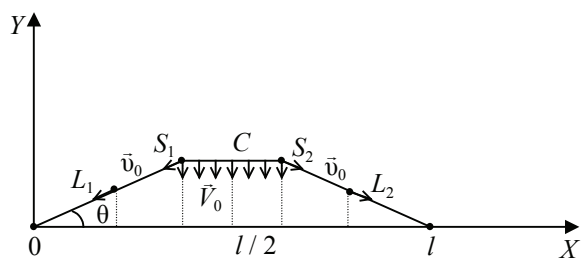


Рис. 3

Обозначим удлинение элемента ΔS на участках до прохождения продольных волн величиной e_0 , это удлинение складывается из предварительного натяжения нити и дополнительно от придания струне начальной треугольной формы. После прохождения продольных волн в области $L_1 S_1 C S_2 L_2$ величина удлинения будет e_1 , тогда лагранжевы скорости продольных и поперечных волн, а также скорости частиц после прохождения продольной волны u_0 будут определяться по тем же формулам (9), как и в предыдущей задаче.

Т.к. скорость частиц струны на участках до прохождения продольных волн L_1 и L_2 равна нулю, то полная энергия на участке струны длиной ΔS до прохождения продольной волны равна $E_0 \cdot \Delta S$, где $W_0 = E e_0^2 / 2$.

Полная энергия на участке струны длиной ΔS после прохождения продольной волны равна $E_1 \cdot \Delta S$,

где

$$W_1 = \frac{\rho_0 u_0^2}{2} + \frac{E e_1^2}{2} = \frac{\rho_0 a_0^2 (e_0 - e_1)^2}{2} + \frac{E e_1^2}{2} = \frac{E}{2} [(e_0 - e_1)^2 + e_1^2].$$

Для участка $S_1 S_2$ получим

$$V_0 = a_0 [(e_0 - e_1) + \sqrt{e_1(1+e_1)}] \sin \theta.$$

Учитывая, что скорости частиц направлены вдоль оси Oy , горизонтальная составляющая скорости будет нулевой

$$a_0 [(e_0 - e_1) \cos \theta - \sqrt{e_1(1+e_1)} \cdot (1 - \cos \theta)] = 0,$$

или

$$\sqrt{e_1(1+e_1)} = \frac{(e_0 - e_1) \cos \theta}{1 - \cos \theta}.$$

Отсюда получим

$$V_0 = a_0 (e_0 - e_1) \cdot \left(1 + \frac{\cos \theta}{1 - \cos \theta}\right) \sin \theta = a_0 (e_0 - e_1) \cdot \frac{\sin \theta}{1 - \cos \theta}$$

или

$$V_0^2 = a_0^2 (e_0 - e_1)^2 \cdot \frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta}.$$

Полная энергия на участке струны длиной ΔS после прохождения и продольной, и поперечной волн равна $E_2 \cdot \Delta S$,

где

$$W_2 = \frac{\rho_0 V_0^2}{2} + \frac{E e_1^2}{2} = \frac{E}{2} [(e_0 - e_1)^2 \cdot \frac{1 + \cos \theta}{1 - \cos \theta} + e_1^2].$$

Участок, до которого не дошла продольная волна, уменьшился за время Δt на величину $((l/2) + a_0 \cdot \Delta t)$. Участок, где прошла только продольная волна, увеличился на $(a_0 - b) \cdot \Delta t$, а участок, где прошли и продольная и поперечная волны, увеличился на $b \cdot \Delta t$. Посчитаем полную энергию всей струны за время Δt

$$\begin{aligned} & 2W_0((l/2) + a_0 \cdot \Delta t) + 2[W_1(a_0 - b) + E_2 b] \Delta t = \\ & = W_0 l + 2[(W_1 - W_0)a_0 + (W_2 - W_1) b] \Delta t = W_0 l + \\ & + E_1 \{[(e_0 - e_1)^2 + e_1^2 - e_0^2] a_0 + \\ & + [(e_0 - e_1)^2 ((1 + \cos\theta) / (1 - \cos\theta)) - 1]\} \times \\ & \times a_0 ((e_0 - e_1) / (1 + e_1)) (\cos\theta / (1 - \cos\theta)) \Delta t = \\ & = W_0 l + E a_0 \{[(e_0 - e_1)^2 + e_1^2 - e_0^2 + (e_0 - e_1)^2 (2 \cos^2\theta / (1 - \cos\theta)^2) ((e_0 - e_1) / (1 + e_1))]\} \Delta t =, \end{aligned}$$

учитывая

$$\sqrt{e_1(1+e_1)} = \frac{(e_0 - e_1)\cos\theta}{1 - \cos\theta},$$

получим

$$\begin{aligned} & = W_0 l + E a_0 [(e_0 - e_1)^2 + e_1^2 - e_0^2 + 2(e_0 - e_1) \times \\ & \times (e_1 (1 + e_1) / (1 + e_1))] \Delta t = W_0 l + E a_0 [e_0^2 - \\ & - 2e_0 e_1 + e_1^2 + e_1^2 - e_0^2 + 2e_0 e_1 - 2e_1^2] \Delta t = W_0 l. \end{aligned}$$

Как и следовало из постоянства интеграла энергии, полная энергия всей струны в этой конкретной задаче постоянна, а если за нулевую энергию принять $E_0 l$, то полная энергия будет равна нулю.

Сравним величины энергий на участках продольной и поперечных волн в случае,

когда продольное возмущение дошло до конца струны. В этом случае участок, где нет возмущения, отсутствует, а полная энергия складывается из энергий на участках продольного и поперечного движений. Очевидно, что вклад энергии продольных и поперечных волн в полную энергию будет одинаков.

При рассмотрении продольно-поперечных движений струн нельзя ограничиваться рассмотрением только поперечных составляющих и пренебрегать продольными, поскольку они вносят равный вклад в энергетику и динамическое нагружение струн.

В приведенных примерах проиллюстрировано распределение энергий между продольными и поперечными волнами и проведено сравнение энергий поперечного и продольного движений. Вклад энергии продольных составляющих в общую энергию колебаний гибких связей может быть найден как разность между полной энергией и энергией поперечных колебаний.

Библиографический список

1. Рахматулин, Х.А. Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках / Х.А. Рахматулин, Ю.А. Демьянов. – М.: Физматгиз, 1961. – 399 с.
2. Демьянов, Ю.А. К уточнению теории колебаний музыкальных инструментов / Ю.А. Демьянов // Доклады РАН. – 1999. – Т. 369. – № 4.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТОХАСТИЧЕСКИХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.В. ТРЕГУБ, доц. МГУЛ, канд. физ.-мат. наук,

И.В. ТРЕГУБ, доц. Финансовой академии при Правительстве РФ, канд. техн. наук

Математическое моделирование сложных экономических систем на современном этапе предполагает, как правило, использование аналитических подходов к изучению функционирования реальных объектов. В различных задачах, встречающихся при моделировании, могут использоваться величины, значения которых определяются случайным образом. Примерами таких величин могут быть случайные воздействия внешней среды, случайные моменты времени, в которые система находится в особом состоянии и т.п. Системы, в которых переменные или воз-

действия являются случайными величинами, называются стохастическими.

На сегодняшний день технологии прогнозирования экономических показателей разработаны достаточно хорошо. Среди методов прогнозирования, наиболее часто применяемых в экономической практике, можно отметить методы экспертных оценок, основывающиеся на субъективной оценке текущего момента и перспектив развития. Эти методы успешно используются для конъюнктурных оценок, особенно в случаях, когда невозможно получить непосредствен-

ную информацию о каком-либо явлении или процессе.

Методы анализа и прогнозирования динамических рядов связаны с исследованием изолированных друг от друга показателей, каждый из которых состоит из двух элементов: из прогноза детерминированной компоненты и прогноза случайной компоненты. Разработка первого прогноза не представляет больших трудностей, если определена основная тенденция развития и возможна ее дальнейшая экстраполяция. Прогноз случайной компоненты связан с определением закона вероятности и оценкой его параметров.

В основе казуальных методов определяются факторы, обуславливающие поведение прогнозируемого показателя. Поиск этих факторов приводит собственно к экономико-математическому моделированию – построению модели поведения экономического объекта, учитывающей развитие взаимосвязанных явлений и процессов. Следует отметить, что применение многофакторного прогнозирования требует решения проблемы выбора факторов, которая связана с необходимостью глубокого изучения экономического содержания рассматриваемого явления или процесса.

Среди методов оценивания на практике успешно применяется теория игр, регрессионный анализ, известно нейросетевое прогнозирование, нечеткая логика и имитационное моделирование. Разработаны соответствующие программные пакеты, которые, к сожалению, не всегда доступны рядовому пользователю, в то же время многие из этих проблем можно достаточно успешно решать, реализуя алгоритмы в широко известном и распространенном пакете прикладных программ MS Excel.

В данной статье представлено вероятностное прогнозирование объема продаж дополнительных услуг на рынке телекоммуникаций, осуществленное на основе эмпирических данных.

Выборочное наблюдение. Под *выборочным* наблюдением понимается метод статистического исследования, при котором обобщающие показатели изучаемой системы устанавливаются по некоторой ее части на основе положений случайного отбора. При

выборочном методе изучается сравнительно небольшая часть всех данных, характеризующих систему. Выборка должна быть *представительной* (репрезентативной), чтобы по ней можно было судить о генеральной совокупности. *Репрезентативность* означает, что объекты выборки должны обладать теми же свойствами, что и генеральная совокупность. Предупреждение систематических ошибок выборочного обследования достигается в результате применения научно обоснованных способов формирования выборочной совокупности, в зависимости от которых выборка может быть: собственно-случайной, механической, типической, серийной, комбинированной. *Собственно-случайная выборка* образуется в результате случайного (непреднамеренного) отбора отдельных единиц из генеральной совокупности. Формирование выборки может быть осуществлено по схемам повторного и бесповторного отбора. При этом повторный отбор предполагает возможность включения в выборку одного и того же элемента генеральной совокупности два раза и более, бесповторный отбор исключает такую возможность.

Первый шаг на пути создания прогноза при выборочном наблюдении – это сбор и анализ статистической информации об исследуемой системе, формирование выборки из генеральной совокупности, отслеживание аномальных результатов в выборке.

В нашем случае анализируемым параметром является объем продаж дополнительных услуг регионального оператора сотовой связи за один месяц. Под генеральной совокупностью в данной задаче мы будем понимать множество месячных объемов продаж дополнительных услуг по предоставлению пользователю информации (новости, биржевые сводки, прогноз погоды и т.п.), полученных региональным оператором за все время работы на рынке. При этом к одной генеральной совокупности будем относить информационные сервисы с сопоставимыми за анализируемый период объемами продаж.

Выборкой из генеральной совокупности в нашем случае будет множество месячных объемов продаж услуг определенного сервиса. Формирование выборки осуществляется

в табличном процессоре Microsoft Excel, в котором выполнена собственно-случайная выборка, реализованная по схеме повторного отбора.

Далее необходимо построить вероятностную модель, оценить ее параметры и построить прогноз. Построение модели основано на выборе и идентификации закона распределения. Алгоритм выбора закона распределения целиком и полностью базируется на аппарате математической статистики. Идентификация закона распределения заключается в последовательной реализации двухэтапной процедуры для каждого вида параметрической модели из рассматриваемого множества законов. На первом этапе процедуры на основании выборочных данных строится модель закона определенного вида (из рассматриваемого множества моделей), оцениваются параметры этой модели. На втором этапе оценивается степень адекватности полученной модели экспериментальным наблюдениям, как правило, с применением различных критериев согласия.

При проведении выборочного обследования и построения прогноза объема продаж мы будем формировать две выборки из генеральной совокупности. Одну – для подбора и идентификации закона распределения вероятностей, другую – для оценки параметров моделируемого теоретического закона распределения.

Анализ эмпирических данных. Прежде чем приступить к построению модели, необходимо проанализировать наблюдаемые значения переменных на наличие аномальных результатов, т.е. таких наблюдений, которые резко отличаются в большую или меньшую сторону от средних значений по выборке. Поскольку существенным моментом вероятностного прогнозирования является предположение о законе распределения, соответствующего реальным наблюдаемым величинам, и оценка параметров этого распределения [1], то любые отклонения от предположений могут повлиять на оценки.

Если наблюдаемая выборка действительно принадлежит тому закону распределения, параметры которого мы оцениваем, отклонения могут быть связаны с наличием

аномальных наблюдений, появление которых в выборке определяется самыми различными причинами. Если не учитывать наличие аномальных наблюдений, попытки оценивания параметров распределения могут привести к самым негативным результатам. В этом случае обычно отбраковывают аномальные величины, а затем находят оценки параметров. К сожалению, реализовать отбраковку наблюдений в общем случае оказывается совсем не просто. Наблюдения, аномальные с позиций одного закона распределения, являются естественным проявлением закономерностей другого. Если нет надежной процедуры отбраковки или практических соображений, связанных с сущностью наблюдаемой величины, пытаются выйти из положения одним из следующих способов. В первом случае усекают выборку, отбрасывая определенную часть минимальных и/или максимальных наблюдений, и по оставшейся части оценивают параметры распределения. Во втором – перед процедурой оценивания всем наблюдениям левее и/или правее определенных значений присваивают одинаковые значения. Обе эти процедуры могут не всегда приводить к положительным результатам. Третий подход заключается в цензурировании выборки. Для наблюдений, попавших левее и/или правее определенных значений, фиксируют лишь факт попадания в соответствующий интервал, опуская конкретные значения этих наблюдений. По такой цензурированной выборке оценивают параметры закона.

В работе [2] доказано, что процедура предварительного группирования наблюдений перед вычислением оценок параметров распределения позволяет резко снизить влияние аномальных наблюдений, а иногда практически исключить последствия присутствия их в выборке. При этом также снижается влияние на оценки параметров и отклонение вида наблюдаемого закона распределения от предполагаемого. Кроме того, группирование исходных наблюдений позволяет получать устойчивые оценки параметров.

Построение эмпирического распределения. Для построения эмпирического распределения будем использовать одну из двух сформированных ранее выборок. Груп-

пирование наблюдений используется как при оценке параметров распределений, в задачах проверки статистических гипотез, так и для построения эмпирического распределения.

Выборка называется группированной, если область определения случайной величины разбита на k непересекающихся интервалов граничными точками $x_0 < x_1 < \dots < x_{k-1} < x_k$, где x_0 – нижняя грань области определения случайной величины X , x_k – верхняя грань области определения случайной величины X , и зафиксированы количества наблюдений n_i , попавших в i -ый интервал значений. Объем выборки определяется соотношением

$$N = \sum_{i=1}^k n_i.$$

Существуют различные способы объединения данных в группы. При группировании область определения случайной величины разбивается на интервалы равной длины или равной вероятности, кроме того существует еще так называемое асимптотически оптимальное группирование. Нахождение x_i граничных точек интервалов в этом случае связано с вычислением интегралов вида

$$P_i(\theta) = \int_{x_{i-1}}^{x_i} f(x, \theta) dx,$$

которые не всегда имеют аналитическое решение, здесь θ – скалярный или векторный параметр распределения, функция $P_i(\theta)$ – вероятность попадания наблюдаемой величины в i -ый интервал, $f(x, \theta)$ – плотность распределения.

В данной работе в качестве способа группировки выбрано разбиение области определения объема продаж на интервалы равной длины. Величину интервала b для группировки исходных данных определим по формуле

$$b = (x_{\max} - x_{\min}) / (\{n\} - 1),$$

где $x_{\max} - x_{\min}$ – максимальные и минимальные значения;

$\{n\}$ – округленное оптимальное число групп, определяемое по формуле Стерджесса $n = 1 + 3,322 \lg(N)$;

N – объем выборки.

Нижняя граница первого интервала соответствует минимальному значению объема продаж за рассматриваемый период, правая граница последнего интерва-

ла – максимальному значению объема продаж. Относительная частота попадания переменной в интервал определяется по формуле

$$f_i^* = n_i / N,$$

где n_i – количество исходных значений, попавших в i -ый интервал.

Графическое изображение эмпирических данных в виде гистограммы относительных частот – удобный и наглядный способ представления выборки, необходимый для первичного формирования гипотезы о законе распределения генеральной совокупности. При построении графика по оси абсцисс (OX) отложим значения середины интервалов объема продаж, а соответствующие им значения относительных частот – по оси ординат (OY). На рис. 1 приведен график эмпирических относительных частот, представленных в виде гистограммы.

Оценка параметров эмпирического распределения. Визуальный анализ графика показывает, что эмпирическое распределение является унимодальным и несимметричным. Для более детального описания воспользуемся надстройкой «Пакет анализа» «Описательная статистика» MS Excel. Результаты расчета приведены в таблице.

Средняя арифметическая – наиболее часто используемый показатель центра распределения, в нашем случае равна 17313,18. Вычисление средней \bar{X} в программе осуществляется по формуле, совпадающей с формулой оценки математического ожидания методом моментов. Следовательно, в качестве оценки математического ожидания в начальном приближении можно использовать значение $\mu = 17313,8$. Оценка дисперсии, выполненная Пакетом анализа, дает значение $D = 11631522,29$.

Мода (Mo) – это наиболее часто встречающееся значение признака, или значение варианты с наибольшей частотой.

Медианой (Me) является значение варианты, находящейся в центре упорядоченной по возрастанию значений признака совокупности. Медиана делит вариационный ряд на две равные части. При этом 50 % единиц совокупности имеют значение меньше медианного, а 50 % – больше медианного.

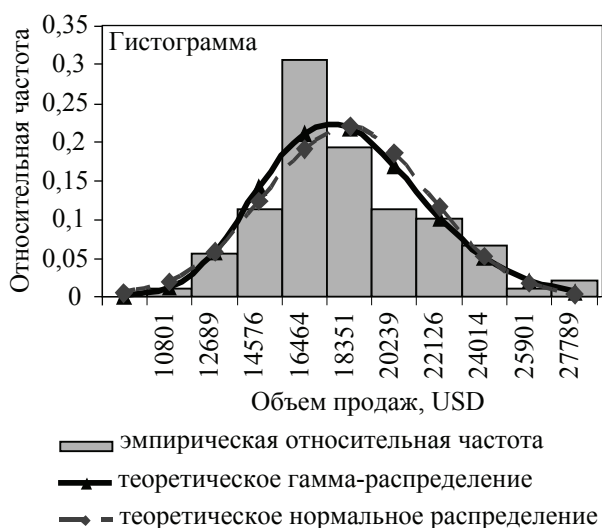


Рис. 1. Гистограмма относительных частот и теоретические функции плотности вероятности

Т а б л и ц а

Месячный объем продаж, USD

Среднее	17313,18
Стандартная ошибка	363,56
Медиана	16539
Мода	16802
Стандартное отклонение	3410,50
Дисперсия выборки	11631522,29
Экссесс	0,46
Асимметричность	0,71
Интервал	16988
Минимум	10801
Максимум	27789
Сумма	1523560
Счет	88

В нашем случае значение моды равно 16802, а значение медианы – 16539.

Для симметричного распределения значения средней, медианы и моды должны совпадать. В нашем же случае они различны. Таким образом, можно предположить, что исходное распределение несимметрично.

Чтобы в этом убедиться, надо определить, есть ли смещения в рассеянии данных. Индикатором этих смещений является скошенность данных или, по-другому, асимметрия As – показатель симметрии распределения. В случае положительной асимметрии распределение имеет длинную правую ветвь. Средняя величина больше медианы. Отрицательная асимметрия проявляется в виде более длинной левой ветви, а величина средней меньше медианы и моды. В случае симмет-

ричного распределения, например нормального, $As = 0$. При этом следует учитывать значимость коэффициента асимметрии. Если выполняется неравенство

$$|As| / \sigma_{as} < 3,$$

где

$$\sigma_{as} = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}}$$

n – количество наблюдений, то асимметричность считается несущественной.

Коэффициент асимметрии, рассчитанный в «Описательной статистике», равен 0,71, а значение параметра $\sigma_{as} = 0,26$. Следовательно, в нашем случае $|As| / \sigma_{as} = 2,73 < 3$, и асимметрией при подборе теоретического распределения объема продаж за месяц можно пренебречь. Параметры, полученные на основе эмпирических данных, могут быть использованы как начальные приближения при построении вероятностной модели.

Построение математической модели. Для исследуемой экономической системы построение модели, как правило, включает два этапа. На первом этапе высказываются предположения о виде модели закона распределения и по выборкам, извлекаемым из генеральной совокупности, оцениваются параметры этой модели. На втором этапе адекватность модели наблюдаемым данным проверяется с использованием критериев согласия типа Пирсона, типа Колмогорова, типа Мизеса и других. В статистике этим этапам соответствует основные типы задач: идентификация закона распределения и проверка статистических гипотез, оценивание параметров распределения.

Под задачей идентификации закона распределения наблюдаемой случайной величины, как правило, понимают задачу выбора такой модели закона распределения вероятностей, которая наилучшим образом соответствует результатам наблюдения.

Визуальный анализ гистограммы относительных частот (рис. 1) позволяет сделать предположение о том, что вероятностная модель может быть представлена в виде нормального или гамма-распределения. Для построения кривых теоретических законов распределения найдем оценку параметров нормального и гамма-распределений, исполь-

зую вторую из двух сформированных ранее выборок.

Среди всего множества различных оценок параметров модели можно выделить три основных класса оценок [3]. Это М-оценки, к которым относятся, например, оценки максимального правдоподобия и наименьших квадратов, L-оценки, формирующиеся как линейные комбинации порядковых статистик, и R-оценки, основанные на использовании ранговых критериев. Еще один класс оценок образуют методы, минимизирующие расстояния (MD-оценки).

Определяющими факторами при выборе метода оценивания являются структура представления наблюдаемых данных и качество оценок. Качество оценок определяется такими свойствами, как несмещенность, состоятельность и асимптотическая эффективность. Вместе с тем, оценки должны быть устойчивыми к малым отклонениям от предположений.

Если последовательность независимых одинаково распределенных случайных величин x_1, \dots, x_N имеет функцию распределения $F(x, \theta)$ и функцию плотности $f(x, \theta)$, то оценкой *максимального правдоподобия* (ОМП) неизвестного векторного или скалярного параметра θ по группированным наблюдениям называется такое значение параметра, при котором функция правдоподобия

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^k p_i^{n_i}(\theta)$$

достигает максимума на множестве возможных значений параметра. Вероятность попадания наблюдения в i -ый интервал значений определяется выражением

$$p_i(\theta) = \int_{x_{i-1}}^{x_i} f(x, \theta) dx.$$

Для вычисления ОМП дифференцируют функцию правдоподобия по θ_l и, приравнявая производные нулю, получают систему уравнений правдоподобия

$$\sum_{i=1}^N n_i \frac{\partial \ln p_i(\theta)}{\partial \theta_l} = 0, l = \overline{1, m},$$

решая которые находят искомые оценки параметров, здесь m – размерность вектора параметров.

Закон гамма-распределения имеет функцию плотности вероятности

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}},$$

где $\Gamma(\alpha)$ – гамма функция.

Векторный параметр гамма распределения $\theta = (\alpha, \beta)$, при этом связь с оценками математического ожидания и дисперсии осуществляется по формулам

$$\mu = \alpha \cdot \beta, D = \alpha \cdot \beta^2.$$

Для нормального распределения $\theta = (\mu, \sigma)$, где $\sigma = \sqrt{D}$ – среднеквадратичное отклонение. Плотность вероятности нормального закона распределения вероятности задается формулой

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2 \right].$$

Функция правдоподобия для нормального распределения имеет вид

$$L(\theta) = \frac{1}{(\sigma \sqrt{2\pi})^N} \exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i - \mu}{\sigma} \right)^2 \right].$$

Продифференцировав функцию правдоподобия по параметрам μ, σ , приравняв получившиеся уравнения к нулю и выразив значения μ, D , получим, что искомые оценки параметров нормального распределения, осуществленные по методу максимума правдоподобия, совпадают с оценками, выполненными по методу моментов.

$$\tilde{\mu} = \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \tilde{D} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2.$$

Значения математического ожидания и дисперсии в этом случае равны соответственно

$$\mu = 17313, D = 11631522. \quad (1)$$

Для гамма-распределения ОМП параметров α, β находятся аналогичным способом с дифференциацией соответствующей функции правдоподобия. В этом случае система уравнений для определения оценок параметров α, β имеет вид

$$\begin{cases} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i - \beta = 0 ; \\ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i - \frac{d \ln \Gamma(\theta)}{d\theta} - \ln \beta = 0 . \end{cases}$$

Данная система была решена численными методами, в результате чего получились следующие значения параметров

$$\alpha = 25,8; \beta = 671,8. \quad (2)$$

Метод максимального правдоподобия, в отличие от других, позволяет определять оценки максимального правдоподобия параметров по негруппированным, частично группированным и группированным данным, т.е. дает возможность исследователю самому определять, в каком виде хранить эмпирическую информацию. Этот метод при соответствующих условиях регулярности [5] дает состоятельные и асимптотически эффективные оценки. Кроме того, применение метода максимального правдоподобия регламентировано в Рекомендациях по стандартизации [1] при проверке согласованности опытного распределения с теоретическим.

Используя оценки параметров распределения (1) и (2), полученные по выборке из генеральной совокупности в предыдущем пункте, на графике относительных частот построим теоретические законы распределения вероятностей. На рис. 1 кривая, соответствующая нормальному закону распределения, изображена в виде пунктирной линии, закон гамма-распределения представлен сплошной линией. Из графика видно, что эти два закона достаточно хорошо аппроксимируют эмпирический закон распределения, однако для принятия решения о виде распределения необходимо решить задачу идентификации закона распределения.

Для этого, опираясь на предыдущий анализ эмпирических данных, сформулируем гипотезу $H_0: F(x) = F(x, \tilde{\theta})$, где $\tilde{\theta}$ – оценки (2) параметров гамма-распределения, рассчитанные по второй выборке методом максимума правдоподобия. В этом случае проверяемая гипотеза является простой в отличие от сложной гипотезы, в которой помимо проверки вида распределения необходимо еще производить оценивание параметром.

В случае простых гипотез для проверки согласия теоретического и эмпирического законов распределения применяются [1] критерии согласия, такие как Колмогорова, Смирнова, ω^2 и Ω^2 Мизеса, которые не зависят от вида наблюдаемого закона распределения $F(x, \theta)$ и, в частности, от его параметров θ . В этом случае при проверке согласия опытного распределения с теоретическим распределением случайной величины X действуют

в соответствии алгоритмом, представленным ниже:

1. Формулируют проверяемую гипотезу, выбирая теоретическое распределение случайной величины, согласие которого с опытным распределением этой величины следует проверить.

2. Из совокупности отбирают случайную выборку объема N . Полученные результаты наблюдений располагают в порядке их возрастания, так что в распоряжении имеют упорядоченную выборку значений.

3. В соответствии с выбранным критерием проверки вычисляют значение статистики S^* критерия (статистику Колмогорова, Смирнова, ω^2 и Ω^2 Мизеса).

4. В соответствии с выбранным критерием проверки вычисляют значение

$$p(S > S^*) = \int_{S^*}^{+\infty} g(s|H_0) ds = 1 - G(S^*|H_0),$$

где $G(S|H_0)$ – распределение статистики критерия при справедливости гипотезы H_0 ;

$g(s|H_0)$ – условная плотность распределения статистики критерия при справедливости гипотезы.

Если выполняется неравенство

$$p\{S > S^*\} > a,$$

где $a = \int_{S_a}^{+\infty} g(s|H_0) ds$

– задаваемый уровень значимости (вероятность ошибки 1-го рода – отклонить справедливую гипотезу H_0), то нет оснований для отклонения проверяемой гипотезы. В противном случае проверяемая гипотеза H_0 отвергается.

В критерии Колмогорова в качестве расстояния между эмпирическим и теоретическим законом используется величина

$$D_N = \sup_{|x| < \infty} |F_N(x) - F(x, \theta)|, \quad (3)$$

где $F_N(x)$ – эмпирическая функция распределения;

$F(x, \theta)$ – теоретическая функция распределения;

N – объем выборки.

При проверке гипотез обычно [4] используется статистика вида

$$S^* = S_k = \frac{6 \cdot N \cdot D_N + 1}{6\sqrt{N}}, \quad D_N = \max(D_N^+, D_N^-),$$

$$D_N^+ = \max_{1 \leq i \leq N} \left\{ \frac{i}{N} - F(x_i, \theta) \right\}, \quad D_N^- = \max_{1 \leq i \leq N} \left\{ F(x_i, \theta) - \frac{i-1}{N} \right\},$$

где N – объем выборки;

x_1, \dots, x_N – упорядоченные по возрастанию выборочные значения;

$F(x)$ – функция закона распределения, согласие с которым проверяется.

