

Вестник Московского
государственного
университета леса

Лесной вестник

ISSN 1727-3749

2008 № 4 (61)

- *Роль лиственницы Сукачева в условиях промышленного загрязнения*
- *Изменение лесорастительной среды при механизированных лесозаготовках*
- *Результаты экспериментальных исследований продолжительности погрузки и выгрузки лесоматериалов навесными гидроманипуляторами*
- *Термическая утилизация отходов предприятий деревообрабатывающей отрасли*
- *Способ раскроя хлыстов, пораженных сердцевинной гнилью*
- *Развитие корпоративного подхода к управлению лесами и лесным хозяйством*
- *Волоконно-оптический датчик напряженности электрического поля*
- *База калибровочных данных для изучения характеристик электромагнитной проводимости растительного покрова*
- *Мониторинг компетентности обучающихся с использованием лингвистических переменных*



Содержание

Лесное хозяйство

Гиниятуллин Р.Х.	<i>Роль лиственницы Сукачева в условиях промышленного загрязнения</i>	4
Прокошева К.Ю., Итешина Н.М.	<i>Эколого-лесоводственная оценка природного парка «Усть-Бельск» Удмуртской Республики</i>	9
Хисамов Р.Р., Зарипов И.А., Кулагин А.А.	<i>Повышение экологической эффективности ползащитных лесных полос на посевах сельскохозяйственных культур Башкортостана</i>	13
Мошкина Е.В.	<i>Содержание свободных аминокислот в почвах хвойных лесов Карелии</i>	17
Максименко М.Ф.	<i>Использование ассортимента цветочных растений в русских регулярных парках</i>	22

Лесонинженерное дело

Тимохин А.Ю.	<i>Изменение лесорастительной среды при механизированных лесозаготовках</i>	26
Пискунов М.А.	<i>Моделирование распределения проходов трелевочных тракторов по волокам при использовании различных систем машин на лесосечных работах</i>	28
Котов А.А.	<i>Обоснование технологической схемы машины для ухода за лесными культурами контактным способом</i>	35
Котов А.А.	<i>Исследование потерь жидкости при питании рабочего органа машины для химического ухода за лесными культурами</i>	38
Слинченков А.Н., Редькин А.К.	<i>Разработка методики оценки объемов лесосечных отходов, образующихся после работы многооперационных машин</i>	40
Смирнов М.Ю., Бакулина И.Р.	<i>Результаты экспериментальных исследований продолжительности погрузки и выгрузки лесоматериалов навесными гидроманипуляторами</i>	43
Якимович С.Б., Тетерина М.А.	<i>Экспериментальная оценка синхронизации обрабатывающе-транспортной системы «Харвестер – Форвадер»</i>	48
Назаренко А.С., Дац Ф.А.	<i>Анализ влияния системы «человек–машина–среда» на надежность техники «Джон Дир» в условиях Вологодской области</i>	51
Прохоров В.Ю., Михалин П.А.	<i>Ремонт турбокомпрессоров машин лесного комплекса при использовании альтернативных материалов</i>	54
Прохоров В.Ю., Родионов А.И.	<i>Углерод-углеродный композиционный материал для подвижных соединений машин лесного комплекса</i>	57
Бурмистрова О.Н.	<i>Анализ метрологического обеспечения измерений параметров при ремонтах и содержании автомобильных дорог Республики Коми</i>	64
Казначеева Н.И.	<i>Повышение эффективности транспорта лесоматериалов в плотях</i>	67
Нахаев З.Н., Сушков А.С.	<i>Выбор кратчайших сетевых расстояний перевозок лесоматериалов по лесовозным автодорогам</i>	69

Деревообработка

Грачев А.Н., Сафин Р.Г., Валеев И.А., Кайнов П.А., Башкиров В.Н.	<i>Термическая утилизация отходов предприятий деревообрабатывающей отрасли</i>	71
Бунаков П.Ю., Стариков А.В., Бакулин И.А., Старикова А.А., Харин В.Н.	<i>Многоаспектное представление проекта в концепции безошибочного проектирования и производства корпусной мебели</i>	76
Торопов А.С., Микрюкова Е.В.	<i>Способ раскря хлыстов, пораженных сердцевинной гнилью</i>	85
Титунин А.А., Каравайков В.М.	<i>Потенциал лесопромышленного комплекса Костромской области и задачи повышения эффективности деревообрабатывающей промышленности</i>	89
Рябков В.М.	<i>Модели принятия решений при автоматизированном проектировании и производстве древесных плит</i>	95

Химические технологии

Азаров В.И., Кононов Г.Н., Берсенева Е.С.	<i>Факторы, влияющие на качество бумажных облицовочных материалов, и методы их регулирования</i>	101
---	--	-----

Сидоров В.И., Котенева И.В.	<i>Исследование характера реакций между фосфор- и кремнийорганическими соединениями при последовательном модифицировании древесины</i>	104
Угрюмов С.А., Цветков В.Е.	<i>Исследование модификации фенолформальдегидного олигомера поливинилацетатной дисперсией применительно к производству костроплит</i>	107
Экономика		
Кибякова С.И., Белозеров И.Л.	<i>Анализ рынка лесной продукции в странах Азиатско-Тихоокеанского региона</i>	110
Клейнхоф И.А.	<i>Развитие корпоративного подхода к управлению лесами и лесным хозяйством</i>	112
Алексеев И.А.	<i>Потребительский спрос и емкость рынка малых архитектурных форм (МАФ)</i>	118
Аляутдинов М.Р.	<i>Внедрение экспертной системы по оперативному управлению производством на малых и средних мебельных предприятиях</i>	121
Кожемяко Н.П.	<i>Состояние развития и концентрация производства целлюлозно-бумажной промышленности Российской Федерации</i>	124
Математическое моделирование		
Бурков В.Д., Мамедов А.М., Потапов В.Т., Потапов Т.В., Удалов М.Е.	<i>Волоконно-оптический датчик напряженности электрического поля</i>	130
Замятин А.А., Иванов Г.А., Маковецкий А.А.	<i>Кварц-полимерные оптические волокна для медицины</i>	133
Чернышов А.В.	<i>Проблемы создания системы анализа отказов рабочего места контроля бортовой телеметрической аппаратуры</i>	136
Чернышов А.В.	<i>Система программирования и кроссировки рабочего места контроля бортовой телеметрической аппаратуры</i>	139
Маклаков С.М.	<i>База калибровочных данных для изучения характеристик электромагнитной проводимости растительного покрова</i>	142
Зубов А.Ю.	<i>Может ли комбинация активных атак привести к большему ущербу для системы защиты информации, чем каждая из атак в отдельности?</i>	144
Ситников П.Н.	<i>О выборе невязки в генетическом алгоритме решения систем линейных неравенств с булевыми неизвестными</i>	149
Трегуб И.В., Трегуб А.В.	<i>Математические и компьютерные модели ценообразования на конкурентном рынке</i>	152
Комаров Е.Г., Полещук О.М.	<i>Мониторинг компетентности обучающихся с использованием лингвистических переменных</i>	160
Домрачев В.Г., Полещук О.М., Комаров Е.Г., Артемьев И.И.	<i>Об определении рейтинговых оценок компетенции обучающихся</i>	164
Вилисов В.Я.	<i>Позиция лица, принимающего решения, и ее роль в системе управления предприятием</i>	169
Вилисов В.Я.	<i>Адаптивный подход к управлению запасами дефицитных материалов для производства</i>	174
Царев А.Г.	<i>Выбор подхода к фильтрации информации для системы персонализации интернет-магазина</i>	178
Антошина М.В., Антошина И.В.	<i>Разработка лингвистических шкал на основе классификации характеристик качества для инженерных графических редакторов</i>	180
Афанасьева В.В.	<i>Математическое моделирование смешанной конвекции на основе вихревого подхода</i>	182

РОЛЬ ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЕВА В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Р.Х. ГИНИЯТУЛЛИН, *ст. науч. сотр. Института биологии УНЦ РАН, канд. биол. наук*

Лесные насаждения поглощают металлы из воздуха, вовлекая тем самым техногенные загрязнения на другой качественный уровень, но, разумеется, не устраняя при этом их опасности.

Надземные органы растений весьма активно реагируют на повышение концентрации химических элементов в почве, увеличивая их содержание в тканях и накапливая выше уровня, необходимого для обеспечения нормального роста и развития растений.

Лиственница Сукачева (*Larix Sukaczewii* Dyl.) – быстрорастущая порода из хвойных лесообразователей Урала обладает таким ценным свойством, как способность к восстановлению фотосинтетического аппарата при различного рода повреждениях [1].

По данным лесоустройства 2006 г., в составе лесных насаждений в пределах Стерлитамакского лесхоза насаждения лиственницы Сукачева составляли 317 га. Исследования проводились в лиственничных древостоях, расположенных на различном удалении от предприятий города Стерлитамака, а также в зоне условного контроля, который находится 30–35 км от источника загрязнения.

В данной работе приводятся сведения об относительном жизненном состоянии лиственничников, а также материалы по консервации металлов лиственницы Сукачева в условиях промышленного загрязнения и в зоне условного контроля.

При исследовании насаждения для каждого экземпляра лиственницы Сукачева ПП оценивались густота кроны, наличие на стволе мертвых сучьев, степень поражения хвои (хлорозы, некрозы и другие повреждения древостоев атмосферными загрязнениями).

Для определения стадии дигрессии насаждения и степени влияния на него антропогенных и техногенных факторов важно знать его жизненное состояние. В связи с этим нами проведены исследования относительного жизненного состояния (ОЖС) культуры лиственницы Сукачева в условиях СПЦ. За основу исследования была принята методика В.А. Алексеева (1990). Относительное жизненное состояние всего насаждения определялось по формуле

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

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

N_1 – количество здоровых деревьев, шт.;

N_2 – количество ослабленных деревьев, шт.;

N_3 – количество сильно ослабленных деревьев, шт.;

N_4 – количество сухих деревьев, шт.;

N – общее количество деревьев, шт.;

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

Т а б л и ц а 1

Характеристика ОЖС насаждения лиственницы Сукачева в санитарно-защитной зоне Стерлитамакского промышленного центра и в зоне условного контроля.

Год закладки	Средние показатели			Деревья в насаждениях, шт.				Ln %	Категория жизненного состояния
	всего п/п	Д ср., см	Н ср., М	здоровые	ослабленные	сильно-ослабленные	сухие		
СПЦ 1963	70	20	16	15	40	7	8	66	ослабленное
В зоне условного контроля 1963	70	22	20	53	14	3	0	91,5	здоровое

При показателе относительного жизненного состояния 100–80 % насаждение характеризуется как здоровое, при 79–50 % – ослабленное, при 49–70 % – сильно ослабленное, при 19 % и ниже – полностью разрушенное [5]. В целом жизненное состояние исследованного насаждения лиственницы Сукачева в Стерлитамакском промышленном центре оценено как ослабленное, а в зоне условного контроля – здоровое (табл. 1).

При обследовании насаждения были обнаружены признаки повреждения хвои лиственницы Сукачева в виде хлорозов и некрозов. В условиях загрязнения у некоторых деревьев идет отмирание ветвей в верхней части кроны, где наиболее активно движение воздушных масс. В зоне условного контроля отмирание ветвей в верхней части кроны не обнаружено. Изучение содержания металлов в хвое и побегах лиственницы в условиях промышленного загрязнения и в зоне условного контроля показало ряд особенностей. Данные по содержанию металлов в различных частях кроны (в хвое и побегах лиственницы Сукачева) представлены в табл. 3. Содержание металлов в образцах, взятых из различных частей кроны, неодинаково. Среднее содержание Mn в хвое верхней, средней, нижней части кроны лиственницы в условиях загрязнения до середины вегетации возрастает, а затем происходит снижение. Такая же картина наблюдается в побегах I–II–III года в верхней, средней, нижней части кроны лиственницы Сукачева. Наиболее высокие концентрации марганца установлены в условиях загрязнения и в зоне условного контроля в июле. Несмотря на снижение содержания Mn перед листопадом, в условиях промышленного загрязнения и в зоне условного контроля содержание Mn в осенней хвое намного выше, чем в молодых. В условиях промышленного загрязнения в июле среднее содержание Mn в хвое верхней, средней, нижней части кроны составляет соответственно 49 мг/кг и 59 мг/кг. Содержание марганца в хвое в августе колеблется в пределах от 20 до 50 мг/кг. В зоне условного контроля и условиях промышленного загрязнения для лиственницы Сукачева характерно постепенное

снижение содержания марганца от середины к концу вегетации.

Такой ход сезонной динамики Mn в хвое объясняется в основном следующими процессами. Весной происходит приток элементов к растущим органам, в это время их содержание в хвое, побегах увеличивается, а, видимо, в других органах растений уменьшается. Уменьшение содержания Mn в хвое в конце вегетации связано с известным явлением перехода питательных веществ и минеральных соединений из стареющей хвои в ветви.

Содержание Mn в почвах в условиях Стерлитамакского промышленного центра и в зоне условного контроля сильно отличается. Среднее содержание марганца в 8,3 раза выше, чем в зоне условного контроля (табл. 4). Среднее содержание марганца в почвах в условиях загрязнения составляет 1400 мг/кг, а в зоне условного контроля – 167 мг/кг. В условиях промышленного загрязнения содержание Mn значительно превосходит содержание в почве в зоне условного контроля.

Исследованное количество Mn и распределение по глубине почвенного профиля в условиях промышленного загрязнения показывает, что наибольшее его количество в зоне условного контроля. В горизонтах A_1A_1 содержание Mn обычно в несколько раз выше, чем в горизонтах A–B.

Закономерности изменения содержания в хвое Fe в зоне условного контроля практически полностью повторяют закономерности поведения Mn. Наиболее высокие концентрации железа установлены в июле в период стабилизации площади листовой фотосинтезирующей поверхности. Несмотря на снижение количество содержания Fe в конце августа, концентрация Fe в августе намного выше, чем в июле. В условиях загрязнения в течение вегетационного периода количество содержания Fe в хвое лиственницы Сукачева повышается.

Максимальное накопление Fe происходит в августе. Содержание больше в 33 раза, чем в зоне условного контроля. Характер накопления Fe в течение вегетации в побегах I–II–III года в условиях загрязнения практически полностью повторяет особен-

ности поведения накопления Fe в хвое. Тенденция к увеличению Fe сохраняется в течение вегетации.

Несколько иные закономерности в накоплении Fe получены при анализе железа в побегах I–II–III года верхней, средней, нижней части кроны лиственницы Сукачева в зоне условного контроля. Содержание Fe в побегах I–II–III года в период наблюдений отвечало почти постоянному значению, проявляя лишь слабую тенденцию к увеличению (табл. 3). Сравнение данных по сезонной динамике Fe в хвое лиственницы Сукачева в условиях промышленного загрязнения осложнялось тем, что содержание железа в течение вегетации намного выше, чем в зоне условного контроля. Различия между контролем и техногенными условиями проявляются в течение всего вегетационного периода.

Данные табл. 4, 5 показывают, что Fe в почвах на глубине 6–25 см в условиях промышленного загрязнения и в зоне условного контроля активнее вовлекается в биологический круговорот. Наибольшее содержание отмечается в подстилках. В горизонтах A_1 (в условиях промышленного загрязнения) и A_1 (в зоне условного контроля) есть накопление Fe. Среднее содержание Fe в подстилке в условиях промышленного загрязнения составляет 28300 мг/кг, а в горизонте A_1 составляет 22200 мг/кг. В зоне условного контроля среднее содержание железа в подстилке составляет 560 мг/кг, а в почве на глубине 6–20 см составляет 240 мг/кг. Следует отметить характерную особенность накопления железа в условиях промышленного загрязнения: содержание Fe в подстилке в 50 раз выше, чем в зоне условного контроля.

Cu является одним из важнейших микроэлементов для развития растений. Медь, которая для растений является существенно важным элементом, в высоких концентрациях может оказывать токсическое действие, которое вдвое выше, чем у цинка. Содержание в почве Cu на уровне 6–15 мг/кг считается недостаточным, 15–60 мг/кг – нормальным и более 60 мг/кг – избыточным. Избыток Cu в почве ведет к развитию хлороза у растений [5]. При недостатке меди на кончиках листьев исчезает хлорофилл, они белеют, засыхают и свертываются, а злаковые культуры

не выколашиваются. Медь повышает устойчивость растений неблагоприятным условиям среды и болезням [4].

В течение вегетации содержание Cu в хвое и побегах I–II–III года лиственницы Сукачева в условиях промышленного загрязнения заметно отличается от контрольных показателей. Сезонная динамика содержания Cu в хвое лиственницы в условиях промышленного загрязнения отличается увеличением концентрации от весны к осени, а в контрольных участках такой закономерности не проявляется. В зоне условного контроля в хвое концентрация Cu в середине и в конце вегетации практически одинакова. В условиях загрязнения содержание в хвое Cu увеличивается в течение всего вегетационного периода. Концентрация Cu перед листопадом в 1,6–2 раза выше, чем в начале вегетации, в 4–5 раз выше, чем в зоне условного контроля.

Также следует отметить, что в условиях промышленного загрязнения и в зоне условного контроля концентрация Cu в хвое больше в нижней части кроны. Различия в содержании Cu в побегах I–II–III года между контролем и техногенными условиями проявляются в течение всего вегетационного периода. Максимальное накопление Cu происходит в побегах I–II–III года лиственницы в условиях загрязнения в конце вегетации. Содержание Cu в них превышает контрольный уровень в 7–10 раз (табл. 2). В зоне условного контроля содержание Cu в побегах I–II–III года в верхней, средней, нижней части кроны в период вегетации имело постоянное значение, проявляя лишь слабую тенденцию к увеличению (табл. 2).

Данные табл. 4, 5 показывают, что в почвах в условиях промышленного загрязнения и в зоне условного контроля большое содержание меди наблюдается в подстилке. Накопление Cu отмечается многими исследователями [2, 3]. В наших почвах накопление Cu наблюдается в горизонтах A_1A_1 . Содержание Cu в почвах разных пробных площадей заметно колеблется. В условиях Стерлитамакского промышленного центра почвы пробных площадей выделяются наибольшим содержанием Cu (24 мг/кг) и, наоборот, его меньше в почве пробной площади в зоне условного контроля (15 мг/кг).

Т а б л и ц а 2

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

Образец	Часть кроны	Июнь					Июль					Август				
		Mn	Fe	Cu	Cd	Pb	Mn	Fe	Cu	Cd	Pb	Mn	Fe	Cu	Cd	Pb
Хвоя	верхняя	17	120	20	2,1	8	49	170	29	3,0	10	20	990	32	3,45	11,2
	средняя	19	210	27	2,8	10	51	250	60	3,5	11,2	26	710	64	4,2	14,3
	нижняя	42	220	45	3,0	12	59	290	61	5,0	13,4	50	1330	65	6,8	16,9
Побеги I года	верхняя	38	18	25	4,2	45	68	20	28	5,8	52	60	250	35	6,3	60
	средняя	36,6	75	40	4,0	50	66,2	80	48	5,7	68	60	170	65	6,4	73
	нижняя	27,2	62	55	5,8	60,2	38,3	70	65	6,0	70	30	300	70	7,8	76
Побеги II года	верхняя	26,2	45,2	26	0,9	28,2	37	50	28	1,1	30	30	160	37	1,33	32
	средняя	46,3	72	50	0,33	29,8	88	100	59	1,2	31,2	80	100	66	1,55	36,7
	нижняя	29	85,2	60	0,50	30,4	52	100	62	1,9	33,4	47	210	72	2,1	38
Побеги III года	верхняя	30	32,7	26	1,0	25,5	42	40	27	1,0	32	33	80	28	1,3	39
	средняя	42	89,7	48	1,2	38	69	110	50	1,3	38	60	100	50	1,6	42
	нижняя	34	35,2	46,7	1,6	39	58	40	50	1,6	40	50	110	52	1,9	49

Т а б л и ц а 3

Среднее содержание металлов (мг/кг воздушно-сухой массы) в органах лиственницы Сукачева в зоне условного контроля

Образец	Часть кроны	Июнь					Июль					Август				
		Mn	Fe	Cu	Cd	Pb	Mn	Fe	Cu	Cd	Pb	Mn	Fe	Cu	Cd	Pb
Хвоя	верхняя	38	40,2	6	0,1	2,0	60	71,2	8	0,2	2,2	45	50	8	0,2	2,8
	средняя	40	47,1	10	0,2	3,2	66	73	12	0,3	3,6	50	48,1	12,1	0,5	3,9
	нижняя	42	48,2	11	0,4	4,8	67	75	14,2	0,5	3,8	50	46,2	14,3	0,7	4
Побеги I года	верхняя	160	60	4,1	0,75	3,0	170	68	3,2	0,78	3,2	172	70	5,2	0,80	3,4
	средняя	187	67	4,2	0,86	3,9	190	69	3,0	0,90	3,9	194	75	6,7	1	4
	нижняя	188	66	4,3	0,92	4,2	197	67	3,3	0,97	4,8	200	79	6,8	1,2	5,8
Побеги II года	верхняя	140	120	4,3	0,88	4,2	145	122	2,8	0,90	4,9	147	124	5,9	1,3	4,2
	средняя	138	122	4,4	0,93	4,5	140	125	2,7	0,97	4,8	146	126	6,1	1,2	4,6
	нижняя	139	130	4,5	0,97	4,9	142	135	2,6	1	5,2	150	138	7,3	1,3	5
Побеги III года	верхняя	167	110	8,5	1,2	6,2	175	12	2,9	1,8	6,8	179	114	8,9	2	2
	средняя	190	108	9,2	1,4	8,8	185	115	2,8	1,9	9	190	120	10,5	2,1	3,2
	нижняя	200	102	10,3	2	9,2	210	108	2,9	2,2	10	212	116	12,2	2,4	4,5

Т а б л и ц а 4

Валовое содержание металлов (мг/кг воздушно-сухой массы) в подстилке и почвах в условиях Стерлитамакского промышленного центра

Образец	Горизонт	Глубина, см	Mn	Fe	Cu	Cd	Pb
Подстилка	A ₀	0–3	410	28300	48	9,8	50
Почва чернозем выщелоченный	A ₁	6–25	1400	22200	24	10	30
	A ₁	25–35	1200	18200	16	8	24
	AB	35–70	1700	23000	12	6	18

Т а б л и ц а 5

Валовое содержание металлов (мг/кг воздушно-сухой массы) в подстилке и почвах в зоне условного контроля

Образец	Горизонт	Глубина, см	Mn	Fe	Cu	Cd	Pb
Подстилка	A ₀	0–3	250	560	19,9	0,22	9
Почва чернозем выщелоченный	A ₁	6–25	167	240	15,2	0,11	8,2
	A ₁	25–35	175	220	12,3	0,10	7,8
	AB	35–70	180	120	8,2	0,2	54

Интерпретация данных по сезонной динамике элементного состава хвои и побегов лиственницы Сукачева в зоне СПЦ осложняется тем, что избыточными техногенными элементами являются не только токсичные Pb и Cd, но и некоторые биометаллы Fe, Mn, Cu.