Распределение величины S_k при простой гипотезе в пределе подчиняется закону Колмогорова $K(S)$ [4].

Для проверки согласия двух распределений воспользуемся статистикой Колмогорова. Выберем уровень значимости $\alpha = 0,05$, рассчитаем значение статистики Колмогорова для нашей задачи и величину расстояния между эмпирическим и теоретическим законом (3). В нашем случае оказалось, что теоретическое гамма-распределение согласуется с экспериментальными данными.

Повторяя вышеизложенные расчеты для нормального распределения, получаем, что нормальное распределение также хорошо согласуется с опытными данными. Следовательно, на основании выбранного критерия проверки Колмогорова два теоретических закона распределения – нормальный и гамма – могут быть использованы для построения прогнозной модели.

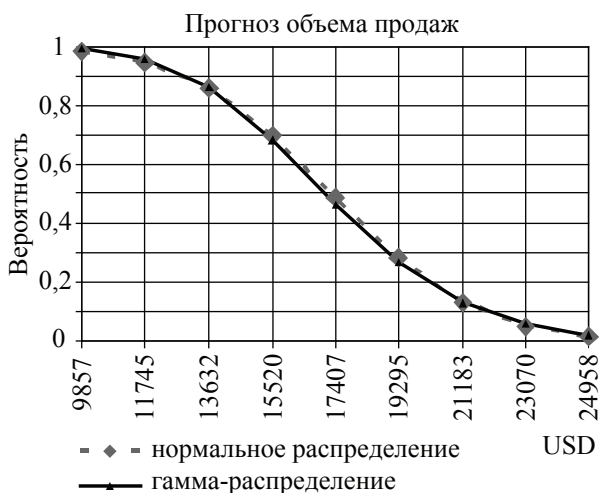


Рис. 2. Интегральные функции вероятности гамма- и нормального распределения

Результаты моделирования. Для построения прогноза объема продаж дополнительных услуг сотовой связи необходимо рассчитать значения интегральных функций

найденных выше теоретических законов нормального и гамма-распределения вероятностей с оцененными параметрами (1) и (2) этих распределений. График, построенный на рис. 2, позволяет спрогнозировать будущее значение месячного объема продаж с заданной вероятностью. Так, с 95 % вероятностью можно утверждать, что объем продаж в следующем месяце составит 11745 USD. При этом относительная погрешность прогноза в зависимости от выбора модели нормального или гамма-распределения в этом случае не превышает одного процента.

Для дальнейшего исследования модели прогнозирования объема продаж дополнительных услуг представляется целесообразным формулировать две конкурирующие гипотезы: $H_0: F(x) = F(x, \tilde{\theta})$ – о соответствии эмпирических данных гамма-распределению и альтернативную ей $H_1: F(x) = F_1(x, \tilde{\theta})$ – о нормальном распределении наблюдаемых величин, и рассчитывать вероятность β ошибки 2-го рода, т.е. вероятность ошибочного принятия гипотезы H_0 , в то время как верна гипотеза H_1 . При этом чем больше мощность критерия $1-\beta$, тем лучше он различает соответствующие гипотезы.

Напоследок следует заметить, что в дальнейшем построенную вероятностную модель объема продаж можно улучшить, если идентификацию закона проводить с использованием ряда критериев согласия. Это связано в первую очередь с тем, что в непараметрических критериях проверки согласия опытного и теоретического распределений типа Колмогорова, типа Мизеса, типа Смирнова, и в критериях согласия типа хи-квадрат используются различные меры, поэтому критерии по-разному улавливают в выборках различные отклонения от предполагаемых теоретических законов. В этом случае окончательное решение может быть принято по совокупности критериев, когда выбирается модель, для которой достигаемый уровень значимости по всем критериям максимален.

Кроме того, при идентификации планируется рассматривать более широкое множество законов распределения, в том числе модели в виде смесей законов. В этом случае для любого эмпирического распределения можно построить адекватную, статистически

существенно более обоснованную математическую модель.

Также необходимо помнить, что успех в выборе модели закона, наилучшим образом описывающего наблюдаемую случайную величину, зависит от применяемых методов оценивания. Поэтому используемые методы должны давать оценки параметров, обладающие лучшими статистическими свойствами (несмещенные, состоятельные и эффективные или асимптотически эффективные оценки). Вместе с тем, оценки должны быть устойчивыми к малым отклонениям от предположений. Только в этом случае построенная вероятностная модель может быть с успехом использована на практике.

Библиографический список

1. Р 50.1.033-2001. Рекомендации по стандартизации. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – Ч I. – 87 с.; Ч II. – 64 с.
2. Лемешко, Б.Ю. Группирование наблюдений как способ получения робастных оценок / Б.Ю. Лемешко // Надежность и контроль качества. – 1997. – № 5. – С. 26–35.
3. Куллдорф, Г. Введение в теорию оценивания по группированным и частично группированным выборкам / Г. Куллдорф. – М.: Наука, 1966. – 176 с.
4. Большев, Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, 1983. – 416 с.
5. Rao C.R. Criteria of estimation in large samples. Sankhya, 1962. – V. 25. – P. 189-206.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ШПОНА В ГАЗОВЫХ РОЛИКОВЫХ СУШИЛКАХ

С.В. СЕРГЕЕВ, *асп. каф. древесиноведения ВГЛТА*

В настоящее время деревообрабатывающие предприятия Российской Федерации определили курс на развитие высоких технологий, в первую очередь направленный на улучшение качества конечной продукции, снижение ее себестоимости, повышение производительности оборудования. Недостаточно высокое качество и значительная себестоимость производства вследствие несовершенства применяемого оборудования и систем однокритериального управления снижает ее конкурентоспособность. Как правило, применяемое ручное регулирование параметров процесса, субъективное определение требуемых режимов, стремление обеспечить заданный уровень только конечной влажности шпона приводит к высоким расходам энергоносителей, низкой производительности процесса, его пожароопасности. Все эти проблемы существуют в отечественной деревообрабатывающей промышленности, в частности в производстве фанеры, спичек, древесно-слоистых композитов, облицовывания мебели, где участок сушки лущеного или строганого шпона характеризуется большими затратами энергоносителей.

В большинстве случаев на производственном участке сушки шпона преимущественно используются газовые и паровые роликовые сушилки. Одним из перспективных направлений является исследование существующих систем управления газовыми роликовыми сушилками СРГ25М для разработки и реализации оптимальных режимов сушки. В связи с этим требуется проведение научно-практических исследований с целью получения адекватных математических моделей управления. В качестве сушильного агента в этом оборудовании используется топочный газ, получаемый при сжигании значительного количества древесного топлива, угля или природного газа. Процесс характеризуется высокими затратами электроэнергии для работы механизмов агрегата. В условиях роста цен на энергоносители это в значительной степени повышает себестоимость производства конечного продукта.

Современные уровни проведения системного анализа, теории планирования активных экспериментов, моделирования технологических процессов, используемая в производстве контрольно-измерительная, регулирующая аппаратура и вычислительная

X_1, X_2, \dots, X_7 с учетом обеспечения пожаробезопасности сушки [2]

$$\left. \begin{aligned} X_{1\min} &\leq X_1 \leq X_{1\max} \\ \dots\dots\dots \\ X_{7\min} &\leq X_7 \leq X_{7\max} \end{aligned} \right\}$$

В результате по полученным данным промышленного эксперимента разработаны высокоточные математические модели, две из которых X_1, X_2 представлены функциями следующего вида

$$Y_k = a_0 \cdot X_1^{b1} \cdot X_2^{b2} \cdot \dots \cdot X_7^{b7} \cdot F_1^{c1} \cdot \dots \cdot F_4^{c4},$$

где $a_0, b1, b2, \dots, b7, c1, \dots, c4$ – эмпирические коэффициенты.

Численные значения коэффициентов $a_0, b1, b2, \dots, b7, c1, \dots, c4$ обусловлены специфическими особенностями каждой из семи сушилок, установленных на предприятии.

Входные регулируемые параметры X_1, X_2, \dots, X_7 в зависимости от значений степеней коэффициентов $b1, b2, \dots, b7$ и $c1, \dots, c4$ наглядно отражают характер связи с функциями управления Y_1, Y_2 .

Третья модель – производительность процесса по высушиваемому шпону Y_3 описывается известной формулой [3]

$$Y_3 = K_{op} \cdot l_r \cdot s \cdot n \cdot X_7 \cdot K_w \cdot K_l,$$

где K_{op} – коэффициент оперативного времени;

l_r – длина ролика, м;

s – толщина шпона, м;

n – количество этажей, шт.;

K_w, K_l – коэффициент заполнения сушилки шпоном по ширине и длине соответственно.

Четвертый параметр – удельная себестоимость сушки шпона Y_4 зависит от расхода и установленных цен на энергоносители в отношении к производительности процесса

$$Y_4 = (P \cdot C_{1kw/h} + X_1 \cdot C_{1m^3 gas}) / Y_3,$$

где P – мощность электрооборудования, кВт;

$C_{1kw/h}$ – стоимость 1 кв/ч электроэнергии, руб.;

$C_{1m^3 gas}$ – стоимость 1 кг условного топлива, руб.

Условное топливо принято в расчетах для сопоставления различных видов энергоносителей, расходуемых на получение сушильного агента. Теплота сгорания в пересчете на 1 кг твердого (или 1 м³ газообразного) 29,3 МДж (7000 ккал) [4].

Современный уровень развития компьютерной техники позволяет использовать наиболее точный метод сканирования для нахождения экстремума каждой из целевых функций Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 с учетом объективно влияющих на процесс сушки нерегулируемых внешних возмущающих воздействий F_1, F_2, F_3, F_4

$$Y_1 = Y_1(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, F_1, F_2, F_3, F_4) \rightarrow \min,$$

$$Y_2 = Y_2(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, F_1, F_2, F_3, F_4) \rightarrow \min,$$

$$Y_3 = Y_3(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, F_1, F_2, F_3, F_4) \rightarrow \max,$$

$$Y_4 = Y_4(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, F_1, F_2, F_3, F_4) \rightarrow \min.$$

В результате проведена однокритериальная оптимизация каждой из технико-экономических, технических характеристик Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 .

Для построения модели многокритериальной оптимизации процесса сушки шпона в газовых роликовых сушилках принято уравнение аддитивной функции, полученное в результате свертки критериев

$$\bar{Y}_{add} = L_1 \cdot \bar{Y}_1 + L_2 \cdot \bar{Y}_2 - L_3 \cdot \bar{Y}_3 + L_4 \cdot \bar{Y}_4 \rightarrow \min,$$

где $\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3, \bar{Y}_4$ – нормализованные по стандартной методике [5] целевые функции;

L_1, L_2, L_3, L_4 – рассчитанные коэффициенты веса целевых функций.

Процедура нахождения численных значений коэффициентов веса включает обработку и анализ результатов экспертных оценок, полученных методом анкетирования по каждому технико-экономическому, технологическому показателю. Среднее арифметическое или средний балл для каждой целевой функции определяется по формуле

$$l_j = 1/S \sum_{j=1}^S \ln_j,$$

где \ln_j – балл, поставленный j -му показателю n -м экспертом, $j = 1 \dots S$.

Далее l_j округляется до целого числа R_j и определяется ранг или вес каждой из целевых функций

$$R_{vj} = N - \sum_{j=1}^S R_j / S,$$

где N – число технико-экономических показателей в анкете, шт.;

S – число опрашиваемых экспертов, шт.

Коэффициенты веса целевых функций рассчитаны следующим образом

$$L_j = R_{vj} / \sum_{j=1}^n R_{vj}, \text{ при этом, } L_j = 0 \dots 1; \sum_{j=1}^n L_j = 1.$$

Параметр – производительность \bar{Y}_3 , который необходимо максимизировать, взят со знаком «минус» для последующей минимизации функции. Поиск минимума аддитивной функции Y_{add} сводится к действиям:

1. Производится расчет аддитивной функции в точках $X_i, i=1,2,3,\dots,N$, расположенных в интервале $[a, b]$.

2. По полученным значениям X_i строится модель, аппроксимирующая Y_{add} на интервале $[a, b]$.

3. По построенной математической модели определяется расположение глобального минимума X^o функции Y_{add} . Оптимизационная процедура реализуется методом сканирования для условий каждого производственного эксперимента. При этом последовательно с заданным шагом, не превышающим величину погрешности контрольно-измерительной аппаратуры, циклично перебираются значения каждого из параметров X_1, X_2, \dots, X_7 .

В ходе промышленной апробации на ОАО «Мантуровский фанерный комбинат» разработанная математическая модель аддитивной функции управления Y_{add} подтвердила адекватность реальному производственному процессу. Отклонение значений рассчитанных параметров от фактических не превышает 5 % по всей серии экспериментов, что приемлемо для процессов деревообработки [6].

В зависимости от начальной влажности шпона F_1 при различных вариациях значений параметров F_2, F_3, F_4 по полученной математической модели рассчитаны оптимальные значения режимов X_1, X_2, \dots, X_7 процесса сушки в газовых роликовых сушилках. Пример разработанного оптимального режима сушки шпона для начальной влажности $F_1 = 60-70\%$ приведен в таблице.

Для других параметров внешних возмущающих воздействий F_1, F_2, F_3, F_4 по функции Y_{add} на ЭВМ с достаточным уровнем точности можно рассчитать значения входных регулируемых параметров процесса X_1, X_2, \dots, X_7 , при этом они обеспечат получение экстремальных значений целевых функций Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 .

Нерегулируемые возмущающие воздействия	Входные параметры процесса сушки	Технико-экономические, технологические характеристики процесса сушки
$F_1 = 60-70\%$ $F_2 = 69\%$ $F_3 = 20^\circ\text{C}$ $F_4 = 13^\circ\text{C}$	$X_1 = 279 \text{ кг}$ $X_2 = 0,2 \text{ отн.ед.}$ $X_3 = 704^\circ\text{C}$ $X_4 = 0,15 \text{ отн.ед.}$ $X_5 = 0,5 \text{ отн.ед.}$ $X_6 = 304^\circ\text{C}$ $X_7 = 1,94 \text{ м/мин}$	$Y_1 = 8\%$ $Y_2 = 139^\circ\text{C}$ $Y_3 = 4,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ $Y_4 = 137,9 \text{ руб/м}^3$

Производственные испытания показали, что рассчитанные параметры X_1, X_2, \dots, X_7 обеспечивают лучшее качество сушки, регламентированное технологической инструкцией, более низкие расходы энергоносителей, заданную высокую производительность оборудования и гарантированную пожаробезопасность процесса по сравнению с существующими принципами управления.

Выявлены специфические особенности сушки шпона в газовых роликовых сушилках в ОАО «Мантуровский фанерный комбинат». Установлена степень и характер взаимосвязи между режимными параметрами технологии сушки шпона, неуправляемыми факторами и выходными целевыми показателями процессов. Для повышения технико-экономической, технологической эффективности процесса сушки шпона проведены экспериментальные исследования, создан адекватный реальным производственным условиям математический аппарат.

Библиографический список

1. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Воронеж: ВГУ, 1982. – 137 с.
2. Сафонов, А.О. Тепломассоперенос и динамика сушки дисперсных материалов в барабанных сушилках / А.О. Сафонов. – Воронеж: ВГУ, 2002. – 240 с.
3. Стерлин, Д.М. Сушка в производстве фанеры и древесно-стружечных плит / Д.М. Стерлин. – М.: Лесная пром-сть., 1977. – 380 с.
4. Советский энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. – 4-е изд. – М: Сов. энциклопедия, 1986. – 1600 с.
5. Пижурин, А.А. Исследование процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенблит. – М.: Лесная пром-сть. – 1984. – 232 с.
6. Батищев, Д.И. Методы оптимального проектирования / Д.И. Батищев. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.

РОЛЬ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА В РАЗВИТИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Н.П. КОЖЕМЯКО, доц. каф. экономики и организации внешних связей МГУЛ, канд. экон. наук

Российские леса имеют общемировое значение, обусловленное запасами древесины, биоразнообразием, ролью в глобальном круговороте и потенциальным влиянием на международную торговлю лесными продуктами.

На долю России приходится 22 % площади мировых лесов. В отношении лесов бореальной и умеренной зон Россия является абсолютным монополистом, обладая почти половиной мировых ресурсов.

Лесной сектор Российской Федерации традиционно является значимым элементом национальной экономики. В его состав включается лесное хозяйство, ответственное за использование, сохранение и воспроизводство лесов, а также заготовительная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность.

В лесах России сосредоточено 81,5 млрд м³ древесины с ежегодным приростом в 993,8 млн м³. Лесосырьевые ресурсы России дают возможность не только обеспечить текущую и перспективную потребность страны в древесине и продуктах ее переработки, но и значительно расширить их экспорт в условиях прогнозируемого роста спроса на древесину на мировом рынке (рис. 1).

Однако лесной фонд России было бы неправомерно считать неисчерпаемым: почти 95 % лесов России произрастает в бореальном поясе, а около 50 % имеет низкую природную продуктивность. В районах, доступных для эксплуатации, лесной фонд истощен в результате концентрированных рубок 1950–1960 гг. и еще не полностью восстановился.

Характерной особенностью размещения лесосырьевых ресурсов России является резкий дисбаланс в наличии и фактическом использовании. Запас древесины спелых лесов европейско-уральской части России составляет 18 % от общего запаса спелых лесов страны, а заготавливается в этой части свыше 60 % от общего объема заготовок.

Общая площадь земель государственного лесного фонда составила 1 173 млн га. Эти земли занимают около 69 % территории

Российской Федерации (вместе с внутренними водами).

Современный уровень развития лесопромышленного комплекса позволяет осваивать не более 25 % от расчетной лесосеки, то есть лесного ресурса, допустимого к рубкам по лесоводственным и экологическим требованиям.

Стоимость произведенной продукции в расчете на 1 м³ заготовленной древесины в Российской Федерации составляет 67 долл. США, что в 3,5–5 раз меньше, чем в развитых лесопромышленных странах.

В состав ЛПК входят более 30 тыс. предприятий, в том числе 2 300 крупных и средних предприятий лесозаготовительной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Общая численность работающих превышает 800 тыс. человек.

подавляющее большинство предприятий ЛПК – частные компании без какого-либо участия государства. Свыше 500 лесозаготовительных предприятий (леспромхозов) являются градообразующими.

Анализ динамики производства основных видов лесопродукции (табл. 1) показывает, что наиболее динамично развивается деревообработка. Максимальный рост по ДСП в 1,9 раза в 2006 г. по отношению к 2000 г. (на 2259 м³), производство фанеры увеличилось в 1,7 раза и составило 2598,3 м³ в 2006 году, в 1,4 раза вырос объем ДВП, бумаги и картона. Однако относительно 1990 г. превышение объема производства в 2006 г. отмечено только по фанере в 1,6 раза. Фанера клееная стабильно пользуется большим спросом на зарубежных рынках.

Производство древесно-стружечных плит за период с 1990 г. по 2006 г. снизилось на 17,5 % (4593,8 тыс. усл. м³). Однако в последние годы наметилась устойчивая тенденция роста производства ДСП.

В 2006 г. рост производства в целом по лесопромышленному комплексу, по данным Росстата, составил 102,0 % против 104,2 % в 2005 г.



Рис. 1. Лесные ресурсы России

Т а б л и ц а 1

Динамика производства основных видов продукции ЛПК России

Продукция	Годы									2006 г. 1 полу- годие	2007 г. 1 полу- годие	1 пол 2007 в % к 1 пол. 2006	2006 в % к 1990	2006 в % к 2000	2006 в % к 2005
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006						
Древесина, млн м ³	304,0	116	95,0	97,0	90,2	91,3	112,1	114,8	106,7	55,0	59,3	107,8	35,1	112,3	94,2
Пилома- териалы, млн м ³	75,0	26,5	20,0	19,5	18,6	18,9	21,3	20,8	21,3	10,1	11,1	109,9	28,4	106,5	102,4
Фанера, тыс. м ³	1597,0	939	1484,0	1590,0	1808	2000	2245,9	2550,8	2598,3	1340,6	1357,4	101,2	162,7	175,1	101,9
ДСП, тыс. усл. м ³	5568,3	2206	2334,8	2545,0	2732	3000	3637,7	4046,4	4593,8	2079,8	2482,7	119,5	82,5	196,8	113,5
ДВП, млн. усл. м ²	418,2	234	292,2	283,0	299,6	315	346,9	381,8	399,5	184,7	232,2	125,7	95,5	136,7	104,6
Целлюлоза товарная, тыс. т	2770	1801	2036	2163	2291	2300	2404	2429,4	2379,5	1174,2	1174,4	100	85,9	116,8	97,9
Бумага и картон, тыс. т	8325,0	4074	5312,0	5524,0	5979,6	6170	6830,0	7024,0	7450,9	3219,5	3707,7	115,1	89,5	140,3	106,1

Производство и потребление лесопродукции

Продукция	Ед. изм.	Объем производства	Импорт	Экспорт	Внутреннее потребление
2000					
Лесоматериалы круглые	млн м ³	95	0,525	30,8	64,725
Пиломатериалы	млн м ³	20	0,0215	7,8	12,221
Фанера клееная	тыс. м ³	1484	37,5	974,3	547,2
Древесно-стружечные плиты	тыс. м ³	2334,8	230,2	134,7	2430,3
Древесноволокнистые плиты	тыс. м ³	292,2	138,2	279	151,4
Бумага и картон	тыс. т	5312	394	1990	3716
Товарная целлюлозы	тыс. т	2036	52	1660	428
2001					
Лесоматериалы круглые	млн м ³	97	0,625	31,7	65,93
Пиломатериалы	млн м ³	19,5	0,0144	7,7	11,814
Фанера клееная	тыс. м ³	1590	24,6	1031,5	583,1
Древесно-стружечные плиты	тыс. м ³	2545	349,4	155,2	2739,2
Древесноволокнистые плиты	тыс. м ³	283	142	206	219
Бумага и картон	тыс. т	5524	483	2336	3671
Товарная целлюлозы	тыс. т	2163	33	1786	410
2002					
Лесоматериалы круглые	млн м ³	90,2	0,795	36,8	54,195
Пиломатериалы	млн м ³	18,6	0,016	9	9,616
Фанера клееная	тыс. м ³	1808	31	1157,5	681,5
Древесно-стружечные плиты	тыс. м ³	2732	396,6	165	2963,6
Древесноволокнистые плиты	тыс. м ³	299,6	203,5	243	260,1
Бумага и картон	тыс. т	5979,6	638	2458	4159,6
Товарная целлюлозы	тыс. т	2291	47	1885	453
2003					
Лесоматериалы круглые	млн м ³	91,3	0,852	37,4	54,752
Пиломатериалы	млн м ³	18,9	0,0112	10,5	8,411
Фанера клееная	тыс. м ³	2000	41,5	1201	840,5
Древесно-стружечные плиты	тыс. м ³	3000	605,2	196	3409,2
Древесноволокнистые плиты	тыс. м ³	315	323,3	251	387,3
Бумага и картон	тыс. т	6170	776	2459	4487
Товарная целлюлозы	тыс. т	2300	48	1915	433
2004					
Лесоматериалы круглые	млн м ³	112,1	1,004	41,8	71,304
Пиломатериалы	млн м ³	21,3	0,0129	12,6	8,712
Фанера клееная	тыс. м ³	2245,9	43,2	1438	851,1
Древесно-стружечные плиты	тыс. м ³	3637,7	551,6	219,1	3970,2
Древесноволокнистые плиты	тыс. м ³	346,9	383,4	267	463,3
Бумага и картон	тыс. т	6830	883	2707	5006
Товарная целлюлозы	тыс. т	2404	22,5	1866	560,5
2005					
Лесоматериалы круглые	млн м ³	114,8	0,730	48,3	67,23
Пиломатериалы	млн м ³	20,8	0,0244	14,8	6,024
Фанера клееная	тыс. м ³	2550,8	54,1	1523,7	1081,2
Древесно-стружечные плиты	тыс. м ³	4046,4	571,8	241,5	4376,7
Древесноволокнистые плиты	тыс. м ³	381,8	493	380	494,8
Бумага и картон	тыс. т	7024	1065	2737	5352
Товарная целлюлозы	тыс. т	2429,4	25	1946	508,7
2006					
Лесоматериалы круглые	млн м ³	106,7	0,514	51,1	56,114
Пиломатериалы	млн м ³	21,3	0,015	15,9	5,415
Фанера клееная	тыс. м ³	2598,3	46,4	1577	1067,7
Древесно-стружечные плиты	тыс. м ³	4593,8	782	295	5080,8
Древесноволокнистые плиты	тыс. м ³	399,5	668	448	619,5
Бумага и картон	тыс. т	7450,9	1221	2701	5970,9
Товарная целлюлозы	тыс. т	2379,5	56	1901	534,5

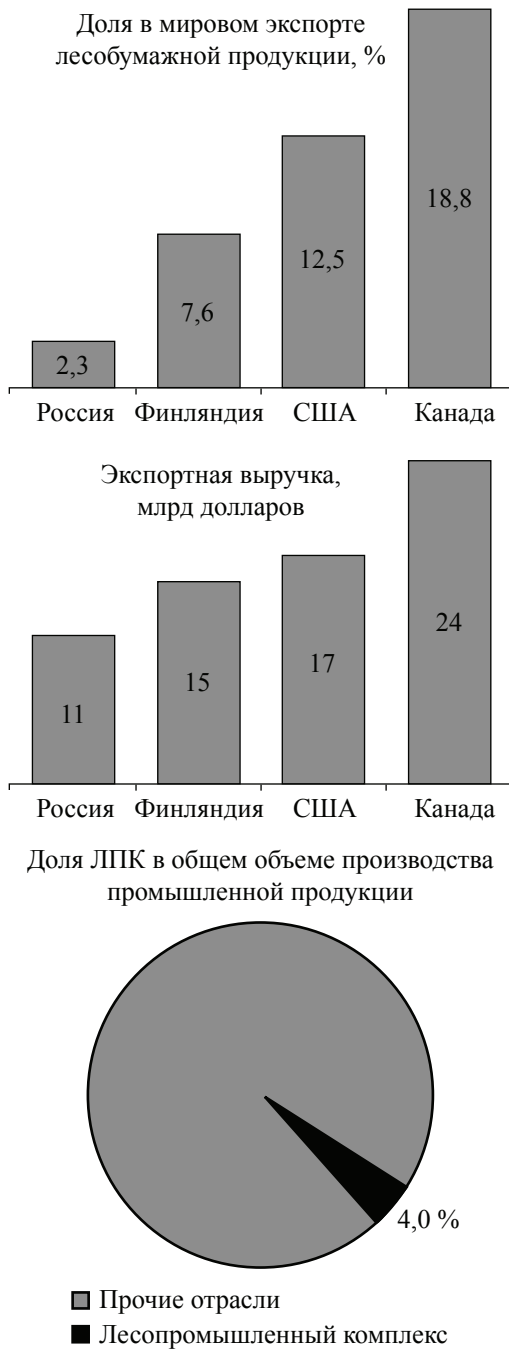


Рис. 2. Доля лесного комплекса в национальной и мировой экономике

По оперативной информации, произведено деловой древесины 93,5 млн м³, 95,2 % к 2005 году, пиломатериалов – 21,3 млн м³, 96,7 %.

В начале 2007 года наблюдается ускорение роста объемов лесозаготовок, деревянного домостроения, целлюлозы и других видов лесопроизводства.

Вследствие низкого уровня переработки древесины на долю лесопромышленного комплекса приходится всего 1,2 % от

валового внутреннего продукта, 4 % выпуска промышленной продукции, 4 % от экспорта (рис. 2).

Объемы экспорта, импорта и внутреннего потребления продукции лесозаготовительной и лесоперерабатывающей промышленности представлены в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют о периодическом росте и снижении объемов потребления лесопроизводства на внутреннем рынке России. Внутреннее потребление круглых лесоматериалов в 2001 г. увеличилось на 1,2 % по отношению к 2000 г., в 2002 г. наблюдается снижение потребления на 18 %, в последующие годы по 2004 г. потребление увеличивается на 31,6 %, к 2006 г. внутреннее потребление снизилось относительно 2004 г. на 22 % и составило 56,114 млн м³.

За исследуемый период внутреннее потребление пиломатериалов сократилось более чем в 2 раза (с 12.221 млн м³ в 2000г. до 5,45 млн м³ в 2006 г.).