Различия между контрольными и техногенными условиями проявляются в течение всего вегетационного периода. В условиях СПЦ содержание в хвое и побегах I–II–III года токсичных металлов увеличивается в течение всего вегетационного периода: так, концентрация Pb в хвое перед листопадом в 1,5 раза выше в конце вегетации, в побегах I–II–III года Pb 1,2–1,4 раза выше, чем в начале вегетации, Cd – в 15 раз, в побегах – 2–2,5 раза (табл. 2). В зоне условного контроля содержание Pb и Cd в побегах I–II года и в хвое лиственницы Сукачева в период вегетации отвечало почти постоянному значению, проявляя лишь слабую тенденцию к увеличению. Вместе с тем наблюдается изменение содержания Pb в побегах III года. Концентрация Pb в побегах III года в начале вегетации существенно выше, чем в конце. В зоне условного контроля концентрация Pb от начала до конца вегетации постепенно уменьшается, в условиях загрязнения такая закономерность не проявляется. Сравнительный анализ распределения металлов надземных частей, исследованных в условиях СПЦ и в зоне условного контроля лиственницы Сукачева, показал, что количество Pb и Cd больше концентрируется в хвое и побегах нижней части кроны. В условиях СПЦ максимальное накопление Pb и Cd происходит в хвое и побегах I года в нижней части кроны. Содержание Cd в них превышает контрольный уровень в 9,7 раза и Pb – в 13,1 раза. В условиях СПЦ и в зоне условного контроля металлы по содержанию в почве располагаются Pb > Cd. Наибольшим Pb и Cd содержанием отличаются подстилки. Содержание Pb в почвах разных пробных площадей сильно колеблется. В условиях СПЦ пробной площади содержится больше Pb (30 мг/кг), Cd (10 мг/кг) и, наоборот, их очень мало в почве пробной площади в зоне условного контроля, Pb 8,2 мг/кг, Cd 0,22 мг/кг. Тяжелые ме-

таллы, поступая в почву, концентрируются в приповерхностном слое 0–10 (20) см, где они присутствуют в форме обменных ионов, входят в состав гумусовых веществ, карбонатов, оксидов алюминия, железа и марганца [6, 7, 8]. В наших почвах Cd и Pb концентрируются в приповерхностном слое 0–10 (20) см. В горизонтах A₁A₁ содержание Cd и Pb в несколько раз выше, чем в других. В почвах в зоне условного контроля (табл. 5) общая картина распределения Cd и Pb по горизонтам в общем сходна с распределением в условиях СПЦ.

Загрязнение почв характеризуется различными показателями. В их числе коэффициент аномальности – отношение содержания металла в верхнем слое загрязненной почвы к фоновому его содержанию в том же слое.

Загрязненной почвой принято считать такую, в которой содержание токсичного элемента выше в 2–3 раза. В наших почвах Cd и Pb в условиях СПЦ: Cd – в 45 раз, Pb – в 3,6 раз выше, чем в зоне условного контроля.

Таким образом, промышленное загрязнение атмосферы металлами и значительное содержание их в почве приводят к накоплению дополнительного количества Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Pb в хвое и побегах I–II–III года лиственницы Сукачева.

Интерпретация данных по сезонной динамике элементного состава хвои и побегов лиственницы Сукачева в условиях СПЦ осложняется тем, что избыточными техногенными элементами являются не только токсичные Cd и Pb, но и биометаллы Mn, Fe, Cu. Различия между контролем и техногенными условиями проявляются в течение всего вегетационного периода. В условиях СПЦ значительное содержание металлов в хвое и побегах лиственницы Сукачева отражается на общем состоянии растений.

Библиографический список.

1. Баталов, А.А. Сосна и лиственница в системе промышленного фитофильтра / А.А. Баталов, Н.А. Мартыанов, О.Б. Горюхин // Вопросы ограничения циркуляции загрязняющих веществ в объектах окружающей среды: Тез. докладов. – Уфа, 1984. – С. 25–26.

2. Веригина, К.В. Микроэлементы в почвах и породах области (цинк, кобальт, медь) / К.В. Веригина, Е.Г. Журавлева. – М.: Изд-во АН СССР, 1962.
3. Виник, М.А. Биологическая аккумуляция микроэлементов в почвах под пологом леса / М.А. Виник // Труды Воронежского государственного заповедника. – Вып. 13. – 1961.
4. Власюк, Л.А. Химические элементы и аминокислоты в жизни растений, животных и человека / Л.А. Власюк, Н.М. Шкварук, Г.Д. Шамотиненко. – Киев: Наук. Думка, 1974. – 218 с.
5. Вредные химические вещества / А.Л. Бандман и др. – Л.: Химия, 1988. – 512 с.
6. Горбатов, В.С. О выборе экстрагента для вытеснения из почв обменных катионов тяжелых металлов / В.С. Горбатов, Н.Г. Зырин // Вест. МГУ. Сер. 17. Почвоведение. – 1987. – № 2. – С. 22–26.
7. Зырин, Н.Г. Принципы и методы нормирования (стандартизации) содержания тяжелых металлов в почве и в системе почва – растение / Н.Г. Зырин, А.И. Обухов. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1983. – Вып. 35. – С. 7–10.
8. Ильин, В.Б. Относительные показатели загрязнения в системе почва – растение / В.Б. Ильин, М.Д. Степанова // Почвоведение. – 1979. – № 11. – С. 61–67.

ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО ПАРКА «УСТЬ-БЕЛЬСК» УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

К.Ю. ПРОКОШЕВА, *асп. каф. лесоводства и подсочки леса МГУЛ,*

Н.М. ИТЕШИНА, *доц. каф. лесоводства и лесных культур Ижевской ГСХА, канд. с.-х. наук*

Законом Российской Федерации «Об особо охраняемых территориях» (1995) определено, что к особо охраняемым природным территориям (ООПТ) относятся «...участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, изъятые решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен особый режим охраны». Такие ООПТ относятся к объектам общенационального достояния. С учетом особенностей их режима в Федеральном законе выделено 7 видов: государственные природные заповедники, национальные парки, природные парки, государственные природные заказники, памятники природы, дендрологические парки и ботанические сады, лечебно-оздоровительные местности и курорты.

Удмуртия не имеет единой сети ООПТ. Существуют только отдельные разрозненные объекты. Наиболее крупными из них являются национальный парк «Нечкинский» – (20752 га), природные парки «Шаркан» – (16567,6 га) и «Усть-Бельск» – (1770 га.) В отдельную группу выделены зеленые зоны вокруг городов и крупных насе-

ленных пунктов, водоохранные зоны и почвозащитные леса.

Природный парк «Усть-Бельск», созданный 6 августа 2001 г. на основании Постановления Правительства УР № 828 от 06.08.2001 года, расположен на крайнем юго-востоке Удмуртии на территории Каракулинского административного района в месте впадения реки Белая в Каму. Он представляет собой один из примечательных природных комплексов Каракулинского Прикамья. В парке своеобразны все компоненты ландшафта, но особой уникальностью отличаются субаквальные ландшафты р. Кама. Эти ландшафты являются излюбленным местом водной рекреации населения (купания, любительской рыбной ловли, краткосрочного отдыха на изолированных островах). Значителен научно-познавательный потенциал парка, заключающийся в особенностях строения рельефа, режиме поверхностных и подземных вод, богатстве и разнообразии биоты.

Особой геоморфологической достопримечательностью парка является долина р. Большая Емаша, которая делит его территорию на две примерно равные части. Склоны долины резко асимметричны: правый низкий, на значительном протяжении представлен уступом второй надпойменной террасы; левый – крутой и высокий. Бровка левого коренного склона возвышается над днищем долины

на 80–100 м. В этот высокий склон вложены замечательные по красоте нивальные цирки и ложбины – реликтовые формы рельефа, образовавшиеся в перигляциальном климате плейстоцена. В настоящее время склоны нивальных цирков и ложбин покрыты широколиственным лесом. Гидрологической достопримечательностью парка является акватория Нижнекамского водохранилища, ее ширина в районе Дербешкинского залива (напротив Усть-Бельска) составляет около 7 км.

Природные комплексы территории парка представлены 4 типами ландшафтов: элювиальные (плакорные) междуречий; трансэлювиальные коренных склонов речных долин; трансэлювиальные комплексы надпойменных террас и гидроморфные ландшафты пойменных террас Камы и Большой Емашы. Эти ландшафты являются уникальными природными объектами, отличающимися от других территорий Удмуртии повышенным биоразнообразием.

По ботанико-географическому районированию (Исаченко, Лавренко, 1980) долина Камы относится к Урало-Западносибирской таежной провинции Евроазиатской таежной области, в зоне широколиственно-хвойных лесов. Территория парка находится на юге данного региона, в переходной полосе к лесостепи с ярко выраженным экотонным эффектом.

На территории природного парка имеются богатые по видовому составу разнообразные растительные сообщества, преимущественно лесные и луговые. В сложении лесов большую роль играют широколиственные породы – липа, клен, вяз, дуб. Однако основная часть массивов представлена вторичными мелколиственными с преобладанием осинников, возникших в результате лесопользования в прошлом. Коренной берег реки Большая Емаша сплошь покрыт зарослями лещины, являющимися также вторичными сообществами.

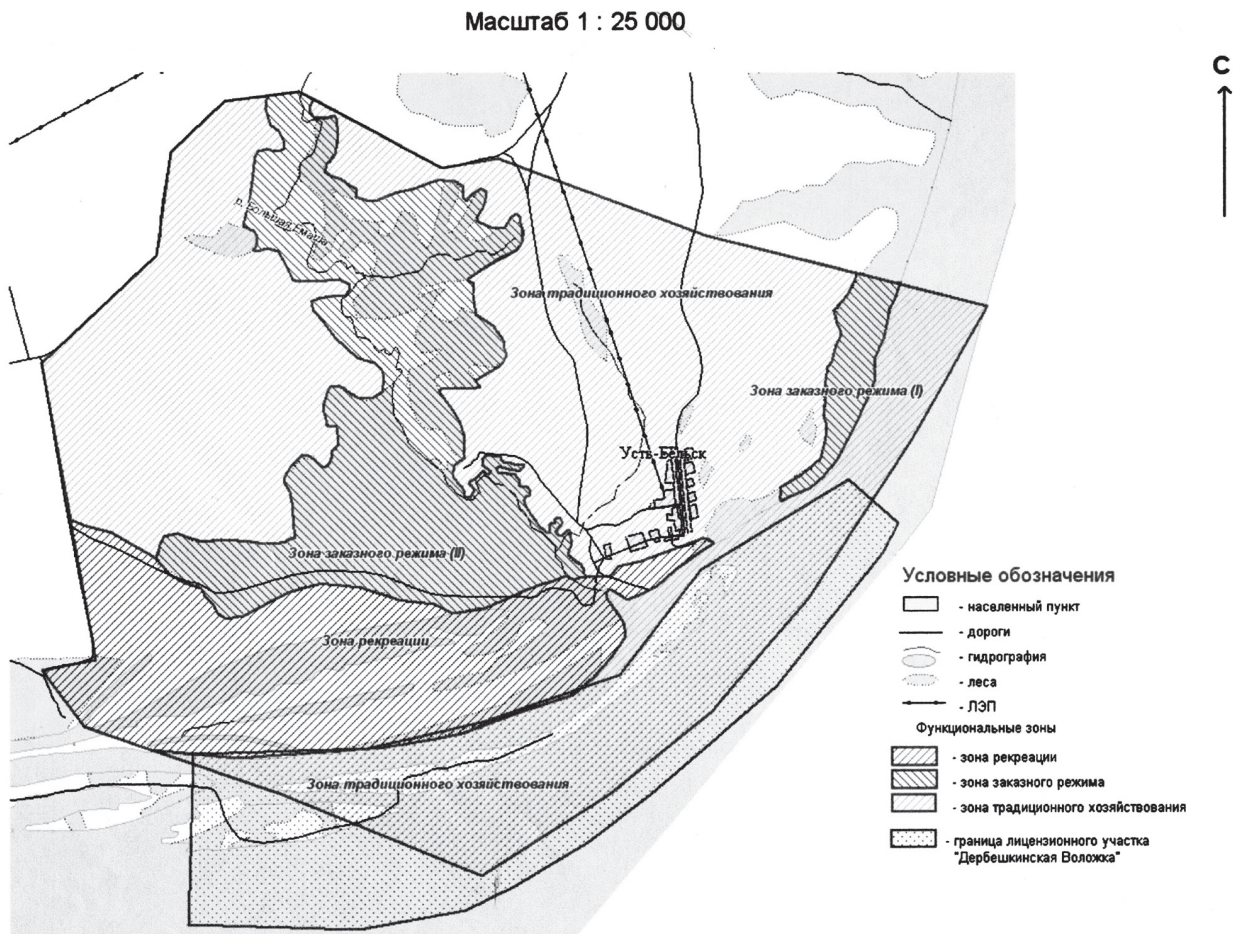


Рисунок. Карта-схема функционального зонирования территории ПП «Усть-Бельск»

На суходольных лугах по склонам балок, лесным опушкам и на пойменных гривах встречаются растительные сообщества лесостепные. Растительный покров парка носит черты антропогенной нарушенности, наиболее сильно проявляющейся в прибрежной зоне Нижнекамского водохранилища близ поселка Усть-Бельск и являющейся результатом интенсивной рекреации.

Флористический состав природного парка «Усть-Бельск» достаточно богат. На его территории выявлено 520 видов сосудистых растений из 284 родов и 84 семейств. Это составляет 47 % общего количества аборигенных видов растений во флоре Удмуртской Республики и 63 % – долины Камы. На территории парка произрастает 21 вид, занесенный в Красную книгу УР, и один представитель Красной книги России. Из 566 видов животных, отмеченных на территории природного парка, 29 внесены в Красные книги республики и страны.

Организация парка на площадях давнего хозяйственного освоения и различный характер возложенных задач диктуют необходимость его разделения на различные функциональные зоны. Из этих соображений территория парка разбита на 3 зоны: заказного режима, традиционного хозяйствования и рекреации (рисунок)

Основная природоохранная задача, связанная с сохранением биоразнообразия и генофонда биоты, возложена на зону заказного режима, которая занимает 427,28 га. Флора зоны достаточно богата: здесь сосредоточено 85,4 % аборигенных видов всей территории парка и 53,9 % представителей флоры территории зоны влияния Нижнекамского водохранилища. Большинство видов животных парка также обитают в пределах этой зоны (86,4 % от выявленной фауны). Установление зоны заказного режима необходимо прежде всего с точки зрения сохранения основных естественных экотопов ПП «Усть-Бельск». Последние служат как местом обитания большинства его животных, так и сохранения редких и исчезающих видов фауны.

Зона рекреации занимает 374 га, что составляет 21,2 % площади парка. Расположена в южной части парка в границах предполагаемого затопления Нижнекамского во-

дохранилища до проектной отметки (68 м). Предназначена данная зона для организации экологического просвещения, ознакомления с природными достопримечательностями природного парка и организации полноценного отдыха в природных условиях. Сюда включены наиболее пригодные для маршрутного туризма территории: интересные в познавательном отношении лесные, водные, ботанические и зоологические объекты. В границах рекреационной зоны ведутся работы по биотехнологическим мероприятиям, охране и защите леса, ориентированные на устранение неблагоприятных антропогенных воздействий в условиях рекреации.

Разнообразие растений на данной территории значительно беднее, чем в зоне заказного режима. Это объясняется наличием лишь пойменных местообитаний. Количество редких растений также незначительно. Почти все эти виды встречаются в местах труднодоступных для рекреантов, на сильно заболоченных участках и поэтому могут быть сохранены вне заказного режима. Наиболее декоративными видами, которые могут привлекать внимание рекреантов, являются ирис сибирский (*Iris sibirica* L.) и герань кроваво-красная (*Geranium sanguineum*). В целом в фаунистическом отношении данная зона занимает промежуточное значение между зонами заказного режима и традиционного хозяйственного использования. Данное обстоятельство представляется ценным с рекреационной точки зрения, поскольку отдыхающие могут познакомиться с основными достопримечательностями парка, не нарушая режима жизни животных, обитающих в зоне заказного режима.

Зона традиционного хозяйствования занимает наибольшую часть парка – 968,1 га, что составляет 54,6 % общей площади. Здесь разрешаются различные виды хозяйственной деятельности – судоходство, заготовка строительных материалов, промысловое и любительское рыболовство. Вследствие этого природные комплексы испытывают значительную антропогенную нагрузку. Большинство видов растений, представленных в зоне, относится к широко распространенным здесь сорным и рудеральным. Данная зона в фаунистическом отношении самая бедная из всех рассмотренных.

Средние таксационные показатели насаждений ПП «Усть-Бельск»

Порода	Таксационные показатели						
	насаждения		яруса		древостоя элемента леса		
	класс бонитета	тип леса ТЛУ	полнота	запас, м ³ /га	возраст	Нср., м	Дср., см
Сосна	I,7	КС С ₂	0,72	111,8	43	16	16
Пихта	II	ШТ С ₃	0,60	80	50	18	20
Липа	II	ЛП С ₂	0,64	165	60	18	20
Осина	I,9	ЛП С ₃	0,62	80	49	19	22
Ива древовидная	II	ШТ С ₃ -Д ₄	0,60	70	30	11	10
Дуб	II	КС С ₃	0,64	120	63	16	22
Ольха серая	II	ШТ С ₃	0,60	70	41	14	12
Клен	II	КС С ₃	0,60	50	44	15	14
Дуб низкоствольный	II	ЛП С ₃	0,60	90	28	11	12
Ильм	II	ЛП С ₃	0,60	100	53	20	30

Лесопокрытая площадь ПП «Усть-Бельск» составляет 284,75 га, или 16 % общей его территории. Всего в лесах «Усть-Бельска» естественно произрастает 13 древесных пород, около 25 кустарниковых, полукустарниковых и кустарничковых. Средний состав насаждений ЗСЗОс2Лп1Д1Ивд+ОлС. Практически все древостои близкой одной группы возраста – IV-V, в среднем 44,5 лет, а преобладающих сосняков – 43 года. Средний класс бонитет – II, средняя полнота – 0,62 (таблица).

На территории природного парка преобладают открытый – 76,5 % и закрытый 16,1 % типы ландшафта. Первый представлен землями, вышедшими из-под хозяйственного пользования, а второй – лесными насаждениями. Полуоткрытый тип ландшафта занимает небольшую часть парка – 7,4 %. Такое долевое представительство не отвечает статусу природного парка, т.к. для данной зоны по нормативам рекомендуется соотношение типов ландшафта: закрытых – 65 %, полуоткрытых – 20 %, а открытых – 15 %. Очевидно, что требуется изменение площадной ландшафтной структуры парка.

Рекреационная функция парка подразумевает создание на его территории локальной системы, специальной формы хозяйствования, призванной организовать и обеспечить нормальный отдых людей. Абсолютное большинство компонентов природного комплекса имеют высокий ресурсный потенциал для организации различных видов рекреационной деятельности.

Таким образом, территория Удмуртской Республики требует разработки единой сети особо охраняемых природных территорий, а созданные в ее пределах национальный и природные парки нуждаются в детальном изучении и разработке комплекса мероприятий, направленных на повышение устойчивости биогеоценозов и рекреационного потенциала лесных насаждений. К таковым следует отнести в числе других в первую очередь природный парк «Усть-Бельск».

Библиографический список

1. Исаченко, Т.И. Ботанико-географическое районирование / Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко // Растительность Европейской части СССР. – Л.: Наука, 1980. – С. 10–20.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ПОСЕВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР БАШКОРТОСТАНА

Р.Р. ХИСАМОВ, *доц. Башкирского ГПУ, канд. биол. наук,*
И.А. ЗАРИПОВ, *ассистент Башкирского ГПУ,*
А.А. КУЛАГИН, *проф. Башкирского ГПУ, д-р биол. наук*

Экологическая и социально-экономическая роль полезащитных лесных полос в южноуральском регионе общеизвестна [7]. Это связано с тем, что в регионе высока частота засушливых периодов. С другой стороны, немаловажное значение защитные лесные полосы имеют и в сбережении плодородия почв от ветровой и водной эрозии. В определенной степени эти негативные явления в Башкортостане существенно уменьшились благодаря проведению широкомасштабных работ по созданию лесополос в период 1945–1955 гг., а также в середине 60-х гг. XX в. Однако нельзя считать, что созданные в те годы защитные лесополосы позволили решить все существующие проблемы. В последние годы существенно возросла роль комплекса мероприятий по реализации программ агроландшафтного земледелия [6], в которых не последнюю роль играют и полезащитные лесные полосы, что требует уточнения деталей для всесторонней эксплуатации полезащитных лесных полос.

Необходимо отметить, что основная часть публикаций по проблеме приходится на 70–80-е годы прошлого века [1, 2], что связано с началом широкомасштабного создания больших защитных лесных полос в СССР после принятия в 1948 г. «Сталинского плана преобразования природы». В тех публикациях не могли быть оценены особенности и перспективы этой колоссальной работы, хотя их природоохранное значение отмечалось еще в XVIII в. И.Т. Посошковым, М.В. Ломоносовым и А.Т. Болотовым. На более поздних этапах истории нашей страны эти проблемы решались В.Я. Ломиковским, В.Е. Граффом, Н.И. Шатиловым, П.А. Костычевым, В.В. Докучаевым и многими другими.

К настоящему времени лесные полосы, созданные в первой половине XX в. в ле-

состепной и степной зонах (лесовода Генко в Самарской области, Бузулукские в Оренбурге, Велико-Анадольские на Украине, лесные полосы Каменной степи Воронежской области), продвинулись далеко на юг в сухостепную, полупустынную и частично пустынную зоны, формируя на юге России лесоаграрные ландшафты.

Авторами проведены исследования на модельных системах, включающих поля севооборотов с лесными защитными полосами по всему периметру. Проведены работы по оценке агрохимической активности почв в динамике и их агрофизическая структура в локальных точках поля с различным удалением от лесополос. В этих же участках изучена продуктивность зерновых культур по структуре урожая на фоне традиционной агротехнологии и при использовании факторов, активизирующих микробиологические процессы почвы.

Вышеизложенное обоснование почвозащитных и экологических эффектов лесных насаждений в засушливых и эрозионноопасных сельскохозяйственных зонах Башкортостана свидетельствует об усилении применения на основных сельскохозяйственных культурах, в том числе зерновых и технических, наиболее эффективных антистрессовых препаратов, сочетающих свойства повышения устойчивости растений к абиотическим и биотическим факторам. Положительное влияние антистрессовых препаратов возрастает по мере удаления основных массивов поля от лесополос. Тем самым эффективность полезащитного лесоразведения может существенно возрасти. Об этом свидетельствуют публикации многих авторов [3, 5]. Следует отметить, что нами впервые сформулирована стратегия эффективного использования особенностей агроландшафтов, как основы этой стратегии в совокупности

с оптимизацией всех приемов современных агротехнологий адаптивного земледелия. В связи с этим представляет интерес наш подход к повышению конкурентоспособности возделывания сахарной свеклы с учетом роли лесных полейзащитных полос.

О влиянии лесных полос на урожайность сельскохозяйственных культур известно, что вблизи них для зерновых культур выявляется зона депрессии. В этих же условиях урожайность многолетних трав и пропашных культур существенно повышается. Следовательно, специфика агроландшафтов налагает определенные требования к условиям и агротехнике различных сельскохозяйственных культур.

Высокую себестоимость производства корнеплодов сахарной свеклы определяют существенные затраты на двух-трехкратную обработку посевов дорогостоящими гербицидами. В 2007 г. гербицидная обработка обошлась предприятиям АПК Башкортостана в 34 % общих затрат за 9 месяцев. В связи с этим было оценено влияние лесных полейзащитных полос, а также целой серии антистрессовых препаратов на эффективность возделывания сахарной свеклы. В 2005–2007 гг. на площади вдоль лесополосы шириной 100 м была определена урожайность по массе уборанных корнеплодов. Она составила 296 ц/га. На следующем после этой площади участке шириной также 100 м урожайность оказалась равной 222 ц/га, т.е. прибавка урожая вблизи лесополосы составила 74 ц/га. Оба участка были обработаны в начале вегетации растений смесью наземных гербицидов с антистрессовым препаратом Гуми-20М. На всей площади было внесено под посев около 100 кг НРК. Отсюда видно, что основным фактором повышения урожайности сахарной свеклы оказалась оптимизация запасов почвенной влаги на участках непосредственно вдоль лесополос.

В 2006–2007 гг. были обследованы 4 участка в направлении гонов вдоль лесополосы, расположенной по западной границе поля, по схеме: 1) контроль № 1 – участок шириной 100 м вдоль лесополосы; 2) опыт № 1 – участок шириной 100 м после контроля; 3) контроль № 2 – участок ши-

риной 50 м, расположенный на расстоянии 250 м от лесополосы; 4) опыт № 2 – участок шириной 50 м, расположенный сразу после контроля.

В контроле посевы обрабатывали только смесью наземных гербицидов Бурфен, Карибу, Корректор, Торрет супер. На опытных участках к гербицидам добавляли антистрессовый препарат Гуми-20 без микроэлементов в дозе 200 мл/га. В отличие от опытов 2005 г. по диагонали контрольных и опытных участков на каждом было взято 6 делянок по 4 м² для определения биологической продуктивности. В них были измерены густота посевов, средняя масса корнеплодов и урожайность в расчете на кг/га и ц/га.

Результаты указывают на преимущество по урожайности участка около лесополосы (511 ц/га) относительно контроля (476 ц/га). Разница в пользу опыта составила 35 ц/га, или 7,4 %, что отражает совместный эффект лесополосы и применения Гуми-20. В опыте № 2 эта разница составила 42 ц/га, или 10,5 % (442 – 400 = 42 ц/га). Обращает на себя внимание большое преимущество опыта № 2 относительно собственного контроля по сравнению с опытом № 1. Отсюда следует, что по мере удаления от лесополосы антистрессовое действие препарата Гуми-20 возрастает, а положительное влияние лесополосы снижается.

Данный эффект подкрепляется и результатом сопоставления между собой контрольных и опытных вариантов. Так, разница между двумя контролями (476 и 400 ц/га) составила 76 ц/га, а между двумя опытами (511 и 442 ц/га) – 69 ц/га. При этом различия между контролями составили 19,0 %, а между опытами – 15,6 %.

Установлено, что в большей степени лимитирующим фактором в случае контрольных вариантов является водообеспеченность почвы, а в случае опытных вариантов проявляется совместный эффект водообеспеченности почвы и обработки растений препаратом Гуми-20. Вместе с тем самым главным эффектом в этих опытах было усиление антистрессового действия Гуми-20 на участках поля с меньшей обеспеченностью почвенной влагой.



Рисунок. Классификационная схема средозащитных, фитогенных и зоогенных ресурсов полезных лесных полос и их социальная значимость

На сегодняшний день производится несколько препаративных форм Гуми и Фитоспорина-М, поэтому мы изучали эффективность и других препаратов. Оказалось, что при обработке посевов сахарной свеклы препаратом Гуми-М в дозе 250 мл/га биологическая урожайность в контроле составила 338,4 ц/га, а в опыте – 387,8 ц/га. При этом прибавка урожайности в опыте составила 49,4 ц/га, или 14,6 %. Масса корнеплода в опыте равнялась 395 г, а на контроле – 344 г, т.е. прибавка биомассы составила 51 г, или 14,8 %. При равной густоте посевов (около 98 тыс. растений/га) прибавка определялась в основном нарастанием биомассы корнеплодов. С учетом влияния лесополос в данном опыте контрольный участок был заложен в середине поля, и поэтому измерения проводили на расположенных рядом участках. Независимо от влияния этого фактора выявлено, что если препарат Гуми-20 повысил урожайность в середине поля на 42 ц/га, или 10,5 %, то препарат Гуми-20М

проявил себя как более эффективный препарат (прибавка 49,4 ц/га, или 14,6 %).

Еще более эффективным оказался вариант обработки посевов Фитоспорином-М. Действие этого препарата оказалось несколько выше и урожайность в опыте возросла на 56 ц/га. Наряду с этим в одном из производственных опытов при обработке семян препаратом, сходным по составу с Гуми-20М, урожайность возросла до 32 ц/га (7,7–8,5 %), тем самым была обоснована необходимость и предпосевной обработки семян.

Таким образом, результаты работ убедительно показали, что не только в делячных опытах, но и в производственных условиях возможно увеличение урожайности на 32–56 ц/га при однократной наземной и предпосевной обработке семян антистрессовыми препаратами без баковых смесей с гербицидами. Это обосновывает использование данных препаратов не только при обработке гербицидами, но и при ручной прополке посевов, а также для создания более совер-

шенных агротехнологий с целью повышения эффективности 2–3-кратной обработки растений сахарной свеклы антистрессовыми препаратами.

В поставленной проблеме имеется несколько аспектов, среди которых важнейшим несомненно является экологический, заключающийся в природоохранной роли насаждений наряду с экономическими и социально-эстетическими аспектами. Как известно, любые лесные массивы порождают, помимо экологических аспектов, обширный круг вопросов. Некоторые использованы для структурной оценки полезащитных лесных полос (рисунок).

Все эти проблемы требуют тщательной комплексной проработки в методологическом, методическом и экспериментальном плане, поскольку за большой период существования защитных лесных полос сформировались новые актуальные вопросы и проблемы. Среди них, во-первых, ждут решения проблемы создания второго яруса лесных полос в массивах широколиственных пород с высокой возрастной характеристикой, прореживания и рубок ухода, а также реализации условий для формирования хозяйственно полезных фито- и зооценозов.

Для решения всех этих вопросов в качестве объекта исследований были взяты сельскохозяйственные угодья Чекмагушевского района Республики Башкортостан. Последние землеустроительные работы в этом хозяйстве были проведены в 1984 г. с очередным повторением в 1990 г. На время обследования хозяйства располагали 96 га защитных лесных полос с перспективой увеличения до 153 га в 1990 г. С учетом того, что в 1984 г. площадь пашни составляла 5 723 га, на данную площадь в процентном исчислении приходилось всего 1,68 % полезащитных полос, а в 1990 г. планировалось иметь их в размере 2,68 %. Это означает, что в данном хозяйстве почти достигнут минимальный уровень облесения пашни защитными лесными полосами, который составляет около 2 %.

В такой ситуации можно определить следующие основные задачи работ, направленных на повышение экологической эф-

фективности полезащитных лесных полос в Чекмагушевском районе, расположенном в сельскохозяйственной зоне южной лесостепи Башкортостана. К ним относятся:

1. Ревизия состояния полезащитных лесных насаждений старших возрастов и разработка мероприятий по их дальнейшему совершенствованию в связи с средозащитной функцией.

2. Обогащение фитогенных ресурсов в зоне лесных полос за счет подбора и выращивания полезных лекарственных, медоносных и других растений, внесение хозяйственно полезных грибов, адаптированных к произрастающим лесным породам.

3. Создание условий микрообитания для полезных диких животных, птиц, насекомых и других организмов, составляющих основу зоогенных ресурсов.

4. Обогащение древесно-кустарниковых насаждений полезащитных полос плодово-ягодными культурами в целях усиления социальной направленности эксплуатации этих насаждений.

5. Экспериментальные исследования агрофизических и агрохимических свойств почв на фоне современных агротехнологий в полях с полезащитными лесонасаждениями и в качестве абсолютного контроля без них.

Библиографический список

1. Бабенко, Д.К. Опыт возобновительных рубок в защитных лесных насаждениях / Д.К. Бабенко. – М., 1980. – 37 с.
2. Жиганов, Ю.И. Агрономическая эффективность защитного лесоразведения / Ю.И. Жиганов. – М., 1984. – 70 с.
3. Кузнецов, В.И. Мощный резерв повышения урожайности и качества продукции / В.И. Кузнецов, И.Т. Шаяхметов. – Уфа, 2007. – 59 с.
4. Леса Башкортостана // Под ред. А.Ф. Хайретдинова – Уфа: ОГУПР РФ по РБ, 2004. – С. 352–374.
5. Лухменев, В.П. Действие химических и биологических средств защиты яровой пшеницы в засушливых условиях / В.П. Лухменев, А.Х. Нугуманов. – Уфа, 2007. – 82 с.
6. Хабиров, И.К. Основы адаптивно-ландшафтного земледелия / И.К. Хабиров, Р.Р. Исмагилов, К.Б. Магафуров, В.Х. Азнаев. – Уфа, 2000. – 170 с.
7. Чурагулова, З.С. О защитном лесоразведении в Башкирском Зауралье / З.С. Чурагулова. – Уфа, 1998. – 92 с.

СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В ПОЧВАХ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ КАРЕЛИИ

Е.В. МОШКИНА, *Институт леса Карельского научного центра РАН*

Органическое вещество почвы включает аминокислоты, играющие важную роль в процессе почвообразования. Они занимают значительное место среди множества разнообразных веществ, составляющих группу неспецифических соединений почвы. Количество аминокислот, их состав зависят от типа и различных физико-химических особенностей почв (содержания органического вещества, влажности и др.). Обогащение почвы аминокислотами происходит в результате разложения растительных и животных остатков, аммонификации гумусовых веществ. Наряду с белковыми в почве постоянно присутствуют свободные аминокислоты, которые при необходимости могут быть извлечены с использованием воды, этилового спирта, ацетата аммония и других экстрагирующих веществ [4]. Несмотря на незначительное содержание в составе органического азота, свободные аминокислоты, обладающие высокой биохимической активностью, имеют большое значение для питания растений. Последние способны усваивать их без предварительной трансформации в минеральные соединения, что особенно важно в условиях дефицита элементов минерального питания. Таким образом, аминокислоты могут являться дополнительным источником азота, особенно в естественных фитоценозах. В свою очередь, корневые выделения растений также являются важным источником свободных аминокислот в почве.

Установлена взаимосвязь содержания аминокислот с почвенными микроорганизмами. С одной стороны, аминокислоты способствуют активизации микробиологических процессов, а с другой – выявлена возможность синтеза микроорганизмами свободных аминокислот, которые могут выделяться и накапливаться в почве [2, 8, 9, 10]. По мнению исследователей, чем больше микроорганизмов в почве, тем выше содержание аминокислот [5, 8].

Количественный и качественный состав свободных аминокислот изучены в поч-

вах США, России, Германии, Украины, Молдавии [3, 4, 7, 9]. Исследователи установили, что количество свободных аминокислот в различных типах почв неодинаково. Так, в минеральных его содержание колебалось от 1–3 до 50–70 мг/кг почвы, достигая максимальной величины 100–400 мг/кг в болотных почвах. Качественный состав аминокислот, напротив, отличался относительной однородностью.

Была поставлена цель: изучить качественный и количественный состав свободных аминокислот в почвах хвойных биоценозов. Исследовательская работа такого рода на территории Карелии проведена впервые.

Исследования проводили на территории ГПЗ «Кивач», расположенного в среднетаежной подзоне Карелии. Стационарные пробные площади заложены на озерно-ледниковой песчаной равнине в высокопродуктивных сосняках черничных 160 и 60-летнего возраста, 170-летнем сосняке брусничном, а также на второй цокольной террасе реки Суна в 140-летнем ельнике чернично-разнотравном. Кроме того, одна пробная площадь расположена на территории Пряжинского района – 160-летний сосняк вересково-лишайниковый.

Сосняки черничные приурочены к иллювиально-железистым песчаным подзолам, сформированным на двучленных отложениях. Данные почвы имеют следующее строение профиля: А0-А2В-Вf1-В2-ВС-С (160-летний сосняк черничный) и А0-А2-Вf-В2-ПВ3-ВС2-С (60-летний сосняк черничный).

Под сосняком брусничным расположена поверхностно-подзолистая песчаная почва на флювиогляциальных песках, имеющая следующее морфологическое строение профиля: А01-А02-А2-Вf-В2-В3-ВС-С.

Ельник чернично-разнотравный произрастает на элювиально-поверхностно глееватой почве, сформированной на ленточных глинах, характеризующейся следующим строением почвенного профиля: А0-А1А2-А2g-Вmg-Сg.

Физико-химические показатели почв сосновых и еловых лесов

Тип леса, тип почвы	Горизонт, глубина, см		pH		P ₂ O ₅ мг/100г	K ₂ O мг/100г	ГК мг.экв./ 100г	S %	V %	C %	N %	C: N
			Водн.	сол.								
Сосняк брусничный (170 лет)	A0	0-4	3,50	2,70	26,80	78,10	151,90	6,70	4,20	43,10	1,08	40
	A2	4-8	4,00	3,00	1,70	1,80	8,70	0,00	0,00	0,81	0,07	40
Поверхностно-подзолистая песчаная почва на флювиогляциальных песках	Bf	8-30	4,50	4,00	15,70	1,60	7,00	0,00	0,00	0,50	0,06	12
	B2	30-50	5,10	4,60	17,20	1,60	2,30	0,00	0,00	0,68	0,04	8
	B3	50-120	5,10	4,60	6,90	0,60	1,60	0,00	0,00	0,31	0,03	17
	BC	120-170	5,30	4,70	10,70	0,60	1,20	0,00	0,00	0,31	0,02	10
Сосняк черничный (160 лет) Подзол иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях	A0	0-5	3,90	3,10	23,10	35,70	71,20	13,40	15,80	46,7	1,15	16
	A2	5-10	3,90	3,00	2,00	1,10	8,10	0,00	0,00	0,63	0,07	41
	Bf	10-25	5,00	4,70	70,70	1,00	4,20	0,00	0,00	0,84	0,08	9
	B2	25-40	5,10	4,80	25,70	1,00	2,40	0,00	0,00	0,38	0,05	11
	ПВЗ	40-55	5,30	4,90	18,60	1,00	1,90	0,00	0,00	0,26	0,03	8
	BC	55-100	5,40	4,60	26,60	1,20	1,80	1,20	40,10	0,20	0,03	9
	C	100-160	5,60	4,60	29,60	1,60	0,80	1,70	68,00	0,10	0,2	8
Сосняк черничный (60 лет) Подзол иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях	A0	0-5	3,25	2,90	17,50	50,30	127,30	17,90	12,30	43,20	1,33	33
	A2	5-10	4,20	3,20	0,50	1,30	2,40	не опр.	не опр.	0,50	0,07	7
	Bf	10-26	5,20	4,80	22,10	1,20	4,40	не опр.	не опр.	0,90	0,07	13
	B2	26-40	5,25	4,80	3,00	0,80	2,10	не опр.	не опр.	0,40	0,06	7
	B3	40-50	4,80	4,40	1,50	1,40	3,50	0,20	5,40	0,30	0,05	6
	BC	50-70	4,75	4,50	14,40	1,00	2,00	не опр.	не опр.	0,10	0,03	3
Ельник чернично-разнотравный (140 лет) Почва элювиально-поверхностно глееватая на ленточных глинах	A0	0-3	5,05	4,59	82,88	87,45	33,20	50,00	60,10	43,32	1,14	38
	A1A2	3-15	4,25	3,70	27,52	8,86	6,70	5,00	42,70	3,34	0,20	17
	A2g	15-37	5,43	4,14	36,58	7,25	2,20	4,20	65,60	0,18	0,04	5
	Bg	37-85	6,05	4,11	45,92	4,84	0,90	13,80	93,90	0,07	0,02	4
	Cg	85-105	6,28	4,16	36,10	5,05	1,10	14,40	92,90	0,04	0,01	4
Сосняк вересково-лишайниковый Почва поверхностно-подзолистая иллювиально-железистая на глубоких песках	A0	0-2	4,20	3,60	25,80	42,30	38,00	2,10	5,20	22,00	0,52	42
	A1A2	3-3,5	4,30	3,80	6,70	1,80	10,90	0,10	0,90	3,40	0,40	9
	A2	3,5-7	5,30	4,70	25,90	1,80	3,00	0,00	0,00	0,30	0,04	8
	Bf	7-20	5,30	4,70	27,70	0,90	2,30	0,00	0,00	0,30	0,07	4
	B2	20-50	5,20	4,60	9,80	0,60	1,40	0,00	0,00	0,10	0,04	3
	BC	50-90	5,20	4,60	12,30	0,80	1,10	0,40	26,30	0,14	0,02	7
	C	90-110	4,00	3,50	5,70	0,40	0,90	0,20	17,20	0,10	0,02	5

Сосняк вересково-лишайниковый расположен на подзолистой иллювиально-железистой почве на глубоких песках, которая характеризуется следующим строением профиля: A0-A1A2-A2-Bf-B2-BC-C.

Объектом исследования количественного и качественного состава свободных аминокислот являлась почва перечисленных хвойных биоценозов. Для анализа свободных аминокислот были отобраны почвенные образцы в органогенных и верхних минеральных горизонтах, расположенных в 50-ти сантиметровом корнеобитаемом слое изучаемых почв. Определение содержания и идентификация аминокислот выполнены в свежих почвенных пробах методом высо-

коточной жидкостной хроматографии с использованием жидкостного хроматографа Hitachi-835, работающего в режиме анализа белкового гидролизата [6]. В соответствии с методикой в качестве экстрагента свободных аминокислот использовали 20 % этиловый спирт. Для характеристики почв пробных площадей определены ее физико-химические показатели [1].

Результаты исследований и их обсуждение

Физико-химические показатели, характеризующие исследуемые почвы сосновых и еловых биоценозов, приведены в табл. 1.

Содержание свободных аминокислот в почвах хвойных лесов, мг/кг

Горизонт	Аминосодержащие соединения	Аспарагиновая	Треонин	Серин	Глутаминовая	Пролин	Глицин	Аланин	Цистеин	Валин	Метионин	Изолейцин	Лейцин	Тирозин	Фенилаланин	Лизин	Гистидин	Аргинин	Общее количество
Сосняк брусничный (170 лет)																			
Поверхностно-подзолистая песчаная почва на флювиогляциальных песках																			
A0	13,35	9,76	6,09	12,10	9,84	3,13	6,82	5,00	2,82	5,67	0,32	3,58	7,37	2,84	5,63	2,17	1,28	0,86	98,59
A2	0,81	1,13	0,58	0,84	1,15	0,35	0,69	0,44	0,30	0,51	0,03	0,30	0,45	0,21	0,32	0,20	0,09	0,09	8,48
Bf	0,55	0,48	0,31	0,51	0,66	0,18	0,52	0,35	0,16	0,34	0,02	0,19	0,33	0,08	0,18	0,15	0,06	0,07	5,13
Сосняк черничный (160 лет)																			
Подзол иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях																			
A0	11,5	17,16	8,26	8,61	21,22	4,76	5,71	8,65	1,62	7,28	0,61	4,26	8,56	0,94	3,40	1,16	0,79	0,57	115,11
A2	1,80	1,42	1,01	1,50	1,48	0,53	1,00	0,67	0,33	0,84	0,04	0,55	1,22	0,16	0,71	0,29	0,13	0,11	13,77
Bf	1,41	1,23	0,79	1,31	1,69	0,47	1,33	0,91	0,40	0,87	0,04	0,50	0,86	0,21	0,46	0,38	0,15	0,18	13,19
Сосняк черничный (60 лет)																			
Подзол иллювиально-железистый песчаный на двучленных отложениях																			
A0	13,51	7,70	4,95	6,05	7,05	2,55	5,18	4,09	1,83	5,41	0,58	2,92	6,23	2,23	4,39	2,71	1,01	1,36	79,74
A2	0,84	0,88	0,52	0,61	1,13	0,33	0,47	0,52	0,20	0,56	0,07	0,37	0,72	0,12	0,49	0,18	0,06	0,06	8,13
Bf	1,22	0,67	0,48	0,95	0,64	0,22	0,53	0,35	0,20	0,44	0,02	0,30	0,57	0,13	0,50	0,15	0,11	0,06	7,54
Сосняк вересково-лишайниковый (160 лет)																			
Почва поверхностно-подзолистая иллювиально-железистая на глубоких песках																			
A0	24,12	9,66	5,80	8,87	17,85	4,65	1,38	5,74	7,10	7,08	11,19	2,24	5,12	14,68	3,08	5,96	0,76	1,55	136,81
A2	0,17	0,09	0,12	0,08	0,23	0,07	0,03	0,09	0,11	0,04	0,08	0,02	0,04	0,10	0,03	0,03	0,00	0,01	1,34
Bf	0,21	0,08	0,18	0,12	0,47	0,19	0,10	0,21	0,34	0,01	0,22	0,02	0,09	0,22	0,04	0,01	0,01	0,02	2,54
Ельник чернично-разнотравный (140 лет)																			
Почва элювиально-поверхностно-глееватая на ленточных глинах																			
A0	8,98	11,54	8,73	7,90	15,77	6,65	6,20	10,36	1,43	8,29	1,39	5,07	7,54	1,58	4,38	1,33	1,04	0,68	108,88
A1A2	0,53	0,68	0,51	0,46	0,93	0,39	0,36	0,61	0,08	0,49	0,08	0,30	0,44	0,09	0,26	0,08	0,06	0,04	6,40
A2g	0,06	0,22	0,10	0,21	0,37	0,06	0,21	0,08	0,15	0,13	0,01	0,08	0,18	0,06	0,19	0,08	0,01	0,04	2,25
Bg	0,17	0,47	0,30	0,37	1,03	0,19	0,40	0,26	0,19	0,32	0,03	0,23	0,49	0,07	0,33	0,12	0,08	0,07	5,11

В результате анализа почвенных образцов удалось обнаружить в них 21 соединение, содержащее аминогруппу, 17 из которых идентифицированы как отдельные аминокислоты, остальные отнесены к группе аминосодержащих соединений. Изоформы и другие аминосодержащие соединения составляют порядка 10 % от аминокислотного пула почв.

При исследовании содержания свободных аминокислот в органических горизонтах было установлено, что в качественном составе лесных подстилок хвойных лесов моноаминокарбоновые кислоты (глицин, аланин, валин, лейцин, изолейцин) составляют 15,8–34,4 %; моноаминодикарбоновые (аспарагиновая, глутаминовая) – 18,5–33,4 %;

оксимоноаминокарбоновые (серин, треонин) – 10,7–18,5 %; серосодержащие (цистеин, метионин) – 1,9–13,4 %; диаминокарбоновые (лизин) – 1,0–4,6 %; гетероциклические (гистидин) – 0,5–1,3 % и ароматические (тирозин, фенилаланин) – 7,9–16,4 % от общего количества аминокислот. На фоне относительно высокого содержания аспарагиновой, глутаминовой аминокислот, серина, глицина и пролина, сумма которых составляет 30–40 % от общего содержания аминокислот, отмечено крайне низкое содержание метионина (0,3–0,7 %) в органических горизонтах почв хвойных лесов. Количество аминокислот в подстилках хвойных биоценозов в абсолютном выражении составляет 79,7–136,8 мг/кг.

Распределение свободных аминокислот по профилю подчиняется закономерности распределения органического вещества почвы, а именно: их максимальное содержание приурочено к органогенным горизонтам, с увеличением глубины количество аминокислот резко сокращается (табл. 2). В почве под ельником чернично-разнотравном отмечено высокое содержание свободных аминокислот не только в подстилке, но и накопление их в гумусово-аккумулятивном горизонте, что также подтверждает зависимость распределения аминокислот от содержания органического вещества почвы.

Содержание свободных аминокислот в минеральных горизонтах почвы хвойных лесов невелико и составляет 1,34–13,77 мг/кг.

Опытным путем установлено, что относительное распределение свободных аминокислот в элювиальных горизонтах почв хвойных лесов выглядит следующим образом: моноаминокарбоновые кислоты (глицин, аланин, валин, изолейцин, лейцин) составляют 16,1–32,43 %; моноаминодикарбоновые (аспарагиновая, глутаминовая) – 22–26,9 %; оксимоноаминокарбоновые (серин, треонин) – 13,7–18,23 %; серосодержащие (цистеин, метионин) – 2,7–14,2 %; диаминокарбоновые (лизин) – 1,1–3,8 %; гетероциклические (гистидин) – 0,3–1,1 %; ароматические (тирозин, фенилаланин) – 10,1–14,8 %; аминокислотосодержащие соединения – 3–13 % от общего количества аминокислот. В иллювиальных же горизонтах почв хвойных насаждений состав свободных аминокислот выглядит так: моноаминокарбоновые кислоты – 16,8–33,8 %; моноаминодикарбоновые – 17,4–29,3 %; оксимоноаминокарбоновые – 11,7–18,9 %; серосодержащие – 2,9–22,3 %; диаминокарбоновые – 0,5–2,9 %; гетероциклические – 1,1–1,6 %; ароматические – 8,6–17,6 %; аминокислотосодержащие соединения – 3,3–16,2 % от общего количества аминокислот. Таким образом, опираясь на вышеизложенные данные, можно говорить о качественно однотипном аминокислотном составе исследуемых почв.

При изучении содержания свободных аминокислот в иллювиально-железистых песчаных подзолах, расположенных в экологическом ряду *по увлажнению* и трофности

под сосновыми насаждениями, выявлено увеличение содержания свободных аминокислот в профиле почв с нарастанием уровня увлажнения. В органогенных горизонтах размах колебания составляет 98,6 – 115,1 мг/кг, при этом наблюдается увеличение содержания аланина, валина, аспарагиновой и глутаминовой аминокислот, доля последних в общем фонде аминокислот составляет 20,0 и 33,5 % соответственно.