С 2000 г. по 2006 г. отмечается устойчивый рост внутреннего потребления фанеры с 547,2 тыс. м³ до 1067,7 тыс. м³, ДСП с 2430,3 тыс. м³ до 5080,8 тыс. м³, ДВП с 151,4 тыс. м³ до 619,5 тыс. м³, бумаги и картона с 3716 тыс. т до 5970,9 тыс. т.

Внутреннее потребление целлюлозы товарной достигло максимума в 2004 г. на уровне 560,5 тыс. т и к 2006 г. сократилось до 534,5 тыс. т.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что уровень развития лесопромышленного комплекса и его место в национальной экономике не соответствуют его потенциалу. Системной проблемой развития являются низкий уровень использования лесов, недостаточное развитие высокотехнологичных производств по глубокой механической и химической переработке древесного сырья, поставившие экономику страны в зависимость от импорта высококачественной лесобумажной продукции.

Основными причинами неудовлетворительного развития комплекса являются:

– низкий технический уровень производства и отсталость технологий, обусловленные высокой степенью физического износа основного технологического оборудования и

недостаточной инновационной активностью российских лесопромышленных компаний;

- несовершенная структура производства лесобумажной продукции, характеризующаяся низкой долей выпуска продукции глубокой переработки древесины, определившей сырьевую направленность экспорта;

- низкая конкурентоспособность отечественной лесобумажной продукции;

- недостаточные объемы инвестиций, сдерживающие развитие производств по глубокой переработке древесины и лесозаготовок из-за отсутствия достаточных объемов строительства лесовозных дорог;

- недостаток мощностей по переработке низкокачественной и лиственной древесины в конкурентную продукцию с высокой добавленной стоимостью;

- сложное финансовое положение большинства предприятий, определяемое высоким уровнем материало- и энергоемкости производства при наличии опережающего роста цен и тарифов на продукцию и услуги отраслей естественных монополистов, не позволяющие сформировать необходимые объемы инвестиционных ресурсов для расширенного воспроизводства;

- низкий по отношению к другим отраслям промышленности уровень оплаты труда, ухудшающаяся ситуация в профессиональной и квалификационной подготовке и недостаток кадров, высокий уровень безработицы в градообразующих населенных пунктах;

- недостаточная емкость внутреннего рынка, характеризующаяся низкими потребительскими качествами поставляемой продукции, ограниченным ассортиментом продукции, создающими условия для расширения импорта лесобумажной продукции.

Для повышения роли лесопромышленного комплекса в развитии национальной экономики необходима комплексная программа, направленная на стимулирование развития предприятий ЛПК и повышение конкурентоспособности комплекса в целом.

Государственная программа развития лесного комплекса должна быть направлена на создание условий, обеспечивающих устойчивое управление лесами, а именно соб-

людение требований непрерывного, рационального и неистощительного использования лесов, повышение доходов от использования лесных ресурсов, своевременное и качественное воспроизводство лесов, сохранение их ресурсного, рекреационного, экологического потенциала и биологического разнообразия.

Целостная программа дальнейшего развития лесного комплекса должна включать:

1. Совершенствование системы лесных отношений, направленное на эффективное использование лесного фонда, совершенствование арендных отношений в сфере лесопользования, решение задач по развитию инфраструктуры, создание благоприятных условий для инвестиций на основе инвестиционных соглашений при осуществлении крупных проектов.

2. Реализация комплекса мер по повышению конкурентоспособности отечественной лесной промышленности через стимулирование структурных преобразований в лесном хозяйстве и лесопромышленном комплексе на основе создания крупных интегрированных структур; создание благоприятных условий для инвестиций в деревообрабатывающую промышленность, обеспечение последовательного снижения ставок вывозных таможенных пошлин на продукцию глубокой переработки древесины и формирование поэтапного графика их увеличения до 2010 г. на отдельные виды круглых лесоматериалов, отмену ставок ввозных таможенных пошлин на оборудование для деревопереработки; развитие производства лесозаготовительных машин и современного оборудования для переработки древесины; стимулирование внутреннего спроса на продукцию отечественной деревообрабатывающей промышленности; расширение применения энергоносителей древесного происхождения в качестве альтернативных источников топлива для коммунальной энергетики.

3. Разработка и принятие комплекса мер по увеличению использования древесины в жилищном строительстве, в том числе в рамках реализации приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России».

МЕХАНИЗМ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ДЕРЕВЯННОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ

Е.С. ТРУНОВ, начальник управления лесного хозяйства и лесопользования Департамента лесного комплекса Вологодской области, канд. экон. наук,
М.Н. РАССАДИНА, преподаватель каф. экономики и управления Вологодского института экономики и права

В условиях растущего спроса на жилье в городах и поселках Вологодская область обладает мощным потенциалом для развития деревянного домостроения, поскольку обладает значительными запасами лесных ресурсов. Деревянное домостроение в регионе развивалось неравномерно. Объемы производства увеличиваются, однако процесс не имеет тенденции равномерного роста. В 1995–1997 гг. выпуск домов заводского изготовления практически прекратился. Пик производства деревянных домов пришелся на 2002 г. В дальнейшем наблюдалось постепенное снижение, однако по сравнению с 1995 г. объем производства увеличился почти в 6 раз.

В настоящее время основными предприятиями-изготовителями деревянных домов в области являются ОАО «Сокольский ДОК», ОАО «Белозерский ЛПХ», ООО «Новаторский ЛПК», ООО «ЧАК», ООО «Леском», ЧП «Иванов О.Л.» и др. Их продукция соответствует градостроительным требованиям, государственным стандартам, строительным нормам и правилам. Помимо указанных хозяйствующих субъектов изготовлением домов и срубов в области занимаются более трехсот индивидуальных предпринимателей.

Рост объемов производства индивидуальных деревянных домов в области в первую очередь связан с увеличением спроса на индивидуальное жилье и загородные дачные дома, а также увеличением потребности жителей сельской местности Вологодской области в улучшении жилищных условий. Большая часть готовых домов («под ключ») поставляется в другие регионы, например в Московскую область, а срубы для домов реализуются областным потребителям. Между тем резервы роста объемов выпуска домов уменьшаются по мере удовлетворения платежеспособного спроса.

На наш взгляд, перспективным направлением деревянного домостроения является строительство жилья для молодых семей, проживающих в сельской местности и лесных поселках. В соответствии с областной целевой программой «Обеспечение жильем молодых семей в Вологодской области на 2005–2010 гг.» молодые семьи, проживающие в сельской местности, имеют возможность получать субсидию из областного бюджета для приобретения 200 м³ древесины на корню для индивидуального жилищного строительства.

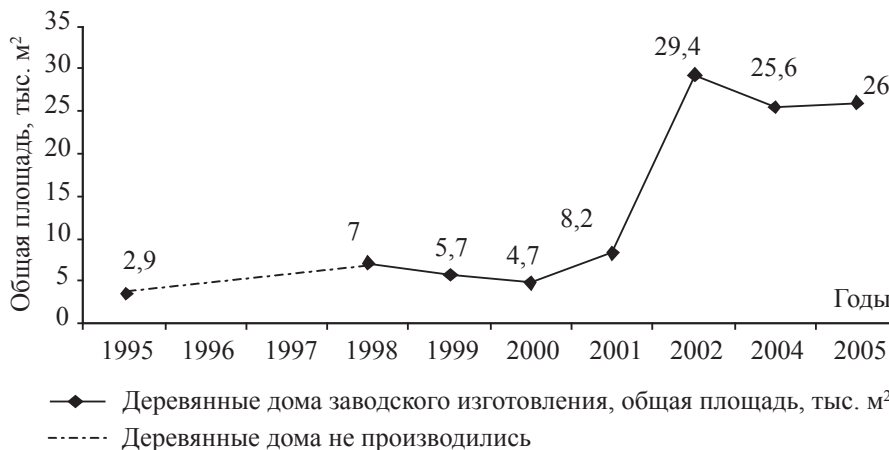


Рис. 1. Производство деревянных домов на деревообрабатывающих предприятиях ЛПК Вологодской области

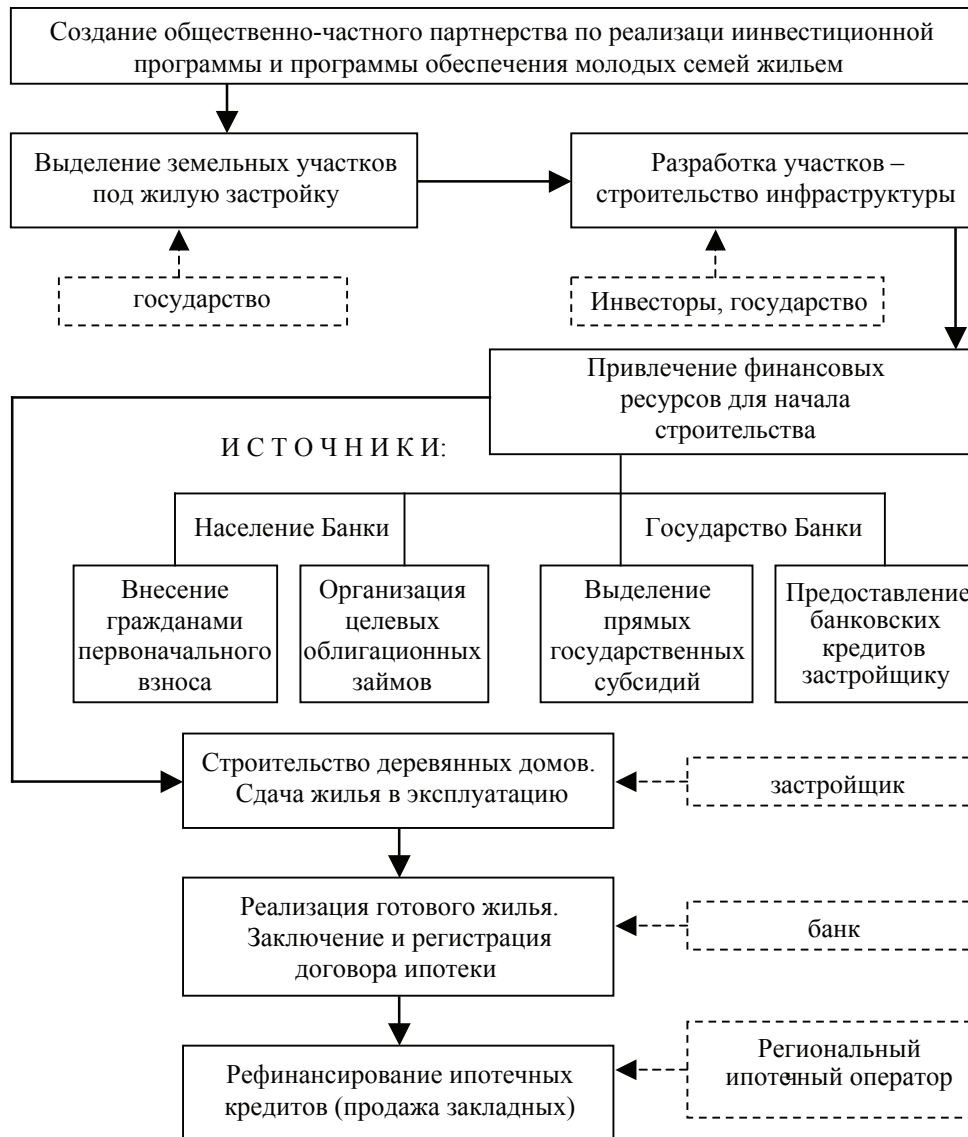


Рис. 2. Механизм инвестирования жилищного строительства с использованием ипотеки

На реализацию данной программы в 2000–2004 гг. из областного бюджета выделено 2193 субсидий с объемом 219,3 тыс. м³ древесины на сумму свыше 6,2 млн руб. Между тем выделенный объем древесины на корню составляет менее 1 % от ежегодных объемов промышленной заготовки древесины. В 2000–2005 гг. с использованием данного вида субсидий было построено 508 жилых домов. Основные обращения за субсидиями получены от молодых семей, которым выделено 487 субсидий. В отдельных случаях население реализует заготовленную древесину, в результате чего строительство не завершается долгие годы, построенные дома не вводятся в эксплуатацию. Это не позволяет собирать дополнительные налоги на имуще-

ство физических лиц, и бюджетные средства не приносят должный эффект.

Существующая схема предоставления субсидий в виде древесины показала несовершенство механизма реализации областной целевой программы, и на наш взгляд, вызвала необходимость изменить существующую схему приобретения жилья в сельской местности и лесных поселках. По нашему мнению, получение права на приобретение древесины на корню следует передать лесопромышленным предприятиям – заготовителям древесины и производителям деревянных домов, а субсидии перечислять подрядчику – застройщику. Предприятие сможет предоставить готовый продукт – жилой дом с согласованным проектом, и самостоятельно возвести его на земельном участ-

ке, сдать в эксплуатацию и передать застройщику. Участие лесопромышленных предприятий, сочетающих в производственном цикле лесозаготовку и деревообработку, позволит увеличить объем промышленного производства в регионе и пополнить доходы бюджета.

Для реализации предложенного подхода разработан качественно новый механизм инвестирования строительства жилья в сельской местности и лесных поселках с использованием ипотеки, представленный на рис. 2.

Основными функциями, заложенными в механизм финансирования строительства жилья в районах, являются следующие:

- 1) целенаправленное развитие отдельных территорий области;
- 2) реализация рыночных условий инвестирования строительства жилья с использованием ипотеки;
- 3) приоритетная поддержка молодых и многодетных семей;
- 4) обеспечение потока инвестиций в жилищное строительство;
- 5) достижение соответствия условий проживания в сельской и городской местности.

Предлагаемый механизм использует проектное финансирование – эффективный инструмент, используемый при привлечении большого объема денежных средств на длительный период. Помимо этого проектное финансирование позволяет снизить уровень риска, возникающего при реализации долгосрочных проектов и проводить параллельное финансирование отдельных мероприятий проекта не только банками, но и другими структурами. Совместное финансирование проекта создает возможность максимального привлечения денежных средств, большего, чем сумма возможных кредитов от каждого участника в отдельности, что обеспечивает требуемый уровень потока инвестиций с наименьшими затратами.

В качестве субъектов, запускающих механизм финансирования жилищного строительства – участников проекта, выступают:

1. Органы государственной власти субъектов Российской Федерации, в задачи которых входят:
 - формирование предложений по реализации национальных проектов на террито-

рии области и их законодательное утверждение для получения средств из федерального бюджета;

- разработка документов территориального планирования области, документации по планировке территории для размещения объектов строительства регионального значения, региональных нормативов градостроительного проектирования;

- выделение бюджетных субсидий и гарантий под жилищные проекты.

2. Органы местного самоуправления, осуществляющие:

- подготовку инвестиционных проектов для участия в конкурсах по подпрограммам «Обеспечение земельных участков коммунальной инфраструктурой» и «Модернизация объектов коммунальной инфраструктуры»;

- формирование земельных участков под застройку.

3. Кредитно-финансовые институты, обеспечивающие:

- привлечение средств населения на накопительные счета;

- выделение финансовых ресурсов для ипотечного кредитования;

- эмиссию ипотечных ценных бумаг.

4. Региональный ипотечный оператор, который осуществляет рефинансирование выданных ипотечных кредитов.

5. Страховые компании, выполняющие комплекс страховых операций от кредитных, инвестиционных и эмиссионных рисков.

6. Инвесторы, хозяйствующие субъекты, финансирующие строительство и модернизацию объектов инфраструктуры.

7. Независимые эксперты, осуществляющие оценку надежности показателей проекта, сроков и стоимости строительства, возможности и условий эксплуатации проекта.

8. Муниципальные предприятия и учреждения, производящие деревянные дома и участвующие в строительстве инженерно-коммунальных сетей.

9. Подрядчики – предприятия и организации, осуществляющие предпроектные, проектные, изыскательские, исследовательские, строительные-монтажные и пуско-наладочные работы.

10. Застройщики (покупатели) граждане, являющиеся собственником жилья с привлечением ипотечного кредита.

Лидером проекта являются орган исполнительной власти субъекта Российской Федерации в лице правительства области, на которое возложена организация участия необходимых сторон, переговоры, обсуждение предложений, планирование полного финансового пакета, выбор финансовых партнеров. После организации финансирования по проекту главенствующая роль должна быть отведена банку, которая сводится к контролю выполнения финансовых соглашений и кредитных договоров, анализу потока наличности и расходованию денежных средств, разрешению спорных вопросов между участниками финансового соглашения. Отличием данного проекта от коммерческих проектов строительства жилья является сочетание его социальной направленности с возможностью получения значительной прибыли от реализации жилья, а также от эксплуатации жилого фонда и коммунальных сетей.

Отправной точкой запуска механизма считается создание общественно-частного партнерства в форме ассоциации (некоммерческой организации), целью деятельности которой является обеспечение молодых и многодетных семей жильем через систему ипотечного кредитования. В ассоциацию должны войти участники механизма финансирования жилищного строительства, перечисленные выше.

Важным условием функционирования механизма является то, что первоочередную поддержку получают семьи, члены которых будут работать на предприятиях (преимущественно сельского хозяйства и лесопромышленного комплекса) – точках роста экономики муниципалитета, получающих инвестиции согласно областной программе. В результате должны получить развитие отдельные территории (муниципалитеты) в соответствии с целями долгосрочного развития экономики области и распространиться деревянное домостроение.

Рассмотрим возможность строительства 100 индивидуальных домов на участках по 1000 м² (10 соток) – жилой комплекс «Молодежный» – по условиям областной программы поддержки молодых семей со сроком строительства 3 года. Согласно выполненным расчетам (по строительным нормам), рыночная стоимость 1 м² составит 22,6 тыс. руб. в ценах 2005 г. (большая часть расходов приходится на строительство новых коммунальных сетей).

Реализация домов по данной цене молодым и многодетным семьям будет являться существенным препятствием для осуществления проекта и областной программы. Поэтому на строительство инфраструктуры необходимо выделить государственную субсидию застройщику в размере 45,5 млн руб. В результате цена 1 м² жилья снизится до 18,1 тыс. руб., а доля субсидий в цене 1 м² составит 25 % (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Доли участников в финансировании проекта

Показатель	Сумма, руб.
Общая стоимость строительства молодежного жилого комплекса, в т.ч.	226 148 780
стоимость строительства инфраструктуры	101 148 780
стоимость изготовления домов	125 000 000
Структура источников финансирования строительства инфраструктуры	
Собственные средства (35 %)	35 402 073
Кредит банка (20 %)	20 229 756
Государственная субсидия (45 %)	45 516 951
Структура источников финансирования изготовления домов	
собственные средства (80 %)	100 000 000
кредит банка (20 %)	25 000 000
Сумма кредитов банка	45 229 756
Средний размер субсидий на 1 м ² , тыс. руб.	4 552

Суммы субсидий гражданам на оплату первоначального взноса при приобретении жилья

Распределение субсидий семьям	Количество семей	Количество квадратных метров на семью	Размер субсидии на семью	Общая сумма субсидий, тыс. руб.	Среднемесячный доход семьи, руб.	Доля субсидий в расходах, %
Семьи, не имеющие детей	20	100	100	2000	20600	30
Семьи, имеющие одного ребенка	35	100	300	10500	19500	25
Семьи, имеющие двух детей	30	100	400	12000	20100	22
Семьи, имеющие трех детей	15	100	500	7500	19300	17
Итого:	100	–	–	32000	–	–

Удельные веса участия субъектов в финансировании строительства жилого комплекса распределились следующим образом: застройщик и лесопромышленное предприятие – 135 млн руб., государство – 45,5 млн руб., банк – 45 млн руб.

Органы местного самоуправления выделяют неразработанные сформированные земельные участки под строительство жилья, а органы исполнительной власти субъекта Российской Федерации – общие прямые или косвенные и индивидуальные субсидии. Активное участие государственных органов в реализации проекта связано с тем, что, во-первых, на предприятия ложится большая налоговая нагрузка и остается недостаточное количество инвестиционных ресурсов для развития производства, и, во-вторых, основная часть налоговых платежей перечисляется в федеральный бюджет и возвращается в форме дотаций региону. Сложившаяся ситуация объективно требует государственного финансового участия в инвестиционных проектах в области промышленного производства и жилищного строительства.

Общие прямые субсидии предполагают дотационное финансирование строительства инженерной инфраструктуры на земельных участках муниципалитетов за счет ассигнований из регионального и местного бюджетов. Общие прямые субсидии должны выделяться муниципалитетам в том случае, если коммунальные сети будут находиться в собственности муниципалитета, а на территории отсутствовать возможность строительства инженерной инфраструктуры с участием предприятий – точек роста экономики территории, как правило градообразующих.

Косвенные общие субсидии должны получить предприятия-застройщики в виде

компенсации уплаченных процентов по кредитам в соответствии с подпрограммой национального проекта «Обеспечение земельных участков коммунальной инфраструктурой» за счет федерального и областного бюджетов (в расчете эта льгота не учитывалась, поскольку в настоящее время законодательно не проработан механизм ее предоставления). Согласно областной программе поддержки молодых семей, из областного бюджета могут выделяться средства на строительство коммунальной инфраструктуры, если доля молодых семей, проживающих на территории, составляет не менее 70 %.

Прямые индивидуальные субсидии предоставляются гражданам в виде дотаций на первоначальный взнос при приобретении жилья через ипотеку и аннулировании части кредита при рождении второго и третьего ребенка.

Расчет сумм прямых индивидуальных субсидий гражданам по проекту строительства представлен в табл. 2 и составит в общем 32 млн руб., т.е. на 1 м² – 3,2 тыс. руб. Чем большее количество семей с двумя и тремя детьми, тем больше сумма субсидий в целом и на 1 м².

Банки играют роль связующего звена при финансировании строительства жилья и последующего его приобретения населением. На этапе строительства банковские кредиты потребуются застройщику и лесозаготовительному предприятию для оплаты древесины на корню, приобретения лесоматериалов, ввода дополнительных мощностей по производству деревянных конструкций, строительства коммунальной инфраструктуры. Помимо этого банки могут участвовать в привлечении:

– сбережений населения с последующим предоставлением им ипотечных кредитов;

– средств населения, предприятий или других финансово-кредитных учреждений в виде облигационного займа на предоставление ипотечных кредитов населению, участвующему в проекте. Для этого используются методы финансового инжиниринга, заключающиеся в разработке новых финансовых продуктов в форме облигационных займов с ежеквартальной выплатой процентов.

Финансовая схема привлечения инвестиций представлена на рис. 3.

На первом этапе банк заключает форвардный контракт с клиентами – будущими покупателями жилья и одновременно получателями, предметом которого являются денежные средства, предоставляемые клиентом банку на срок от 3 до 5 лет под определенную ставку, уровень которой выше, чем по депозитам до востребования, но ниже, чем по срочным депозитам. При этом клиент обязуется ежемесячно пополнять счет в размере твердой заранее оговоренной суммы или в процентах от ежемесячного заработка. Привлеченные таким образом средства банк

может размещать в активные операции, приносящие достаточную и быструю прибыль за счет разницы в процентных ставках или инвестировать в реальный сектор экономики (например, строительство).

Выгода банка состоит в том, что представляется возможность прогнозировать объемы привлеченных средств, затраты на их получение и отслеживать реальные доходы будущих заемщиков, а для населения – в гарантированной возможности получения ипотечного кредита через некоторое время, в течение которого покупатель сможет оценить свои жилищные потребности и финансовые возможности.

Каждая категория семей ежемесячно перечисляет в банк определенную долю доходов в течение 3 лет под 5 % годовых с начислением процентов в конце года. Это позволит накопить общую сумму сбережений 21,6 млн. руб., что на треть меньше размера прямых индивидуальных субсидий. Так, размер сбережений на семью, не имеющую детей, составит, 279 тыс. руб., на семью, имеющую одного ребенка – 221 тыс. руб., на семью, имеющую двух детей – 200 тыс. руб., на семью, имеющую трех детей – 149 тыс. руб.



Рис. 3. Схема привлечения и размещения денежных средств в ипотечное кредитование

Для того, чтобы заработала предлагаемая схема финансирования, банк должен ссудить денежные средства по ипотечному кредиту на 20 лет под 12 %, полученные по системе сберегательных молодежных вкладов. Безубыточная форвардная ставка, которую может предложить банк клиентам, рассчитывается по формуле

$$RF = \frac{1}{n-m} \frac{(n \cdot r_n) - (m \cdot r_m)}{1 + \frac{(m \cdot r_m)}{360}}, \quad (1)$$

где n – продолжительность в днях более длинного финансового инструмента;

m – продолжительность в днях более короткого финансового инструмента;

r_n – процентная ставка по длинному финансовому инструменту;

r_m – процентная ставка по короткому финансовому инструменту.

Максимальная ставка по депозиту через год может составить 11,5 %:

$$RF = \frac{1}{15 \times 360 - 1 \times 360} \times \frac{(20 \times 360 \times 12\%) - (1 \times 360 \times 5\%)}{1 + \frac{(1 \times 360 \times 5\%)}{360}} = 11,5\%.$$

Если увеличить срок форвардного депозитного контракта до 5 лет, то ставка достигнет 14,8 %. Чем дольше срок контракта, тем большая ставка по нему может быть установлена. Соответственно, чем больше времени клиент накапливает средства в банке, тем по более высокой ставке банк начислит ему проценты по депозиту, в результате чего сумма накопленных средств возрастет. Банк, снижая ставку по депозиту, может получить дополнительную прибыль и при этом не потерять клиентов. В условиях дефицита денежных средств кредитно-финансовый институт может повышать депозитную ставку и одновременно снижать ставку по ипотечному кредиту без существенной потери прибыли. Выгода для клиента будет состоять в выигрыше от разницы между растущей рыночной ставкой и фиксированной ставкой, указанной в контракте.

Одновременно с заключением форвардного депозитного договора банк заключает форвардный кредитный договор, по которому обязуется предоставить кредит на приоб-

ретенение установленного размера жилья в м² под заранее оговоренную ставку процента после окончания срока действия депозитного договора.

Второй этап наступает перед началом срока форвардного контракта на выдачу ипотечного кредита. Форвардный кредит создается путем привлечения депозита (сбережений населения) на длительный срок и размещения этой суммы в кредиты на менее короткий срок (например, предприятиям реального сектора экономики или другим банкам).

Далее банк определяет возможный размер ипотечного кредита для заемщиков – формирует пул ипотечных кредитов в соответствии с их платежеспособностью. Уровень доходов семей, заложенный в расчете, примерно соответствует размеру среднемесячной заработной платы, сложившейся по области. Сумма ежемесячного платежа по кредиту не должна превышать 40 % доходов семьи.

При расчете платежеспособности заемщиков обнаружилось несоответствие между их доходами и уровнем рыночной ставки по ипотечным кредитам, сложившейся на текущий момент. Так, максимально возможная процентная ставка по ипотечному кредиту не должна превышать 8 %, поскольку только в этом случае заемщики смогут рассчитаться по кредиту. Кроме того, размер государственной субсидии и сумма накопленных сбережений по системе молодежных вкладов недостаточны для приобретения жилья. Максимально возможный кредит банка для бездетных семей составит 56 % от стоимости приобретаемого жилья, для семей с одним ребенком – 51 %, для семей с двумя детьми – 52 %, для семей с тремя детьми – 50 %. Параллельно процессу оценки платежеспособности заемщиков банк анализирует наиболее выгодное соотношение собственных и привлеченных источников для финансирования проекта.

Привлечение заемных средств, на наш взгляд, необходимо проводить в форме облигационного займа. Как известно, облигация – это ценная бумага, закрепляющая право ее владельца на получение от эмитента номинала и процентов в оговоренный срок. Основные параметры облигационного займа представлены в табл. 3.

Характеристики жилищного облигационного займа

Параметр	Описание параметра	Примечание
1. Эмитент	Банк	Выступает финансовым центром проекта по строительству жилья с участием государства
2. Покупатели облигаций	Заинтересованные коммерческие банки региона и столичные банки	Облигации будут размещаться под подписку через конкурс
3. Номинал облигаций	Соответствует размеру привлекаемых средств для выдачи ипотечных кредитов	Максимум 70 % от стоимости приобретаемого жилья
4. Проценты	Устанавливаются твердая ставка, раз в полгода корректируется на индекс инфляции и индекс изменения рыночных ставок по ипотечным кредитам в регионе	На несколько процентных пунктов ниже, чем ставка по ипотечному кредиту. Выплата процентов – раз в полгода.
5. Срок погашения	Долгосрочные	Соответствует сроку погашения стандартизованного пула кредитов. Облигации могут быть отозваны раньше срока, если заемщики по ипотечным кредитам выплатят их раньше срока
6. Дата выпуска	После оформления ипотечных сделок по строящейся недвижимости	Привлекаемые средства по облигациям должны компенсировать недостаток собственных, которые банк может разместить в кредиты на стадии строительства
7. Обеспечение	Залог земельных участков под застройку, государственные гарантии, собственный капитал банка	Выгода – после ввода в эксплуатацию стоимость объекта залога возрастает, что позволит полностью компенсировать номинал облигаций
8. Купля-продажа	Покупатель облигаций после совершения сделки купли-продажи становится залогодержателем. Покупателем могут выступать ипотечные операторы, коммерческие банки	При совершении операций купли-продажи процентных облигаций покупатель уплачивает продавцу не только основную сумму сделки (цена в процентах*номинал*количество облигаций), но и сумму накопленного купонного дохода) по текущему купону.

Эффективность механизма привлечения инвестиций в деревянное домостроение реализации ипотечной программы

Показатель	Сумма, млн. руб.
1. Бюджетная эффективность, %	105
Бюджетный эффект	183,2
Сумма выделенных субсидий (расходы):	174,2
– застройщику (лесопромышленному предприятию)	45,5
– населению	32,0
– банку	96,7
Поступления налогов (прирост от реализации проекта):	357,5
– налог на прибыль в областной бюджет	39,9
– налог на имущество (1 % в год)	31,6
– налог на землю	286,0
2. Экономическая эффективность, %	14
Экономический эффект (чистая прибыль предприятий без государственных субсидий)	25,2
Инвестиции	180,6
3. Социальная эффективность (фактическая обеспеченность – 23,2 кв. м), %	27
Социальный эффект (обеспеченность жильем 1 человека)	29

Для предоставления форвардного ипотечного кредита по проекту в размере 94,5 млн руб. банк должен провести облигационный заем в размере 44,5 млн руб. на длительный срок (20 лет, 8 % годовых), а ссудить средства (45 млн руб.) на короткий период (например, застройщикам и изготовителям деревянных домов). Затем, когда застройщик и лесопромышленное предприятие их вернут через 3 года, ссудить населению.

Банк выпускает облигации под 8 % на 20 лет и полученные средства ссужает на 3 года под 16 % годовых. Безубыточная форвардная ставка по кредиту через 3 года составит

$$RF = \frac{1}{20 \times 360 - 3 \times 360} \times \frac{(20 \times 360 \times 8\%) - (3 \times 360 \times 16\%)}{1 + \frac{3 \times 360 \times 16\%}{360}} = 4,5\%.$$

Если снижать ставку по краткосрочному кредиту, то безубыточная ставка должна увеличиваться. Банк, предоставляя кредиты предприятиям реального сектора экономики, получит дополнительную прибыль.

Во втором случае банк, выпустив облигации, размещает полученные средства в ипотечные кредиты на 10 лет под 14 % годовых, при этом безубыточная форвардная ставка через 10 лет составит 2,5 %, т.е. существенно ниже, чем по инвестированию средств в краткосрочные кредиты. Поэтому предлагаемая схема инвестирования строительства обоснована и более выгодна банку, чем просто привлечение средств по межбанковскому кредиту и предоставление ипотечных кредитов населению.

В нашем случае отношение эффекта финансового рычага к рентабельности собственного капитала при проведении ипотечной сделки составит

$$\frac{(130,6 \text{ млн руб.} \cdot 28,8 \text{ млн руб.} / ((130,6 \text{ млн руб.} + 50 \text{ млн руб.}) - 8\%)) \times (1 - 24\%)}{28,8 \text{ млн руб.}} \approx 0,27.$$

На третьем, заключительном этапе, банк принимает решение о выдаче ипотечного кредита заемщикам и продаже закладных ипотечному оператору. По условиям кредитных договоров заемщик получает ссуду по ставкам ниже рыночных, что может по-

служить препятствием к реализации закладных. Если кредит выдан под 8 %, а рыночная ставка составляет 14 %, то сумма упущенной выгоды за период кредитования достигнет 96,7 млн руб., или 4,7 млн руб. в год. В данной ситуации банк предпочтет отказаться от участия в проекте, поэтому риск потери прибыли банком должно взять на себя государство, т.е. предоставлять ежегодную субсидию в качестве компенсации разницы между рыночной и льготной ставкой процентов по ипотечным кредитам.

Проектное финансирование использует широкий спектр источников, поэтому необходимо рассчитать эффективность (расчеты проводились в ценах 2005 г.) выбранной финансовой схемы и распределения рисков по участникам за период с начала строительства до окончания выплат долга по ипотечным кредитам и облигационному займу (табл. 4).

Совокупный бюджетный эффект от реализации проекта составит 183 млн руб., т.е. на 100 руб. субсидированных средств через налоги вернется 105 руб.

Экономическая эффективность составит 14 %, т.е. несколько ниже, чем по самофинансируемым коммерческим проектам, но общий эффект банка, застройщика и лесопромышленного предприятия составит 25 млн руб. Расчет эффекта от реализации проекта свидетельствует о низкой рентабельности инвестиций у лесопромышленного предприятия. Повысить ее можно путем предоставления льгот по приобретаемой для изготовления домов древесине на корню.

Социальная эффективность подтверждается расчетами: почти на треть увеличится показатель обеспеченности жильем одного человека. Помимо этого, на территории муниципалитета улучшится демографическая ситуация, т.к. может повыситься рождаемость и сократиться миграционный отток; улучшится ситуация на рынке труда – появятся дополнительные рабочие места в связи с расширением мощностей лесопромышленных предприятий. В результате молодежь будет заинтересована в проживании на территории, т.к. обеспечена жильем и обязана выплатить долг по кредиту.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

С.А. АФОНИНА, *асп. каф. экономики и управления на предприятиях лесного комплекса и природопользования БГИТА,*

В.Л. БЕРЕСТОВ, *проф. каф. экономики и управления на предприятиях лесного комплекса и природопользования БГИТА, канд. экон. наук*

Современные условия функционирования промышленных предприятий характеризуются постоянно возрастающей жесткой конкуренцией. Для сохранения конкурентоспособности предприятий на рынке необходимо повышение их устойчивости. Вместе с тем, для повышения устойчивости важна объективная экономическая оценка.

Оценка устойчивости функционирования предприятия предполагает выбор такой системы показателей, которая будет адекватно характеризовать различные стороны его деятельности. При этом система показателей должна отвечать следующим требованиям: обоснованность количественного и качественного состава; объективное отражение отдельных сторон функционирования предприятия, взаимосвязанность и исключение дублирования. Кроме того, показатели оцениваются в динамике, поскольку устойчивость функционирования предприятия – понятие, связанное с изменениями, протекающими во внешней и внутренней среде.

Оценка общей устойчивости функционирования промышленного предприятия (его экономическая устойчивость) предполагает анализ отдельных составляющих: технической, организационно-управленческой, социальной и финансовой устойчивости. Ее алгоритм представлен на рисунке.

Техническая устойчивость предприятия отражает уровень технического развития, обеспечивается активностью и эффективностью инвестиционной деятельности и направлена на совершенствование материально-производственной базы. Для характеристики технической устойчивости анализируется обеспеченность предприятия основными фондами, техническое состояние и степень использования с помощью таких показателей, как коэффициенты из-

носа и обновления основных фондов, фондовооруженность и техническая вооруженность труда, удельный вес прогрессивных технологических процессов, коэффициент механизации и автоматизации производства и др.

Организационно-управленческая устойчивость предприятия отражает уровень организации производства, труда и управления. Для оценки используются следующие показатели: уровень концентрации, специализации и кооперирования производства; длительность производственного цикла; ритмичность производства; уровень компьютеризации процессов управления; удельный вес управленческого персонала в общей численности работников предприятия и др.

Социальная устойчивость предприятия зависит от эффективности деятельности, направленной на социальное развитие коллектива. Уровень социальной устойчивости определяется количественными и качественными характеристиками персонала предприятия, а также условиями его работы. Эти показатели – динамика кадров (коэффициент текучести, коэффициент оборота), уровень оплаты труда и его динамика, система социальных льгот и выплат (оплата больничных листов, транспорта, материальной помощи), условия труда персонала (режим работы, наличие перерывов и их продолжительность) и др. И социальная и организационно-управленческая устойчивость определяются активностью и эффективностью внутривозрастных отношений на предприятии.

Обобщающей компонентой устойчивости предприятия является финансовая устойчивость, которая характеризует степень эффективности использования финансовых ресурсов и находит отражение в конечных

результатах производственно-хозяйственной деятельности. Ее показатели можно разделить на четыре группы:

1. Ликвидность активов предприятия, характеризующая способность покрывать обязательства краткосрочными активами (коэффициенты текущей ликвидности, срочной ликвидности, абсолютной ликвидности);
2. Финансовая устойчивость, характеризующая степень независимости предприятия от внешних контрагентов (коэффици-

енты автономии, финансовой зависимости, финансовой устойчивости, соотношения заемных и собственных средств);

3. Деловая активность, позволяющая судить о степени эффективности использования ресурсов и активов предприятия и источников их финансирования (выручка от реализации, величина балансовой и чистой прибыли, фондоотдача, производительность труда, оборачиваемость отдельных элементов активов и пассивов);



Рисунок. Алгоритм анализа и оценки экономической устойчивости промышленного предприятия

4. Рентабельность, отражающая финансовые результаты и эффективность деятельности предприятия в целом (рентабельности продаж, издержек, продукции, собственного капитала, авансированного капитала).

Систему приведенных выше показателей целесообразно использовать для комплексной, всесторонней оценки экономической устойчивости предприятия. Для оперативного анализа (экспресс-анализа) достаточно выделить 2–3 наиболее значимых показателя.

Таковыми показателями могут быть для характеристики технической устойчивости коэффициенты износа основных производственных фондов предприятия, обновления, прогрессивности технологических процессов.

Для характеристики организационно-управленческой устойчивости – уровень ритмичности производства, удельный вес управленческого персонала в общей его численности; уровень компьютеризации процессов управления.

Для характеристики социальной устойчивости – коэффициент текучести кадров, средняя заработная плата работающего, величина социальных выплат, приходящаяся на одного работника.

Для характеристики финансовой устойчивости предприятия – коэффициенты текущей ликвидности, финансовой независимости, маневренности, рентабельность собственного капитала.

Объективность анализа устойчивости функционирования предприятия зависит от уровня организации и качества информационной базы. Качество информации, должно быть объективным, полным, доступным, оперативным, релевантным (уместным) и сопоставимым.

Оценка экономической устойчивости функционирования предприятия предполагает сравнение расчетных показателей с нормативными и плановыми их значениями, с показателями за прошлые периоды времени, а также с показателями других предприятий отрасли.

Завершающим этапом комплексной оценки является выявление соответс-

твующих тенденций развития и разработка мероприятий в рамках маркетинговой, инвестиционной, финансовой, организационно-управленческой и социальной деятельности, позволяющих повысить устойчивость функционирования предприятия в целом.

Качественно проведенный анализ создает предпосылки для принятия оптимальных управленческих решений, повышающих эффективность функционирования и конкурентоспособность.

По предложенной методике был проведен анализ и выполнена оценка экономической устойчивости деревообрабатывающих предприятий Брянской области.

Сравнительный анализ и оценка экономической устойчивости деревообрабатывающих предприятий региона осуществляется в среднем за весь рассматриваемый период (в нашем случае – с 2003 по 2006 гг.) по формуле

$$X_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1)$$

где X – значение соответствующего показателя в i -м году;

n – количество периодов (лет).

Полученные средние значения показателей по соответствующим видам устойчивостей ранжировались в зависимости от оптимальности их значений.

Оптимальными являются значения, равные или близкие к предельно допустимым (для коэффициентов общей ликвидности, финансовой независимости, ритмичности), либо значения, показывающие наиболее благоприятное развитие по отдельным направлениям (например, самый низкий коэффициент износа ОПФ, наиболее высокий коэффициент их обновления, самая высокая величина среднегодовой заработной платы).

Предприятию с оптимальным значением соответствующего показателя присваивался 1 балл, а предприятию с самым неблагоприятным значением – 10 баллов. Средние значения также ранжировались путем сравнения их со средним значением всех рассматриваемых предприятий.

**Рейтинговая оценка экономической устойчивости
деревообрабатывающих предприятий региона**

Предприятие	Уровень устойчивости по видам				Рейтинговая оценка уровня экономической устойчивости	Ранжирование предприятий по уровню устойчивости
	техническая	организационно-управленческая	социальная	финансовая		
ОАО «Дятьково-ДОЗ»	2	3	1	1	1,75	1
ОАО «Катюша»	1	1	4	5	2,75	2
ОАО «Селецкий ДОК»	5	2	3	8	4,5	4
ОАО «Жуковская мебельная фабрика»	8	7	6	9	7,5	8
ООО «Мебельная фабрика «Белые Берега»	4	1	5	2	3,0	3
ПО «Брянская бумажная фабрика»	3	3	2	3	2,75	2
ОАО «Брасовская мебельная фабрика»	9	6	7	7	7,25	6
ООО «Промкомбинат»	6	5	9	10	7,5	8
ООО «Дубровская Мебель-Константин»	7	6	8	6	6,75	7
ОАО «КлетняМебель»	6	4	7	4	5,25	5

В целях выявления наиболее устойчивого предприятия по соответствующим видам (технической, организационно-управленческой, социальной и финансовой) определялась средняя балльная оценка рассчитанных показателей и ранжировалось ее значение. Наименьшему значению присваивался 1 балл, наивысшему – 10 баллов. Чем ниже балл у предприятия, тем выше уровень его устойчивости и наоборот (таблица).

Самый высокий уровень технической устойчивости имеет ОАО «Катюша», ОАО «Дятьково-ДОЗ» и ПО «Брянская бумажная фабрика». Здесь наблюдается наибольший удельный вес продукции, произведенной по прогрессивным технологиям (среднее значение коэффициента прогрессивности технологических процессов на ОАО «Катюша» – 0,22, на ОАО «Дятьково-ДОЗ» и ПО «Брянская бумажная фабрика» – 0,19). На данных предприятиях отмечается ежегодный рост этого показателя и достаточно высокий уровень обновления ОПФ, превышающий величину их износа.

Самый низкий уровень технической устойчивости имеет ОАО «Жуковская мебельная фабрика» и ОАО «Брасовская мебельная фабрика». Здесь самые высокие значения коэффициента износа ОПФ (в 2006 г., соответственно, 0,59 и 0,52) и самые низкие значения обновления, что связано с низкой активностью инвестиционной деятельности.

Наиболее высокий уровень организационно-управленческой устойчивости имеет ОАО «Катюша» и ООО «Мебельная фабрика «Белые Берега». Так, на ООО «Мебельная фабрика «Белые Берега» наблюдается достаточно высокий уровень компьютеризации аппарата управления (3,9 в 2006 г. и в среднем за период – 2,71). Причем темп роста уровня компьютеризации превышает темп роста численности управленческого персонала.

На ОАО «Катюша», несмотря на рост численности аппарата управления, отмечался достаточно высокий уровень оснащенности его компьютерной техникой (1,68 в 2006 г. и 3,20 за рассматриваемый период). На ОАО «Дятьково-ДОЗ» и ОАО «Катюша», благодаря рациональной организации производства, значение коэффициента ритмичности близко к единице (в среднем за период коэффициент ритмичности производства на этих предприятиях составляет соответственно 0,98 и 0,97). На остальных рассматриваемых предприятиях за анализируемый период он имел также вполне приемлемое значение.

На ОАО «Жуковская мебельная фабрика» наблюдалось ежегодное повышение удельного веса численности управленческого персонала и снижение уровня оснащенности компьютерной техникой. На ОАО «Брасовская мебельная фабрика» и ООО «Промкомбинат» оснащенность компьютерами за анализируемый период оставалось неизменной

при росте удельного веса управленческого персонала.

Самый высокий уровень социальной устойчивости имели ОАО «Дятьково-ДОЗ», ПО «Брянская бумажная фабрика» и ОАО «Селецкий ДОК». Наибольшие значения среднегодовой заработной платы и социальных выплат на одного работника имели ОАО «Дятьково-ДОЗ», ПО «Брянская бумажная фабрика» и ОАО «Катюша». На указанных предприятиях отмечалась и самая низкая текучесть кадров. Самая высокая величина социальных выплат имела место в ОАО «Селецкий ДОК» (218,3 рубля в 2006 году), что значительно выше, чем на других анализируемых предприятиях. В целом на всех рассматриваемых предприятиях за анализируемый период наблюдался рост заработной платы и социальных выплат, за исключением ОАО «Жуковская мебельная фабрика», где величина социальных выплат практически не изменялась.

Самый высокий уровень финансовой устойчивости был отмечен у ОАО «Дятьково-ДОЗ», ООО «Мебельная фабрика «Белые Берега» и ПО «Брянская бумажная фабрика».

Практически на всех предприятиях показатель (коэффициент) текущей ликвидности имел значение ниже предельно допустимого уровня, лишь на ООО «Мебельная фабрика «Белые Берега» и ПО «Брянская бумажная фабрика» был близок к оптимальному уровню – соответственно 1,54 и 3,0. Следовательно, эти предприятия могли не только полностью покрыть краткосрочные обязательства имеющимися оборотными активами, но и имели некоторый запас для обеспечения бесперебойной деятельности.

ООО «Мебельная фабрика «Белые Берега» и ПО «Брянская бумажная фабрика» большую часть имущества формируют за счет собственных средств, о чем свидетельствует высокое значение коэффициента их финансовой независимости (0,826 и 0,810 в 2006 г. соответственно). Рост данного показателя отмечался у ОАО «Дятьково-ДОЗ» и ОАО «Катюша», что свидетельствует об их финансовой независимости от внешних кредиторов и инвесторов. Значительная часть собственных

средств анализируемых предприятий закреплена в средствах имущественного характера, о чем свидетельствуют значения коэффициента маневренности собственного капитала (<0,5). Однако его положительная динамика отмечалась у ОАО «Дятьково-ДОЗ», ООО «Мебельная фабрика «Белые Берега», ПО «Брянская бумажная фабрика» и ОАО «Катюша». В 2006 г. в ОАО «Дятьково-ДОЗ» он составил 1,35, а в ОАО «Катюша» – 0,52.

Наиболее эффективное использование собственного капитала имело место в ОАО «Дятьково-ДОЗ», ООО «Мебельная фабрика «Белые Берега» и ОАО «Катюша». Об этом свидетельствует соответствующий показатель рентабельности – 87,26 %, 89,14 % и 83,55 % (2006 г.). Неважно обстояли дела с этим показателем у ОАО «Селецкий ДОК», ООО «Промкомбинат» (ввиду отрицательной величины балансовой прибыли).

Наиболее высокая результативность использования основных средств отмечалась у ОАО «Дятьково-ДОЗ» и ООО «Мебельная фабрика «Белые Берега» (показатель фондоотдачи – 41,39 руб./руб. и 8,38 руб./руб. – 2006 г.). Низкое значение данного показателя у ОАО «Катюша» связано с тем, что это предприятие находится на этапе освоения производственных мощностей.

Лидерами, имеющими самые высокие уровни экономической устойчивости, являются ОАО «Дятьково-ДОЗ», ОАО «Катюша» и ООО «Мебельная фабрика «Белые Берега».

Таким образом, использование предложенной методики рейтинговой оценки экономической устойчивости предприятий является достаточно эффективным инструментом в принятии обоснованных управленческих решений.

Библиографический список

1. Гиляровская, Л.Т. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности: учебник / Л.Т. Гиляровская, Д.В. Лысенко, Д.А. Ендовицкий. – М.: Проспект, 2006.
2. Савицкая, Г.В. Анализ хозяйственной деятельности: учеб. пособие / Г.В. Савицкая. – М.: ИНФРА-М, 2006.
3. Экономический анализ / Под ред. Н.В. Войтоловского, А.П. Калининой, И.И. Мазуровой. – М.: Высшее образование, 2006.

ВОПРОСЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

Ф.В. БУЛДАКОВ, *соискатель МГУЛ,*

Н.А. МЕДВЕДЕВ, *проф. МГУЛ, д-р экон. наук*

Биоэнергетика – это сектор энергетики, где сырьем для производства тепла (топливом) служит биотопливо. Биотопливом может быть биомасса (отходы ЛПК: опилки, щепа, кора); прессованное биотопливо (гранулы, брикеты, древесная пыль); торф; биогаз; биоэтанол; отходы с/х производства (солома, шелуха, зерно, навоз).

Биоэнергетика – молодой вид деятельности. Особый интерес к биоэнергетике возник после сильного повышения цен на нефть и газ. По разным оценкам разведанных запасов, этих видов топлива хватит на 15–40 лет. Этот расчет сделан на сегодняшний уровень потребления, а он, как известно, растет в арифметической прогрессии, главным образом за счет США и стран с бурно растущими экономиками, такими как Китай, Индия. Нужно ли России заниматься вопросами биоэнергетики? Вопрос скорее риторический, т.к. продавать нефть и газ по мировым ценам крайне выгодно для государства, получая огромные средства в казну, но есть и потребление этих продуктов по внутренним ценам. Любой энергетический потенциал в современном мире стратегический. Необходимо учесть, что биоэнергетические ресурсы возобновляемы. Почему же в России биоэнергетика, скорее, диковинка. Нет четкой программы поддержки развития биоэнергетики государством. Сфера новая, и один бизнес и энтузиасты будут поднимать ее десятки лет. Этого времени, по аналитике специалистов, может просто не быть. С одной стороны, назревает энергетический кризис в мире, с другой стороны, возможна не менее страшная проблема, связанная с экологическими последствиями человеческой деятельности. Речь идет об изменении климатических условий на земле и катастрофическими последствиями этого.

Евросоюз создал специализированную организацию ОРЕТ по поощрению энергосберегаемых технологий. Она управляет при содействии ЕС структурной программой

исследования и развития как в области энергетики, так и в окружающей среде. Больше чем 100 организаций из 48 стран в Европе и в других странах участвуют в этой работе. Еще в 70-х годах прошлого века Швеция начала государственно-бюджетную программу исследования в области энергетики, в т.ч. и поисков альтернативных источников энергии. Она стала второй по размеру отраслевой программой исследования и развития в Швеции. Главное направление – исследования использования биомассы. Государство не остановилось, ввело с начала 1990-х гг. налогообложение на углекислый газ, что сделало биотопливо конкурентоспособным ископаемому топливу. Правительство приняло программу по стимулированию биоэнергетики. Используя пеллеты для получения тепла, вы не платите налога на энергию. А это серьезное подспорье, т.к. с 1 сентября 1998 г. этот налог в Швеции составляет 17,20 EUR/CO₂ т. За использование пеллет в качестве топлива производится доплата около 4,2 EUR /МВтч (Technical Research Centre of Finland (Jyvaskyla 2002)). Это не считая поддержки различных конференций и симпозиумов и выделения грантов специализирующимся научным учреждениям. Швеция, как лидер по внедрению биоэнергетики в Европе, также активно помогает России. В 2003 г. Шведское энергетическое управление положило начало российско-шведскому научно-исследовательскому проекту, направленному на развитие биоэнергетики на северо-западе России – «Исследования и высшее образование в области создания устойчивой системы, получения биотоплива и производства энергии». Европейские банки выдают целевые льготные кредиты на внедрение технологий и оборудование, связанные с биоэнергетикой. Крупнейший американский розничный банк Bank of America Corp. заявил о планах в течение ближайшего десятилетия израсходовать 18 млрд долл. на коммерческие кре-

диты и инвестиции в экологически чистые проекты.

Небольшой сдвиг есть и в России. Например, с 1 июля 2007 г. ставки ввозных таможенных пошлин со знаком сноски «1с» действуют на постоянной основе. Это означает, что оборудование для гранулирования и брикетирования не будет облагаться пошлинами не в течение короткого времени (нескольких лет), как было ранее, а постоянно, что увеличит ввоз этого оборудования на территорию РФ. В некоторых регионах начинают осознавать перспективность биоэнергетики. В июле 2003 г. правительством Ленинградской области была принята Концепция развития баланса топливно-энергетических ресурсов для муниципальных котельных Ленинградской области до 2020 г., в которой отводится роль и биотопливу. По мнению директора Национального биоэнергетического союза Ольги Ракитовой в интервью журналу

«АгроПресс», необходима как минимум разработка целевой федеральной программы. Основная цель – издание закона в области биоэнергетики и биотоплива. У государства есть возможность финансовой поддержки таких важных направлений. Но совершенно не обязательно сразу вливать крупные суммы в эту сферу. Есть предпосылки считать эффективной деятельность в рамках партнерства государства и бизнеса. Можно стимулировать биоэнергетику по примеру западноевропейских стран: утвердить налоговые льготы для производителей или потребителей биотоплива, предложить гранты научным учреждениям, осуществлять, как в Германии, единоразовые выплаты за приобретение котельного оборудования, использующего биотопливо и т.д. Но самое главное – осуществлять информационную поддержку и вести разъяснительную работу, пропагандирующую реализацию биоэнергетических проектов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВОКУПНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ, ФОРМИРУЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.В. КОЛОТОВКИН, *асп. каф. менеджмента и предпринимательства РОСЗИТЛП*

Конкурентоспособность предприятия есть комплексное понятие, представляющее собой сложную систему факторов, не определяющееся каким-либо одним или даже несколькими параметрами, а представляющее собой систему множества факторов, уникальных в каждой конкретной ситуации. В ряде случаев тот или иной фактор может иметь решающее значение, однако таковым оно является только при данном сочетании всех прочих факторов и параметров. Подчас и вовсе невозможно однозначно определить, какой из факторов оказывает решающее влияние на конкурентоспособность предприятия.

Таким образом, только глубокий анализ конкурентной среды конкретного хозяйствующего субъекта и условий его деятельности может позволить установить факторы, оказывающие наибольшее влияние на его конкурентоспособность. Далее, путем целенаправленного воздействия на эти факторы

появляется возможность повысить конкурентоспособность предприятия.

Изучение конкурентов и условий конкуренции в отрасли требуется предприятию в первую очередь для того, чтобы определить, в чем его преимущества перед конкурентами и недостатки, и сделать выводы для выработки собственной успешной конкурентной стратегии и поддержания конкурентного преимущества. Определение конкурентоспособности предприятия является неотъемлемым элементом деятельности любого хозяйствующего субъекта.

При анализе конкурентоспособности отдельного предприятия и выработке обоснованных управленческих решений необходимо использовать широкий набор показателей, характеризующих хозяйственную деятельность предприятия и являющихся индикаторами эффективной работы и взаимодействия всех подразделений предприятия.

Система индикативного управления принятия организационно-экономических решений по обеспечению конкурентоспособности предприятия

Наименование групп факторов и индикаторов конкурентоспособности предприятия	Организационно-экономические решения
1. Конкурентоспособность продукции	
Уровень цен на продукцию по отношению к ценам конкурентов	– мероприятия по снижению себестоимости – объясняющая и имиджевая реклама
Уровень качества продукции по отношению к продукции конкурентов	– контроль качества сырья и технологии производства – мотивация производственного персонала – профессиональная подготовка и переподготовка производственного персонала
Объем реализации продукции	– проведение комплексных маркетинговых исследований – повышение эффективности элементов комплекса маркетинга
Процент рекламаций продукции по отношению к объемам реализации	– определение степени вины торгующих организаций – комплексные мероприятия по повышению качества
2. Производственно-технологические	
Производственные мощности	– осуществление капитальных вложений
Производительность труда	– контроль трудовой дисциплины – мотивация производственного персонала
Ритмичность производства	– обеспечение необходимых запасов сырья и материалов
Степень износа основных фондов	– осуществление капитальных вложений
3. Маркетинговые	
Объемы поставки сырья	– принятие организационных мер по заготовке сырья
Объемы реализации продукции через оптовых и розничных посредников	– проведение маркетинговых исследований об удобстве расположения и привлекательности приобретения товара в фирменных торговых точках – комплексные мероприятия по стимулированию сбыта – мотивация торгового персонала – исследование удобства систем расчетов, поставки товаров, условий договоров – внедрение или совершенствование системы дистрибьюторских скидок
Эффективность систем распределения продукции	– оптимизация каналов распределения – поиск новых каналов распределения
Эффективность продвижения продукции	– изучение эффективности рекламных компаний, изучение степени восприятия, запоминаемости, узнаваемости рекламы – внедрение или пересмотр методов стимулирования сбыта
Эффективность организации службы маркетинга	– изменение формы организации службы маркетинга – перераспределение служебных обязанностей – совершенствование мотивации работников службы маркетинга
4. Финансово-экономические	
Финансовая устойчивость и инвестиционная привлекательность	– выбор оптимальной структуры баланса – санация активов
Платежеспособность	– активизация работы с дебиторами – развитие собственной торговой сети
Рентабельность	– выявление непроизводственных затрат – усиление маркетинговой активности по всем элементам комплекса маркетинга

Это позволяет автору предложить разработанную систему индикативного управления организационно-экономическими решениями по обеспечению конкурентоспособности предприятия. По этой причине автору представляется необходимым расширение совокупности элементов, формирующих организационно-экономический механизм обеспечения конкурентоспособности предприятия, за счет реализации на предприятиях ряда рекомендуемых направлений и мероприятий (таблица).