В минеральных горизонтах почв данного экологического ряда изменение происходит в пределах 5,13–13,79 мг/кг, где на фоне увеличения содержания аспарагиновой и глутаминовой аминокислот происходит снижение доли содержания тирозина, фенилаланина, лизина, гистидина и аргинина в пуле свободных аминокислот. Такое распределение аминокислот связано с особенностью деятельности микробиоты почв разной степени увлажнения. Особенности содержания аминокислот в почвах накладывают отпечаток на картину, характеризующую запасы их в почве. Так, при нарастании уровня увлажнения происходит увеличение запасов азота аминокислот в органогенных горизонтах от 0,31 до 0,65 кг/га, а в 50-сантиметровом корнеобитаемом слое – от 59,36 до 60,55 кг/га.

Рассматривая аминокислотный пул в однотипных почвах под сосняками *разного возраста*, можно установить следующие закономерности: в профиле почв под молодым насаждением свободных аминокислот содержится меньше, чем под более зрелым древостоем (7,54–79,74 и 13,19–115,11 мг/кг соответственно).

Микроклиматические и микробиологические условия 60-летнего сосняка черничного более благоприятны для трансформации органического вещества почвы, где она идет более высокими темпами, высвобождая азот. Трансформация азотсодержащих соединений в органах молодых растений также идет быстрее, что вызывает повышенную потребность в их азотном питании.

В составе аминокислотного пула почвы 60-летнего сосняка черничного относительное содержание аспарагиновой, глутаминовой кислот и аланина ниже по сравнению со 160-летним. Однако доля цистеина, тиро-

зина, фенилаланина, лизина, гистидина и аргинина здесь выше.

При изучении содержания свободных аминокислот почв *разного генезиса* было выявлено, что в подзолистой почве под сосновыми насаждениями общее содержание свободных аминокислот несколько больше, чем в почве более тяжелого механического состава под 140-летним ельником. Этот факт можно связать с тем, что культура ели более требовательна к питанию, чем сосна, и она более интенсивно расходует свободные аминокислоты в качестве источника азотного питания.

Помимо различий в валовом содержании свободных аминокислот в этих почвах отмечены особенности накопления отдельных аминокислот в структуре аминокислотного пула. По сравнению с сосновыми биогеоценозами в подстилке ельника содержание аспарагиновой, глутаминовой кислот и серина в структуре аминокислотного пула ниже, а доля пролина, аланина, валина и тирозина выше. Сходным в составе аминокислотного пула этих почв является то, что его значительную часть составляют всего две аминокислоты: аспарагиновая и глутаминовая. Сумма двух этих аминокислот составляет: 33,5 % – в песчаных почвах под сосняками, 25,1 % – в тяжелосуглинистой почве под ельником.

Особое значение в составе свободных аминокислот в почвах хвойных лесов имеет содержание аргинина. Эта аминокислота является наиболее важной для хвойных растений, так как метаболизм аминокислот у них идет по так называемому «аргининовому типу». Надо отметить, что доля аргинина в составе свободных аминокислот составляет 0,7–1,7 %. На втором месте по значимости для хвойных растений стоит глутаминовая и аспарагиновая кислоты. Их содержание в общем количестве аминокислот составляет 8–20,2 и 9,2–14,9 % соответственно.

Содержание свободных аминокислот в почвах разного генезиса под хвойными насаждениями зависит от содержания в них органического вещества. Распределение ами-

нокислот по профилю почв подвержено закономерности распределения органического вещества.

Преобладающими в составе аминокислотного пула исследуемых почв являются аспарагиновая и глутаминовая аминокислоты. В составе основных групп свободных аминокислот доминирующее место занимает группа моноаминокарбоновых кислот.

Состав аминокислотного пула почв зависит от ряда факторов, в том числе изученных нами – типа и степени увлажнения почв, возраста древесных насаждений.

Библиографический список

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1975. – 470 с.
2. Асеева, И.В. О биосинтезе свободных аминокислот микроорганизмами в почве / И.В. Асеева, Г.А. Великжанина // Почвоведение. – 1966. – № 1. – С. 48–55.
3. Асеева, И.В. Свободные аминокислоты в почве / И.В. Асеева, М.М. Умаров // Микроорганизмы в сельском хозяйстве. – М.: Изд. МГУ. – 1970. – С. 36–41.
4. Ефремов, А.Л. Содержание свободных аминокислот в почвах сосновых биогеоценозов на климатической трансекте (Белоруссия–Польша) / А.Л. Ефремов // Почвоведение. – 2000. – № 12. – С. 1481–1486.
5. Загуральская, Л.М. Микробная трансформация органического вещества в лесных почвах Карелии / Л.М. Загуральская. – СПб.: Наука, 1993. – 136 с.
6. Звягинцев, Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Авсеева, И.П. Бабьева и др. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 224 с.
7. Ивашкевич, Т.М. Свободные аминокислоты в почве / Т.М. Ивашкевич, В.Ф. Купревич, Т.А. Щербанова // Докл. АН БССР. – 1963. – Т. 7. – № 10. – С. 15–18.
8. Красильников, Н.А. Аминокислоты из микроорганизмов / Н.А. Красильников // Успехи современной биологии. – 1961. – Т. 52. – Вып. 2. – С. 31–38.
9. Купревич, В.Ф. О синтезе глутаминовой кислоты в почве / В.Ф. Купревич, Г.П. Цюпа, Т.А. Щербанова // Докл. АН БССР. – 1964. – Т. 8. – № 11. – С. 52–60.
10. Кураков, А.В. Микробиологическая трансформация азота в почве / А.В. Кураков, А.Л. Степанов. – М.: ГЕОС, 2007. – 138 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ В РУССКИХ РЕГУЛЯРНЫХ ПАРКАХ

М.Ф. МАКСИМЕНКО, *соискатель каф. ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства МГУЛ*

В течение ряда лет в нашей стране ведутся работы по восстановлению объектов садово-паркового искусства. Это царские резиденции, усадьбы крупнейшей знати и дворянские усадьбы, а также частновладельческие сады второй половины XIX – начала XX вв.

Восстановление исторических парков проводится на основе изучения архивных, литературных и иконографических материалов, а также натурного обследования территории. В результате определяется историческая планировка объекта, структура его пейзажей, состав и композиция насаждений. При этом наибольшую проблему представляет решение вопроса цветочного оформления, поскольку информация об ассортименте и приемах использования цветников недостаточно изучена либо отсутствует и часто носит случайный характер. Поэтому первостепенной задачей в решении вопроса цветочного оформления исторических парков является определение ассортимента цветочных и травянистых растений.

Анализ исторических источников в контексте истории садово-паркового искусства России позволил выявить этот ассортимент в хронологической последовательности.

Садоводство на Руси, как необходимая принадлежность хозяйства, известно с глубокой древности, при этом сад и огород обычно составляли одно целое. Наиболее ранним памятником древней письменности, в котором отведено место вопросам садоводства и огородничества в старинном русском быту, явился «Домострой», где приводятся рекомендации по выращиванию только садовых и огородных культур.

Обширные и богатые сады Москвы, принадлежавшие царской фамилии, также имели чисто хозяйственное значение.

Впервые информация о появлении лекарственных и декоративных растений относится к монастырским и митрополичьим садам. В последующем цветочные культуры вводятся в великокняжеские, боярские сады, а также сады

состоятельной части населения. В них использовались наиболее распространенные неприхотливые цветы: васильки, маки, колокольчики, фиалки, незабудки, ноготки, шиповник.

Царь Михаил Федорович первым стал украшать свой сад дорогими травами и растениями, и при нем же герцог Голштинский прислал с гамбургским купцом Петром Марцелиусом «бархатную» (махровую) розу. Розы эти хорошо принялись в царских садах, а затем появились там же различного рода иностранные растения, до сих пор неизвестные в Москве.

При Алексее Михайловиче сады, оставаясь преимущественно плодовыми, начинают приобретать характер увеселительных, в которых все больше места отводится цветам и чисто декоративным растениям.

Особенно славились Кремлевские сады, в том числе и верховые, которые он привел в цветущее состояние. Согласно переписи, произведенной в 1701 году, в них произрастали следующие цветочные растения: пионы красные, гвоздика, тюльпаны цветные, кроны (рябчики), нарциссы, лилеи желтые, шалфей, рута, зоря (любисток), рожица белая и красная, барбарис, серебряный (шиповник) красный и белый.

В ассортименте других московских садов упоминаются: божье дерево (полынь благоуханная), венцы, лилеи белые, рожи алые, мымрис, орлик, гвоздика душистая, репейчатая, филорожи, мята, касатик, калуфер (пижма бальзамическая), девичья красота, фиалки махровые и желтые, пижма, иссоп (не все названия растений, встречающиеся в исторических документах, идентифицированы) [1].

Кроме того, по описи кремлевских садов 1702 г., в набережных садах находилось 100 горшков с разными деревьями и цветами, которые выставлялись из «ранжерей» [2].

Таким образом, постройку первых в России «ранжерейных палат» надо отнести ко второй половине XVII столетия.

Богатством и разнообразием цветочного ассортимента славились и Кремлевские

патриаршие сады. Так, в 1676–1679 гг. для них были закуплены цветочные растения: тюльпаны, мак, бархаты красные и алые, гвоздика турецкая, шалфей, калуфер, пижма, рожи красные мореховатые, божье дерево, коруна рудожелтая, иссоп, мята немецкая, чабер, кроны, тимьян, бобы большие красные и т.д.

В первые годы царствования Алексей Михайлович не проявлял большого интереса к устройству и украшениям своих садов. Его внимание привлекали тогда лишь наиболее красивые из старых отцовских садов в Покровском и Коломенском.

Но в дальнейшем, избрав для нового большого загородного хозяйства село Измайлово, царь Алексей в 1666 г. заложил и ряд декоративных садов, которые составили славу русского садово-паркового искусства. Среди этих садов наиболее интересны Просьянский, Виноградный и Круглый, а также сад у Потешных палат. Каждый из них имел свой регулярный планировочный рисунок, композиционно увязанный с ассортиментом. Здесь встречаются боскеты из плодовых деревьев и кустарников и узорчатые партеры с душистыми растениями, травами и цветами, в составе которых упоминаются тюльпаны, нарциссы белые и золотистые, тимьян, майоран, сереборинник и т.д.

При этом, следуя традиции хозяйственной значимости сада, в рисунках цветников Измайлова использовались сельскохозяйственные культуры: горох, греча, овес, которые имели и декоративный эффект. Эти сады явились нововведением в России и быстро перенимались близкими по двору боярами. В своих усадьбах они также заводили разные заморские новшества, придавая и своим садам все более «увеселительный» характер. Все это говорит о коренном изменении к концу XVII в. старинного хозяйственного садоводства дворцовых и богатых усадебных садов в сторону замены его садоводством «увеселительным». Появляются первые оранжереи в садах ближних бояр и придворной знати.

Наряду с «увеселительными» садами продолжали существовать и «аптекарские огороды», предназначенные для выращивания лекарственных, пряных и эфиромасличных растений. Многие из них использовались не только в лечебных целях, но и в качестве

приправ, а также для приготовления духов. В аптекарских огородах в дальнейшем стали выращивать декоративные цветы и «ботанические» растения, т.е. дикорастущие виды отечественной и зарубежной флоры. На базе этих «аптекарских огородов» впоследствии возникли ботанические сады Москвы и Петербурга, развитие которых в последующем не прекращалось. Эти сады сыграли важную роль в развитии русского цветоводства.

С приходом Петра I начинается новый этап в истории садово-паркового искусства. Создаются парадные дворцово-парковые ансамбли, в которых цветники приобретают характер красочных партеров, их рисунок усложняется и ассортимент расширяется, приспособляясь к характеру цветников.

Первые достоверные сведения об устройстве больших партеров и цветников в дворцовых садах и парках относятся к началу XVIII в., когда Петр I строил новую столицу на берегах Невы, и одновременно началось строительство парков Летнего сада, Петергофа, Стрельны, Екатерингофа, Ораниенбаума, Гатчины, Царского села и др., отмеченные в истории садово-паркового искусства как сады Петровской эпохи. Однако следует отметить, что садам в Петербурге предшествует создание Лефортовских и Головинских садов на Яузе в Москве. Они явились своеобразным полигоном для формирования и развития приемов европейского садово-паркового искусства, блистательно воплощенных в Петербургских садах. Петр, выросший в садах Измайлова, Коломенского, Преображенского, вынес любовь к цветочным растениям и особенно душистым.

В разработке проектов петербургских садов и парков Петр I принимал живое участие. Сохранился набросок цветочного партера в Летнем саду, сделанный рукой Петра, с простым и строгим рисунком. Еще в начале устройства Летнего сада, в марте 1704 года, Петр пишет в Москву Тихону Стрешневу: «Как вы письмо получите, изволь, не пропуская времени всяких цветов в Измайлове, не помалу, а больше тех, как пахнут, прислать с садовником в Петербург» [3].

Эта любовь к душистым цветам, к ароматным травам переносится из старинных русских садов в новую резиденцию как одна из

традиционных черт. Есть сведения, что Летний сад в первые годы своего существования даже назывался «цветочным», благодаря четырем партерным цветникам, созданным голландским садовником Яном Розеном, на месте которых впоследствии были устроены четыре боскета.

В июне того же года, сообщая Стрешневу о взятии Нарвы, Петр пишет: «... цветы шесть кустов пионов привезли в целости» и высказывает сожаление, что «калуферу, мяты и многих душистых трав не прислано». А в 1706 году из Нарвы в Петербург отправляются красные и белые лилии и «душистый майоран». Также часто упоминаются иссоп, фенхель, портулак, шалфей, рута.

Душистые травы присутствуют во всех садах петровского времени. И для нового сада в Риге (Александршанц) требуются в первую очередь «4 куста пионов, 100 шт. белых и желтых нарциссов, 6 шт. махровой голландской гвоздики» и наряду с ними неуказанное количество мелисы, иссопа, шалфея, майорана, базилика. Этот ассортимент душистых трав – русская традиция, он нехарактерен для европейских садов, где эти травы высаживались среди огородных растений, а не на парадных местах. Имеются также указания Петра сажать душистые растения вблизи дорожек и зданий, то есть они вводятся в число основных растений наряду с декоративными.

Летний сад, первый из петровских садов Петербурга, по существу, стал образцом применения новых достижений в области садово-паркового искусства, своеобразным эталоном, демонстрировавшим все лучшее, что было создано в Европе и считалось целесообразным в условиях России.

Большое впечатление на Петра I произвели голландские сады, и не случайно первыми главными садовниками Летнего сада и Петергофа были приглашены именно голландцы – Ян Роозен и Леонард Ван Гарнихфельдт.

При Петре I сады приобретают регулярную планировку, соответствующую европейским садам конца XVII – начала XVIII вв. и особенно французским садам Версаля. Строгость геометрической планировки при разнообразной трактовке деталей, при обилии фонтанов, бассейнов и других водных устройств, обязательной скульптуре, крытых

аллеях, трельяжных беседках, высоких стриженных стенах была главным составляющим пышных регулярных садов барокко эпохи Людовика XIV. В этих садах важнейшая роль отводилась цветникам. Они представляли собой сложные композиции разнообразных рисунков из цветов, растущих в грунте, зеленого газона и инертного материала.

Четкость рисунка создавали бордюры из стриженного буксуса, обрамлявшие цветники или представляющие собой самостоятельный узор. Кроме цветов, а часто вместо них, вводились плоскости с зеленым газоном и инертным материалом (разноцветным песком, битым стеклом, углем и др.). Отдельные акценты этих цветочных композиций подчеркивались растениями в вазах и кадках. Появление кружевных партеров заставило обратить особое внимание на ассортимент цветочных растений.

В русских регулярных садах XVIII столетия в таких партерах цветам отводилась ведущая роль. Сохранился чертеж партера Монплезира, где рукой Петра I партер крестообразно разделен на четыре цветника с надписью «В сих четырех квадратах садить буксбмом (самшит) по приложенной фигуре и чтоб осажено было с краев, а в середине земля оставлена была бы на цветы» [3]. Это указание сразу определяет характер цветника.

Сохранилось и описание цветочного убранства партера Монплезира: «В Монплези́рском саду в цветниках, в четырех партерах обсажено около прямых и фигурных работ в две линии цветными луковицами нарцисами и простыми белыми яцентами (гиацинтами) длиною на три погонных сажени...» Далее упоминается, что в цветниках находятся «пеонов двойных, красных 32, розину... белого – 44, штамового розину китайского и простого – 5, ирияс (ирисы) «шункиди» кустов 18, ирияс ангостифолиум – кустов 6, ирияс грине – кустов 4, кандра полуста – кустов 2, урыпкула (примула) урзи кустов 2. Около четырех работ обсажено буковыми малыми кустами с двух сторон...» [3].

Дополняют эти сведения недавно обнаруженные документы, где приведены данные о летниках и двулетниках, употребляющихся постоянно после весенних луковичных цветов. Это документы садовников, требовавших цветочные семена, и даже отдельные записи самого

Петра I (все они рассыпаны среди документов о строительстве в «Книге о строениях»).

В ассортименте летников календула (ноготки), дигелла (нигелла), бальзамин, мальва, анитрум, астер (астра), настурция индика (настурция), левкоя (левкой), скабиоза (скабиоза), конвольвульвус (вьюнок), флос перпетуа, амарант. Также использовались двулетники и многолетники: питармика (ахиллея птармика), белис арбореон (маргаритки), фиолис патернали (гесперис), кампанула (кампанула), сопонария, аконит, аквилегия, люнария, лихнис хальцедоника, коронария, зулидагу (солидаго), енциана (горечавка) [3].

Кроме вышеперечисленных в заказах для Петергофа и Стрельны, направляемых европейским садовникам, упоминаются такие растения, как шпикандр (лаванда), сиринга испаника, розы, клематис флоре плену, роза центифолия флора лета (т.е. желтыми цветами), желтые фиолы (лакфиоль), розмарин, фейль (левкой), пеоны, тюльпаны, тоберозы, кампанула, мартагон, примула верис, рабарбас (ревень), крокусы [4]. Главенствующее положение в ассортименте цветов занимали розы и луковичные растения.

Использование буксуса для обсадки цветочного рисунка в цветниках «бродери» не дало положительного результата в климатических условиях России. В качестве замены использовались можжевельник, сереборинник, барбарис, а также, по указанию Петра, брусника. Тем не менее самшит продолжали выписывать в огромных количествах.

Древесная растительность в партерных частях сада была представлена обычно только небольшим количеством растущих в грунте деревьев с фигурно подстриженными кронами. Большую же часть деревьев, украшавших сады в летние месяцы, составляли иноземные растения, такие как померанцевые, миртовые, лавровые и т.п., которые в климатических условиях средней и северной Европы зимой должны были содержаться в отапливаемых помещениях, оранжереях и только с наступлением теплого времени выносились в сад в кадках, фаянсовых или чугунных вазах и расставлялись вокруг партеров и цветочных клумб.

Регулярные сады характерны для России I половины XVIII в. Это пышные двор-

цово-парковые ансамбли Петербурга, такие как Петергоф, Стрельна, Ораниенбаум, Екатерингоф, и подмосковные усадьбы Кусково, Архангельское, Анненгоф. Именно для них и поставлялся привезенный выше ассортимент. И если вначале он характеризуется некоторой ограниченностью культур, то со временем происходит расширение ассортимента, главным образом за счет новых сортов, а также путем использования новых видов летников и многолетников. Так, в составе растений, приобретенных для Головинского сада в 1730 г., встречаются следующие новые культуры: адонис, аурикула, антирринум, гесперис, душистый горошек, люпин, хризантема, мальва, мак, скабиоза, тагетес, маргаритки, настурция [5].

Во всех садах этого времени преобладают летники, способные держать цветочный рисунок партера. Объемы закупок возрастают и измеряются не единицами, а сотнями и тысячами.

Сложившийся ассортимент декоративных растений стал одновременно и источником их размножения. Это укрепило необходимость формирования своих оранжерейных хозяйств, в которых содержались не только редкие коллекционные виды, но и выращивалась рассада для открытого грунта.

Таким образом, в России за сравнительно короткое время сложилось отечественное цветоводство.

Библиографический список

1. Забелин, И.Е. Московские сады в XVII столетии / И.Е. Забелин // Журнал садоводства. – Т.2. – М., 1856. – С. 116–122.
2. Кожин, А.Е. Исторический очерк оранжерейного и тепличного разведения растений в России в XVII–XIX столетиях / А.Е. Кожин // Тр. Ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР. Вып.4. – Л., 1955. – С. 30.
3. Тихомирова, М.А. О восстановлении русских регулярных садов петровского времени / М.А. Тихомирова // Восстановление памятников культуры (Проблемы реставрации). – М., 1981. – С. 133.
4. Базилевская, Н.А. Из истории декоративного садоводства и цветоводства в России / Н.А. Базилевская // Тр. Института истории естествознания и техники. – Т. 24. – М., 1958. – С. 116.
5. Сведения о московских и подмосковных садах в XVIII и XIX ст. / И.Е. Забелин // Опыты изучения русских древностей и истории: исследования, описания и критические статьи. – Ч. II. – М., 1873. – С. 321–324.

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВКАХ

А.Ю. ТИМОХИН, *асс. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ*

В процессе лесозаготовок при различном сочетании технологических и переместительных операций работающих лесосечных машин и оборудования, а также при перемещении лесоматериалов происходит повреждение леса. Механические повреждения наиболее значимы при проведении рубок. Даже идеально спланированные и проведенные с выполнением всех лесоводственных требований рубки приводят к нарушению сложившегося равновесия леса и прилегающего пространства. Любое отступление от лесоводственных требований при проектировании рубок или некорректная, технически и технологически несовершенная реализация усугубляют негативные последствия, увеличивая степень повреждений.

Основным управляемым фактором, определяющим риски ущерба в результате рубок, являются параметры технологических процессов. Разработка новых технологий рубок и создание систем машин для их реализации не может осуществляться только с учетом технической и технологической эффективности. Необходимость комплексного подхода вызвана все возрастающим значением экологических и социальных функций леса на фоне возрастающей степени механизации работ. При этом не всегда, или только частично, учитывается негативное воздействие лесосечных работ на лесную среду [1].

При сравнении технологических процессов и их оценке следует учитывать меру опасности повреждения элементов леса, в результате которой неизбежен ущерб, связанный со снижением эффективности выполнения лесом всех функций. Место выполнения технологических операций, а значит и вид перемещаемых лесоматериалов в процессе формирования трелевочных пакетов и при трелевке наряду с другими характеристиками технологических процессов оказывает влияние на вероятность и степень повреждения элементов леса (таблица).

Т а б л и ц а

Технологический процесс лесосечных работ

Вывозимые лесоматериалы	Номер	Место выполнения операции		
		пасака	волок	верхний склад
Деревья	1	В-С,	П, Т,	Ш-Пг
	2	В-	П, Т,	С, Ш-Пг
	3	С, В-	П, Т,	Ш-Пг
	4	В-С, П-	Т,	Ш-Пг
	5	В, С,	П-Т,	Ш-Пг
	6	В, П, -	Т,	Ш-Пг
	7	С, В, Пг	Т	Ш-Пг
Хлысты	8	В-С,	П, Т-	О, С-Ш
	9	В-	П, Т-	С, О, Ш-Пг
	10	В-	П, Т,	С-О, Ш-Пг
	11	В, – О-	П, Т,	С, Ш-Пг
	12	В-	П-О-Т,	Ш-Пг
	13	В, С,	П-Т,	Ш-О-Пг
	14	В, П -	С, О, П-Т,	Ш-Пг
Сортименты	15	В-С,	П, Т-	О, Р, С, – Ш-Пг
	16	В-	О, Р, С, П-С, Т,	С, Ш-Пг
	17	В, О, Р, С, П-	С, Т	С, Ш-Пг
	18	В, П-	О, Р, П-С, Т,	С, Ш-Пг
	19	В, П-	Т-	О, Р-С, Ш, Пг
	20	В,	О, Р, С, П-Т,	С, Ш-Пг

Примечание: В – валка, П – пакетирование, Т – трелевка, О – очистка деревьев от сучьев, С – сортировка, Р – раскряжевка, Ш – штабелевка, Пг – погрузка. Операции, выполняемые одной машиной, перечисляются через запятую, а операции, выполняемые различными машинами, – через дефис.