Предложенная система объединяет совокупность решений, имеющих как внутреннюю, так и внешнюю направленность действия, позволяет сформировать комплексный подход к принятию решений по обеспечению

конкурентоспособности как обобщающей характеристике деятельности предприятия в условиях рынка и может быть использована в рамках оперативного управления и контроля на предприятии.

Библиографический список

1. Фатхутдинов, Р.А. Конкурентоспособность организации в условиях кризиса: экономика, маркетинг, менеджмент / Р.А. Фатхутдинов. – М.: Дашков и Ко, 2002.
2. Синько, В. Конкурентная среда, необходимая для производства конкурентоспособной продукции / В. Синько // Стандарты и качество. – 2000. – № 6.
3. Корабельников, В.М. Формирование стратегии конкуренции / В.М. Корабельников // Коммерческая деятельность и предпринимательство: сб. науч. тр. – СПб.: СПбГИЭА, 1999.

ЛИЗИНГ КАК ИСТОЧНИК ИНВЕСТИЦИЙ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Т.В. РЫЖКОВА, доц. каф. экономики и организации л/х и лесной пром-сти МГУЛ, канд. экон. наук,
П.Е. КРАВЧЕНКО, ст. преподаватель каф. экономики КИУЭС,
О.А. ДАВЫДОВА, асп. каф. экономки КИУЭС

Лесопромышленный комплекс сопоставим по сырьевым ресурсам и числу работников, занятых в этой сфере, с нефтегазовой промышленностью. Однако вклад ЛПК в общий объем промышленного производства вчетверо меньше, чем нефтяной промышленности. Производительность труда, как и рентабельность ЛПК, в два с половиной раза ниже. Развитию отрасли препятствует явный недостаток инвестиций. По мнению аналитиков рейтингового агентства «Эксперт РА», если предприятия российского ЛПК не смогут повысить эффективность лесозаготовок и провести модернизацию основных производств, то в течение ближайших 10–15 лет страна рискует лишиться крупных национальных компаний, оперирующих в сфере переработки древесины, превратившись в нетто-импортера технологичной продукции.

Основные средства предприятий отрасли изношены на 60–80 %. Всего 5–6 % оборудования имеют срок службы менее 5 лет, тогда как более половины техники эксплуатируется свыше 25 лет. Выбытие основных фондов идет более быстрыми темпами, чем их обновление.

В результате доля основных фондов отрасли относительно их общего объема в целом по промышленности сократилась с 5 % в 1990 г. менее чем до 3 % в настоящее время. Главной причиной отставания отечественного ЛПК является неудовлетворительное состояние производственных фондов, их недостаточность, особенно по производству продукции глубокой переработки древесины, что вызвано низкой инвестиционной активностью [1].

Наиболее стремительный рост объемов инвестирования наблюдался в 1999–2000 гг., а затем произошло замедление этого процесса. В 2002 г. инвестиции составили 18,2 млрд руб., или 92 % от уровня 2001 г. Позитивным моментом стал рост доли привлеченных инвестиций с 14 до 39 %, которые достигли 7,1 млрд руб. Причем внутри отраслей существует явная диспропорция. Так, в лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности они выросли более чем в 4 раза, а в целлюлозно-бумажной роста практически не произошло. Более того, самое капиталоемкое производство – ЦБП в 2002 г. получило в 3,5 раза меньше инвестиционных

ресурсов, чем деревообрабатывающая промышленность.

Прямые иностранные инвестиции в лесопромышленный комплекс России за последние 4 года составили лишь 400 млн долл. Как показал опыт, наиболее охотно иностранные инвесторы вкладывают средства в предприятия либо с полностью иностранным капиталом, либо с собственным контрольным пакетом акций. На первом этапе иностранные компании вкладывают средства в сравнительно небольшие проекты на суммы до 30 млн долл. Примером вложения средств могут служить такие предприятия ЛПК, как «Чудово RWS» (Новгородская обл.), осуществляющее производство фанеры, в том числе ламинированной, и тонкого лущеного шпона; завод по производству современных древесных плит (ДСП, МДФ, OSB) «Крона стар» (Костромская обл.); ОАО «Светогорск» и ОАО «Нойзидлер Сыктывкар», выпускающие высококачественные офисные виды бумаги.

В большинстве лесоизбыточных регионов, таких как Республики Коми, Башкортостан, Бурятия, Костромская, Вологодская, Кировская, Тверская области; Хабаровский и Красноярский края, Ханты-Мансийский АО разработаны программы развития ЛПК на период до 2010–2015 гг., в которых предусмотрено создание мощностей по глубокой переработке древесины, требующих существенных вложений финансовых средств. Сейчас эти проекты уже реализуются.

Привлечение инвестиционных ресурсов к обновлению парка машин и оборудования в ЛПК, и особенно в лесозаготовительной промышленности, помогает решить использование лизинговых операций. Для этого необходимо ежегодно из федерального бюджета выделять средства на возмещение лесопромышленным предпринимателям части затрат на уплату авансовых лизинговых платежей (до 20 % контрактной стоимости) [1]. При среднем сроке договора лизинга на 5 лет и условии выделения из бюджетов всех уровней 300 млн руб. предприятия ЛПК получают в аренду продукцию лесного машиностроения (трелевочные тракторы, лесовозные автомобили) на сумму 1,5 млрд руб., что позволит дополнительно заготовить 10 млн м³

древесины, произвести из нее продукции в объеме свыше 20 млрд руб. и перечислить в бюджет и государственные социальные внебюджетные фонды платежей и отчислений на сумму около 3 млрд руб. [1]. При этом инвестиционные средства предприятий увеличатся не менее чем на 40 млн долл. в год. [1]

Практически во всех промышленно развитых странах мира лизинг представляет собой в достаточной степени сформировавшийся инструмент, при этом в каждой стране существует своя специфика его использования [2]. В России он пока только формируется, о чем свидетельствуют небольшие объемы, постоянные изменения в законодательстве, налогообложении и учете лизинговых операций.

В мире обычно используются два основных индикатора значения лизинга в экономике страны: доля в ВВП и в инвестициях в основные средства. Для российского рынка лизинга по итогам 2005 года эти показатели составляют 1,1 % и 7,1 % соответственно [3]. Для сравнения целесообразно отметить, что доля лизинга в ВВП Эстонии занимает 5,17 %, а средневзвешенный уровень по 50 странам составляет 1,67 %. Нигде в мире доля лизинга в инвестициях не превышает 30 %, а средний уровень этого показателя по странам Европы составляет 17 %. Исторический максимум (по данным London Financial Group) отмечался в 1985 году в Австралии – 35,8 % [3]. В США доля лизинга в инвестициях составляет 30 %, Германии – 15,7 %, во Франции, Великобритании и Японии – около 9 % [3].

В России лизинг используется, как правило, для обновления основных средств предприятий с расчетом на получение права собственности на оборудование по окончании срока лизинга, то есть лизинг предполагает однократную аренду оборудования. Наиболее распространенным предметом лизинга является хорошо ликвидное оборудование, например автомобили, грузовая и специальная техника. В последние годы рынок лизинговых услуг в России развивается стремительными темпами. Темпы роста лизинговых операций опережают (в долларовом измерении) рост валового внутреннего продукта. В 2006 г. прирост объема нового бизнеса составил 83 %. Высокие темпы развития и большой

потенциал роста – это и новые возможности, и новые вызовы, среди которых усиление конкуренции и снижение маржи [4].

По данным экспертов Высшей школы экономики (ВШЭ) общая стоимость заключенных договоров лизинга в 2005 г. составляла \$3,64 млрд, а в 2006-м – уже \$5,48 млрд. Согласно прогнозам, в 2007 г. объем сделок составит порядка \$7,8 млрд. Как утверждают эксперты ВШЭ, удельный вес лизинга в общем объеме инвестиций в основные производственные фонды в 2006 г. составил более 6 %, а в машины и оборудование – более 12 %.

При решении только наиболее острых проблем рынка лизинга обороты в течение ближайших 4 лет можно увеличить в 5–7 раз, а в случае, если проблемы решены не будут, рынок тоже будет развиваться, но вырастет максимум в 2,5–3 раза [5]. Этот прогноз построен на предположении, что при реализации пессимистичного варианта **средние темпы прироста рынка** составят 25–30 % в год, а в оптимистичном варианте среднегодовые темпы прироста будут 50–60 %. Общий объем рынка лизинга лесозаготовительной техники на сегодня составляет около 64 млн долл.

По данным основных лизинговых компаний деревообрабатывающих и лесозаготовительных предприятий (Глобус-Лизинг», ООО «РМБ-Лизинг», ООО «ЭКСПО-лизинг», «Дельта-Лизинг»), раньше лизинг воспринимался поставщиками как совершенно непонятная операция, от которой только затягивается процесс получения денег и передачи оборудования получателю, то теперь лизинговую компанию расценивают как перспективного партнера. Лизинговая компания в период выбора поставщика оказывает консалтинговые услуги с целью снижения рисков (непоставки техники или поставки техники с другими потребительскими свойствами, значительной просрочки времени поставки, оценки добросовестности поставщика). Лизингополучатель выбирает марку и поставщика машин и оборудования и самостоятельно проводит все переговоры, а затем подключает к сделке лизинговую компанию, чтобы получить финансирование. В практике этот вариант наиболее распространен и используется в 85 % случаев. По статистике наиболее вос-

требованной клиентами является лесозаготовительная техника таких производителей, как John Deer, Pонsee, Eco Log.

Одним из дальнейших направлений развития рынка лизинга является количественный рост новых сегментов или развитие тех, которые сейчас развиты незначительно. Наибольшим рыночным потенциалом обладают такие сегменты, как лизинг строительной, дорожно-строительной, сельскохозяйственной техники; пищевого, машиностроительного, технологического, полиграфического, деревообрабатывающего, целлюлозно-бумажного, лесозаготовительного оборудования; компьютеров [6].

По данным экспертов, на российском рынке используется около 30 различных схем проведения лизинговых операций. Эти схемы разрабатываются с учетом:

- использования различных комбинаций в организации более гибких форм взаимоотношений партнеров, позволяющих уменьшить стоимость проведения лизинговых операций с различными видами имущества;
- минимизации налогообложения участников лизинга;
- возможности привлечения более дешевого финансирования проектов.

Принятие решения по использованию источников финансирования основывается на расчете стоимости или цены капитала (этих источников) и их сравнении друг с другом. Обычно использование лизинга сравнивают с возможностью взятия кредита или использования собственных средств.

Преимущества лизинга очевидны и заключаются в следующем:

- сокращение суммы налогооблагаемой базы за счет уменьшения налога на прибыль, поскольку лизинговые платежи относятся на себестоимость;
- ускоренная амортизация основных средств;
- возможность выкупа оборудования после окончания лизинга и постановку на баланс по минимальной стоимости (уменьшается налог на имущество);
- лизинговые операции не ухудшают показателей финансовой устойчивости и ликвидности предприятия, так как на балансе

предприятия отражается только задолженность по текущим лизинговым платежам;

– частью обеспечения возвратности инвестированных средств служит предмет лизинга, который является собственностью лизингодателя.

Основными условиями сделки предоставления в лизинг имущества обычно служат: сроки и стоимость лизингового оборудования; обеспечение в виде залога основных средств, ценных бумаг, поручительства клиентов банка; опыт ведения бизнеса в отрасли, в которой используется передаваемое в лизинг оборудование, не менее 2 лет; безубыточная деятельность компании за последние 4 квартала; отсутствие просроченной задолженности перед бюджетными и внебюджетными обязательными фондами. Обычно это срок более года, обеспечение в виде полученного в лизинг имущества и подтверждение существования и платежеспособности предприятия.

Лизингодатель за услуги назначает плату – лизинговые платежи, которые определяются согласно «Методическим рекомендациям по расчету лизинговых платежей», утвержденным 16.04.96 Минэкономки России и согласованным с Минфином России.

Использованию и росту лизинговых сделок препятствует ряд проблем. По опросу крупнейших лизинговых компаний, одной из наиболее острых проблем, тормозящих в последнее время развитие лизинга, является позиция налоговых органов по принятию к вычету и возмещению НДС лизингодателям [8]. Налоговые службы всеми способами противостоят осуществлению лизинговыми компаниями их законного права на принятие к вычету и возмещение НДС из бюджета по лизинговой деятельности. Результаты анализа арбитражной практики показывают, что суды по вопросу возмещения НДС в 80 % случаев принимали решения в пользу лизинговых компаний. Однако это не меняет позиции налоговой службы и претензии постоянно возобновляются. По мнению самих лизингодателей, при сохранении существующей позиции налоговиков лизинговые компании могут ежегодно терять 10–15 % бизнеса [9].

Дополнительные проблемы для лизингодателей создает и отсутствие адекватного и

современного регулирования бухгалтерского учета лизинговых операций. Лизинговые компании вынуждены руководствоваться устаревшим Приказом Минфина РФ № 15 от 17.02.1997г. «О бухучете лизинговых операций» [9].

Проблемным вопросом, привлекающим особое внимание налоговиков, являются сделки возвратного лизинга. В большинстве случаев налоговые органы пытаются оспаривать сделки как мнимые, заключенные исключительно ради ухода от уплаты налогов. Их совершенно не смущает логика вещей, согласно которой возвратный лизинг представляет собой не что иное, как форму долгосрочного кредитования под залог. Они верны своим принципам даже несмотря на то, что судебная практика далеко не всегда оказывается на их стороне. В результате в частности к этому сегменту рынка решается признаться далеко не каждая лизинговая компания. Компании не столько боятся проверок, сколько не хотят создавать лишние проблемы для лизингополучателей – ведь претензии налоговые органы предъявляют прежде всего к ним. В итоге доля этого вида лизинга составляет всего 4–5 % от общей суммы договоров, хотя могла бы быть в несколько раз выше.

Решение перечисленных проблем, а также устранение пробелов в сфере законодательного, бухгалтерского и налогового регулирования лизинговой деятельности даст существенный импульс к еще более быстрому развитию рынка лизинга в России и, несомненно, повлечет сдвиги в развитии ЛПК.

Мерами государственной поддержки деятельности лизинговых организаций, установленными законами Российской Федерации, решениями Правительства РФ и органов государственной власти субъектов Российской Федерации в пределах их компетенции, являются [10]:

– создание залоговых фондов для обеспечения банковских инвестиций в лизинг с использованием государственного имущества;

– долевое участие государственного капитала в создании инфраструктуры лизинговой деятельности в отдельных целевых лизинговых проектах;

– выделение предприятиям, осуществляющим лизинг, государственного заказа на поставки товаров для государственных и краевых нужд;

– финансирование из федерального бюджета и предоставление государственных гарантий в целях реализации лизинговых проектов (Бюджет развития Российской Федерации), в том числе с участием фирм-нерезидентов;

– предоставление инвестиционных кредитов для реализации лизинговых проектов;

– предоставление банкам и другим кредитным учреждениям в порядке, установленном законодательством РФ, освобождения от уплаты налога на прибыль, получаемой ими от предоставления кредита субъектам лизинга, на срок не менее чем три года для реализации договора лизинга;

– предоставление в законодательном порядке налоговых и кредитных льгот лизинговым компаниям в целях создания благоприятных экономических условий для их деятельности;

– совершенствование нормативно-правовой базы, обеспечивающей защиту интересов участников лизинговых сделок;

– создание фонда государственных гарантий по экспорту при осуществлении международного лизинга отечественных машин и оборудования.

Распоряжением правительства РФ № 1540-р от 01.11.2002 г. разработаны меры государственной поддержки лесной промышленности по содействию развитию системы финансового лизинга техники, используемой в лесопромышленном комплексе, которые также обозначены в Концепции и проекте Минпромнауки «Основные направления развития лесной промышленности».

Повышение инвестиционной активности в форме развития лизинговой деятельности, в том числе и с участием государства, предполагает создание в лесопромышленном комплексе лизинговых компаний для стимулирования производства и продаж машин и оборудования и обновления отработавшей свой ресурс техники. Увеличение бюджетных ассигнований на приобретение техники на

условиях лизинга для сельхозпроизводителей в агропромышленном комплексе дает основание полагать, что бюджетное финансирование лизинговых операций в лесопромышленном комплексе окажется не менее эффективным [11]. Лесопромышленная деятельность в своей основе аналогична сельскохозяйственной, поскольку базируется на возобновляемом ресурсе и носит ярко выраженный сезонный характер.

Государственной регулирование и поддержка лизинга положительно скажется на формировании инвестиционного климата в ЛПК, обновлении материально-технической базы отрасли, что позволит более полно использовать лесосырьевой потенциал России, увеличить вклад лесного сектора экономики в национальный доход.

Библиографический список

1. Что поможет ЛПК? // Экономика России: XXI век. – 2003. – № 12.
2. Трынин, Д.И. Особенности лизинга в промышленно развитых странах / Д.И. Трынин // Финансовый менеджмент. – 2004. – № 3.
3. Кашкин, В. Обзор российского рынка лизинга. Рейтинги лизинговых компаний / В. Кашкин, Ю. Деньшина // Технологии лизинга и инвестиций. – 2007. – №1 (16).
4. Рейтинг лизинговых компаний по итогам 2006 года – <http://www.raexpert.ru/thematic/leasing/leasing2006/part7/>.
5. «Эксперт РА» Рейтинговое агентство. Обзор «Лизинг 2006–2010: в ожидании новой волны» – <http://www.raexpert.ru/thematic/leasing/leasing2006/part7/>.
6. Кашкин, В. Результаты исследования Российской ассоциации лизинговых компаний. Обзор российского Рынка лизинга / В. Кашкин, Ю. Деньшина // Технологии лизинга и инвестиций. – 2007. – № 1(16).
7. Основные тенденции развития российского рынка лизинга в 2006 году // Технологии лизинга и инвестиций. – 2007. – № 2(17).
8. Что тормозит развитие лизинга в России? (по материалам доклада председателя ассоциации Е. Скрынник на заседании совета 12 октября 2006 г.) // Технологии лизинга и инвестиций. – 2007. – № 1(16).
9. «Эксперт РА» Рейтинговое агентство. Обзор «Препятствия развитию рынка лизинга» <http://www.raexpert.ru/researches/leasing/barrier/>
10. Совершенствование механизмов привлечения инвестиций. Концепция и основные направления развития лесного комплекса Красноярского края на период 2004-2015 годы.
11. Основные направления развития лесной промышленности (проект) (представлены Минпромнауки России).

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРАВОВОГО РЕЖИМА ЛЕСНЫХ ДОРОГ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Е.И. МАЙОРОВА, *проф. каф. права МГУЛ, д-р юр. наук,*
М.А. СМIRНОВА, *ст. преподаватель каф. права МГУЛ*

Российская Федерация – одна из стран, в которых преимущественным видом ресурсов являются лесные (лес занимает площадь в 877 млн га, а запасы древесины превышают 81,3 млрд м³, что составляет почти пятую часть мировых запасов древесины). Лесная промышленность занимает немалый сектор российской экономики. Использование лесных ресурсов можно разделить на три типа: лесозаготовку, деревообработку и деревопереработку. Эти стадии движения лесного сырья в процессе их освоения технологически связаны между собой, но одной из важнейших операций лесозаготовительного производства является транспортирование древесного сырья.

Известно, что существует прямая зависимость между объемами вывозки (а следовательно, заготовки) древесины и наличием и состоянием лесных дорог. Помимо этого качество сети лесных дорог существенно влияет на эффективность использования лесных ресурсов.

На таком фоне кажутся недостаточно проработанными позиции законодательных органов в отношении столь важного понятия, как «лесные дороги». При разработке Лесного кодекса Российской Федерации, принятого 4 декабря 2006 г., лесные дороги были просто обойдены вниманием. В тексте закона понятие «лесные дороги» употребляется всего несколько раз и опосредованно, косвенно. Можно, конечно, говорить об упущении законодателя «по недосмотру», но сути дела это не меняет.

В настоящее время в Российской Федерации нет ни одного федерального или регионального нормативного акта, регламентирующего строительство, использование и правовой статус лесных дорог. Почти нигде нормативно не закреплено само понятие «лесные дороги». Поэтому приходится оперировать терминами специального, «лесозаготовительного» характера.

Что же такое лесные дороги? В терминологии лесопромышленного комплекса – это дороги, предназначенные для обслуживания потребностей лесного хозяйства, обеспечения доступа органов управления лесным хозяйством и лесопользователей к конкретным лесным массивам. В принципе, все понятно: лесные дороги – значит и предназначены для лесного хозяйства. Однако с правовой точки зрения данное определение нельзя назвать полным и адекватным. Сразу возникает вопрос: как отнести ту или иную дорогу к лесной? Очевидно, что такие дороги должны быть расположены на землях лесного фонда и примыкать к дорогам общего пользования, железнодорожным станциям, водным путям, населенным пунктам, в которых расположены нижние склады лесозаготовительных предприятий. А если, например, дорога общего пользования расположена на достаточном удалении от границы земель лесного фонда? Как в таком случае определять статус проложенной к ней дороги: пока идет по «лесным» землям – лесная, а потом – «общая»?

Не меньше вопросов вызывает и классификация лесных дорог. В любом исследовании она является основополагающим, но и самым сложным моментом. В отношении лесных дорог эта проблема может быть решена исходя из двух позиций: путем применения терминологии лесопромышленного комплекса либо с помощью составления нового классификационного деления. Оба варианта следует рассмотреть более подробно.

В терминологии лесопромышленного комплекса все лесные дороги делят на два типа: лесовозные и лесохозяйственные. Критерием деления является преимущественное назначение дороги. Для лесовозных – это доступ лесозаготовительной техники к лесному участку и вывозка древесины; для лесохозяйственных – перевозка лесохозяйственных грузов и обеспечение доступа к лесным участкам со стороны органов управления лесным хозяйством.

Классификация лесовозных дорог

	Критерий классификации	Подвид лесовозной дороги	Краткая характеристика
постоянные	срок эксплуатации	магистраль	основной участок лесовозной дороги, связывающий лесной массив с нижним лесным складом весь период эксплуатации лесосырьевой базы предприятия
		ветка	ответвление магистрали, обслуживает часть лесосырьевой базы в течение нескольких лет
временные		ус	временный лесовозный путь со сроком эксплуатации не более года, примыкает к ветке или магистрали и предназначается для освоения отдельных лесосек
круглогодичные	вид дорожного покрытия	грунтовая	простейший тип автомобильных лесовозных дорог; в периоды распутицы и в дождливое время становится непроезжей; на труднопроходимых участках в отдельных случаях устраивают деревянные лежневые покрытия из бревен, пластин и т. д.
		гравийная	более надежна, имеет на земляном профилированном полотне песчаную подушку (50–70 см) и слой гравия или щебня (20–40 см); по ней допускается движение автопоездов, транспортирующих более 35 м ³ древесины
		щебеночная	
железобетонная		надежна, имеет покрытие из железобетонных плит	
сезонные		снежная	земляное полотно; перед наступлением заморозков проминается, а снег зимой уплотняется
		ледяная	земляное полотно; перед наступлением заморозков проминается, а зимой поливается водой
	снежно-ледяная	земляное полотно; перед наступлением заморозков проминается, а зимой на снежное покрытие намораживается лед	

Лесовозные дороги предназначены для вывозки с лесосек заготовленной древесины в виде круглых сортиментов, хлыстов или деревьев до мест их складирования или переработки у потребителя. Они обычно примыкают или к железным дорогам, или к водным путям, по которым древесина поступает к потребителям (таблица).

Следует отметить, что лесовозные дороги могут быть классифицированы и по виду подвижного состава, функционирующего на них. В этом случае их можно подразделить на рельсовые, автомобильные, тракторные, конные.

Такую классификацию можно считать оправданной, поскольку она наиболее эффективно отображает саму суть понятия «лесные дороги». Однако, на наш взгляд, она не является полной, поскольку обходит вниманием дороги, находящиеся на землях лесного фонда и обеспечивающие доступ в рекреационные зоны, охотничьи хозяйства, зоны туризма и отдыха.

Более точной в этом отношении является классификация, разработанная сотрудниками ВНКЦ ЦЭМИ РАН канд. техн. наук А.С. Шулевым и научным сотрудником А.А. Седовым. Они предлагают делить лесные дороги по одному критерию – преимущественному назначению – на следующие виды:

- *лесовозные*, служащие главным образом для вывозки древесины;
- *лесохозяйственные*, обеспечивающие постоянное выполнение лесохозяйственных мероприятий;
- *противопожарные*, обеспечивающие проезд в пожароопасные районы и по их территории;
- *хозяйственные*, предназначенные для перевозки грузов хозяйственного назначения от путей общего пользования до предприятий;
- *туристские* дороги в отдельные районы, на туристские базы, в зоны отдыха, в охотничьи хозяйства и т.п.

Если же встанет вопрос о смене собственника дороги или о включении конкретной дороги в сеть дорог общего пользования, может иметь значение следующая классификация:

- лесохозяйственные дороги, которые были построены за счет средств (капитальных вложений) органами управления лесным хозяйством. В качестве основных средств такие дороги на балансе органов управления лесным хозяйством или иных предприятий, учреждений не стоят;

- лесовозные дороги, не состоящие на балансе каких-либо юридических лиц. Такие дороги в основном были построены лесозаготовительными предприятиями бывшего Минлеспрома СССР, однако после ликвидации соответствующих предприятий не были переданы в чье-либо ведение или в чью-либо собственность, часть этих дорог построена в последнее время без проектной документации;

- лесовозные дороги, состоящие на балансе лесопромышленных предприятий в качестве основных средств [6].

Предложенная типология, на наш взгляд, не имеет четкости. Например, не совсем ясно, какие дороги относятся к хозяйственным и насколько целесообразно выделение такого вида. Кроме того, и первая и вторая классификации построены по «хозяйственному» принципу, что не совсем подходит для исследования юридической стороны вопроса.

Наиболее полной и эффективной в правовом аспекте представляется классификация всех лесных дорог по двум основаниям: сроку эксплуатации и преимущественному назначению.

В зависимости от эксплуатационного срока следует делить лесные дороги на постоянные и временные. В группу постоянных лесных дорог необходимо включить дороги с твердым покрытием и сроком эксплуатации более одного года. Это позволит определить их правовой статус, а именно – сформулировать требования для строительства, финансирования, обслуживания. Временными следует считать дороги сезонные и дороги со сроком эксплуатации до одного года включительно. Строительство таких дорог может

быть осуществлено без плана и технической документации, ограничивается только получением заключения экологической экспертизы.

С точки зрения преимущественного назначения лесные дороги целесообразно разделить на три вида: лесовозные, дороги хозяйственного назначения и туристические. В данной классификации понятие «лесовозные дороги» совпадает с терминологией лесопромышленного комплекса, то есть к ним следует отнести дороги, предназначенные для вывозки леса. Лесные дороги хозяйственного назначения имеют своей целью обеспечение доступа служб лесного хозяйства к участкам лесного фонда и объединяют лесохозяйственные и противопожарные дороги. Туристическими являются дороги, обеспечивающие доступ в рекреационные зоны, охотничьи хозяйства, зоны туризма и отдыха. Выделение этого вида целесообразно, поскольку по своей сущности такие дороги не относятся ни к лесовозным, ни к лесохозяйственным, но однозначно являются лесными.

Такая классификация, на наш взгляд, во-первых, охватит все виды лесных дорог и, во-вторых, позволит наиболее эффективно определить правовой режим каждого из видов.

Несомненно, что все дороги вышеуказанной классификации должны находиться на землях лесного фонда. Только в этом случае они могут рассматриваться как лесные дороги. Очевидно также, что лесные дороги должны находиться на нелесных землях лесного фонда.

В связи с этим возникает ряд вопросов, касающихся определения правового статуса дорог в зависимости от категории земель, на территории которых они расположены. Как уже было сказано, лесными дорогами считаются дороги, находящиеся на землях лесного фонда. В соответствии со ст. 101 Земельного кодекса Российской Федерации к землям лесного фонда относятся «лесные земли (земли, покрытые лесной растительностью и не покрытые ею, но предназначенные для ее восстановления, – вырубки, гари, редины, прогалины и другие) и предназначенные для

ведения лесного хозяйства нелесные земли (просеки, дороги, болота и другие)» [2]. Границы земель лесного фонда и границы земель иных категорий, на которых расположены леса, определяют в соответствии с земельным законодательством, лесным законодательством и законодательством о градостроительной деятельности. Использование и охрана земель лесного фонда, отнесение к землям лесного фонда и перевод их в иные категории осуществляются в порядке, установленном земельным и лесным законодательством РФ.

Учитывая предложенное выше определение лесных дорог, следует иметь в виду, что к землям лесного фонда следует также отнести земли общего назначения, транспорта или иных категорий, на которых располагается участок лесной дороги того или иного вида. Таким образом будет разрешена проблема определения правового статуса лесных дорог, частично проходящих за пределами земель лесного фонда, но имеющих лесовозное, противопожарное, туристическое или лесохозяйственное назначение.

Важно отдавать себе отчет в том, что в понимании лесопромышленников «лесные дороги» не совсем то же самое, что в понимании юристов и законодателя. Для лесозаготовителя проложенная грейдером полоса для вывозки древесины – это лесная дорога. Но будет ли она являться таковой в юридическом смысле? Вопрос спорный, поскольку не совсем ясно, соответствует ли она определению дороги. В соответствии с Правилами дорожного движения дорога – это «обустроенная или приспособленная и используемая для движения транспортных средств полоса земли либо поверхность искусственного сооружения» [3].

Если в данной формулировке подразумевается постоянное или систематическое движение транспортных средств, то полоса, проложенная грейдером для вывозки леса однократно в течение небольшого промежутка времени, не может быть отнесена к дорогам. Если же имеется в виду движение даже непродолжительного характера, то неясно, как будет изменяться статус такой дороги с течением

времени (например при ее зарастании). Этот вопрос легко решается с применением предложенной классификации. В этом случае подобные полосы должны быть отнесены к категории временных лесных дорог и после истечения своего срока эксплуатации потерять статус дороги.

Конечно, не только рассмотренные вопросы являются проблемными. Имеется множество пробелов, о которых можно и нужно говорить. И такой разговор невозможно уместить в рамки одной статьи. Однако проблемы правового статуса лесных дорог можно считать ключевыми для развития всей лесной отрасли страны. Их решение позволит более эффективно и полно использовать лесные ресурсы, учитывая интересы как государства, так и частных лиц. Поэтому неясно, почему проблемам лесных дорог не уделяется совершенно никакого внимания. Такое положение вещей, особенно в условиях принятия нового Лесного кодекса, порождает множество вопросов и проблемных ситуаций, требующих адекватной реакции законодателя и правоприменителей.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04 декабря 2006 г. № 200-ФЗ – «Российская газета», № 277, 08 декабря 2006 г.
2. Земельный кодекс Российской Федерации – «Собрание законодательства РФ», 29.10.2001, N 44, – 4147 ст.
3. Правила дорожного движения Российской Федерации (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 28 февраля 2006 года № 109) – «Российские вести», № 227, 23 ноября 1993 года.
4. Энциклопедия лесного хозяйства: в двух томах – Т. 1. – М.: ВНИИЛМ, 2006. – 424 с.
5. Маклюков, Л.М. Актуальные проблемы лесопользования и устойчивого развития промышленных отраслей лесного сектора в системе национальной лесной политики России / Л.М. Маклюков // Труды международной научно-практической конференции «Национальная политика России». – М., 2007.
6. Шулев, А.С. Организационно-экономические проблемы строительства лесных дорог в Вологодской области / А.С. Шулев, А.А. Седов // Экономические и социальные перемены в регионе: факты, тенденции, прогноз – ВНКЦ ЦЭМИ РАН. – Вып. 25. – 2004.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВУЗОВ ЛЕСНОГО ПРОФИЛЯ

В.С. ШАЛАЕВ, *проф., проректор МГУЛ по международным связям*

Всемирная торговая организация (ВТО) включила образование в список услуг, торговля которыми, в соответствии с Генеральным соглашением по торговле услугами (General Agreement Trading Service), регулируется ее положениями. При этом формы и виды экспортной деятельности вузов в области образования могут быть подразделены на следующие четыре способа:

- «трансграничная поставка» (Cross border supply), аналогично обычной торговле услугами, т.е. дистанционное обучение путем поставки услуги из одной страны в другую без физического перемещения потребителя;

- «потребление за рубежом» (Consumption abroad), потребитель покупает услуги в стране производителя, т.е. обучение иностранных граждан на своей территории путем потребления услуги потребителем одной страны в другой, когда предполагается перемещение потребителя;

- с помощью «коммерческого присутствия» (Commercial presence), организация и открытие дочерних предприятий, филиалов и отделений в других странах (открытие филиала или кампуса в другой стране, франчайзинг учебных программ и т.п.);

- с помощью «присутствия физических лиц» (Movement of individuals), услуги предоставляются через временное перемещение индивидуальных поставщиков услуг, т.е. обучение иностранных граждан в их странах путем командирования специалистов, например направления преподавателей на работу за границы.

Основной формой экспортной деятельности российских вузов является в настоящее время обучение иностранных граждан на российской территории, так как эта форма наиболее развита, достаточно привлекательна с финансовой точки зрения, имеет определенное нормативно-правовое обеспечение и богатый опыт предыдущих десятилетий.

Необходимо отметить, что финансовые показатели мирового рынка образо-

вательных услуг, включая языковые курсы, среднее и высшее образование, дополнительное профессиональное образование, достигают 100 миллиардов долларов США в год, т.е. обучение иностранных граждан стало действенным фактором экономического роста. Для многих государств эта сфера образовательных услуг является одной из важнейших экспортных отраслей. Например, в США эта отрасль, приносящая многомиллиардные доходы (14 млрд. долларов США в 2005 г.), считается пятой по значимости, в Австралии – четвертой отраслью услуг (7,8 млрд австралийских долларов в качестве дохода от обучения иностранцев в 2006 г.). В Бельгии, по данным американского Института международного образования, доля обучающихся иностранцев в 2004 г. превышала 40 % [1].

В табл. 1 приведены данные по странам с наиболее крупными контингентами иностранных студентов в 2004 г. При этом хотя Россия и входит в число 10 ведущих стран мира по обучению иностранных граждан по программам так называемого третичного уровня, однако имеет довольно низкую долю иностранцев в составе очных отделений высших и средних специальных учебных заведений. Даже учет дополнительных 20 тысяч иностранных граждан, обучавшихся в 2004/2005 г. в России заочно, а также на вечерних отделениях, экстернатом, существенно не изменил бы почти аутсайдерское положение России.

В 2005/2006 учебном году, по данным Центра социологических исследований, в вузах Российской Федерации обучались по очной форме 86,9 тыс. иностранных граждан и еще 27 тыс. на заочных и вечерних отделениях, а также дистанционно. Кроме того еще 6,7 тыс. иностранных студентов обучалось в средних специальных учебных заведениях, а около 5 тыс. – в военных учебных заведениях. Иностранцы обучались в 656 вузах, что составляет 61,4 % общего числа всех российских вузов, при этом большинство (82,2 тыс. чел., или 94,7 %) в государственных вузах [1].

Наиболее крупные контингенты иностранных студентов по странам обучения в 2004 г.

Страны	Число иностранных граждан, обучающихся в национальных вузах и колледжах по программам третичного уровня, тыс. человек	Доля иностранцев в составе всех обучающихся по программам третичного уровня, %
США	572,5	3,4
Великобритания	300,1	13,4
Германия	260,3	12,5
Франция	237,6	11,0
Австралия*	199,3	17,0
Япония	117,9	2,7
Китай**	110,0	0,6
Россия	75,8	0,9
Канада**	70,0	3,8
ЮАР**	52,7	7,2

* По данным ОЭСР

** По данным национальных министерств образования соответствующих стран

Значимость рассматриваемого направления образовательной деятельности подчеркивается «Концепцией государственной политики Российской Федерации в области подготовки национальных кадров для зарубежных стран в российских образовательных учреждениях», которая определяет цель, задачу, а в конечном итоге и направления решения проблем конкурентоспособности экспортного потенциала высшего образования, в том числе и для вузов лесного профиля.

Основной целью подготовки национальных кадров для зарубежных стран и, прежде всего для государств-участников СНГ, является реализация геополитических и социально-экономических интересов Российской Федерации, полноправное и полноценное участие в глобальном процессе развития образования, обеспечение высокого качества подготовки и конкурентоспособности выпускников российских образовательных учреждений на мировом рынке образования и труда.

Стратегическая задача – эффективное использование имеющихся и создание новых возможностей для подготовки высокопрофессиональных кадров для зарубежных стран.

Вопросы образования были включены в повестку дня расширенного саммита «восьмерки», состоявшегося в Санкт-Петербурге в 2006 г., а все цели получили подтверждение и развитие на встрече министров образования государств-членов Группы восьми в Москве,

1–2 июня 2006 г. и в опубликованной по итогам работы Московской декларации [2].

В России 60 вузов готовят специалистов, бакалавров и магистров в области лесного дела. Среди них известнейшие Московский государственный университет леса, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия, Сибирский государственный технологический университет, Воронежская государственная лесотехническая академия, Марийский государственный технический университет, Уральский государственный лесотехнический университет, Архангельский государственный технический университет.

В этих вузах готовятся кадры высшего профессионального образования по 8 специальностям и 4 направлениям, охватывающим практически весь спектр потребностей лесного комплекса. Одновременно здесь получают высшее образование порядка 30 тысяч студентов, среди преподавателей более 300 профессоров, докторов наук, более 1500 доцентов, кандидатов наук. В вузах по различным программам обучения и формам подготовки обучаются иностранные граждане. В табл. 2–3 приведены показатели, характеризующие количество иностранных граждан в 10 вузах лесного профиля и соответствующие доходы от очного обучения на контрактной основе иностранных граждан [3].

В настоящее время Россия все активнее интегрируется в международное образовательное пространство, участвует в ре-

лизации положений Болонской декларации, наращивает экспорт образовательных услуг. Однако ведущие высшие учебные заведения лесного профиля еще недостаточно результативно участвуют в этих процессах. Впрочем,

последнее относится и вообще к российскому образованию. Доля России на мировом рынке образовательных услуг пока не превышает одного процента, что заметно меньше доли в населении или в экономике мира [4].

Т а б л и ц а 2

Распределение иностранных граждан по программам обучения и формам подготовки в области лесного дела в 2005/2006 г., чел. (составлено по отчетным данным вузов)

Вуз	Общее число иностранных граждан	Число иностранных граждан, обучавшихся по различным программам и формам подготовки								
		подготовительное отделение	дипломированные специалисты	бакалавриат	магистратура	стажеры	интерны	ординаторы	аспиранты	докторанты
Архангельский государственный технический университет	72	30	30	0	1	11	0	0	0	0
Братский государственный университет	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0
Брянская государственная инженерно-технологическая академия	7	0	6	0	0	0	0	0	0	1
Воронежская государственная лесотехническая академия	77	14	45	0	0	16	0	0	2	0
Костромской государственный технологический университет	50	7	22	16	0	0	0	0	5	0
Марийский государственный технический университет	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Московский государственный университет леса	120	26	79	0	0	7	0	0	8	0
Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия	88	0	45	14	14	0	0	0	15	0
Сибирский государственный технологический университет	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Уральский государственный лесотехнический университет	20	0	20	0	0	0	0	0	0	0

**Доходы от очного обучения на контрактной основе иностранных граждан в вузах, работающих в области лесного дела в 2005–2006 г.
(составлено по отчетным данным вузов)**

Вуз	Численность иностранных граждан, обучавшихся на контрактной основе по различным учебным программам и формам подготовки, чел.									Всего на контрактной основе, человек	Совокупная оплата в год, руб.
	подготовительное отделение	бакалавриат	дипломные специалисты	магистратура	стажеры	интерны	ординаторы	аспиранты	докторанты		
Архангельский государственный технический университет	30	0	27	1	5	0	0	0	0	63	2 385 750
Братский государственный университет	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	27 450
Брянская государственная инженерно-технологическая академия	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	56 190
Воронежская государственная лесотехническая академия	14	0	41	0	16	0	0	2	0	73	2 240 400
Костромской государственный технологический университет	7	11	21	0	0	0	0	5	0	44	1 561 950
Марийский государственный тех. университет	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Московский государственный университет леса	26	0	79	0	6	0	0	6	0	117	4 719 330
Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия	0	10	22	6	0	0	0	5	0	43	1 185 450
Сибирский государственный технологический университет	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	28 000
Уральский государственный лесотехнический университет	0	0	7	0	0	0	0	0	0	7	315 000

При этом, например, среди 10 выбранных вузов лесного профиля с более чем 100 тыс. студентов, обучается на контрактной основе не более полпроцента иностранных граждан. Лишь в Московском государственном университете леса число обучающихся

иностранцев устойчиво превышает 100 человек. В 4 из десяти выбранных вузов этот показатель не превышает 10, т.е. обучение иностранных граждан имеет характер скорее исключения. В соответствии с Федеральной целевой программой развития об-

разования на 2006–2010 гг., утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2005 года № 803, доля иностранных учащихся должна достигнуть к 2010 г. 1,8 %.

Это весьма непростая задача. В советское время в наших вузах было достаточно значимое число учащихся-иностранцев, и это направление поддерживалось на государственном уровне. В настоящее время вузы практически предоставлены сами себе. Очевидна необходимость объединения и координации усилий, выработка единой стратегии и тактики усиления конкурентоспособности, а в конечном итоге увеличения объемов и развития форм экспорта образовательных услуг.

В необходимости решения этой задачи лежит не только имидж российского высшего образования, укрепление международной стабильности, сближение национальных культур и взаимопонимания народов и государств, но и наши экономические интересы. Важным источником доходов вузов в экономически развитых странах является плата за обучение студентов-иностранцев. В мире сегодня обучается более 100 млн студентов высшего уровня образования, и около 2 млн из них являются иностранными студентами. В соответствии с международными источниками, объем мирового рынка образовательных услуг составляет порядка 100 млрд долл. США. Но если США ежегодно получают в среднем 14–15 млрд долл. от обучения иностранных студентов, то вклад в экономику России от обучения иностранцев в наших вузах в 2005 г. составил примерно 300 млн дол. США [6].

В настоящее время наблюдается тенденция к достаточно динамичному росту количества иностранных студентов в России. Это усиливает проблемы конкурентоспособности высшего образования лесного профиля, которые необходимо и придется решать.

Весьма показательны пожелания иностранных студентов, высказанные в ходе социологического исследования в 2005 г. [1], которые характерны и для лесных вузов. Их возможно рассматривать в качестве направлений деятельности вузов при развитии экспортного потенциала. При этом указывается на необходимость:

- улучшить условия проживания в общежитиях, строить новые общежития (27,0 %);
 - снизить стоимость оплаты за проживание в общежитии (1,8 %);
 - обеспечить безопасность жизни и учебы иностранных студентов (13,4 %);
 - помогать в проведении досуга (3,8 %);
 - улучшить обучение русскому языку (4,3 %);
 - улучшить обеспечение новыми современными учебниками, учебными материалами (3,8 %);
 - повысить профессиональный уровень преподавателей (3,9 %);
 - использовать в учебном процессе больше компьютеров (2,6 %);
 - использовать в обучении английский язык (1,8 %);
 - давать больше практики, улучшить практические занятия (4,7 %);
 - упростить получение виз, давать многократные визы, облегчить регистрацию иностранных студентов (2,1 %);
 - улучшить работу иностранных деканатов, делать более удобным для студентов учебное расписание (1,9 %);
 - давать возможность иностранным студентам работать (подрабатывать) во время учебы (1,9 %);
 - снизить оплату за обучение, в том числе ввести бесплатные курсы русского языка (1,7 %);
 - улучшить содержание образования, сделать его более современным, вовлекать иностранных студентов в научную работу (3,9 %);
 - создавать условия для занятий спортом, организовывать спортивные мероприятия (1,9 %).
- Среди других пожеланий: больше интересоваться жизнью иностранных студентов, давать больше информации об иностранцах в России, лучше финансировать вузы, увеличить количество бюджетных мест в общежитиях для иностранцев, создавать учебные группы из студентов примерно с одним уровнем знаний, добиться широкого международного признания российских дипломов.

Публикация подготовлена в рамках выполнения плана работы Научно-образовательной ассоциации лесного комплекса.

Библиографический список

1. Арефьев, А.Л. Российские вузы на международном рынке образовательных услуг / А.Л. Арефьев. – М.: Центр социального прогнозирования, 2007. – 700 с.
2. Встреча министров образования государств-членов Группы восьми, Москва, 1–2 июня 2006 года. Московская Декларация, <http://www.mon.gov.ru>.
3. Экспорт образовательных услуг: Статистический сборник / Министерство образования и науки Российской Федерации. – М.: ЦСП, 2007. – 256 с.
4. Стенографический отчет о заседании Государственного совета 24 марта 2006 года «О развитии образования в Российской Федерации», <http://www.government.ru>
5. Галаган, А.И. Финансирование образования в развитых зарубежных странах / А.И. Галаган, О.Д. Прянишникова. – М.: НИИВО, 2003. – Вып. 1. – С. 5.

НАПРАВЛЕНИЯ, ФОРМЫ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В МОСКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ЛЕСА

В.С. ШАЛАЕВ, *проректор по международным связям МГУЛ*,

В.В. НИКИТИН, *начальник Управления по международной деятельности МГУЛ*

Московский государственный университет леса, развивая международные связи, продолжает интегрироваться в мировое научное и образовательное пространство, международный рынок научно-образовательных услуг, несмотря на трудности, которые испытывает высшая школа. При этом в качестве приоритетных в вузе выделены следующие направления развития международных связей:

- расширение международных академических обменов, интеграция МГУЛ в международное образовательное сообщество;

- разработка и осуществление инновационных программ, направленных на дальнейшее развитие международного сотрудничества в области науки и образования;

- инициирование и реализация международных программ и проектов с участием ученых МГУЛ, привлечение грантов, распространение позитивных результатов;

- создание условий, способствующих расширению контингента обучающихся иностранных граждан как на бюджетной, так и на контрактной основе;

- повышение эффективности и качества обучения иностранных граждан;

- поддержка изучения и преподавания русского языка иностранным гражданам, совершенствования методики его преподавания;

- формирование системы содействия изучению иностранных языков, включая поездки студентов и аспирантов, специалистов и преподавателей за рубеж;

- развитие сотрудничества с международными организациями, в первую очередь с Международным союзом лесных исследовательских организаций (IUFRO), Европейским лесным институтом (EFI), Международной академией наук о древесине (IAWS), ЮНЕСКО, Советом Европы;

- совершенствование механизма международных обменов, участия в конференциях, семинарах, ярмарках-выставках образовательных услуг, студенческих олимпиадах.

В настоящее время Московский государственный университет леса взаимодействует с более чем 200 зарубежными вузами, учреждениями и организациями из 70 стран мира.

Важным направлением международной деятельности является участие профессорско-преподавательского состава, сотрудников, аспирантов и студентов МГУЛ в международных форумах, конференциях, семинарах, ярмарках-выставках. Этому направлению в университете уделяется достаточное внимание, регулярно выделяются определенные средства. Например, за последние пять лет преподаватели, сотрудники, аспиранты и студенты МГУЛ приняли участие более чем в

100 международных форумах, конференциях, съездах, симпозиумах, совещаниях.

Наиболее значимыми среди них были:

Август 2003 г. – международная конференция «Пересекающие границы лесные исследования», посвященная 10-летию Европейского лесного института. Финляндия–Россия (в работе конференции принимали участие представители 34 стран).

Сентябрь 2003 г. – XII Мировой лесной конгресс, Канада, Квебек (140 стран).

Ноябрь 2003 г. – выставка-конференция образовательных услуг российской высшей школы «Российские университеты в XXI веке» в Республике Чили.

Февраль 2004 г. – международная конференция «Дни Финляндии в МГУЛ».

Май 2004 г. – организация на базе Интернет-центра МГУЛ международной Интернет-конференции «Проблемы изучения и преподавания русского языка и литературы» (13 стран).

Сентябрь 2004 г. – международный симпозиум по древесиноведению во Франции IAWS – IAWA при поддержке IUFRO (35 стран).

Октябрь 2004 г. – IV международный симпозиум «Строение, свойства и качество древесины – 2004» (25 стран).

Октябрь 2004 г. – II Российско-Финский саммит-2004 по развитию сотрудничества в лесном комплексе в Финляндии.

Апрель 2005 г. – конференция «Лесное образование: Между наукой и практикой» в рамках функционирования сети европейского лесного образования SILVANETWORK, в Нидерландах (25 стран). Доклад МГУЛ был особо отмечен, и президент SILVANETWORK предложил организовать один из семинаров в России.

Апрель 2005 г. – международная конференция, посвященная 80-летию высшего лесохозяйственного образования в Болгарии (г. София) (8 стран).

Июнь 2005 г. – девятая сессия Генеральной ассамблеи восточнопалеарктической секции международной организации по биологической борьбе с вредными животными и растениями в Венгрии (Болгария, Венгрия, Польша, Россия, Сербия, Украина).

Июль 2005 г. – международная конференция – XI Академические чтения «Образование и наука: проблемы и перспективы развития», проведенная МАН ВШ в г. Улан-Баторе.

Август 2005 г. – XXII Всемирный конгресс Международного союза лесных исследовательских организаций (IUFRO) «Леса в равновесии: связь традиций и технологий», г. Брисбен, Австралия (96 стран).

Ноябрь 2005 г. – Министерская конференция по проблемам правоприменения и управления в лесном секторе Европы и Северной Азии (ENA FLEG), г. Санкт-Петербург, Россия.

Июнь 2006 г. – Международная конференция «Влияние изменений климата на бореальные и умеренные леса», г. Екатеринбург, Россия (26 стран).

Июнь 2006 г. – международный симпозиум «ЕС-Россия: перспективы сотрудничества в области биотехнологии в 7-й Рамочной Программе», г. Санкт-Петербург. В рамках работы симпозиума проходила школа-конференция и конкурс молодых ученых «Биотехнология будущего».

Сентябрь 2006 г. – международная конференция «Роль лесного хозяйства в интегрированной оценке окружающей среды» и ежегодная отчетно-выборная конференция Европейского лесного института в Нидерландах (25 стран).

Сентябрь 2006 г. – 11-я международная выставка машин, оборудования, инструментов и приборов для лесной, целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей и мебельной промышленности «Лесдревмаш-2006» и 3 международный форум «Лес и человек» (28 стран). Ученые МГУЛ вели несколько рабочих столов – соответствующих секций форума, их продуктивная деятельность отмечена почетной грамотой оргкомитета.

Сентябрь 2006 г. – конференция по сотрудничеству в сфере высшего образования между Европейским Союзом и Россией: «Мобильность студентов и преподавательского состава» (12 стран).

Октябрь 2006 г. – VIII международный лесопромышленный конгресс в Санкт-Петербурге (58 стран). В рамках конгресса проводился международный юниорский лесной конкурс.

Октябрь 2006 г. – форум ректоров ведущих вузов России и Китая и международная образовательная выставка (50 стран).

Декабрь 2006 г. – конференция представителей ведущих вузов России и Чехии в Праге.

Май 2007 г. – международный салон «Инновационные технологии, машины и оборудование для лесозаготовки и деревообработки» выставки «ТЕХНОФОРУМ-2007» в рамках международного форума инновационных технологий.

Май 2007 г. – международное совещание «Проблемы глобализации и изменение парадигмы в сфере высшего лесного образования Европы» на базе Литовского университета сельского хозяйства в г. Каунас.

Май 2007 г. – XII конференция министров образования государств-участников СНГ в г. Душанбе.

Май 2007 г. – европейский студенческий съезд по вопросам лесного образования, организованный международной лесной студенческой ассоциацией (IFSA) во Франции в г. Нанси (40 стран).

Май 2007 г. – выставка оборудования для лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности «LIGNA», Германия, г. Ганновер. Работе выставки сопутствовали различные мероприятия: конференции, семинары, деловые встречи, презентации и др.

Июль 2007г. – в ЮАР завершился 35-й международный симпозиум студентов лесных вузов «Большое дерево для устойчивого лесоводства», который проводился Международной ассоциацией студентов лесных вузов (IFSA) при поддержке университета Нельсон Мандела Метрополитан (40 стран).

Август 2007г. – 24 всемирная универсиада (Олимпиада для студентов), г. Бангкок, Таиланд.

Август 2007 г. – отчетно-перевыборная конференция международной организации по лесному образованию SILVA Network.

Сентябрь 2007 г. – конференция Европейского лесного института (EFI) и европейский конгресс ИЮФРО «Леса и лесное хозяйство в контексте промышленного развития» в Варшаве (Польша) (40 стран).

Ноябрь 2007 г. – международная конференция «Шведский аграрный университет в мире: образование – исследования – развитие», проведенной в Швеции (г. Умео).

Декабрь 2007 г. в Москве на базе ЦЭПЛ РАН под председательством академика Исаева А.С. при участии директора Европейской лесной технологической платформы (Dr. Wilhelm Vorher) и директора Европейского лесного института (Dr.Risto Paivinen) состоялось обсуждение состояния подготовки Российской лесной технологической платформы для включения ее в Седьмую рамочную программу Европейского союза (FP7).

Участие в работе международных организаций, международные дипломы, медали и звания

Ученые университета являются членами более чем 40 международных организаций, среди которых Международный союз лесных исследовательских организаций (IUFRO), Общество американских лесоводов (SAF), Шведская академия сельского и лесного хозяйства, Финская академия наук и письменности, Международная академия наук о древесине (IAWS), Европейский лесной институт (EFI), Международная организация по биологической борьбе с вредными животными и растениями.

В 2004 г. доцент кафедры почвоведения Д.Г. Щепашенко выиграл грант и прошел годичную стажировку в Австрии в Международном институте прикладного системного анализа (IASSA).

Под руководством Домрачева создан и начал с 2004 г. деятельность в России Американский благотворительный фонд поддержки информатизации образования и науки. К настоящему времени Фонд обеспечил создание в МГУЛ двух лабораторий виртуальных технологий.

В апреле 2005 г. приказом Федерального агентства по образованию аспирантка О. Пентелькина по итогам участия в 12 Всероссийском открытом конкурсе на стипендию Президента РФ для обучения за рубежом была направлена для прохождения десятимесячной научной стажировки в университет г. Вагенинген.

В июне 2005 г. МГУЛ совместно с Российской академией наук и институтом Альтерра выступил учредителем научно-исследовательской автономной некоммерческой организации «Международный институт леса».

В 2005 г. по итогам прохождения годового курса магистерских программ «Развитие устойчивого лесного хозяйства в южнобалтийском регионе» студентами лесного факультета Е. Лепешкиным, Н. Сидорко, О. Тарусовым и А. Трифионовой успешно защищены выпускные квалификационные работы и получены международные сертификаты Шведского сельскохозяйственного университета (г. Алнарп). Аналогичный сертификат получен в 2004 г. студенткой Натальей Арабаджи.

В августе 2005 г. студентка гуманитарного факультета Юлия Иванова по итогам 33 Международного студенческого лесного симпозиума избрана членом лингвистической комиссии Международной студенческой лесной ассоциации (IFSA). В апреле 2006 г. Московский государственный университет леса был принят в состав Международной студенческой лесной ассоциации.

В 2006 г. в рамках проекта «Еврофорестер» годичное обучение в Шведском сельскохозяйственном университете (г. Алнарп) проходили студенты лесного факультета Е. Теплякова, И. Сайгин, Е. Яндралова и Т. Щербакова. Они успешно защитили выпускные работы и получили международные сертификаты магистра.

В марте-июне 2006 г. студентки факультета механической и химической технологии древесины Е. Владимирова и Н. Куликова прошли преддипломную практику в Финляндии, затем успешно защитили дипломные проекты, поступили в аспирантуру и приглашены на работу в престижные финские компании.

В мае 2006 г. профессор кафедры древесиноведения Б.Н. Уголев избран Почетным доктором Университета Западной Венгрии (бывший Шопронский лесотехнический университет).

В мае 2007 г. состоялась презентация второй учебно-научной лаборатории виртуальных технологий, созданной за счет финансирования Американского благотвори-

тельного фонда поддержки информатизации образования и науки.