В основном в процессе рубок повреждаются деревья, оставляемые на доращивание при несплошных рубках, подрост предварительной генерации и почва вместе с напочвенным покровом. Повреждения происходят главным образом при валке и перемещении деревьев или их частей на волок при сборе пачки и дальнейшей трелевке. При валке повреждаются кроны и стволы деревьев, оставляемых на доращивание, в результате соударения с вырубаемыми деревьями. При трелевке повреждаются стволы и корневые системы деревьев, причем эти повреждения возникают в результате взаимодействия с перемещаемыми лесоматериалами, ЛЗМ и обо-

рудованием. Корневые системы повреждаются при этом в надземной части. Повреждение, включая обрывы расположенных в почвенных горизонтах корней, возможно в процессе колееобразования.

При машинном способе лесозаготовок существенно изменяется микрорельеф, строение почвы, ее физические и другие свойства. Эти изменения зависят от сезона рубок, способа трелевки и применяемых машин, организации лесосечных работ, механического состава и влажности почвы и пр. При проведении лесозаготовительных работ в бесснежный период эти свойства проявляются еще сильнее. Микрорельеф оказывает существенное влияние на лесовосстановление. В процессе трелевки на лесосеке образуются микропонижения и микровозвышения, изменяются строение и расположение верхних почвенных горизонтов.

Степень воздействия трелевки на изменение свойств почвы зависит от механического состава и влажности, рельефа и ряда других особенностей лесосеки. Под действием трактора волок со временем приобретает корытообразную форму с заметными углублениями в местах прохождения гусениц или колес; по бокам образуются возвышения-валики из сдвинутых органических остатков и минеральной части почвы. При этом резко уменьшается капиллярная и некапиллярная скважность почвы, что, в свою очередь, приводит к ухудшению водного, воздушного и теплового режимов.

В районах с влажным климатом для успешного произрастания леса особенно важно наличие кислорода в почве и хорошая аэрация. С уменьшением общей порозности и некапиллярной скважности аэрация почв ухудшается. Смешанный горизонт на поверхности волок со временем под действием трелевочного трактора перетирается и измельчается и даже при малом количестве осадков расплывается в жидкую грязь. На боковых же частях волок физические свойства почвы благоприятны для развития древесных пород, так как почвенные частицы под воздействием трелевки перераспределены иначе.

В других районах температура приземного слоя воздуха и почвы на волоках не-

сколько иная, чем на участках, не подвергавшихся воздействию трелевки. На трелевочных волоках из-за отсутствия подстилки почва промерзает на большую глубину и медленнее оттаивает. Это способствует возникновению поверхностного стока и, следовательно, снижению водорегулирующей роли леса [2].

На появление и рост древесных пород оказывают влияние также микрорельеф, физические и химические свойства почвы, которые изменяются в процессе трелевки. Наблюдения на пробных площадях показывают, что на участках, где была проведена трелевка, всхожесть древесных пород значительно больше, причем особенно много всходов на пасечных волоках.

При проведении постепенных и выборочных рубок ухудшаются водно-физические свойства почвы и повреждаются корневые системы, вследствие чего прирост деревьев близ волоков уменьшается на 20–30 % и более по сравнению с приростом у деревьев, растущих вдали от волоков; особенно резко снижается прирост, если трелевку проводить в сырую погоду.

Успешное восстановление вырубок древесными породами и сохранение водоохранно-защитных функций леса могут быть обеспечены при соблюдении лесоводственных требований на лесозаготовках.

Из вышеизложенного следует, что одни и те же факторы оказывают влияние на механические повреждения элементов леса, следствием которых является ущерб. Причем влияние отдельных факторов и групп факторов на степень повреждения следует рассматривать только в рамках сложной системы, включающей природопроизводственные процессы лесовыращивания и лесосечных работ.

Библиографический список

1. Герц, Э.Ф. Теоретическое обоснование технологической рубки с сохранением лесной среды (на примере Уральского региона): автореф. дисс. ... д-р техн. наук / Э.Ф. Герц. – Екатеринбург, 2004. – 45 с.
2. Побединский, А.В. Рубки главного пользования / А.В. Побединский. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 192 с.
3. Шелгунов, Ю.В. Технология и оборудование лесопромышленных предприятий: Учебник / Ю.В. Шелгунов, Г.М. Кутуков, Н.И. Лебедев. – М.: МГУЛ, 2001. – 589 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОХОДОВ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ ПО ВОЛОКАМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ МАШИН НА ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТАХ

М.А. ПИСКУНОВ, *ст. преподаватель каф. технологии и оборудования лесного комплекса ПетрГУ, канд. техн. наук*

Использование трелевочных тракторов на грунтах с низкой несущей способностью часто не позволяет обеспечить максимальную производительность работы при номинальных нагрузках и скоростях движения; иногда трактора простаивают из-за интенсивного разрушения почво-грунта на волоках, когда глубина колеи превышает величину клиренса трактора. Движение в глубокой колее также приводит к увеличению сопротивления движению трактора. Кроме этого возникают негативные последствия экологического характера, связанные с образованием глубокой колеи и переуплотнением почвы, что приводит к нарушению воздушного режима и дренированности почвы, заболачиванию волоков, повреждению корневой системы оставляемых деревьев на несплошных рубках и др.

Обширные исследования в области взаимодействия движителей тракторов с лесным почво-грунтом, проведенные к настоящему периоду ведущими специалистами лесного комплекса [1–4], показывают, что модели, описывающие процессы разрушения почвенного покрова, образования колеи, уплотнения почво-грунтов, включают параметры, характеризующие свойства почво-грунта (несущая способность, модуль деформации) и технические характеристики трактора (давление трактора на грунт, диаметр эквивалентного круга). Особенности работы трелевочных тракторов, выражающиеся в многократном проходе машины по одному следу, в этих моделях представлены в виде связи глубины колеи или уплотнения почвы с количеством проходов трактора, совершенных по одному следу. Связь глубины колеи или плотности почвы с количеством проходов носит в основном логарифмический или линейный характер.

Свойства почво-грунта и технические характеристики тракторов, оказывающие влияние на процессы образования колеи или

уплотнение почвы, могут рассматриваться как факторы, которыми лесозаготовителю при организации лесосечных работ достаточно сложно управлять.

Так, управление свойствами почво-грунта носит лишь косвенный характер и ограничивается подбором лесосек с грунтами, обладающими лучшими свойствами, в периоды, наиболее неблагоприятные для лесосечных работ (периоды распутицы), или наоборот, подбором лесосек с грунтами, обладающими худшими свойствами для разработки в зимний период. Либо вводятся специальные меры, связанные с укреплением волоков поперечным настилом из тонкомерной древесины или лесосечными отходами.

Управление техническими характеристиками трелевочных тракторов для уменьшения разрушения почво-грунтов также практически невозможно, поскольку лесозаготовители имеют дело с теми типами машин, которые предлагаются на рынке в текущий момент, созданными на основе уже накопленного опыта в технике, технологии, организации производства. В этой ситуации лесозаготовители могут лишь рекомендовать те или иные решения на перспективный период для новых образцов техники. Тем не менее, при анализе результатов проведенных исследований, а также дополнительных теоретических и экспериментальных исследований автора [5] проходы трелевочного трактора рассматриваются как параметр, посредством которого лесозаготовители получают более широкое поле для влияния на процессы колееобразования или уплотнения почвы при планировании и организации лесосечных работ.

Так как на лесосеке всегда есть участки с разной несущей способностью грунтов [6], то очевидно, что на участках с более высокой несущей способностью имеет смысл сосредотачивать большее количество проходов трелевочного трактора.

В данной работе приводятся результаты теоретических исследований, на основе которых лесозаготовитель способен воздействовать на процессы колееобразования или уплотнения почвы на лесосеке посредством перераспределения проходов лесных машин по лесосеке, а это, в свою очередь, происходит за счет организации лесосечных работ, то есть изменения схемы размещения трелевочных волоков, способов разработки пазок, расположения погрузочного пункта, способов трелевки и др.

При движении трелевочного трактора по пасечному волоку в процессе выполнения лесосечных работ волок представляет собой совокупность участков, длина которых, в общем случае, совпадает с длиной участка набора пачки трелевочного трактора l_n . Очевидно, при длине пасечного волока $L_{тр}$ число участков набора пачки, укладываемых по длине волока $n = L_{тр} / l_n$. Трелевочный трактор должен совершить минимум 2 прохода для перемещения пачки на погрузочный пункт (порожний проход и проход непосредственно при трелевке пачки). Как правило, движение трактора с пачкой осуществляется по тому же самому пути, по которому трактор приехал для набора пачки. Тогда количество проходов для самого нагруженного участка волока – $N_{T1} = 2L_{тр} / l_n$ или $N_{T1} = 2n$. Самым нагруженным участком пасечного волока будет участок, который примыкает к магистральному волоку.

Если разница между количеством проходов, приходящихся на каждый последующий участок, при удалении от магистрального волока и количеством проходов, приходящихся на предыдущий участок, равна 2, то в этом случае распределение проходов по длине волока представляет собой арифметическую прогрессию с разностью прогрессии, равной 2, где n – количество членов прогрессии, N_{T1} – первый член прогрессии.

Если по длине пасечного волока ($L_{тр}$) укладывается целое число участков набора пачки (l_n) и разница в количестве проходов между соседними участками равна 2, то, используя основные формулы арифметической прогрессии, количество проходов для произвольного участка волока представим в виде:

$N_{Ti} = (2L_{тр} / l_n) - 2(L_i / l_n - 1)$, где L_i – расстояние от начала волока до i -го участка, включительно, м; $L_i = L_{i-1} + l_n, i = 1, 2, \dots, n$.

Таким образом, распределение проходов по длине пасечного волока складывается непосредственно из проходов трелевочного трактора, а также участков волока, по которым осуществляются эти проходы, причем каждый член из числового ряда проходов характеризует количество проходов, приходящееся на участок пасечного волока определенной длины. Представим данные выводы в виде

$$F = \begin{cases} N_{T1}, L \in (0; l_n) \\ N_{T2}, L \in (l_n; 2 \cdot l_n) \\ \dots \\ N_{Tn}, L \in ((n-1) \cdot l_n; L_{mp}) \end{cases},$$

где $L_{тр}$ – длина пасечного волока, м.

Магистральный волок, при движении по нему трелевочного трактора в процессе выполнения лесосечных работ, рассматривается как совокупность участков. Длина этих участков определяется расстоянием между пасечными волоками (ширина пазки) или расстоянием между точками примыкания пасечных волоков к магистральному, например при диагональной планировке лесосеки.

Количество проходов, приходящееся на участок магистрального волока, и разница в количестве проходов между соседними участками определяется количеством проходов, которые совершаются лесными машинами по пасечным волокам.

При исследовании формирования и распределения проходов по магистральным волокам рассмотрим общий случай, когда пасечные волока располагаются по отношению к магистральному волоку только с одной стороны. Выделим два типичных случая:

1 случай – количество проходов трелевочного трактора по каждому из примыкающих к данному участку магистрального волока пасечных волоков одинаково, то есть длина всех пасечных волоков одинакова. Расстояние между волоками также не изменяется.

2 случай – количество проходов по каждому пасечному волоку отличается, то есть длина пасечных волоков разная.

Рассмотрим 1 случай.

Разбивая магистральный волок на участки по числу примыкающих пасечных волоков, определяем число проходов для первого участка магистрального волокна – самого ближнего к погрузочной площадке

$$N_{T_1}^M = k N_{T_1},$$

где k – количество пасечных волоков, примыкающих к магистральному волоку.

Число проходов для произвольного участка магистрального волокна

$$N_{T_j}^M = k N_{T_1} - (j - 1) N_{T_1},$$

где j – порядковый номер участка при расчете в сторону от погрузочной площадки.

Рассмотрим 2 случай.

Количество проходов для первого участка магистрального волокна

$$N_{T_1}^M = \sum_{i=1}^k N_{T_i}.$$

Количество проходов для произвольного участка магистрального волокна

$$N_{T_j}^M = \sum_{i=j}^k N_{T_i}.$$

Представим распределение проходов для обоих случаев в общем виде

$$F^M = \begin{cases} N_{T_1}^M, & L_M \in (0; B) \\ N_{T_2}^M, & L_M \in (B; 2 \cdot B) \\ \dots \\ N_{T_k}^M, & L_M \in ((k-1) \cdot B; L_{mp}^M) \end{cases},$$

где B – расстояние между пасечными волоками или точками примыкания пасечных волоков к магистральному при диагональной схеме планировки лесосеки, м;

L_{mp}^M – длина магистрального волокна, м.

Рассмотрим особенности формирования и распределения проходов трелевочных тракторов по пасечным и магистральным волокам для участка лесосеки при использовании различных систем машин. Рассмотрим следующие системы машин: харвестер + форвардер; валочно-пакетирующая машина (ВПМ) + скиддер (пачкоподборщик); бензопила + трактор с канатно-чокерным оборудованием; бензопила + бесчокерный трактор (трактор с манипулятором).

В качестве общих для всех систем машин принимаем исходные данные: запас леса

200 м³/га; длина пасечного волокна 200 м; пасечные волокна одинаковой длины. При построении распределений проходов считаем, что трелевочный трактор при наборе пачки всегда движется по волоку (для некоторых схем разработки лесосек, представленных в данной работе, при наборе пачки трактор может сходить с волокна, а после формирования пачки выезжать опять на волок).

Система машин: харвестер + форвардер. Особенности технологии заготовки сортиментов на лесосеке широко представлены в работах специалистов отрасли. Выделим только те особенности, которые будут оказывать влияние на распределение проходов по волокам. При заготовке сортиментов трелевочный трактор – форвардер, последовательно двигаясь по волоку, осуществляет сбор и погрузку сортиментов с обеих полупасек. Сбор и погрузка осуществляется до тех пор, пока полностью не набран воз трактора, ограниченный по объему сортиментов или по грузоподъемности. Ширина полупасеки ограничивается вылетом манипулятора харвестера (8–12,5 м). Определим длину участка набора пачки на пасечном волоке при вылете манипулятора харвестера 12,5 м. Очевидно, что при использовании машин с разными техническими характеристиками (вылет манипулятора, грузоподъемность и др.) вид распределения проходов будет меняться. В данной работе рассматриваются особенности формирования проходов в целом для систем машин при некоторых заданных условиях и грузоподъемности трактора 10 м³ с использованием рекомендации – [7] $l_n = (V_n \cdot 10^4) / b_n \cdot q = 10 \cdot 10^4 / 25 \cdot 200 = 20$ м. На каждый участок набора пачки приходится 2 прохода: один порожний, один с грузом. Разница в количестве проходов для соседних участков составляет 2 прохода. Распределения проходов представлены на рис. 1, а.

Как правило, при сортиментной технологии осуществляется сортировка. Рассмотрим особенности распределения проходов при наборе сортиментов, разделенных на две сортировочные группы. Запас сортиментов первой группы составляет 120 м³/га, запас сортиментов второй группы – 80 м³/га. Длина участка набора пачки для первой группы

$l_{II} = 50$ м, для второй – $l_{II} = 33,3$ м. Результирующее распределение проходов по пасечному волоку складывается из двух распределений. Вид результирующего распределения представлен на рис. 1, б.

Система машин: ВПМ + скиддер. Особенности использования данной системы машин заключаются в том, что ширина пасеки, обрабатываемой валочно-пакетирующей машиной за один проход, составляет от 13–15 м [8] до 18 м [9], то есть ширина пасеки получается значительно меньше, чем в предыдущей схеме. Размеры участка набора пачки определяются максимальным вылетом манипулятора ВПМ. Используем рекомендации [7] для определения размеров площадки леса, обрабатываемой с одной рабочей позиции ВПМ круговой зоны без подготовки прохода. Ширина разрабатываемой ленты $\Delta = 2 \cdot l_M \cdot \cos\alpha = 2 \cdot 9,4 \cdot \cos 30^\circ \approx 16$ м, здесь $l_M = 9,4$ м – максимальный вылет манипулятора, принят для ВПМ марки МЛ-135; $\alpha = 30^\circ$ – угол, относительно оси поворота машины, при котором машина работает на максимальном вылете.

Площадь площадки леса $S = 2 \cdot l_M \cdot \cos\alpha \cdot (l_M - c) = 2 \cdot 9,4 \cdot \cos 30^\circ \cdot (9,4 - 4) \approx 87$ м², здесь с

– расстояние от оси поворота манипулятора до ближайшего дерева принято равным минимальному вылету манипулятора ВПМ марки МЛ-135. Объем пачки, формируемой при валке деревьев, находящихся в пределах данной площади, при равномерном распределении древостоя и запасе 200 м³/га равен 1,7 м³. Расстояние между соседними стоянками ВПМ принимаем равным 5,4 м, что соответствует разнице между максимальным и минимальным вылетом манипулятора машины. Для таких условий объем формируемой пачки с одной стоянки ВПМ значительно меньше максимального объема пачки трактора по техническим условиям (ТЛК 4-01 – 7 м³). Если требований по сохранению подроста нет, то с целью полного использования грузоподъемности трактора применяют прием сдваивания пачек – [9]. В рассматриваемом случае построим распределение проходов: средний объем трелюемой пачки, сформированной из 4 пачек, составляет 6,8 м³. Длина участка набора пачки по пасечному волоку, которая складывается из расстояний между соседними стоянками ВПМ, равна 20 м. Распределение проходов по волокам представлено на рис. 2, а.

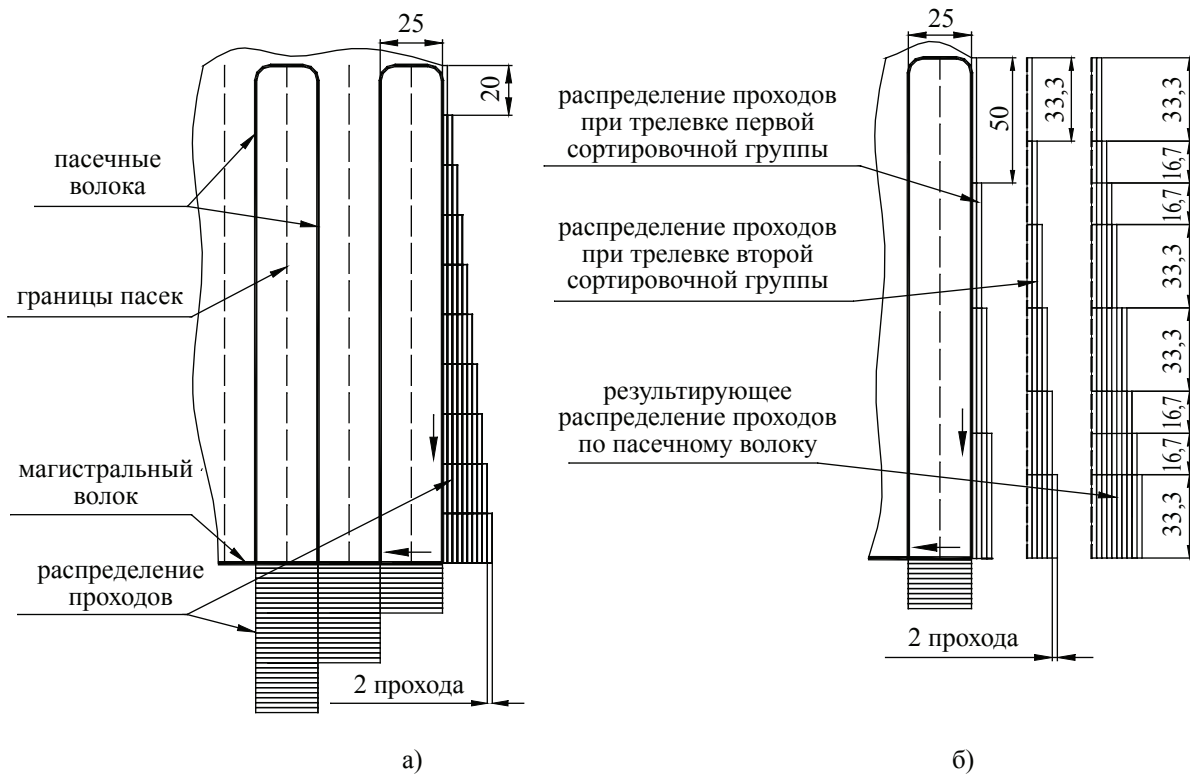


Рис. 1. Пример распределения проходов для системы машин харвестер + форвардер

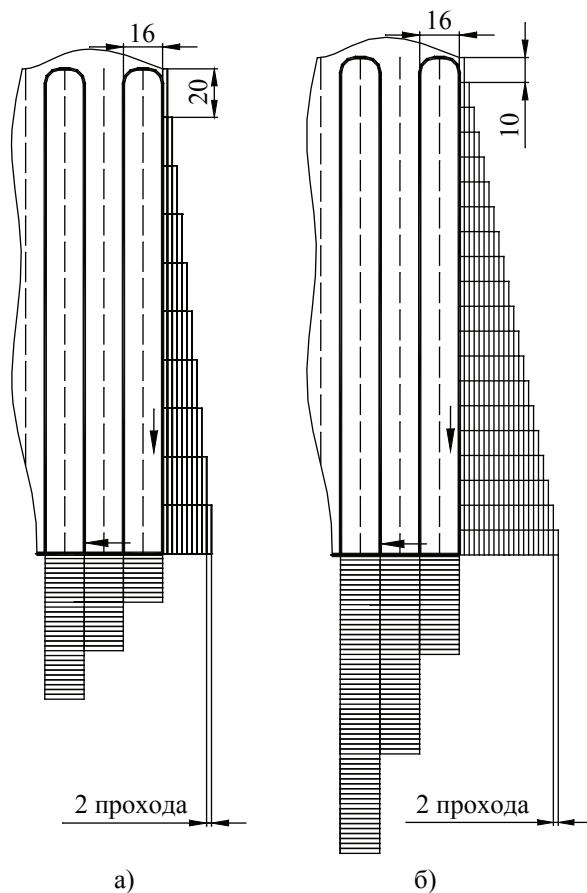


Рис. 2. Пример распределения проходов для системы машин ВПМ + скиддер

Если при работе ВПМ необходимо выполнить требование по сохранению подроста, то пачки формируются сзади по оси волока ВПМ. Маневры трелевочного трактора ограничены требованием сохранности подроста, поэтому трактор преимущественно должен двигаться по следу ВПМ. Средний объем трелеваемой пачки трактора здесь меньше, и при формировании пачки с двух стоянок ВПМ будет составлять для рассматриваемых условий $3,4 \text{ м}^3$. Длина участка набора пачки будет равна 10 м. Распределение проходов по волокам при выполнении требования сохранности подроста представлено на рис. 2, б. Если рассматривать формирование проходов при среднем запасе $250 \text{ м}^3/\text{га}$, то картина проходов будет аналогична, но средний объем пачки трелевочного трактора, сформированной с двух стоянок ВПМ, будет равен $4,4 \text{ м}^3$.

Система машин: бензопила + трактор с канатно-чокерным оборудованием. Существуют различные схемы разработки пашек. Особенности использования данной системы

машин представлены во многих учебных пособиях и монографиях [7, 8, 10]. Рассмотрим наиболее показательные схемы.

Разработка пашек без сохранения подроста с трелевкой деревьев за вершину. Ширина пашек принимается 45–50 м. Полупашеку делят на ленты шириной 8–10 м. При работе трактора с канатно-чокерным оборудованием расстояние оттаскивания каната ограничивается длиной 25 м – [9], количество чокеров 12–20 [8]. Как показали натурные исследования, при оттаскивании каната на 25 м объем пачки, формируемый с ленты, значительно меньше грузоподъемности трактора. Трактор заходит вглубь волока несколько дальше места расположения первого поваленного хлыста или дерева, на расстояние достаточное, чтобы, двигаясь по волоку в сторону верхнего склада, набрать максимальный объем пачки. В данном случае по отношению к первому поваленному дереву на расстояние 25 м. При небольшом среднем объеме хлыста трактор оснащается дополнительным количеством чокеров. Построим распределение проходов по волокам при ширине пашеки 50 м, ширине ленты 10 м и использовании трелевочного трактора марки ТЛТ-100 с максимальным объемом трелеваемой пачки 10 м^3 . Длина участка набора пачки при условии набора максимальной пачки составит 50 м. Распределение проходов по пасечному волоку будет результирующим от распределений проходов по волоку при разработке каждой отдельной ленты. Вид распределения представлен на рис. 3, а.