В июне 2007 г. Московский государственный университет леса принят в состав международной организации «Controller Area Network in Automation» (CiA).

В июне 2007 г. приступил к учебе в Политехническом университете г. Мадрида (Испания) студент V курса факультета химической и механической технологии древесины С. Зориков.

Наиболее перспективным и престижным в МГУЛ считается участие ученых вуза в деятельности Международного союза лесных исследовательских организаций (IUFRO), авторитетнейшего международного научного объединения, существующего с 1898 г.

Ученые МГУЛ участвовали в работе практически всех последних конгрессов союза. Выпускники МГУЛ (В.В. Страхов, В.К. Тепляков) активно участвуют в деятельности различных структур IUFRO.

В 1986 г. заведующий кафедрой лесоводства, академик ВАСХНИЛ Иван Степанович Мелехов был удостоен самой высокой награды этой организации – «Почетный член IUFRO».

В 1989 г. Московский государственный университет леса, вступил в состав IUFRO.

В 2001 г. МГУЛ было поручено взять на себя обязанности по координации и объединению деятельности российских организаций в IUFRO; созданию, обновлению и поддержанию Интернет-сайта «IUFRO in RUSSIA» (<http://www.iufro.ru>); организации работы по привлечению в IUFRO новых членов; тогда же на базе МГУЛ была создана Ассоциация российских организаций-членов IUFRO.

В сентябре 2002 г. была проведена церемония вручения медали, мантии и диплома Почетного доктора МГУЛ Президенту IUFRO, профессору Ристо Юхани Сеппала.

В 2003 г. по инициативе и при активном участии МГУЛ в России проведено заседание руководящего комитета Международного союза лесных исследовательских организаций.

В 2004 г. одной из высших наград IUFRO «За выдающиеся достижения» был удостоен академик РАСХН Н.А. Моисеев. За всю историю IUFRO подобную награду получил один российский ученый.

Т а б л и ц а 1

**Научные, академические
и студенческие связи**

Категория представителей МГУЛ, командированных в зарубежные страны	2005	2006	2007	2008 (плановые показатели)
Преподаватели и сотрудники	34	24	62	75
Студенты и аспиранты	56	26	42	65
Всего	90	50	104	140

В 2005 г. на XII Всемирном конгрессе IUFRO в Австралии состоялась презентация новой рабочей группы IUFRO «Межкультурные коммуникации в лесном сообществе», созданной на базе разработок ученых МГУЛ.

В 2006 г. МГУЛ и ВНИИЛМ в соответствии с контрактом с IUFRO возглавили создание российского сегмента Global Forest Information Service (GFIS-Russia).

В 2007 г. была проведена церемония торжественного вручения профессору Сеульского национального университета Дону Ку Ли регалий Почетного доктора МГУЛ.

**Международная академическая
мобильность**

В последние годы наблюдается достаточно устойчивая тенденция увеличения количества командировок преподавателей и сотрудников, аспирантов и студентов МГУЛ за рубеж. В целом динамику международных связей МГУЛ отражают приведенные показатели (табл. 1).

Увеличилось не только число поездок на ознакомительные и производственные практики, конференции, олимпиады, но и командируемых на длительный срок: включенное обучение, выполнение научной работы. Если в 2003/2004 г. в рамках включенного обучения в Швеции в Сельскохозяйственном университете г. Алнарпа обучалась одна студентка лесного факультета, то в 2004/2005 г. там обучалось уже четыре студента. В настоящее время студенты МГУЛ проходят курсы обучения в Германии в Техническом университете г. Мюнхен, в Швеции в Сельскохозяйственном университете г. Алнарпа, в Фин-

ляндии на лесном факультете университета г. Йёнсуу, в Испании, в Чехии.

Институт почетных докторов

В МГУЛ в 1998 г. утверждено и введено Положение о звании «Почетный доктор Московского государственного университета леса». Звание присваивается выдающимся российским и иностранным ученым, политическим и государственным специалистам, деятелям промышленности, культуры и образования, получившим мировое признание.

За прошедший период пять из восьми званий «Почетный доктор Московского государственного университета леса» присвоены иностранным гражданам.

**Сотрудничество с зарубежными
организациями**

МГУЛ активно участвует в коллективных проектах, финансово поддерживаемых зарубежными организациями, программами, фондами, грантами.

– 2001–2003 гг., «Поддержка образовательных программ и летней школы по устойчивому лесопользованию», грант Международного фонда Джона Д. и Катрин Т. МакАртуров;

– 2002–2005 гг., «Систематизация лесных культур в исследованиях устойчивого управления лесным хозяйством», EU.INTAS-97-30-255, основные партнеры из Финляндии, Нидерландов, Германии;

– 2002–2006 гг., «Гидрометеорологические аспекты проблем почвы и растительности в городских речных системах», РФФИ, NWO File Nr 047.011.2001.005, основной партнер из Университета г. Вагенинген (Нидерланды);

– начиная с 2004 г. ученые МГУЛ выполнили и выполняют ряд проектов при финансовой поддержке Всемирного фонда дикой природы (WWF);

– 2004–2006 гг., «Межкультурные коммуникации в лесопромышленном комплексе», грант Академии наук Финляндии;

– 2006–2007 гг., «По направлению к прогрессивному лесному сектору Северо-Запада России», грант Академии наук Финляндии;

– 2006–2009 гг., выполнение соответствующего раздела «Русско-шведской программы сотрудничества в лесном секторе», финансируемого Шведским агентством развития международного сотрудничества (SIDA);

– 2006 г. и в настоящее время, выполнение программы по развитию непрерывного профессионального обучения в России «Развитие рынка труда в Российской Федерации», финансируемого Шведским агентством развития международного сотрудничества (SIDA) по Соглашению о сотрудничестве по проекту «Развитие рынка труда на благо экономического роста Московского региона»;

– начиная с 2006 г. МГУЛ участвовал в разработке и создании российских предложений для включения их в соответствующую европейскую Лесную технологическую платформу (FTP), которая является составной частью 7-ой Рамочной программы (FP7) Европейского Союза;

В конечном итоге количество подобных проектов и их финансовая составляющая характеризуют международную востребованность нашего потенциала. При этом активные научно-образовательные коллективы достигают значительных результатов.

Кафедра почвоведения, выполняя научно-исследовательские работы по соответствующему гранту Нидерландской организации по научным исследованиям, оснастила свою научную лабораторию уникальным оборудованием стоимостью около миллиона рублей. Студенты, аспиранты и преподаватели кафедры в университете г. Вагенинген проходят практику, стажировки, выполняют научные исследования, защищают диссертационные работы. Наши представители позволили существенно расширить тематику совместных исследований.

Успешно действующий при кафедре станков и инструментов «Орган по сертификации деревообрабатывающего оборудования и инструмента» инициировал и реализовал международный проект. Ряд ведущих зарубежных и отечественных производителей деревообрабатывающих станков, инструментов и заточного оборудования безвозмездно предоставил в распоряжение МГУЛ продукцию стоимостью порядка 25–30 млн руб. для

учебного процесса, повышения квалификации операторов и инженерно-технических работников предприятий отрасли в созданном учебном центре «Станки и инструменты». Студенты и преподаватели посещают машиностроительные заводы Западной Европы. Следующим этапом проекта стало участие нескольких известнейших зарубежных фирм в строительстве на территории университета корпуса площадью около тысячи квадратных метров, часть которого предоставлена для деятельности информационно-консультационных представительств. Планируется дальнейшее развитие этого учебно-научно-инновационного проекта.

Весьма перспективно взаимодействие ученых кафедры колесных и гусеничных машин с рядом международных машиностроительных фирм-производителей лесозаготовительного оборудования по развитию созданного при финансовой поддержке финской компании PONSSE учебного центра «Лесомеханик», который предполагается оснастить западным оборудованием и готовить специалистов для лесопромышленного комплекса как с высшим образованием, так и по рабочим профессиям. В учебном центре установлен уникальный тренажер, который имитирует работу оператора харвестера, и оборудована аудитория 12 компьютерами для обучения работе на лесозаготовках.

Сотрудничество кафедры электроники и микропроцессорной техники Московского государственного университета леса и Американского благотворительного фонда поддержки информатизации образования и науки позволило оснастить современным оборудованием уже вторую учебно-научную лабораторию виртуальных технологий (ЛВТ). Особенностью новой лаборатории является многофункциональный комплекс из 19-ти компьютеризированных рабочих мест, объединенных в локальную сеть. Другая особенность – использование современных компьютеров, обладающих аппаратным ресурсом для работы с программно-мультимедийным контентом. Беспроводная сеть Wi-Fi обеспечивает масштабируемость локальной сети за счет свободного подключения владельцев ноутбуков с интегрированным Wi-Fi адаптером. Сре-

ди прочих достоинств лаборатории – возможность дистанционного обучения студентов путем прямой трансляции видеосигнала на удаленные компьютерные классы через сетевые каналы от Web-камеры преподавателя. Лаборатория обладает богатой элементной базой, насчитывающей несколько тысяч аналоговых и цифровых элементов и измерительных приборов, что дает практически неограниченные возможности построения электрических схем различной степени сложности.

Обучение иностранных граждан в России является одним из приоритетных направлений в международной деятельности МГУЛ.

Учитывая, что постоянным источником внебюджетных средств МГУЛ от зарубежных стран является обучение иностранных граждан, для активизации работы был проведен ряд организационно-структурных мероприятий.

Основными являются:

- в учебной работе – начальная довузовская подготовка иностранных граждан; организация подготовки бакалавров, специалистов, магистров; обучение аспирантов по всем специальностям и квалификациям МГУЛ;

- во внеучебной работе – улучшение жилищных условий, досуга; адаптационно-социальная и агитационно-рекламная работа; организация медицинского обслуживания;

- в международном сотрудничестве – заключение договоров и работа с учебными и научными учреждениями стран ближнего и дальнего зарубежья; организация помощи подразделениям и сотрудникам в выполнении программ, проектов, договоров и других задач МГУЛ, связанных с образовательным процессом.

Знакомство и анализ работы ведущих вузов России, активно работающих в данном направлении, показал, что необходимо оптимальное соотношение трех составляющих: качества обучения, цены за обучение и условий проживания.

При подготовке иностранных граждан крайне важны уровни квалификации, принятые в мире, – бакалавр, магистр. Учитывая это, в вузе постоянно работают над расширением спектра специальностей. В настоящее время организован прием иностранных бака-

лавров для обучения в магистратуре. Сегодня число их невелико на одной специальности «Менеджмент», однако с увеличением количества специальностей магистерской подготовки число иностранных студентов будет расти. Продолжается разработка и внедрение новых форм и методов обучения иностранных граждан. В частности, прорабатывается возможность сотрудничества с МГУ и МГТУ по совместной довузовской подготовке иностранных граждан на базе МГУЛ.

Для улучшения организации и качества обучения создан Центр довузовской подготовки иностранных граждан. На него возложены все организационные, учебные и методические обязанности.

Второй составляющей, привлекающей иностранцев в вузы России, является умеренная цена за образование. Вузы России, имеющие авторитет и хорошую материально-техническую базу, могут поднимать цену за обучение иностранцев. Поэтому ведется интенсивная работа над совершенствованием имиджа университета, улучшением материально-технической базы. Проводится агитационно-рекламная работа, помогающая гражданам в разных странах больше узнать о Московском государственном университете леса. Например, участие и рекламное выступление на форуме «Китайские университеты XXI века» позволило подписать ряд договоров с вузами Китая.

Работа с иностранцами предусматривает обеспечение их необходимыми условиями проживания. В МГУЛ за последний год вложены существенные средства в ремонт и оборудование общежития для иностранных граждан, включающий жилые блоки, учебные комнаты, бытовые помещения, а также в благоустройство территории, совершенствование инфраструктуры вуза.

Вуз ищет новые формы обучения и сотрудничества с иностранными гражданами. Таким направлением является научный туризм, сочетающий учебную и культурно-познавательную программы. Например, в последние годы университет посетили делегации из Китая, которые выбрали наш вуз учебной базой по лесному направлению. Краткосрочные курсы по подготовке кадров для эффективного

Количество иностранных граждан, обучавшихся в МГУЛ

Годы	Страны дальнего зарубежья	Страны СНГ
2003	55	41
2004	85	23
2005	130	
2006	144	
2007	167	
2008 (плановый показатель)	200	

ведения лесного хозяйства Китая проводились по темам «Рациональное использование лесных ресурсов и восстановление окружающей среды», «Защита и долгосрочное использование лесных ресурсов». Аналогичные программы были разработаны и реализованы для делегаций из Канады, Финляндии.

Представители МГУЛ приняли участие в заседании Совета предпринимателей при Правительстве Москвы с целью вхождения в программу создания «Международной ассоциации экологического и оздоровительного туризма». Мероприятия по экологическому туризму предполагается проводить на базе Щелковского учебно-опытного лесхоза.

В последнее время наблюдается положительная динамика показателей международного сотрудничества. В частности, по всем формам обучения для иностранных граждан (довузовское обучение, студенты, аспиранты, стажеры, курсы подготовки кадров для лесной отрасли) в МГУЛ обучалось от 96 человек в 2003 г. до 162 – в 2007 г. Планируется дальнейшее увеличение этого показателя, namely положительная динамика (табл. 2).

Значительно расширилась география обучающихся в МГУЛ иностранных граждан. Если три-четыре года назад это были граждане двух стран, то в настоящее время – 27 стран: Бразилии, Таиланда, Турции, Германии, Австрии, Китая, Вьетнама, Ирана, Анголы, Бразилии, Египта, Индии, Нигерии, Южной Кореи, Франции, Канады. Среди вузов лесного профиля показатель количества иностранных граждан в МГУЛ имеет наибольшую абсолютную величину.

Довузовская подготовка. Закладывает основы эффективного обучения в вузе, социальной адаптации иностранцев к российским условиям, поэтому важна работа по организации и улучшению учебного процесса довузовской подготовки иностранных граждан.

Все учащиеся этого уровня, как правило, успешно завершают обучение и получают соответствующие сертификаты. При этом выпускники учатся не только в нашем вузе, но и в МГУ, МЭИ, МГСУ. В ближайшее время необходимо войти в группу лицензированных отделений для иностранцев ведущих московских вузов.

Развивается еще одно направление работы центра довузовской подготовки – обучение иностранных граждан, желающих изучать русский язык. Заключен договор с туристической компанией «Суэц Ченнел Трэвел» об изучении русского языка будущими туристическими гидами. Ежегодно в рамках этого договора университет принимает на обучение группу слушателей-египтян в количестве 10–15 человек.

Иностранные студенты учатся практически на всех факультетах университета. По мере развития довузовского уровня предполагается естественное увеличение контингента иностранных студентов. Например, после визита министра образования и науки Российской Федерации А.А. Фурсенко в Казахстан и соответствующих договоренностей в вузе должна появиться группа стипендиатов Президента Казахстана. Ожидаются результаты от участия нашего вуза в консорциуме «Московские вузы в Монголии» при Улан-Баторском университете. Заключен договор с университетом Лаваль (Канада), разработана и реализована программа учебной практики группы канадских студентов в МГУЛ в 2006 г. В августе того же года в лагере «Камшиловка» проходила учебно-производственную практику группа студентов лесного факультета университета г. Хельсинки (Финляндия). Усиливается интерес к реализации кратковременных (до семестра) программ у иностранных граждан из Франции, Финляндии.

Уровень послевузовского образования представлен в основном гражданами Ирана и Китая. Их в вузе немного. Как правило, все иностранные аспиранты защищают диссертации в срок. За последние годы защитили

порядка десяти диссертационных работ граждан Ирана.

Уровень дополнительного профессионального образования, т.е. повышение квалификации, стажировка иностранных граждан, не всегда представлен значительным количеством слушателей. Показатели результативности этой работы меняются год от года. Если в 2002 г. проходили кратковременную стажировку две группы из Китая в составе 40 человек, то в 2004/2005 г. стажировку проходил профессор Геттингенского университета Макс Кротт, на базе МГУЛ в 2005/2006 г. завершал докторскую работу заведующий лабораторией лесоводства Сеульского национального университета Хо Сан Кан. Периодически проходят стажировку преподаватели из китайских лесных университетов.

Формы организационно-методической деятельности разные:

- участие в работе «Международной комиссии по признанию и эквивалентности учебных курсов, документов об образовании и ученых степеней» при Международном координационном совете выпускников учебных заведений «Инкорвуз-XXI» по выдаче сертификатов на русском и английском языках;

- постоянная связь с Центром международного научного и культурного сотрудничества при Министерстве иностранных дел РФ, посольствами и обществами дружбы зарубежных стран, Ассоциацией иностранных студентов в России;

- система социальной адаптации иностранных учащихся, воспитательная работа, в которой иностранные учащиеся принимают активное участие.

МГУЛ проводит информационно-консультационную работу, уделяя внимание

развитию информационной базы для обеспечения международного сотрудничества в различных областях науки и образования:

- на сайте МГУЛ открыты соответствующие страницы, создана и постоянно обновляется рубрика «Международные связи. Новости»;

- в газете «Вестник Московского государственного университета леса» и научно-информационном журнале «Лесной вестник» регулярно печатаются информационно-аналитические материалы;

- издан англоязычный проспект «Moscow State Forest University», разработаны и изготовлены различные варианты рекламных материалов о МГУЛ на русском, английском, испанском, монгольском, китайском, вьетнамском языках;

- создан и постоянно обновляется Интернет-сайт «IUFRO in RUSSIA» (<http://www.iufro.ru>); который содержит всю необходимую информацию для организаций, желающих вступить в члены IUFRO;

- англоязычная информация рекламного характера с иллюстративным материалом размещена на сайтах Международного союза лесных исследовательских организаций в Австрии (<http://iufro.boku.ac.at>), Европейского лесного института в Финляндии (<http://www.efi.fi>), на российском образовательном портале <http://www.almamater.edu.ru>;

- англоязычная информация в российском сегменте Глобальной лесной информационной службы (<http://www.gfis.net>) GFIS-Russia <http://www.gfis.ru>;

Среди вузов лесного профиля МГУЛ имеет максимальные показатели результативности международной работы. Это подтверждает наш достаточно высокий рейтинговый уровень в системе высшего образования.

РОССИЙСКИЕ БАДМИНТОНИСТЫ НА XXIV ЛЕТНЕЙ УНИВЕРСИАДЕ В БАНГКОКЕ

В.С. БРУСОВАНКИН, *доц. каф. физвоспитания и спорта МГУЛ*

Универсиада в Таиланде была уникальна и значима. Это объясняется рядом обстоятельств. По масштабности Универ-

сиада уступает только Олимпийским играм (20 видов спорта, более 5 тысяч участников, свыше 120 команд). Несмотря на то, что Лет-

няя Универсиада проводится в 24 раз, бадминтон был включен в программу впервые. Соревнования по бадминтону проводились по новым правилам, призванным повысить динамику игры и улучшить зрелищную привлекательность.

Национальная федерация бадминтона России утвердила план подготовки к соревнованиям, разработанный автором, и список из 22 кандидатов на 12 мест (6 мужчин и 6 женщин) для поездки в Бангкок, куда были включены лучшие студенты-бадминтонисты из Москвы, Владивостока, Саратова, Нижнего Новгорода, Ленинградской области и Челябинска. Основу команды составили студенты МГУЛ, Дальневосточного государственного технического университета и Уральского университета физической культуры.

Российский студенческий спортивный союз решил все организационные вопросы, связанные с оформлением заявок и сертификатов, экипировкой, перелетом в Бангкок, аккредитацией, проживанием и медицинским обеспечением в Таиланде.

Совместным решением Российского студенческого спортивного союза и Национальной федерации бадминтона России был утвержден тренерский штаб сборной с руководителем В.С. Брусованкиным и тренерами, преподавателями университетов Т.М. Мигалкиной и С.Н. Баевым.

Сборная России была сформирована по спортивному принципу. Поставленная цель – достижение максимального возможного результата. Критерии отбора: результаты участия в соревнованиях, спортивная форма кандидата, перспективы участия в Универсиаде. Окончательный состав команды был оптимальным.

Универсиада стала грандиозным культурно-спортивным праздником студенческой молодежи. Круглосуточно функционировал культурный центр. При удовлетворительной в целом организации соревнований необходимо отметить существенные недостатки. Добраться от места проживания до спортивного зала можно было либо пешком (около 20 минут), либо с пересадкой на двух видах

транспорта, что при сорокаградусной жаре достаточно утомительно.

Единственно логичным критерием для расстановки команд могли быть результаты командных соревнований студенческого чемпионата мира 2006 г., где первой была команда Китая, а второй – России. Но такой расклад не устраивал главного судью из Таиланда, и он посчитал критерием суммарный рейтинг участников команды. Нашей команде, посеянной пятой, чтобы получить медаль, необходимо было выиграть в группе у достаточно сильных команд Болгарии и Японии, а затем победить команду Тайпея. Таиланду нужно было выиграть у слабых команд Франции и Южной Африки. Наши возражения по поводу подобной расстановки были проигнорированы главным судьей, а попытка связаться с представителем Международной федерации по бадминтону была заблокирована организаторами.

Судейство встреч с участием тайландских игроков было, мягко говоря, необъективным. Аут судился в одну сторону, удары тайских игроков с размаха по сетке не замечались, снос волана в нужную сторону регулировался системой кондиционирования.

В целом российская команда выглядела достаточно убедительно по сравнению с европейцами, но заметно уступала командам Китая и Кореи. Среди 16 сильнейших во всех разрядах, т. е. 80 единиц, было только 14 европейских. Из них 10 российских (1 мужская одиночка, 3 женских одиночки, по 2 мужских, женских и смешанных пар). В четвертьфиналах из 40 единиц было только 3 европейских, из них 2 женских пары из России.

Подводя итоги, следует отметить, что Универсиада сегодня не просто спортивный праздник, но и место столкновения различных околоспортивных интересов, бизнеса и политики.

Для достижения медальных результатов в бадминтоне на Универсиаде требуются максимальная мобилизация ресурсов и плотная работа с Международной федерацией по бадминтону для обеспечения объективной расстановки команд по прозрачным критериям, оговоренным в регламенте соревнований.

Бессчетнова Н.Н. СКОРОСТЬ СЕЗОННОГО РОСТА КСИЛЕМЫ В ГОДИЧНЫХ ПОБЕГАХ КЛОНОВ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ.

Установлена специфика ритмов развития ксилемы в годичных побегах плюсовых деревьев сосны обыкновенной при анализе их клонов, выращиваемых в однотипных условиях. Неоднородность проявилась по количеству образованных клеток и по скорости их формирования.

Besschetnova N.N. SPEED OF SEASONAL GROWTH OF THE XYLEM IN YEAR BRANCHES OF CLONES OF THE SELECTED BEST TREES OF A SCOTS PINE.

Specificity of rhythms of development of the xylem in year branches of the selected best trees of a Scots Pine is established at the analysis of their clones, growing in the same conditions. Heterogeneity was showed both by quantity of the educated cells, and on speed of their formation.

Гелес И.С., Коржова М.А. РЕСУРСЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОМ И НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.

Кратко рассмотрено значение рубок ухода в молодняках, у которых основные породы представлены сосной и березой. Приведены результаты получения технологической щепы из тонкомерной древесины от рубок прореживания для ЦБП. На основании опытно-промышленных выработок сульфатной и сульфитной целлюлоз, а также различного вида бумаг из них сделан вывод о целесообразности и необходимости использования указанного сырья в ЦБП.

Gueles I.S., Korzhova M.A. RESOURCES OF INTERMEDIATE FOREST UTILIZATION AND SOME OF THEIR POTENTIAL USES.

The role of thinning of young stands where the main species are pine and birch is briefly described. The results of producing pulpchips from small-diameter trees harvested during thinnings for the pulp-&-paper industry are reported. Drawing upon trial industrial outputs of sulphate and sulphite pulp, as well as different kinds of paper produced thereof, the conclusion was made about expediency and necessity of utilizing the raw material in the pulp-&-paper industry. It has been experimentally demonstrated and theoretical proven that sapwood pine yields whiter pulp and is better delignified than spruce.

Ахметова Г.В. СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОДАХ И ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЛАНДШАФТА ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ РАВНИН СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ.

Исследованы особенности содержания и пространственного распределения микроэлементов в почвообразующих породах и почвах одного из типов ландшафтов среднетаежной подзоны Карелии. Рассмотрена внутрипрофильная дифференциация микроэлементов в почвах различных типов. Выявлено, что концентрация микроэлементов как в породах, так и в почвах ниже кларковых значений.

Akhmetova G.V. TRACE ELEMENT CONTENT IN PARENT ROCKS AND FOREST SOILS OF LACUSTRINE GLACIAL LANDSCAPE OF KARELIAN MID-TAIGA.

Patterns of trace element content and its spatial distribution in parent rocks and soils were analyzed of Karelia's mid-taiga landscape. Differentiation of trace elements across the profile of soils of different types was considered. Concentration of trace elements in both parent rocks and soils were found to be below clarke values.

Габделхаков А.К., Чурагулова З.С. ОПЫТНЫЙ УЧАСТОК БАШКИРСКОЙ НИ ЛОС В ЕЛОВО-ЛИПОВОМ ДРЕВОСТОЕ.

Для елово-липового древостоя приведены изменения таксационных показателей в результате рубок переформирования. Материалы дополнены сведениями о почвенных исследованиях.

Gabdelkhakov A.K., Churagulova Z.S. EXPERIMENTAL PLOT OF THE «BASHKIR SCIENTIFIC RESEARCH FORESTRY EXPERIMENTAL STATION» IN SPRUCE-LIME STAND.

Change of taxation indices as the result of reforming cuttings are given for the spruce-lime stand. They are supplemented by with the information on the soil studies.

Петров В.И., Воронина В.П. ЛЕСОПАСТБИЩНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ЦЕНОЗОВ.

Рассматриваются особенности аридных лесопастбищных экосистем. Предлагается модель растительного ценоза, где предусматривается конструирование как всей системы в целом, так и отдельных ее элементов путем оптимизации структуры – мозаичности, ярусности, видового состава и др.

Petrov V.I., Voronina V.P. FOREST-PASTURE ECOSYSTEMS OF NORTH-WEST AREA OF THE CASPIAN SEA AND DESIGNING STEADY COENOSISES.

The features of arid forest-pasture ecosystems are considered. A model of vegetative, coenosis, where the designing of both all the system as a whole, and its separate elements is supposed by means of optimization of the structure – mosaic diversity, storiness, species structure etc, has been proposed.

Кибякова С.И., Белозеров И.Л. АНАЛИЗ ЛЕСОСЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА.

Статья посвящена исследованию состояния лесосырьевой базы Дальнего Востока и всех его территориальных образований. Выявлена также динамика лесного фонда. В целом она положительна, а прирост лесных площадей варьирует от 1,6 до 17,9 %. Полученные результаты могут в дальнейшем найти практическое применение при корректировке программы развития лесопромышленного комплекса дальневосточного региона.

Kibyakova S.I., Belozеров I.L. THE ANALYSIS WOOD-RAW MATERIALS BASE OF THE FAR EAST.

The article is dedicated to investigate the condition forester bases of the Russian Far East and all its territorial formations. The dynamics of the forest fund was uncovered also. It is positive in entire and increment of the forest areas is varying from 1.6 up to 17.9 %. The total results of these investigations can find in the future the practical application in updating the program of development of the Far East forest complex.

Кожурин С.И., Угрюмов С.А., Шапкина И.М., Кузнецова Н.С. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ В КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ.

Рассмотрен вопрос переработки низкокачественной древесины на примере лесосек Костромской области. Исследована перспектива производства эффективных и экологически чистых энергоносителей на основе древесного угля. Рассчитаны основные технико-экономические показатели участка углежжения.

Kojurin S.I., Ugryumov S.A., Chapkina I.M., Kuznetcova N.S. INCREASE OF EFFICIENCY OF USE OF RAW RESOURCES OF THE KOSTROMA REGION.

The question of processing of bad quality wood on an example of sites of preparation of a wood of the Kostroma region is considered. The prospect of manufacture of effective and ecologically pure materials for manufacture of energy is investigated on the basis of wood coal. The basic technical and economic parameters of a site of thermal processing of wood are designed.

Бажа С.Н., Гунин П.Д., Дробышев Ю.И., Екимова Н.В., Прищепа А.В. О РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОЦЕССОВ ОБЕЗЛЕСИВАНИЯ НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ МОНГОЛИИ.