Схема разработки пашеки при наличии жизнеспособного подроста с трелевкой деревьев за вершину. В этом случае ширина пашеки составляет 25–30 м и трелевочный трактор работает только на волоке. Построим распределение проходов по волокам при ширине пашеки 30 м и ширине ленты 10 м. Вид распределения представлен на рис 3, б.

Разработка пашек без сохранения подроста с трелевкой деревьев за комель. Этот способ отличается от способа трелевки за вершины тем, что ширина ленты не должна превышать разбега комлей в 6–8 м. Построим распределение проходов по волокам при ширине пашеки 44 м, ширине первой ленты 8 м, ширине остальных шести лент 6 м.

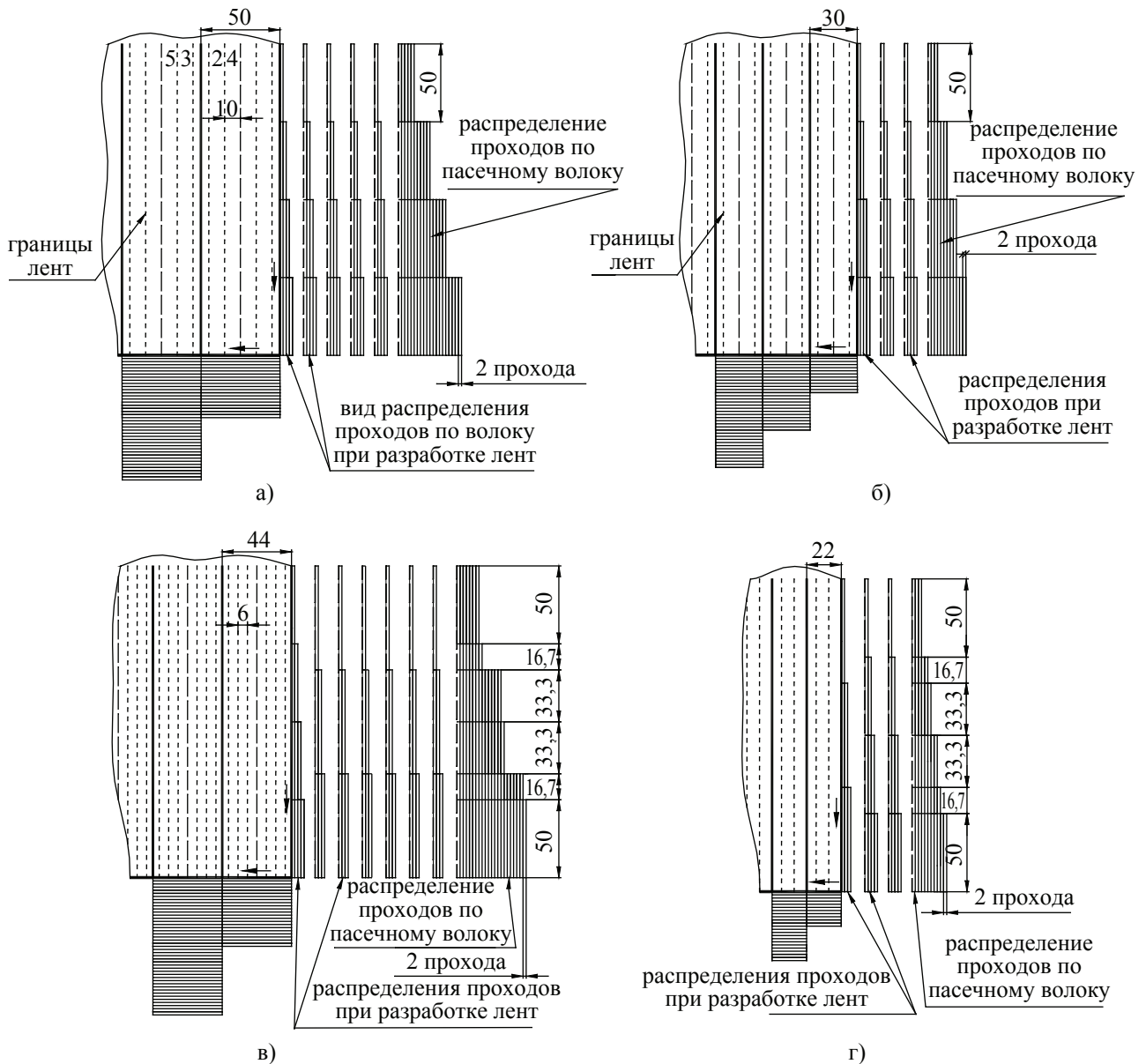


Рис. 3. Пример распределения проходов для систем машин бензопила + трактор с канатно-чокерным оборудованием и бензопила + трактор с манипулятором

Распределение проходов по волокам представлено на рис. 3 в, при условии, что трелевочный трактор набирает максимальный объем пачки (для ТЛТ-100 максимальный объем пачки при трелевке за комли составляет 8 м^3). Длина участка набора пачки для первой ленты 50 м, для второй – 66,7 м.

Система машин: бензопила + трактор с манипулятором. Особенности распределения проходов по волокам для данной системы машин связаны с максимальным вылетом манипулятора. Рассмотрим распределение проходов по волокам при работе трактора ТБ-1М-15. Использование данного типа трактора харак-

теризуется тем, что трактор формирует пачку из деревьев или хлыстов, расположенных в основном слева по ходу движения трактора. Распределение проходов трактора при трелевке деревьев за вершины при ширине пасеки 25–35 м и максимальном объеме пачки 10 м^3 будет иметь такой же вид, как распределение проходов, представленное на рис. 3, б. При трелевке за комли, если пачки формируют манипулятором с одной стороны по ходу движения трактора, ширина пасеки составляет для трактора ТБ-1 10–15 м [8]. Максимальный вылет манипулятора ТБ-1М-15 составляет 8 м. Такой вылет манипулятора

позволяет разрабатывать ленты шириной до 8 м. Построим распределение проходов при ширине пасаки 22 м. Деревья валят лентами: ширина первой ленты 6 м, второй и третьей лент – 8 м. Длина участка набора пачки соответственно 66,7 м и 50 м. Трактор набирает максимальный объем пачки. При трелевке за комли для трактора ТБ-1М-15 максимальный объем равен 8 м³. Вид распределения представлен на рис. 3, г.

В работе представлены теоретические расчеты распределения проходов трелевочных тракторов по волокам при использовании на лесозаготовках различных систем машин. Эти расчеты показывают, что для каждой системы машин распределение проходов по длине пасечного и магистрального волока обладает особенностями. Эти особенности выражаются в том, что при рассмотрении волока, состоящего из отдельных участков, длина этих участков, как и число проходов, на них приходящихся, отличается для разных систем машин, то есть совокупность этих участков и проходов формирует для каждой системы машин свой вид распределения.

Так как есть связь между количеством проходов и параметрами, которые оценивают разрушение почво-грунта, следовательно, распределение проходов по всем волокам связано с распределением параметров разрушения почво-грунта по лесосеке (уплотнение почвы, образование колеи и др.). Помимо традиционных подходов при моделировании процессов взаимодействия движителя машины с грунтом, необходимо учитывать совокупность факторов, относящихся к технологии лесосечных работ, которая также влияет на процессы деформации почво-грунта, и это влияние распространяется в границах всей лесосеки, а не только отдельно взятого участка транспортного пути.

На основе представленных в данной работе положений ведущие инженеры, специалисты производственных отделов могут осуществлять моделирование распределения проходов по лесосекам, подбирая наиболее приемлемые системы машин или способы организации разработки пасаек, схемы волоков, расположение погрузочного пункта, исходя из специфики распределения свойств поч-

во-грунтов по лесосекам. Также совместно с экономистами осуществлять планирование затрат на вспомогательные работы, связанные с укреплением волоков, уточнять нормы выработки на трелевку при изменяющихся в широких пределах свойствах почво-грунта на первичных путях транспорта леса.

Результаты работы также будут полезны для научных сотрудников, которые занимаются проблемами совершенствования лесосечных работ.

Библиографический список

1. Бит, Ю.А. Влияние движителя трактора на почвенно-растительный слой лесосеки / Ю.А. Бит и др. // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: межвуз: сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1991. – С. 3–5.
2. Бит, Ю.А. К вопросу о колееобразовании и уплотнении трелевочного волока / Ю.А. Бит, И.В. Григорьев, О.И. Григорьева // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: межвуз: сб. науч. тр. – СПб.: СПбГЛТА, 2002. – С. 38–45.
3. Ильин, Б.А. Прочностные расчеты ездовых поверхностей первичных путей лесотранспорта / Б.А. Ильин // Лесосечные, лесоскладские работы и сухопутный транспорт леса: сб. науч. трудов. – Л.: РИО ЛТА, 1976. – Вып. 5. – С. 49–53.
4. Лапшин, В.А. Улучшение работы машин на грунтах с низкой несущей способностью / В.А. Лапшин // Лесозаготовка и лесосплав: экспресс-информация. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987. – Вып. 19. – С. 2–22.
5. Пискунов, М.А. Повышение эффективности лесосечных работ путем рационального использования образующихся на лесосеке древесных отходов: автореф. канд. ... техн. наук / М.А. Пискунов; Петрозаводский гос. ун-т. – Петрозаводск, 2006. – 20 с.
6. Высотин, Н.Е. Определение оптимальных трасс трелевочных волоков при сплошных рубках / Н.Е. Высотин, И.В. Григорьев, О.И. Григорьева // Лесосечные, лесоскладские работы и транспорт леса: межвуз: сб. науч. тр. – СПб.: СПбГЛТА, 2002. – С. 55–61.
7. Кочегаров, В.Г. Технология и машины лесосечных работ: учебник для вузов / В.Г. Кочегаров, Ю.А. Бит, В.Н. Меньшиков. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 392 с.
8. Шелгунов, Ю.В. Лесозаготовка и транспорт леса: учебник для вузов / Ю.В. Шелгунов, А.К. Горюнов, И.В. Ярцев. – М.: Лесная пром-сть, 1989. – 520 с.
9. Шегельман, И.Р. Техника и технология лесосечных работ: учебное пособие / И.Р. Шегельман, В.И. Скрыпник, О.Н. Галактионов. – Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского гос. ун-та, 2004. – 228 с.
10. Виногоров, Г.К. Лесосечные работы / Г.К. Виногоров. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 272 с.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ МАШИНЫ ДЛЯ УХОДА ЗА ЛЕСНЫМИ КУЛЬТУРАМИ КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ

А.А. КОТОВ, доц. каф. механизации лесохозяйственных работ МГУЛ, канд. техн. наук

В питомниках и культурах актуальной задачей является регулирование состава растительных ассоциаций. Такие работы в лесном хозяйстве являются наиболее распространенными. Их приходится выполнять на разных этапах лесовыращивания и на различных объектах, в том числе в питомниках, на лесосеменных участках, плантациях, в культурах, молодняках естественного происхождения и т.д. Удаление сорных и менее ценных растений сопряжено с большими затратами материальных ресурсов. Так, в лесных питомниках открытого грунта затраты на борьбу с сорняками могут достигать 70–80 % от общих затрат. Аналогичная ситуация имеет место и в лесных культурах, закладываемых и выращиваемых на вырубках и гарях с относительно богатыми почвами.

Применяемые традиционные методы ухода (механический) не в полной мере обеспечивают требуемое качество работ. Поэтому наиболее широкое распространение нашел химический метод ухода, в частности способ опрыскивания. Другие способы их защиты (в том числе биологический) дают положительный результат в ограниченном числе конкретных случаев [3].

К преимуществам химического метода борьбы с сорными растениями относятся простота применения, доступность, высокая эффективность, быстрота действия и экономичность. Химический метод позволяет поднять производительность труда при проведении таких работ в несколько (а иногда и в десятки) раз.

Установлено, что при химических уходах величина сохранности лесопосадок, а также сохранность сеянцев и саженцев в лесопитомниках повышается на 30–60 % и более.

Однако применение опрыскивания для борьбы с сорняками может наносить ущерб природе. Основным и очень серьезным недостатком опрыскивания является потеря значительной части рабочего раствора в окру-

жающей среде, что снижает экономический эффект обработки из-за относительно высокой стоимости препарата. Однако вред, наносимый препаратом окружающей среде, может быть более значительным по материальным последствиям, чем экономический ущерб от потери препарата.

В последнее время за рубежом в сельскохозяйственном производстве нашел применение экологически безопасный способ химического ухода за культурами, заключающийся в непосредственном смачивании сорняков гербицидами при контакте (соприкосновении) с рабочим органом машины и получивший поэтому название контактного.

По сравнению с опрыскиванием контактный способ имеет следующие преимущества:

- исключение потерь препарата;
- сокращение норм расхода;
- повышение годовой загрузки машины за счет меньшей зависимости от метеоусловий;
- улучшение условий рабочей зоны оператора;
- снижение объема подготовительных работ.

Отсутствие в лесной отрасли специализированных машин для применения химических средств защиты растений в специфических условиях лесных экосистем является сдерживающим фактором при внедрении новых высокопродуктивных технологий лесовыращивания, что приводит к существенному торможению темпов роста воспроизводства лесных ресурсов и неоправданным потерям лесохозяйственной продукции.

Проведенный анализ патентной и технической литературы показал, что ни одна существующая конструкция машины для химического ухода контактным способом или ее рабочего органа не удовлетворяет в полной мере условиям создания лесных культур на вырубках, поэтому необходима разработка специаль-

ной машины. Ее рабочий орган должен быть выполнен в виде вращающегося барабана с пористым покрытием, окружная скорость которого кинематически связана со скоростью движения агрегата [1, 4].

Предварительно рассмотрены две возможные схемы машины. Машина включает раму – 1, опорно-приводные колеса – 2, привод – 3, барабаны – 4, резервуар – 5 (рис 1 и 2). Привод вращения барабана осуществляется от колеса, что обеспечивает при простоте конструкции равномерное нанесение препарата по площади независимо от скорости движения агрегата. На рис. 1 представлена упрощенная конструкция машины, где барабан шарнирно связан с осью колеса посредством поводка.

Проведем анализ сил, действующих на машину в экстремальных условиях (при наезде на препятствие). При нормальных условиях работы на барабан действуют сила тяжести G , реакции цепи установки высоты барабана N_1 , поводка N_2 и сорной растительности N .

Уравнения равновесия предстанут следующим образом [2]

$$\left. \begin{aligned} -N_2 \cdot \cos \gamma - N_1 \cdot \sin \beta + N &= 0, \\ -N_2 \cdot \sin \gamma + N_1 \cdot \cos \beta - G &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Выразив из первого уравнения N_1 и подставив его во второе, получим после преобразований

$$N_2 \cdot \sin \gamma = \frac{N \cdot \operatorname{ctg} \beta - G}{\operatorname{ctg} \gamma \cdot \operatorname{ctg} \beta - 1}. \quad (2)$$

Здесь $P_b = N_2 \cdot \sin \gamma$ – вертикальная составляющая реакции N_2 .

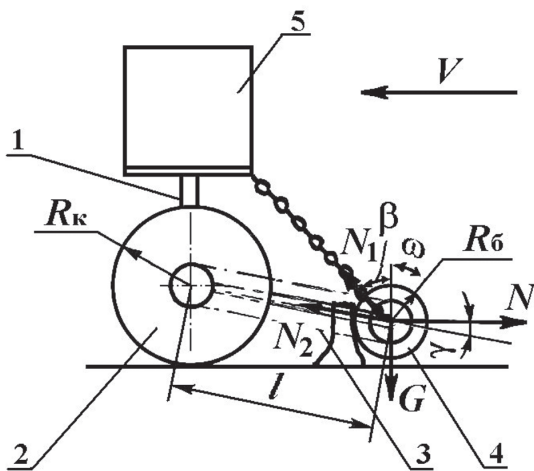


Рис. 1. Технологическая схема машины: барабан крепится к оси колеса

Анализируя это выражение, видим, что P_b возрастает с увеличением реакции N . При наезде на препятствие барабан будет подниматься, реакция цепи в этом случае будет стремиться к нулю, и выражение (2) преобразуется к виду (силами инерции пренебрегаем)

$$N_2 = N / \cos \beta.$$

При подъеме барабана угол γ приближается к нулю и оси барабана и опорного колеса совпадают в горизонтальной плоскости. Такая же ситуация наблюдается и при отрицательных значениях угла γ , т.е. тогда, когда перед встречей с препятствием ось барабана находится выше оси колеса. В этом случае равнодействующая приложена к барабану сверху и стремится опустить его.

Очевидно, что для преодоления машиной высоких препятствий ось колеса должна быть выше их. Величина изменения высоты установки барабана ΔH будет зависеть от радиуса опорно-приводного колеса R_k и связана с ним выражением

$$\Delta H = R_k - R_b - h_{o \min}, \quad (3)$$

где R_b – радиус барабана,

$h_{o \min}$ – минимальная высота обработки сорняков.

Исходя из лесоводственных требований на проведение агротехнических уходов высота обработки h_o должна изменяться для различных условий от 0,1 до 0,6 м, т.е. $h_{o \min} = 0,1$ м, $h_{o \max} = 0,6$ м. Тогда $\Delta H = h_{o \max} - h_{o \min} = 0,5$. Здесь $h_{o \max}$ – максимальная высота обработки. Подставив эти значения в выражение (3), имеем

$$R_k = 0,6 + R_b \text{ или } R_k > 0,6 \text{ м.}$$

Это свидетельствует о больших габаритах машины. Если принять, что

$$h_{o \max} > R_k, \text{ то } \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2,$$

где $\Delta H_1 = R_k - R_b - h_{o \min}$,

$$\Delta H_2 = R_k + R_b \text{ при } l \geq R_k + R_b.$$

Здесь l длина поводка.

В результате получим $R_k = 0,3$ м.

В этом случае при наезде барабана на пень возможно его «заякоревание» [6], так как радиус колеса сравним с высотой пней. Отмеченные факторы являются недостатками рассмотренной схемы (рис. 1).

Вторая схема предполагает крепление барабана шарнирно посредством поводка к раме машины (рис. 2). Диаметры барабана

и колеса непосредственно между собой не связаны. Поэтому вторая схема лишена недостатков первой.

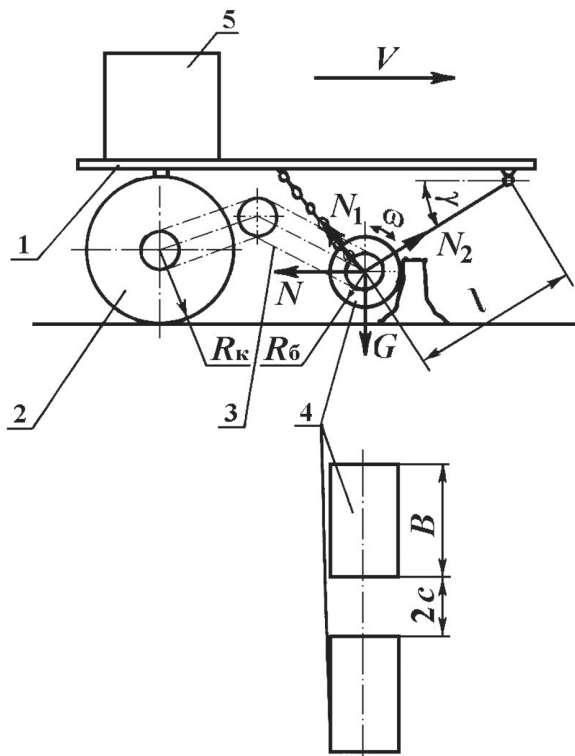


Рис. 2. Технологическая схема машины: барабан крепится к раме машины

При анализе сил приходим к уравнениям, аналогичным выражениям (1) и (2). Исходя из условия обеспечения минимальных габаритов машины, найдем рациональный угол качания поводка γ . Из геометрических построений имеем

$$\Delta H = l \cdot \sin \gamma = 0,5 \text{ или } l = 0,5 / \sin \gamma.$$

Найдем производную функции и приравняем ее к нулю

$$l' = 0,5(1 / \sin^2 \gamma) \cos \gamma = 0.$$

Здесь $\sin \gamma \neq 0$, или $\gamma \neq 0$. В результате имеем $\cos \gamma = 0$ или угол качания поводка $\gamma = \pi/2$.

При этом должно выполняться условие: $l \geq R_6$.

При креплении барабана посредством поводка к раме его межосевое расстояние с колесом непостоянно. Поэтому для обеспечения вращения барабана привод целесообразно выполнить в виде шарнирного сочленения полых тяг, в полостях которых расположен передаточный механизм вращения. Для обеспечения минимальных габаритов машины дли-

на тяг также должна быть небольшой. Значит угол $\Delta \gamma_{\max}$ между прямой, соединяющей ось колеса и шарнир поводка на раме, и поводком при наибольшем отклонении последнего от этой прямой должен быть минимальным. В этом случае шарнир сочленения тяг будет отклоняться на минимальную величину. Исходя из этого и учитывая условие $l \rightarrow \min$, окончательно принимаем $\gamma = 30^\circ$.

Ширину захвата барабана B на основании лесоводственных требований принимаем равной 0,7 м, число барабанов $m = 2$ [5]. Ширина защитной зоны $2c$ должна быть регулируемой в зависимости от возраста культур.

Таким образом, обоснована конструкция машины для химического ухода контактным способом за лесными культурами, посаженными на вырубках, и ее некоторые параметры. Рабочий орган машины выполнен в виде вращающегося барабана, окружная скорость которого кинематически связана со скоростью движения агрегата, что обеспечивает наиболее качественное нанесение гербицида на сорные растения. Конструкция машины защищена патентом на изобретение.

Библиографический список

1. Винокуров, В.Н. Машина для химического ухода за культурами / В.Н. Винокуров, А.А. Котов, В.В. Пельтек // В сб. докл. второй всесоюзной научно-техн. конференции: Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов. – Тез. докл. – М.: МЛТИ, 1991. – Ч. 2. – С. 195–196.
2. Добронравов, В.В. Курс теоретической механики / В.В. Добронравов, Н.Н. Никитин. – М.: Высш. школа, 1983. – Изд. 4-е. – 575 с.
3. Котов, А.А. Анализ методов борьбы с сорными растениями / А.А. Котов // В сб. научн. тр.: Лесопользование и воспроизводство лесных ресурсов. – М.: МГУЛ, 1994. – Вып. 275. – С. 46–52.
4. Котов, А.А. Обоснование типа рабочего органа машины для химического ухода за лесными культурами контактным способом / А.А. Котов // В сб. докл. конференции молодых ученых западного отделения ВАСХНИЛ: Интенсификация лесного хозяйства в Западном регионе СССР. – Тез. докл. – Гомель: БелНИИЛХ, 1990. – С. 142–144.
5. Муравьев, И.А. Обоснование ширины полосы внесения гербицида в защитной зоне ряда культур / И.А. Муравьев // Лесовод. и агролесомелиор. – Киев, 1990. – № 81. – С. 63–66.
6. Нартов, П.С. Повышение надежности и долговечности лесохозяйственных машин / П.С. Нартов. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1974. – 37 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ЖИДКОСТИ ПРИ ПИТАНИИ РАБОЧЕГО ОРГАНА МАШИНЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО УХОДА ЗА ЛЕСНЫМИ КУЛЬТУРАМИ

А.А. КОТОВ, доц. каф. механизации лесохозяйственных работ МГУЛ, канд. техн. наук

В последнее время за рубежом увеличались объемы исследований по поиску новых гербицидных веществ и способов их применения в лесопарковом и лесном хозяйстве. Опыт лесокультурного производства показывает, что в лесовыращивании наиболее продуктивно развивающиеся направления основаны на научно-исследовательских разработках по созданию новых технологий интенсивного выращивания древесных пород с применением современных средств химии, специализированных машин и механизмов. В связи с этим создание новых специализированных технических средств для борьбы с сорной растительностью в лесных питомниках и на лесокультурных площадях является на сегодняшний день одной из неотложных задач интенсификации процессов воспроизводства лесных ресурсов страны.

Наиболее безопасным способом применения гербицидов является контактный. При нем обеспечивается непосредственное нанесение рабочей жидкости на сорные растения при их соприкосновении (контакте) с рабочим органом машины, покрытие которого предварительно смочено препаратом. При этом исключаются потери препарата, сокращаются нормы расхода и не загрязняется окружающая среда [6]. На кафедре механизации лесохозяйственных работ МГУЛ проведены исследования по созданию машины для химухода за лесными культурами контактным способом. Обоснована технологическая схема машины, в которой принят приводной тип рабочего органа – вращающийся относительно горизонтальной оси барабан [4].

Рассмотрим процесс питания барабана посредством распылителей как самый неблагоприятный с точки зрения экологической чистоты работы машины (рис. 1). При этом исследуем механизм взаимодействия распыленной жидкости с его рабочей поверхностью [3]. При распылении жидкости на

барабан часть ее частиц отскакивает в воздух. Там, описав дугу параболы (сопротивлением воздуха пренебрегаем), частицы возвращаются опять на барабан в другой точке или опускаются вне его (на растительность или почву). Во втором случае они считаются безвозвратно потерянными. Частицы могут отскакивать как по ходу, так и против хода движения агрегата. Рассмотрим полет частицы в плоскости, перпендикулярной оси барабана, с которой совмещаем начало координат.

Предполагая, что при ударе частицы о поверхность барабана коэффициент восстановления $k = 1$, а коэффициент мгновенного трения $\lambda = 0$ [2, 5, 7] (наихудший случай), уравнения движения отскочившей частицы в проекциях на оси координат будут представлены следующим образом

$$x = R_0 \cdot \sin \varphi_1 + V \cdot \sin[(\varphi_1 + \varepsilon) \cdot t], \quad (1)$$

$$y = R_0 \cdot \cos \varphi_1 + V \cdot \cos[(\varphi_1 + \varepsilon) \cdot t] - (g \cdot t^2) / 2, \quad (2)$$

где φ_1 – угол расположения питателя относительно оси y ;

V – полная скорость частицы, $V = V_1 = V_2$;
 V_1 и V_2 – соответственно скорость частицы до удара и после него;

ε_1 и ε_2 – соответственно угол падения и отражения частицы, $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$;

t – время полета частицы.

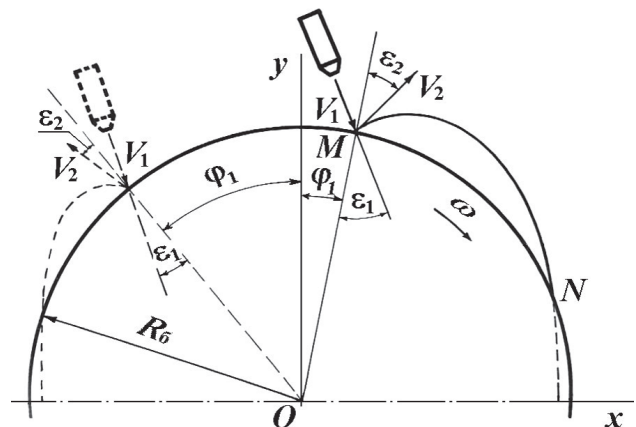


Рис. 1. К определению потерь жидкости при питании контактора

Выразив из уравнения (1) t , подставив его в выражение (2) и упростив, получим

$$y = R_6 \cdot \cos \varphi_1 + \operatorname{ctg}[(\varphi_1 + \varepsilon) \cdot (x - R_6 \cdot \sin \varphi_1)] - \frac{g \cdot (x - R_6 \cdot \sin \varphi_1)^2}{2 \cdot V^2 \cdot \sin^2(\varphi_1 + \varepsilon)}. \quad (3)$$

Потери препарата имеют место только в случае, когда дальность полета отраженной частицы в горизонтальной плоскости превышает разницу радиуса барабана и координаты x точки ее отскока при $y = 0$. Поэтому принимаем координату пересечения траектории отраженной частицы с осью абсцисс, равной радиусу барабана ($-R_6 \leq x \leq R_6$). Заменяв в выражении (3) x на указанные значения и выразив R_6 , получим неравенства для определения минимального радиуса барабана в зависимости от φ_1 , ε и V :

$$R_6 \geq (2 \cdot [\cos \varphi_1 + \operatorname{ctg}(\varphi_1 + \varepsilon)(1 - \sin \varphi_1)] \times V^2 \cdot \sin^2(\varphi_1 + \varepsilon)) / g \cdot (1 - \sin \varphi_1)^2, \quad (4)$$

$$R_6 \geq (2 \cdot [\cos \varphi_1 - \operatorname{ctg}(\varphi_1 + \varepsilon)(1 + \sin \varphi_1)] \times V^2 \cdot \sin^2(\varphi_1 + \varepsilon)) / g \cdot (1 + \sin \varphi_1)^2. \quad (5)$$

Неравенство (5) служит для определения радиуса барабана при $\varphi_1 + \varepsilon \leq 0$. Графические зависимости R_6 от указанных факторов представлены на рис. 2–4. Радиус барабана резко возрастает с увеличением скорости распыления и модуля суммы φ_1 и ε .

Полученная математическая модель справедлива и для других способов питания контактора. Учитывая недостаток нанесения на барабан жидкости посредством распылителей, заключающийся в сносе и испарении распыленных частиц, определим радиус барабана при гравитационном способе питания (капельница). В этом случае $\varphi_1 = \varepsilon$. На основании тригонометрических соотношений [1] высота расположения питателей над поверхностью барабана в вертикальной плоскости H_1 определяется из выражения

$$H_1 = ((R_6 \cdot \cos \varphi_1)^2 + 2 \cdot R_6 \cdot h_1 + h_1^2)^{1/2} - 2 \cdot R_6 \cdot \cos \varphi_1.$$

Используя выражение [2] $V^2 = 2gH$, где $H = H_1 - \delta_1$ и подставляя его в неравенство (4), получаем трансцендентное выражение, которое решаем затем относительно R_6 методом итераций на ЭВМ по специально составленной программе

$$R_6 = (4 \cdot [\cos \varphi_1 + \operatorname{ctg}(2 \cdot \varphi_1)(1 - \sin \varphi_1)] / (1 - \sin \varphi_1)^2) \times (((R_6 \cdot \cos \varphi_1)^2 + 2 \cdot R_6 \cdot h_1 + h_1^2)^{1/2} - 2 \cdot R_6 \cdot \cos \varphi_1 - \delta_1) \cdot \sin^2(2 \cdot \varphi_1). \quad (6)$$

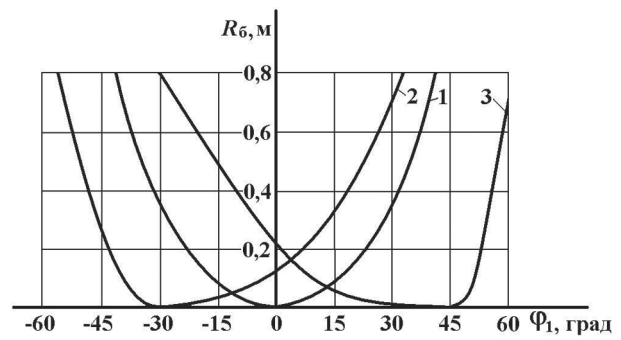


Рис. 2. Зависимость радиуса барабана от угла расположения распылителя: 1 – $V = 1$ м/с, $\varepsilon = 0^\circ$; 2 – $V = 1$ м/с, $\varepsilon = 30^\circ$; 3 – $V = 1$ м/с, $\varepsilon = -45^\circ$

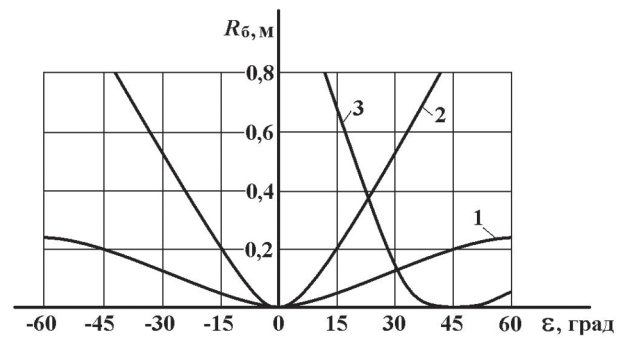


Рис. 3. Зависимость радиуса барабана от угла падения: 1 – $V = 1$ м/с, $\varphi_1 = 0^\circ$; 2 – $V = 2$ м/с, $\varphi_1 = 0^\circ$; 3 – $V = 1$ м/с, $\varphi_1 = -45^\circ$

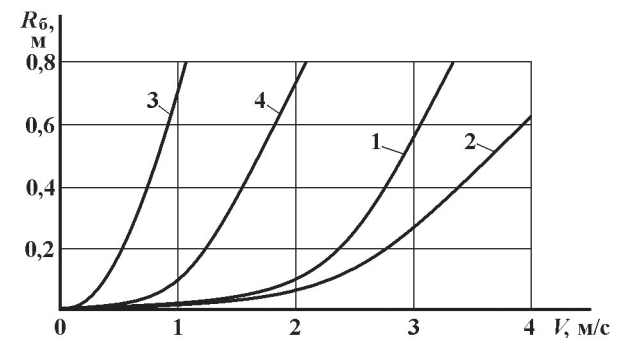


Рис. 4. Зависимость радиуса барабана от скорости падения: 1 – $\varphi_1 = 0^\circ$, $\varepsilon = \pm 15^\circ$; 2 – $\varphi_1 = -30^\circ$, $\varepsilon = 45^\circ$; 3 – $\varphi_1 = 30^\circ$, $\varepsilon = 45^\circ$; 4 – $\varphi_1 = 0^\circ$, $\varepsilon = \pm 45^\circ$

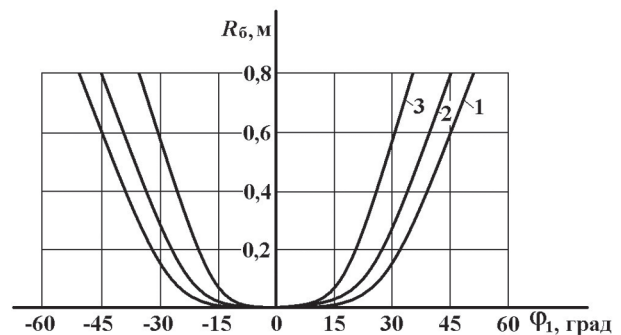


Рис. 5. Зависимость радиуса барабана от угла расположения капельницы: 1 – $h_1 = 0,01$ м; 2 – $h_1 = 0,02$ м; 3 – $h_1 = 0,03$ м

Здесь δ_1 – диаметр капли.

Очевидно, что выражение $R_\delta = f(-\varphi_1)$ будет равно $R_\delta = -f(\varphi_1)$, так как отскочившая частица не пересекает оси y . При расчете принимаем $\delta = 0,004$ м [8, 9]. Решение уравнения (6) представлено в виде графика (рис. 5), который показывает, что с увеличением $|\varphi_1|$ резко растет радиус барабана.

Принимая во внимание дисбаланс и отклонение от цилиндричности барабана, радиальное расстояние между капельницами и рабочей поверхностью контактора h_1 считаем равным 0,01 м. С учетом условий сплошности смачивания рабочей поверхности барабана и обеспечения минимальных габаритов машины, принимаем угол расположения капельниц в диапазоне $\varphi_1 = -30^\circ \dots -60^\circ$. Здесь учтено, что $\gamma + \varphi_1 = \pi/2$, где γ – угол качания поводка барабана [3]. При этом минимальный радиус барабана находится в пределах 0,102...1,112 м.

Таким образом, в первом приближении получены некоторые параметры рабочего органа с учетом исключения потерь препарата при питании контактора. Для их уточнения и обоснования других параметров машины необходимо провести дальнейшие исследования.

Библиографический список

1. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
2. Добронравов, В.В. Курс теоретической механики / В.В. Добронравов, Н.Н. Никитин. – М.: Высшая школа, 1983. – Изд. 4-е. – 575 с.
3. Котов, А.А. Обоснование параметров рабочего органа машины для внесения гербицидов контактным способом / А.А. Котов // В сб. докл. всесоюзной конференции молодых ученых и специалистов: Охрана и рациональное использование лесных ресурсов. – Тез. докл. – М.: МЛТИ, 1991. – С. 24–25.
4. Котов, А.А. Обоснование типа рабочего органа машины для химического ухода за лесными культурами контактным способом / А.А. Котов. // В сб. докл. конференции молодых ученых западного отделения ВАСХНИЛ: Интенсификация лесного хозяйства в Западном регионе СССР. – Тез. докл. – Гомель: БелНИИЛХ, 1990. – С. 142–144.
5. Лавендел, Э.Э. Синтез оптимальных вибромашин / Э.Э. Лавендел. – Рига: Зинатне, 1970. – 252 с.
6. Львов, С.И. Контактный способ нанесения гербицидов и арборицидов / С.И. Львов, Ю.П. Путятин, М.В. Шашова // Лесное хозяйство. – 1990. – № 12. – С. 43–45.
7. Пановко, Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара / Я.Г. Пановко. – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
8. Ронкин, В.С. Исследование способов уменьшения потерь пестицидов при опрыскивании полей Белоруссии: Автореф. дис. ...канд. техн. наук / В.С. Ронкин. – Минск: ЦНИИМЭСХ, 1977. – 19 с.
9. Харебов Л.И. Разработка технологической схемы ультрамалообъемного способа опрыскивания виноградников и обоснование параметров рабочего органа: Автореф. дис. канд. техн. наук. / Л.И. Харебов. – Ереван: НПО «Армсельхозмеханизация», 1987. – 21 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПОСЛЕ РАБОТЫ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ МАШИН

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

А.К. РЕДЬКИН, *проф. каф. технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ, д-р техн. наук*

Чаще всего при планировании работ по освоению лесосечных отходов используют количественные данные, определенные по таксационным характеристикам отведенного в рубку лесного фонда. Они представляют собой некоторый процент от объема заготавливаемой древесины, значение которого за-

висит от породного состава лесонасаждений, среднего объема хлыста, бонитета и других факторов. Однако данные, полученные расчетным путем, не могут в полной мере удовлетворить требования предприятий, для которых освоение лесосечных отходов является основной деятельностью.

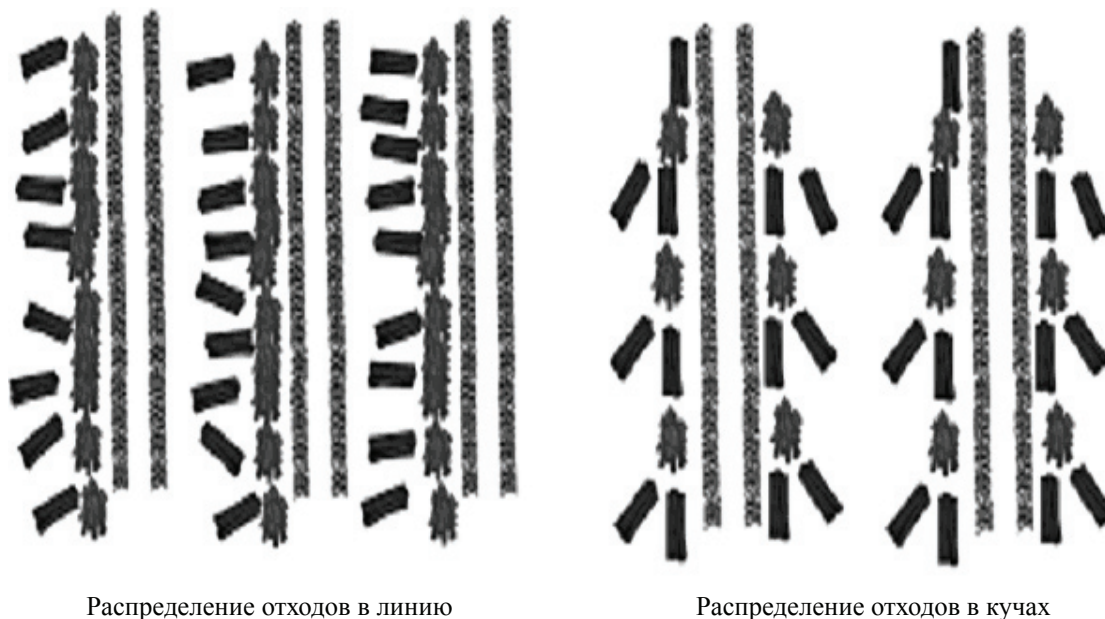


Рис. 1. Расположение пачек сортиментов и скоплений отходов на лесосеке после работы харвестеров

Особенностью работ на лесосеке многооперационных машин является формирование получаемых отходов в основном в скопления или кучи, расположенные рядом с трелевочным волоком (рис. 1). Помимо получаемых скоплений часть сучьев и вершинок может оказаться непосредственно на волоке и будет непригодна к дальнейшей переработке. Кроме того некоторый объем лесосечных отходов будет распределен на общей площади лесосеки, не находясь при этом в скоплениях. Исследования экономических параметров работы систем машин по сбору полученных отходов показало, что сбор сучьев и вершинок, расположенных не в скоплениях, приведет к резкому увеличению себестоимости производства. Поэтому целесообразно собирать и перерабатывать только те отходы, которые расположены в скоплениях рядом с трелевочными волоками. Достоверно оценить количество подобных отходов можно, лишь используя статистические методы.

Среди способов количественной оценки древесных отходов на лесосеке нашли применение статистические методы. Суть их в том, что на лесосеке учитывают не все отходы, а только некоторую часть, которая называется выборкой. По этой выборке делают оценку всего скопления. Эти методы наименее трудоемки и обладают достаточной точностью. Наиболее известны методы пробных

площадок и метод линейных пересечений. В работах, опубликованных ранее [2], предлагаются формулы, позволяющие воспользоваться методом линейных пересечений для оценки объемов экономически доступных лесосечных отходов, полученных после работы многооперационных машин. Для решения этой задачи необходимо проведение как полевых работ, так и дальнейший аналитический расчет полученных данных.

Цель полевых работ – учет ряда параметров лесосечных отходов непосредственно на лесосеке для оперативного получения фактических данных об их объеме.

Цель аналитических работ – оценка объема лесосечных отходов по фактическим данным полевого учета и, затем, на основе этой оценки, разработка и определение экономических показателей технологических процессов и систем машин для освоения лесосечных отходов.

Очевидно, что аналитические работы могут быть автоматизированы. Для этого предполагается создать единый комплекс компьютерных программ. Эти программы будут ориентированы на практических работников, но могут быть использованы и для исследовательских целей. Основное требование к программному комплексу – удобный и интуитивно понятный интерфейс, ориентированный на работу в операционной среде Windows.

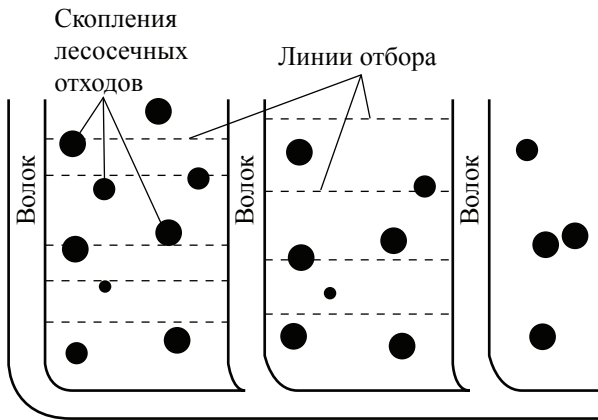


Рис. 2. Размещение линий отбора при учете лесосечных отходов

На ряде предприятий центрального района РФ скопления лесосечных отходов при сортиментной заготовке концентрируются между волоками [2]. Поэтому наиболее удобно оценку числа скоплений проводить по линиям одинаковой длины, равной расстоянию между соседними волоками.

На каждой рабочей ленте разбивают линии отбора. Их проводят нормально к осевой линии волока. Расстояние между линиями по длине лесосеки может быть произвольным, однако при практических замерах удобнее размещать линии равномерно по длине лесосеки в зависимости от ее размера и необходимого количества линий отбора (рис. 2).

Общее число линий отбора предполагается установить в зависимости от предварительной оценки количества скоплений отходов и показателя точности оценки P равной 20 %, при доверительной вероятности 95 %. Обычно минимальное число линий отбора, соответствующее подобным требованиям, равно 60.

Все скопления, пересекающие линию отбора, учитываются, при этом измеряются их геометрические характеристики (диаметр и высота).

Данные учета лесосечных отходов обрабатывают по следующей методике:

1. Определяется средний диаметр скоплений лесосечных отходов

$$D_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^m D_j}{m}, \quad (1)$$

где m – общее число скоплений по всем линиям отбора;

D_j – диаметр j -го скопления.

2. Определяется число скоплений для линий отбора одинаковой длины

$$N \approx \tilde{N} = \frac{1}{n} \cdot \frac{F_{общ}}{D_{cp}} \cdot \sum_{i=1}^n m_i, \quad (2)$$

где $F_{общ}$ – общая площадь лесосеки;

n – число линий отбора, шт.

Для линий отбора разной длины

$$N \approx \tilde{N} = \frac{1}{n} \cdot \frac{F_{общ}}{D_{cp}} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{l_i}. \quad (3)$$

3. Уточняется число линий отбора

$$n = \left(\frac{V \cdot t}{P} \right)^2, \quad (4)$$

где V – коэффициент вариации, %;

P – показатели точности, %;

t – показатель достоверности, для 95 % равен 1,96.

4. Объем лесосечных отходов

$$\tilde{V} = \tilde{N} \cdot v_{cp}, \text{ м}^3, \quad (5)$$

где v_{cp} – средний объем одного скопления, по формуле

$$v_{cp} = \pi \cdot \frac{D_{cp}^2}{4} \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^m h_j}{m} \right) \cdot K_p, \quad (6)$$

где h_j – высота j -го скопления;

K_p – коэффициент полндревесности скопления, для сучьев и вершинок – 0,3.

5. Объем лесосечных отходов на единицу площади лесосеки

$$\tilde{V}_F = \frac{\tilde{V}}{F_{общ}}, \text{ м}^3/\text{м}^2, \quad (7)$$

Полученные в результате расчетов данные позволяют более точно оценить объем экономически доступных лесосечных отходов и могут быть взяты за основу разработки эффективных технологий и систем машин для сбора и переработки подобной древесины в энергетических целях.

Библиографический список

1. Карпачев, С.П. Оценка объемов лесосечных отходов / С.П. Карпачев, Е.Н. Щербаков, А.Н. Слинченков // Лесопромышленник. – 2007. – № 42. – С. 4–6.
2. Слинченков, А.Н. Влияние изменчивости радиуса скопления лесосечных отходов на точность их оценки методом линейных пересечений / А.Н. Слинченков, С.П. Карпачев, Е.Н. Щербаков // Материалы международной научно-технической конференции. – Вологда: ВГТУ, 2007. – С. 157–159.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НАВЕСНЫМИ ГИДРОМАНИПУЛЯТОРАМИ

М.Ю. СМИРНОВ, *проф. каф. транспортно-технологических машин МарГТУ, канд. техн. наук*,
И.Р. БАКУЛИНА, *ассистент каф. начертательной геометрии и графики МарГТУ*

Летом 2006 и 2007 гг. в ООО «Марлеспром» Республики Марий Эл проводились наблюдения за работой самозагружающихся автопоездов на погрузке и выгрузке лесоматериалов. Выполнены замеры продолжительности погрузки и выгрузки лесоматериалов навесным гидроманипулятором на автопоезда, не имеющие собственных погрузочных механизмов, и на самозагружающиеся автопоезда. Автопоезда без погрузочных средств устанавливались для загрузки и разгрузки параллельно самозагружающемуся автопоезду. При формировании штабелей на погрузочном пункте сортименты были предварительно отсортированы на балансы и фанкряж. Общая характеристика сортиментов: длина 5,4 м; порода – береза; средний диаметр балансов 12 см, фанкряжа – 24 см. Фиксировались продолжительность одного цикла погрузки t_u^n и выгрузки t_u^g сортиментов, число сортиментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора n_c , количество циклов погрузки, число сортиментов в пачке.