Анализируются причины и механизмы деградации лесных сообществ на южной границе их произрастания в Монголии, рассматриваются сукцессионные процессы в экотонной зоне на границе леса и степи. Показано, что эта граница очень динамична, причем деятельность человека способствует остепнению земель, ранее бывших под лесом. На месте погибшего по тем или иным причинам леса формируются кустарниковые заросли, которые принимают характер климаксовых сообществ.

Bazha S.N., Gunin P.D., Drobyshev Yu.I., Ekimova N.V., Prischepa A.V. ON REGIONAL FEATURES OF THE DEFORESTATION PROCESS ALONG THE SOUTHERN BORDER OF CONIFEROUS FORESTS IN MONGOLIA.

In the article there analyzed causes and mechanisms of forest communities degradation and successional processes along their southern border in Mongolia. It is shown that this border is very dynamic and human

activity help steppes to occupy lands, which were under forest previously. On the place of forest died by any cause, bushes form and take character of climax communities.

Скрыпникова Е.Б. ОСОБЕННОСТИ ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ СИЗЫХ ГОЛУБЕЙ.

В работе рассмотрены особенности городских и сельских популяций сизых голубей.

Skrypnikova E.B. THE PECULIARITIES OF URBAN AND RURAL POPULATIONS OF THE ROCK-DOVE.

The peculiarities of urban and rural populations of the rock-dove have been considered.

Котов А.А., Гордейченко С.А., Казаков В.И. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАШИНЫ ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ СОРНЯКОВ В ПИТОМНИКАХ КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ.

Приведены результаты опытно-производственной проверки лесохозяйственной эффективности применения тракторного аппликатора гербицидов в посевном и школьном отделениях Сергиево-Посадского опытного лесхоза.

Kotov A.A., Gordejchenko S.A., Kazakov V.I. THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE MACHINE FOR EXTERMINATION OF WEEDS IN A NURSERY BY A CONTACT METHOD.

The results of trial-practical check of forest efficiency of tractor applicator herbicide use in the sowing and school departments of Sergiev Posad trial leschoz.

Журавлев Е.А., Волдаев М.Н. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОРЦЕВЫРАВНИВАНИЯ ПАКЕТОВ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ГРАВИТАЦИОННЫМИ ТОРЦЕВЫРАВНИВАТЕЛЯМИ.

Даны сведения о проводившихся ранее теоретических и экспериментальных исследованиях гравитационных торцевывравнивателей пакетов бревен. Приведена разработанная авторами математическая модель процесса торцевывравнивания в данных устройствах. Показаны результаты расчетов для изготовленной авторской модели гравитационного торцевывравнивателя и для классического гравитационного торцевывравнивателя с аналогичными имеющейся модели параметрами.

Zhuravlev E.A., Voldaev M.N. THEORETICAL RESEARCHING OF PROCESS SMOOTHING BUTTS OF LOG BUNDLES BY GRAVITATIONARY DEVICES.

In this paper theoretical and experimental researching of gravitationary devices for smoothing butts of log bundles made earlier are noted. Author's variant of mathematical model of process smoothing butts in gravitationary devices is given. Data of theoretical research of model device constructed by author and data for case of classic gravitationary devices with similar parameters are showed.

Панферов В.И., Голубев И.Г., Сиротов А.В., Шамарин Ю.А. ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ НАГНЕТАТЕЛЬНОГО КЛАПАНА ДИЗЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН.

В статье теоретически обосновано влияние жесткости пружины на работоспособность нагнетательного клапана. Авторами показаны зависимости основных показателей работы нагнетательного клапана, приведен анализ получения уравнения, по результатам которого сделаны соответствующие выводы.

Panferov V.I., Golubev I.G., Sirotov A.V., Shamarin Y.A. THE INFLUENCE OF SPRING STIFFNESS ON THE WORKING CAPACITY OF THE FOREST MACHINES INJECTION VALVE.

The article theoretically motivates the influence of spring stiffness on the working capacity of the forest machines injection valve. The authors show the interrelations between the main properties of the injection valve operation, give the analysis of getting the equation, by the results of which the corresponding conclusions are made.

Бурмистрова О.Н. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПАРАМЕТРАМ ШЕРОХОВАТОСТИ, СЦЕПНЫМ КАЧЕСТВАМ И РОВНОСТИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ.

В статье рассмотрены два способа нормирования значений коэффициента сцепления: статистический и расчетный. Доказано, что наиболее верным является нормирование сцепных качеств на основе экономико-математических методов с учетом условий безопасности движения.

Burmistrova O.N. ANALYSIS OF THE EXISTING REQUIREMENTS TO PARAMETERS OF ROUGHNESS, SLIDING QUALITY AND FLATNESS OF HIGHWAY COVERS.

Statistical and computational methods of normalising the sliding coefficient are presented in the article. It had been proved that the most reliable way of normalising the sliding coefficient means using economic-mathematical methods with respect to safety of highway traffic.

Сидоров С.А. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН.

Приведены и обоснованы методы расчета рабочих органов почвообрабатывающих машин на прочность. Учтены показатели прочности и выносливости (усталости) материалов. Обоснованы геометрические параметры различных типов рабочих органов почвообрабатывающих машин исходя из действующих нагрузок и характеристик прочности применяемых материалов.

Sidorov S.A. DESIGN PROCEDURE OF WORKING BODIES SOIL-CULTIVATING MACHINES.

Methods of calculation of working bodies of soil-cultivating machines on durability are given and proved. Parameters of durability and endurance (weariness) materials are taken into account (discounted) Materials. Geometrical parameters of various types of working bodies of soil-cultivating machines proceeding from working loadings and characteristics of durability of used materials are proved.

Казначеева Н.И. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКОВЫХ ПЛОТОВ.

Приведена аналитическая факторизация сложной гидродинамической связи силового взаимодействия пучковых плотов с маловязкой несжимаемой жидкостью. Установлено, что гидродинамическое совершенствование пространственной структуры плотов позволит существенно уменьшить энергетические затраты при плотовом лесосплаве.

Kaznacheeva N.I. PERFECTION OF STRUCTURAL PARAMETERS OF THE BUNCHES RAFTS.

Construction of the analytical factorisation of hydrodynamical pictures of force interaction bunches rafts with liquid. It is shown, that hydrodynamic perfection of space structures of the rafts in essential reduction of power expenses by transportation.

Серебрянский А.И. МЕТОДИКА И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ШАРНИРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛЕСНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ.

На основе предложенного алгоритма представлены результаты расчета средних и максимальных нагрузок в шарнирных соединениях лесозаготовительных машин. Сделаны выводы о необходимости повышения износостойкости шарнирных соединений и предложены некоторые пути его реализации.

Serebryanskiy A.I. THE TECHNIQUE AND SOME RESULTS OF DEFINITION OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF WORK JOINT OF CONNECTIONS OF WOOD MANIPULATORS.

On the basis of the offered algorithm results of calculation of average and maximal loadings in joint connections timber machines are presented. Are drawn conclusions on necessity of increase of wear resistance joint connections and some ways for its realization are offered.

Сердюков В.Н. ВЛИЯНИЕ БОКОВОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕНТОЧНОЙ ПИЛЫ.

Дана количественная оценка влияния боковой силы резания на устойчивость ленточной пилы.

Serdjukhov V.N. INFLUENCE OF SIDE FORCE CUTTING ON STABILITY OF BAND SAW.

The quantity evaluation how the side force cutting influences on the stability of band saw is given.

Куликова Н.В. ТРЕБОВАНИЯ К РАЗМЕРАМ И КАЧЕСТВУ СОВРЕМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ПОЛА ИЗ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЕЗЫ.

В статье изложены основные тенденции производства современных половых покрытий, их виды, материалы. Основной упор делается на производство напольных покрытий из древесины березы из-за недостаточного использования и доступности данного вида сырья, а также лучших физических свойств материала в производстве напольных покрытий по сравнению с древесиной хвойных пород. В данной работе описываются физические свойства березы, а также изложена история использования данного вида материала и история появления напольных покрытий.

Kulikova N.V. REQUIREMENTS BY THE SIZES AND QUALITY OF MODERN BIRCH FLOOR.

This article about basic tendencies of manufacture of modern wood floor, their kinds, and materials are stated. The main accent is done on manufacture of birch floor because of this raw material use insufficiently and it occupies large volume birch forest plantations. In this work, physical properties of birch, the history of use this material and history of beginnings of floor. Conditions of drying of the saw-timbers used for manufacture of floor are showed bellow. The purpose of these conditions is reduction of backlashes between rods is offered at operation of floor board at various humidity of air. Data about service life of each kind of a floor are presented.

Тулузаков Д.В., Лапшин Ю.Г., Свириденко М.Н., Архипов А.С. О НОРМИРОВАНИИ И КОНТРОЛЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ.

Рассмотрены вопросы нормирования и определения прочности древесно-стружечных плит. Показана возможность снижения прочности плит больших толщин и снижения затрат при технологическом контроле физико-механических характеристик.

Tuluzakov D.V., Lapshin U.G., Sviridenko M.N., Arhipov A.S. ABOUT STANDERTIZATION AND CHECKING TO TOUGHNESS PARTICLEBOARD.

Questions of normalization and definition of durability of wood-shaving plates are considered. The opportunity of decrease in durability of plates of greater thickness and decrease in expenses is shown at the technological control of physico-mechanical characteristics.

Васильев М.И. К ВОПРОСУ О НАСТРОЙКЕ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ.

Способ построения спектров, обеспечивающий настройку музыкальных инструментов в инфразвуковой, звуковой и ультразвуковой области частот звучания приведен в статье. Установлена взаимосвязь принципа золотого сечения в звуке с геометрией акустических элементов.

Vasilev M.I. TO A QUESTION ON ADJUSTMENT OF MUSICAL INSTRUMENTS.

The way of construction of the spectra, providing adjustment of musical instruments in infrasonic, sound and ultrasonic area of frequencies of sounding is resulted in clause. The interrelation of a principle of gold section in a sound with geometry of acoustic elements is established.

Свиридов Л.Т., Максименков А.И. ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПИЛЕНИИ НИЗКОКАЧЕСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫМ СТАНКОМ.

Предложена и обоснована новая конструкция энергосберегающего, высокоскоростного малогабаритного ленточнопильного станка для лесохозяйственных предприятий лесодефицитной лесостеп-

ной и степной зоны России, обеспечивающего повышение качества и увеличение делового выхода пиломатериала при пилении низкокачественной древесины.

Sviridov L.T., Maksimenkov A.I. ABOUT UTILIZATION OF NEW TECHNICAL DECISIONS AT THE SAWING OF THE LOW-QUALITY WOOD THE BAND MILL.

The new design protecting energy, a high-speed small-sized band mill for forestry enterprises with deficiency of a timber of a forest-steppe and steppe zone of Russia, providing improvement of quality and increase of a commercial yield of a sawn wood is offered and proved at a sawing of a low-quality wood.

Угрюмов С.А., Цветков В.Е. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ АДГЕЗИИ И СМАЧИВАНИЯ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ОСМОЛЕНИЯ КОСТРЫ.

Предложена модификация фенолформальдегидного олигомера бутанолом с целью повышения адгезионных свойств к костре льна и повышения качественных характеристик кстроплит на основе теории смачивания и термодинамической трактовки явлений адгезии. Представлены результаты определения краевых углов смачивания и поверхностного натяжения модифицированных клеевых составов, определено поверхностное натяжение костры льна.

Ugryumov S.A., Tsvetkov V.E. APPLICATION OF THE THEORY OF PASTING AND WETTING FOR UPDATING SYNTHETIC GLUE USED FOR FOR PASTING FIRES.

The updating of synthetic glue is offered with the purpose of increase of linkage to a fire flax and increase of the qualitative characteristics of the pressed plates on the basis of application of the theory of wetting of surfaces by liquids. The results of definition of regional corners of wetting are submitted and superficial tension modified glue, the superficial tension fires flax is determined.

Угрюмов С.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСХОДА ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО И РАСЧЕТНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТРОПЛИТ.

Представлены результаты математической обработки В-плана второго порядка по определению влияния на показатели качества кстроплит нормы расхода фенолформальдегидного связующего и расчетной плотности готовой плиты. Рекомендованы рациональные условия производства кстроплит.

Ugryumov S.A. DEFINITION OF THE RATIONAL CHARGE SYNTHETIC BINDING AND SETTLEMENT DENSITY PLATE ON A BASIS FIRES OF FLAX.

The results of mathematical processing of the B-plan of the second order by definition of influence on parameters of quality plate on a basis fires of flax of norm of the charge synthetic binding and settlement density of a ready plate are submitted. The rational conditions of manufacture slabs on a basis fires of flax are recommended.

Рубинштейн А.И. ОБ ОДНОМ СЛУЧАЕ ТОЧНОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ НОРМЫ ОПЕРАТОРА.

Точно вычисляется норма некоторых операторов.

Rubinstein A.I. ABOUT ONE CASE THE EXACT CALCULATION OF THE NORM OPERATOR.

The norm of certain operator is exact calculate.

Шачнев В.А., Шойко А.С., Шомова Е.Н. НЕЗАВИСИМОСТЬ СИСТЕМЫ АКСИОМ ЛОГИКИ СУЖДЕНИЙ.

Приведено доказательство независимости систем аксиом с двумя законами силлогизма, имплицативного и конъюнктивного, порождающими два правила силлогизма для общих и частных суждений соответственно.

Shachnev V.A., Shoyko A.S., Shomova E.N. INDEPENDENCE OF AXIOM SYSTEMS FOR LOGIC OF JUDGEMENTS.

On give a proof of independence of axiom systems with two syllogism law, implicative and conjunctive, resulting a syllogism modus according to general and partical judgements.

Нетыкшо В.Б. О НЕЙРОСЕТЕВОМ ПОДХОДЕ К РЕШЕНИЮ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ.

В статье рассматривается возможность применения нейросетевого подхода к решению систем линейных неравенств

Netyksho V.B. ABOUT NEURONET APPROACH FOR THE SOLUTION OF SYSTEMS OF LINEAR INEQUALITIES.

The article deals availability neuronet approach for the solution of systems of linear inequalities

Никонов В.Г., Ситников П.Н.. ГРАДИЕНТНЫЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ С k -ЗНАЧНЫМИ НЕИЗВЕСТНЫМИ.

Статья посвящена проблеме поиска решений систем линейных неравенств с k -значными переменными. Во многих прикладных задачах, сводящихся к решению систем линейных неравенств с булевыми неизвестными, хорошо зарекомендовал себя алгоритм направленного перебора Э. Балаша. Но в k -значном случае ($k > 2$) «базовый» алгоритм Балаша не столь эффективен, на его основе авторами разработан алгоритм, получивший название градиентного алгоритма решения систем линейных неравенств путем последовательного нахождения неизвестных, отличающийся от «базового» тем, что первоначально происходит выделение переменной, изменение которой приводит к наибольшему снижению невязки, а затем выбирается ее окончательное значение, оптимизирующее невязку.

Nikonov V.G., Sitnikov P.N.. GRADIENT ALGORITHM FOR SOLUTION SET OF LINEAR INEQUALITIES WITH k -VARIABLES.

This paper is about problem search solution set of linear inequalities with k -variables. Balas's Algorithm of directional search for solving linear inequalities with zero-one variables makes a good showing for many application. But if $k > 2$, then «classic» Balas's Algorithm is not so effective. Authors propose algorithm on basis of «classic» Balas's Algorithm, which is called «Gradient algorithm for solution set of linear inequalities with k -variables, using consistent arrive at an unknown quantities». The main difference between this algorithm and «classic» algorithm is that variable, which influence on discrepancy most of all, is found at first. After that, final value of variable, which optimize of discrepancy, is found.

Дорошенко В.А., Друк Л.В., Назаренко А.А. МЕТОД ВЫБОРА КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.

Предложен метод и математическое описание процесса выбора рациональных вариантов средств автоматизации на основе бинарных отношений между множествами, представленных в виде рабочих характеристик показателей эффективности.

Doroshenko V.A., Druk L.V., Nasarenko A.A. COMPUTER AUTOMATION MEANS FOR DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS AND THEIR METHOD OF CHOICE.

Here is given the method and mathematical description of the process of choice of rational variants of automation means on the basis of binary ratio between multitudes presented as working characteristics of exponents of effectiveness.

Орехов Д.И., Чепурнов А.С., Сабельников А.А. ПРОМЫШЛЕННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОСНОВЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ, ОБЪЕДИНЕННЫХ СЕТЬЮ CAN-bus.

Представлена распределенная система удаленного контроля больших промышленных установок. Система позволяет осуществлять сбор, хранение и анализ данных с детектирующих устройств,

датчиков и их визуализацию посредством динамических WEB-страниц. Аппаратная часть системы представляет собой набор контроллеров, преобразующих исходный сигнал в частоту и соединенных промышленной шиной CAN с протоколом верхнего уровня DeviceNet. Система была внедрена для контроля темновых шумов фотоэлектронных умножителей в нейтринном детекторе Bogexino (Италия).

Orekhov D.I., Cherpurnov A.S., Sabelnikov A.A. INDUSTRIAL DATA CONTROL AND ANALYSIS SYSTEM BASED ON DISTRIBUTED CONNECTED BY CAN BUS CONTROLLERS.

Distributed remote control system of big industrial facilities is presented. The system allows to realize the collecting, storage and the analysis of the data from detecting devices, sensors and their visualization by means dynamic WEB-pages. The hardware includes the set of controllers which convert detecting devices signals into frequency, that connected by industrial bus CAN with the top level DeviceNet protocol. The system is used for control Photomultiplier Tubes (PMT) dark noises in neutrino detector BOREXINO (Italy).

Борисов А.Е. КОМПЛЕКСНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ ПРОГРАММА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОВОРОТНОЙ ВИБРОЗАЩИТНОЙ ПЛАТФОРМЫ.

Автоматическая поворотная виброзащитная платформа (АПВП) является прецизионной следящей системой, предназначенной для обеспечения заданного стабильного углового положения гравитационно-чувствительных установок по отношению к изменяющемуся вектору квазистационарной составляющей микроускорения на борту КА с одновременной виброизоляцией данных установок от высоко- и среднечастотных бортовых динамических воздействий. Рассмотрена компоновочная схема АПВП, даны структурная схема комплексной имитационной программы функционирования платформы и описание интерфейса программы, приведены результаты моделирования.

Borisov A.E. THE COMPLEX IMITATING PROGRAM OF FUNCTIONING OF THE AUTOMATIC SLEWABLE VIBROPROTECTIVE PLATFORM.

The automatic slewable vibroprotective platform (ASVP) is the precision servosystem intended for maintenance of given stable angular position of gravity-sensitive installations in relation to a varying vector of a quasi-steady component of microacceleration onboard a spacecraft with simultaneous vibration isolation of the given installations from high and mid-frequency dynamic influences. Lay-out diagram of ASVP is considered, the structure chart of the complex imitating program of the platform functioning and the description of the program interface are given, results of modeling are shown.

Курзина В.М. Курзин П.А. МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ.

Рассматриваются вопросы применения при обучении математике методов, сочетающих традиционные формы с привлечением возможностей современных компьютерных средств

Kurzina V.M. Kurzin P.A. THE METHODS OF TEACHING MATHEMATICIAN WITH ATTRACTION OF SOFTWARE PROGRAMS.

Questions of application of the methods, that combining traditional forms with attraction of opportunities of modern computer instruments, at the mathematical training are considered

Брюквин А.В., Брюквина О.Ю. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ МЕЖДУ ПРОДОЛЬНОЙ И ПОПЕРЕЧНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ ГИБКОЙ ДЕФОРМИРУЕМОЙ НИТИ.

Проанализирован интеграл энергии для общего случая движения нити, напряжение в которой описывается произвольной функцией деформации. Найдено распределение энергии между продольным и поперечным движениями в двух задачах: задача движения нити при поперечном перемещении одной ее точки с постоянной скоростью и задача свободных движений нити, закрепленной на концах и имеющей в начальный момент симметричную треугольную форму.

Bryukvin A.V., Bryukvina O.U. THE DISTRIBUTION OF ENERGY TRANSVERSE AND LONGITUDINAL OF OSCILLATIONS IN FLEXIBLE STRINGS.

The integral of energy for the general case of movement of the string is analysed. The tension in a string is an arbitrary function of deformation. The distribution of energy between longitudinal and transverse

movements is found in the following two problems: the problem of transverse impact with constant speed on a string and the second problem is the case of free movement of a string with fixed ends, when the string has a symmetric triangular form at the initial moment.

Трегуб А.В., Трегуб И.В. МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТОХАСТИЧЕСКИХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ.

Среди методов прогнозирования, наиболее часто применяемых в экономической практике, можно отметить методы экспертных оценок, методы анализа и прогнозирования динамических рядов. Среди методов оценивания на практике успешно применяется теория игр, регрессионный анализ, имитационное моделирование и вероятностное прогнозирование. В данной статье представлено вероятностное прогнозирование объема продаж дополнительных услуг на рынке телекоммуникаций, осуществленное на основе эмпирических данных.

Tregub A.V., Tregub I. V. METHOD OF FORECASTING THE PERFORMANCE OF A ECONOMICAL STOCHASTIC SYSTEM.

There are many different methods for forecasting the performance of a economical stochastic system. In the midst of the evaluation technique a judgmental forecasts, analysis of dynamic series, the game theory, regression analysis, simulation and other are apply for predict behaviors system. Probabilistic model of scope of telecommunication services are described in this article.

Сергеев С.В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ШПОНА В ГАЗОВЫХ РОЛИКОВЫХ СУШИЛКАХ.

Проведены исследования газовой роликовой сушилки, наиболее распространенной в российском производстве фанеры, древесно-слоистых композитов, облицовке мебели. Изучены методы сушки и выявлены параметры, влияющие на этот процесс.

Используя современный математический аппарат планирования эксперимента, проведена практическая работа на действующем производственном оборудовании фанерного комбината. По результатам полученных данных разработаны математические модели, которые положены в основу многокритериальной энергосберегающей компьютерной системы управления сушкой шпона в газовых роликовых сушилках.

Sergeev S.V. MATHEMATICAL MODELLING OF VENEER SHEET DRYING PROCESS IN THE GAS ROLLER DRYERS.

We have explored the gas roller dryers as the most widely used for veneer sheet drying technology in Russian plywood, composite and furniture industry. It was studied methods of drying in dryers and parameters influencing on this process.

Using contemporary mathematical planning methodology, we carried out our own fieldwork on plywood producing plant. The resulting data used in developing of original mathematical models describing the drying process in gas roller dryers, which became the background of multicriterial energy-saving computerized system of drying process management.

Кожемяко Н.П. РОЛЬ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА В РАЗВИТИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ.

В статье дана оценка состояния лесного комплекса, роль ЛПК в развитии национальной экономики, проведен анализ производства, экспорта, импорта и внутреннего потребления продукции ЛПК. Выявлены проблемы развития и определены перспективы.

Kozhemyako N.P. THE STATION OF THE FORESTRY COMPLEX IN DEVELOPMENT OF THE NATIONAL ECONOMY.

This text is about now status of forestry complex and this potential on the development of the national economy. In the publication given analysis of forestry industry, export and imports and the inside demand of products of the forestry complex. The author given problems of development and presage of real perspective of development.

Трунов Е.С., Рассадина М.Н. МЕХАНИЗМ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ДЕРЕВЯННОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ.

Статья содержит результаты исследований по проблеме привлечения инвестиций к деревянному домостроению. Анализируя существующую ситуацию в промышленности и перспективах ее развития, рассматривается возможность нового типа финансирования – предоставления залога населением для приобретения домов. В механизм привлечения инвестиций в деревянное домостроение вовлечены государство, население, финансовые и кредитные учреждения.

Trunov E.S., Rassadina M.N. THE MECHANISM OF ATTRACTING INVESTMENTS TO THE WOOD HOUSE-BUILDING.

The article contains the results of investigations on the problem of attracting investments to the wood house-building. Analyzing the present situation in this industry and prospects of its development the possibility of new type of funding, i.e. mortgage lending, is suggested for wood houses acquisition by the population. The mechanism of attracting investments to the wood house-building involves the state, population, financial and credit institutions in the process by using forwarding funding and different types of subsidies.

Афони́на С.А., Берестов В.Л. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ.

В статье обозначена необходимость оценки устойчивости функционирования промышленных предприятий, определены составляющие компоненты, предложен алгоритм анализа и оценки. Кроме того, выполнена оценка экономической устойчивости деревообрабатывающих предприятий Брянской области.

Afonina S.A., Berestov V.L. THE ANALYSIS AND ESTIMATION OF ECONOMIC STABILITY AND FUNCTIONS OF WOOD-WORKING ENTERPRISES OF BRYANSK REGION.

The necessity of the appreciation of the industrial enterprises stability is marked in this article. The composite parts are determined and the algorithms of its analysis appreciation are done. Besides the estimation of efficiency of wood-working enterprises of Bryansk region is done.

Булдаков Ф.В., Медведев Н.А. ВОПРОСЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ.

В мире назревает энергетический кризис, связанный с экологическими последствиями человеческой деятельности. В статье рассматривается необходимость государственной поддержки биоэнергетических проектов.

Buldakov F.V., Medvedev N.A. QUESTIONS OF THE STATE SUPPORT OF BIOWATER PROJECTS.

In the world becomes ripe an energy crisis connected with ecological consequences of human activity. In clause necessity of the state support of biowater projects is considered.

Колотовкин А.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВОКУПНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ, ФОРМИРУЮЩИХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ.

В статье рассматривается совокупность элементов, формирующих организационно-экономический механизм обеспечения конкурентной позиции предприятия текстильной промышленности за счет реализации ряда рекомендуемых направлений и мероприятий

Kolotovkin A.V. DETERMINATION TO COLLECTIONS ELEMENT FORMING ORGANIZING-ECONOMIC MECHANISM OF THE PROVISION TO COMPETITIVENESS ENTERPRISE.

In clause set of the elements forming the organizational-economic mechanism of maintenance of a competitive position of the enterprise of the textile industry, due to realization of some recommended directions and actions is considered.

Рыжкова Т.В., Кравченко П.Е., Давыдова О.А. ЛИЗИНГ КАК ИСТОЧНИК ИНВЕСТИЦИЙ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ.

В статье исследуется опыт и проблемы развития лизинга в России, а также оценивается необходимость и возможность использования предприятиями лесопромышленного комплекса лизинга в качестве инструмента обновления основных фондов.

Ryzhkova T.V., Kravchenko P.E., Davidova O.A. LEASING AS the SOURCE of INVESTMENTS FOR ENTERPRISES.

In article investigate experience and problems of development of leasing in Russia, estimate necessity and possibility of use by enterprises of the forest products industry of leasing as the tool of updating of the basic funds.

Майорова Е.И., Смирнова М.А. ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРАВОВОГО РЕЖИМА ЛЕСНЫХ ДОРОГ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.

Настоящая статья посвящена проблеме классификации лесных дорог. В ней рассмотрена типология лесных дорог в терминологии лесопромышленного комплекса, а также предложено юридически обоснованное деление лесных дорог на виды согласно их назначению.

Mayorova E.I., Smirnova M.A. THE PROBLEMS OF THE DETERMINATION OF THE LAWFUL REGIME OF FOREST ROADS IN THE LEGISLATION OF THE RUSSIAN FEDERATION.

Present article is dedicated to the problem of the classification of forest roads. In it the typology of forest roads in the terminology of lumber-industry complex is examined, and the legally substantiated division of forest roads into the forms according to their designation and usage time is also proposed.

Шалаев В.С. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВУЗОВ ЛЕСНОГО ПРОФИЛЯ.

Рассматриваются проблемы развития экспортного потенциала вузов лесного профиля. Приводятся количественные показатели, характеризующие обучение иностранных граждан в России, в том числе в 10 вузах лесного профиля.

Shalaev V.S. PROBLEMS OF OF DEVELOPMENT OF EXPORT POTENTIAL OF HIGH SCHOOLS WITH FOREST PROFILE.

Problems of development of an export potential of high schools with forest profile are considered. The quantity indicators describing training of foreign citizens in Russia, including in 10 universities of forest profile are resulted.

Шалаев В.С., Никитин В.В. НАПРАВЛЕНИЯ, ФОРМЫ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В МОСКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ЛЕСА.

В статье приведены наиболее развитые направления и формы международного сотрудничества в Московском государственном университете леса, основные результаты, достигнутые коллективом университета в последние годы.

Shalaev V.S., Nikitin V.V. DIRECTIONS, FORMS AND RESULTS OF MOSCOW STATE FOREST UNIVERSITY INTERNATIONAL COOPERATION.

The article contains the description of most developed directions and forms of international cooperation in Moscow State Forest University as well as basic results in this field for last years.