Цель работы

Разработка математических моделей расчета продолжительности циклов погрузки и выгрузки тонкомерных лесоматериалов.

Решаемые задачи

1) проведение наблюдений за работой самозагружающихся автопоездов на погрузке и выгрузке лесоматериалов;

2) определение продолжительности отдельных операций в структуре цикла погрузки и выгрузки лесоматериалов;

3) выявление факторов, влияющих на продолжительность цикла погрузки и выгрузки сортиментов.

Математическое моделирование

При решении поставленных задач использовались методы математической статистики, теория планирования эксперимента. Многофакторные хронометражные наблюдения за работой навесного гидравлического

манипулятора при погрузке и выгрузке сортиментов проводились на основе построения полного факторного плана 2^3 , в соответствии с методикой, изложенной в [2].

Интерпретация результатов

По результатам обработки наблюдений (табл. 1) видно, что продолжительность погрузки 1 м^3 сортиментов изменяется от 1,50 до 2,63 мин и зависит от объемных характеристик лесоматериалов, количества циклов погрузки, совершаемых манипулятором, расстояния перемещения груза. Сравнительный анализ полученных данных показал, что при работе с тонкомерными сортиментами диаметром от 10 до 16 см продолжительность погрузки 1 м^3 в среднем возрастает в 1,5 раза. При этом удельное количество циклов погрузки изменяется от 1,7 до 2,3. При работе самозагружающегося автопоезда в паре с автопоездом, не оснащенный погрузочным механизмом, цикл погрузки сортиментов увеличивается в среднем на 13,5 % за счет увеличения расстояния перемещения груза.

От среднего диаметра лесоматериалов зависит число сортиментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора. Так, при работе с сортиментами средним диаметром 24 см оператор погрузки одновременно мог захватить от 1 до 3 бревен, при захвате тонкомерных сортиментов диаметром 12 см, их число изменялось от 2 до 6. В результате наблюдений получены выборки значений времени цикла и числа сортиментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора.

Варьирование продолжительности одного цикла погрузки в зависимости от числа захватываемых сортиментов показано на рис. 1 на примере автопоезда Урал-4320 + ТМЗ-802 + ОМТЛ-70-02 (№ В 037 СК). Объем каждой выборки $n = 269$, наблюдения проводились при среднем объеме сортимента $V_c = 0,083 \text{ м}^3$, лесоматериалы грузились на соседний автопоезд.

Результаты обработки наблюдений за продолжительностью погрузки сортиментов навесными гидроманипуляторами в ООО «Марлеспром» (средние значения)

Состав автопоезда, № автопоезда	Место погрузки	Вид сортиментов	Параметры группы сортиментов, захватываемых за один цикл		Количество циклов погрузки		Продолжительность одного цикла погрузки, мин	Продолжительность погрузки 1 м ³ , мин
			число бревен	средний объем, м ³	общее	на 1 м ³		
№1 Урал-4320+ ТМЗ-802+ ОМТЛ-70-02 (№ В037СК)	на себя	балансы	4,6	0,50	17	2,0	0,99	2,28
		фанкряж	2,3	0,60	21	1,7	0,89	1,50
	на соседний автопоезд	балансы	4,4	0,55	20	2,3	1,10	2,58
		фанкряж	2,0	0,58	24	1,8	0,95	1,69
№2 Урал-4320+ ТМЗ-802+ ОМТЛ-70-02 (№ В036СК)	на себя	балансы	4,6	0,53	17	2,3	1,06	2,40
		фанкряж	2,1	0,72	18	1,7	0,92	1,60
	на соседний автопоезд	балансы	4,5	0,69	16	2,0	1,34	2,63
		фанкряж	2,2	0,76	17	1,7	1,08	1,83
№3 Урал-4320+ ТМЗ-802+ ОМТЛ-70-01 (№ М710МА)	на себя	балансы	5,2	0,64	14	2,0	0,90	2,21
		фанкряж	2,2	0,59	22	2,1	0,80	1,63
	на соседний автопоезд	балансы	3,7	0,57	21	2,3	1,06	2,46
		фанкряж	2,1	0,62	22	2,2	0,82	1,76

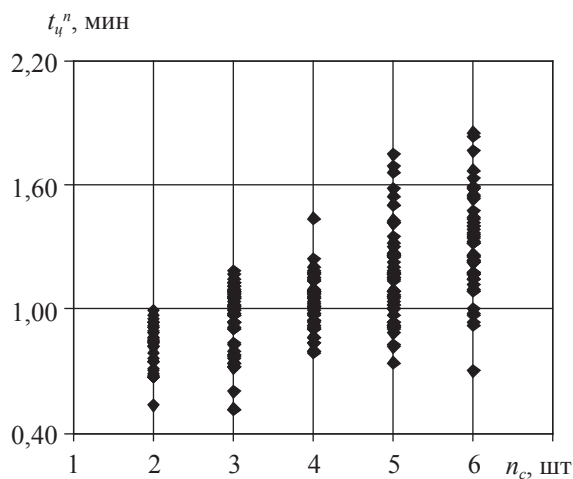


Рис. 1. Варьирование продолжительности цикла погрузки от числа сортиментов, захватываемых грейфером гидроманипулятора за один рабочий цикл

Характер изменения времени цикла при погрузке тонкомерных сортиментов нестабильный, случайный. Это вызвано изменчивостью параметров предмета труда, техническим состоянием погрузочного оборудования, квалификацией и индивидуальными особенностями оператора погрузки. Для выяснения зависимости между значением параметра $t_{ц}^n$ и воздействующим на

него фактором n_c определен коэффициент корреляции $r_{nt} = 0,6556$. Это свидетельствует о значительной линейной корреляционной связи между числом захватываемых сортиментов и временем цикла. Значимость коэффициента корреляции оценивали по t -критерию Стьюдента [2]. Полученное значение $t_{расч} = 14,19$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $f = 267$ больше $t_{табл} = 1,968$, что подтверждает вывод о наличии корреляционной связи между исследуемыми показателями.

На основе визуальных наблюдений за работой самогружающихся автопоездов и по рекомендациям, изложенным в руководствах [3, 4], в структуре циклов погрузки и выгрузки были выделены операции: 1) захват лесоматериалов; 2) перемещение лесоматериалов к месту укладки (подъем, фиксация груза, поворот); 3) опускание и укладка лесоматериалов; 4) холостой ход. По результатам наблюдений получены выборки значений времени, затрачиваемого на каждую операцию. Результаты статистической обработки опытных данных показаны на примере автопоезда Урал-4320 + ТМЗ-802 + ОМТЛ-70-02 (№ В 037 СК) в табл. 2.

Результаты статистической обработки опытных данных по продолжительности операций рабочего цикла гидроманипулятора (погрузка)

Место погрузки	Наименование операции	Ед. изм.	Среднее случайной величины	Размах выборки	Среднее квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %	Показатель точности, %	Относительная продолжительность операций
1. Средний диаметр сортиментов 12 см								
На соседний автопоезд	1. Захват	с	8,12	10,5	2,22	27,33	1,66	5,7–22,2
	2. Перемещение груза	с	15,52	22,14	4,69	30,20	1,84	8,7–48,8
	3. Опускание и укладка груза	с	31,59	51,92	12,56	39,77	5,92	20,1–63,5
	4. Холостой ход	с	8,16	9,02	2,39	29,28	1,79	5,5–25,5
На себя	1. Захват	с	8,15	9,1	2,04	25,02	1,60	6,5–25,5
	2. Перемещение груза	с	8,36	8,88	2,21	26,5	1,69	7,5–65,0
	3. Опускание и укладка груза	с	29,28	53,82	10,76	36,75	2,35	25,8–70,4
	4. Холостой ход	с	6,67	5,81	1,35	20,21	1,29	5,6–25,0
2. Средний диаметр сортиментов 24 см								
На соседний автопоезд	1. Захват	с	8,71	9,68	2,15	24,67	2,25	8,7–28,7
	2. Перемещение груза	с	14,48	16,42	3,22	22,26	2,03	8,2–48,7
	3. Опускание и укладка груза	с	22,45	34,86	8,57	38,17	3,48	15,7–68,7
	4. Холостой ход	с	8,26	10,07	2,39	28,95	2,64	7,3–28,1
На себя	1. Захват	с	8,51	9,33	2,25	26,45	2,51	10,2–28,3
	2. Перемещение груза	с	7,56	7,36	1,53	20,26	1,65	9,7–26,0
	3. Опускание и укладка груза	с	19,47	32,18	7,45	38,26	3,63	25,2–60,7
	4. Холостой ход	с	6,79	4,76	1,02	15,05	1,44	7,6–26,1

Из табл. 2 видно, что цикл погрузки тонкомерных сортиментов увеличивается за счет более продолжительной укладки лесоматериалов на автопоезде или в штабеле. В структуре рабочего цикла гидроманипулятора продолжительность укладки сортиментов может составлять более 60 % от общего времени цикла. Продолжительность переместительных операций определяется в большей степени расстоянием перемещения груза в горизонтальной и вертикальной плоскости. При погрузке сортиментов на соседний автопоезд время перемещения груза и порожнее перемещение стрелы увеличивается в среднем в 1,55 раза.

Одновременно с продолжительностью погрузки сортиментов при проведении наблюдений фиксировалась продолжительность их выгрузки. Продолжительность цикла выгруз-

ки сортиментов на 11–56 % меньше продолжительности их погрузки за счет уменьшения времени, затрачиваемого на захват и укладку сортиментов.

В работе [1] предложены математические модели продолжительности погрузки и выгрузки лесоматериалов, учитывающие влияние таких факторов, как диаметр, длина лесоматериалов и расстояние перемещения груза в горизонтальной плоскости. Предварительными исследованиями было установлено, что для тонкомерных лесоматериалов (диаметром 8–16 см) одним из факторов, влияющих на выходную величину (продолжительность рабочего цикла гидроманипулятора) является число захватываемых сортиментов n_c , важное значение имеет и высота подъема груза, определяемая высотой штабеля лесоматериалов $h_{ш}$, а также расстояние перемещения

лесоматериалов в горизонтальной плоскости l_n , зависящее от места погрузки сортиментов: на себя или на другой автопоезд, расстояния между автопоездом и штабелем.

Для получения математических моделей продолжительности циклов погрузки и выгрузки тонкомерных лесоматериалов навесным гидроманипулятором был проведен планируемый многофакторный управляемый эксперимент на основе полного факторного плана 2^3 . В качестве объекта исследований использовался автопоезд Урал-4320 + ТМЗ-802 + ОМТЛ-70-02. Водитель: стаж работы на лесовывозке более 30 лет, в том числе 7 лет на автопоезде с гидроманипулятором. Груз: сортименты длиной 5,4 м и средним диаметром 12 см. Диапазоны варьирования факторов (табл. 3): реальные производственные условия. Максимальная высота штабеля лесоматериалов принята с учетом грузовысотной характеристики гидроманипулятора [3] и соответствует наибольшей высоте подъема груза в вертикальной плоскости на неполном вылете стрелы гидроманипулятора. Расстояние перемещения груза: минимальное – при погрузке сортиментов на себя, максимальное – при погрузке сортиментов на соседний автопоезд.

Для проверки гипотезы о нормальном распределении выходной величины и для определения числа дублированных опытов до проведения основного эксперимента была поставлена отдельная серия из 50 опытов при следующих условиях: $n_c = 2$; $h_{ш} = 3,5$; $l_n = 7,9$ м. Нормальность распределения проверялась по критерию Пирсона χ^2 . Вычисленное значение $\chi^2_{расч} = 9,15$ оказалось меньше $\chi^2_{табл} = 9,49$, найденного при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Это позволило принять гипотезу о нормальном распределении выходной величины эксперимента. Необходимое число дублированных опытов оказалось равным $n = 8$. При проведении эксперимента каждый опыт повторялся 9 раз. Результаты восьми серий дублированных опытов приведены в табл. 4.

Коэффициенты регрессии найдены по формулам [2]. Регрессионная модель с натуральными обозначениями факторов

$$t_y^n = 0,8844 - 0,0488n_c - 0,3502h_{ш} - 0,0328l_n + 0,0463h_{ш}l_n - 0,0080n_ch_{ш}l_n + 0,0181n_cl_n + 0,0509n_ch_{ш} \quad (1)$$

Адекватность математической модели доказана с помощью F -критерия Фишера.

Для анализа влияния на отклик фактора $h_{ш}$ и взаимодействия $h_{ш} \cdot l_n$ построены три прямые из семейства зависимостей $t_y^n = f(h_{ш})$ (рис. 2): прямая 1 получена при фиксировании факторов n_c и l_n на основном уровне; прямая 2 – при фиксировании фактора l_n на верхнем уровне; прямая 3 – при фиксировании фактора n_c на верхнем уровне. С ростом фактора l_n продолжительность цикла t_y^n увеличивается. По сравнению с горизонтальным перемещением l_n вертикальная составляющая будет значительно меньше, то есть изменение фактора l_n в пределах его диапазона варьирования оказывает большее влияние на продолжительность цикла t_y^n .

Т а б л и ц а 3

Характеристики изменяемых факторов

Наименование фактора	Уровни фактора			Интервал варьирования
	верхний	нижний	основной	
1. Число, захватываемых сортиментов, n_c	6	2	4	2
2. Высота штабеля лесоматериалов, $h_{ш}$	3,5	1	2,25	1,25
3. Расстояние перемещения груза, l_n	7,9	4,8	6,35	1,55

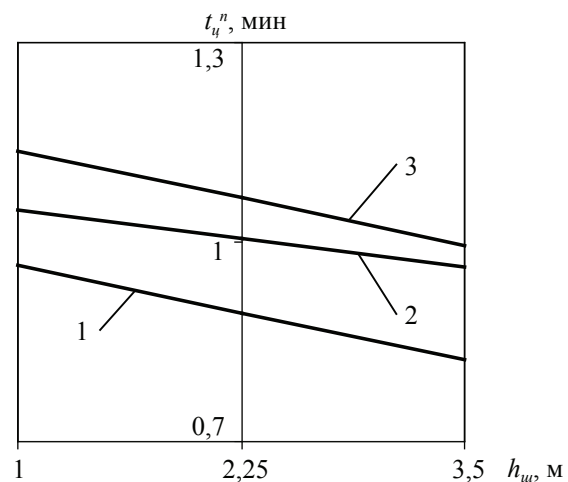


Рис. 2. Графики зависимостей $t_y^n = f(h_{ш})$

Результаты исследований продолжительности цикла погрузки сортиментов

№ опыта	Значения факторов			Результаты эксперимента $t_{ц}$, мин									Результаты расчетов		
	n_c , шт	$h_{ш}$, м	l_n , м	y_{j1}	y_{j2}	y_{j3}	y_{j4}	y_{j5}	y_{j6}	y_{j7}	y_{j8}	y_{j9}	\bar{y}_j	S_j^2	\hat{y}_j
1	2	1	4,8	0,68	0,81	0,79	0,82	0,79	0,72	0,74	0,82	0,70	0,76	0,0029	0,7275
2	6	1	4,8	1,07	1,01	0,95	1,10	0,86	1,16	1,00	0,75	1,08	0,99	0,0164	0,9786
3	2	3,5	4,8	0,57	0,41	0,52	0,55	0,47	0,44	0,46	0,48	0,50	0,49	0,0027	0,5247
4	6	3,5	4,8	1,07	0,87	0,81	0,84	0,85	0,92	0,92	0,89	0,76	0,88	0,0077	0,9003
5	2	1	7,9	0,81	0,89	0,91	0,66	0,69	1,04	0,86	0,86	0,81	0,84	0,0131	0,8558
6	6	1	7,9	1,16	1,06	1,46	1,50	1,31	0,99	1,23	1,25	1,35	1,26	0,0290	1,2925
7	2	3,5	7,9	0,69	0,76	0,97	0,72	0,87	0,81	0,75	0,65	0,95	0,80	0,0127	0,7775
8	6	3,5	7,9	1,13	1,02	1,26	0,99	1,06	1,46	1,04	1,15	1,02	1,13	0,0229	1,0897

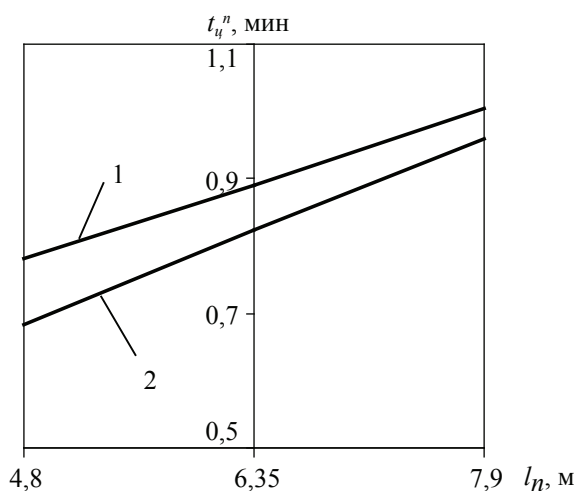


Рис. 3. Графики зависимостей $t_{ц}^n = f(l_n)$

Изменение вертикальной составляющей зависит от высоты штабеля лесоматериалов $h_{ш}$. Чем больше $h_{ш}$, тем меньше высота подъема груза. Прямые 1 и 2 не параллельны, то есть при большем значении расстояния перемещения l_n изменение высоты штабеля лесоматериалов $h_{ш}$ оказывает меньшее влияние на продолжительность цикла погрузки сортиментов $t_{ц}^n$. Продолжительность цикла погрузки $t_{ц}^n$ увеличивается и с ростом фактора n_c .

На рис. 3 показаны зависимости отклика $t_{ц}^n$ от фактора l_n : прямая 1 получена при фиксировании факторов n_c и $h_{ш}$ на основном уровне; прямая 2 – при фиксировании фактора $h_{ш}$ на верхнем уровне. С ростом фактора $h_{ш}$ продолжительность цикла погрузки падает. При большем значении высоты штабеля $h_{ш}$ изменение горизонтальной составляющей l_n оказывает более сильное влияние на продолжительность рабочего цикла гидроманипулятора.

По аналогичным экспериментальным исследованиям получена регрессионная модель продолжительности цикла выгрузки сортиментов $t_{ц}^e$

$$t_{ц}^e = 0,3821 + 0,0098n_c - 0,2217h_{ш} + 0,0053l_n + 0,0311n_c h_{ш} + 0,0295h_{ш} l_n - 0,0049n_c h_{ш} l_n + 0,0061n_c l_n \quad (2)$$

Анализ полученного уравнения показал, что с увеличением высоты штабеля $h_{ш}$ вертикальная составляющая расстояния перемещения уменьшается. Чем больше высота штабеля сортиментов $h_{ш}$, тем меньше расстояние перемещения лесоматериалов в вертикальной плоскости. Поэтому изменение горизонтальной составляющей l_n оказывает более сильное влияние на продолжительность цикла выгрузки сортиментов.

Полученные уравнения регрессии могут использоваться при расчете продолжительности пребывания самозагружающихся автопоездов в пунктах погрузки и выгрузки лесоматериалов.

Библиографический список

1. Андрианов, Ю.С. Вывозка лесоматериалов самозагружающимися автопоездами: научное издание / Ю.С. Андрианов; под ред. М.Ю. Смирнова. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 231 с.
2. Пижурин, А.А. Исследования процессов деревообработки / А.А. Пижурин, М.С. Розенблит. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 232 с.
3. Погрузчик леса манипуляторного типа (гидроманипулятор) ПЛ-70 и его модификации. Руководство по эксплуатации ПЛ-70.00.000 РЭ. / ООО «Велмаш». – Великие Луки, 2005. – 97 с.
4. Loglift puutavaranosturit skogskranar hydraulic log loaders Holzladekrane gruels forestieres / Loglift Oy Ab. – Finland, 1993. – 195 p.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СИНХРОНИЗАЦИИ ОБРАБАТЫВАЮЩЕ-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ «ХАРВЕСТЕР – ФОРВАДЕР»

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

Гипотеза о функционировании обрабатывающе-транспортной системы заготовки древесины «харвестер – форвадер» как процесса создания (накопления) и транспортировки (потребления) перемещаемого запаса [1, 2, 6] является основой моделирования и оптимизации параметров системы с целью синхронизации технологического процесса (ТП), а также обеспечения минимальной энергоемкости ТП и отсутствия избыточных запасов предмета труда (ПТ) на смежных операциях ТП.

Синхронизация ТП обеспечивается соответствующими интенсивностями создания и потребления системой межоперационных и перемещаемых запасов. Интенсивность потребления перемещаемого запаса определяется расстоянием транспортировки, рейсовой нагрузкой форвадера и другими факторами.

Таким образом, обоснование технологий заготовки и обработки древесины, обеспечивающих снижение удельной энергоемкости (топливоемкости) ТП заготовки древесины и максимизацию загрузки системы «харвестер – форвадер», предполагает их анализ с экспериментальной оценкой следующих случайных параметров:

- производительности харвестера;
- интенсивности сбора и разгрузки пачки манипулятором форвадера;
- фактической рейсовой нагрузки форвадера;
- расстояния перемещения форвадера;
- времени (процента) простоев машин и механизмов на смежных операциях (транспортных и обрабатывающих) ТП;
- расхода топлива харвестера и форвадера.

Экспериментальные исследования ТП заготовки древесины системой «харвестер – форвадер»

В связи с изложенным в июле-августе 2007 г. в 257 и 255 кварталах (ельник кислич-

ник, запас леса 440 м³/га) Вайского лесхоза Пермского края на базе арендуемых лесных участков и парка машин (харвестер *John Deer* 1270 и форвадер *John Deer* 1410) ОАО «Соликамскбумпром» проведены экспериментальные исследования. Осуществление экспериментальных исследований выполнено в соответствии с государственным контрактом № 01.29/07 от 03.08.2007 г. с Министерством промышленности и природных ресурсов Пермского края на выполнение научно-исследовательской работы по теме «Обоснование ресурсосберегающих технологий лесопромышленного комплекса, адаптированных к природным условиям Пермского края, с минимизацией затрат на лесовосстановление» [3]. По данным таксационного учета 1996 г. запас приводится на выдел общей площадью 64 га. Для получения корректных экспериментальных данных оценивался запас на площади (около 3 га), где проводились экспериментальные исследования. При этом оценка запаса выполнялась с учетом упавших перестойных деревьев, составляющих 25–30 % от общего запаса. Объем ствола фиксировался по данным Timbermatic, а количество деревьев и обрабатываемая площадь – по результатам непосредственных измерений параметров ТП.

Основной целью эксперимента являлось исследование факторов, влияющих на синхронизацию технологического процесса заготовки древесины системой «харвестер – форвадер».

В качестве факторов рассматривались расстояние трелевки L , м и рейсовая нагрузка форвадера Q , шт., в качестве отклика – процент простоев системы «харвестер – форвадер» P . Для анализа зависимости между откликом и факторами использовалась модель второго порядка и соответствующий центральный ротататабельный композиционный план [5]. Матрица планирования и результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1
Матрица планирования и результаты эксперимента

Матрица планирования			Результаты
№ опыта	L , м	Q , шт.	P
1	235	78	0,43
2	235	113	0,24
3	865	78	1,46
4	865	113	0,95
5	105	95	0,15
6	995	95	1,35
7	550	70	1,08
8	550	120	0,56
9 (С)	550	95	0,75
10 (С)	550	95	0,75

Т а б л и ц а 2
Результаты дисперсионного анализа экспериментальных данных

	Сумма квадратов	df	Среднее квадратическое отклонение	F	p
L (лин.)	1,472701	1	1,472701	283,0984	0,000014
L (кв.)	0,000015	1	0,000015	0,0030	0,958657
Q (лин.)	0,254120	1	0,254120	48,8497	0,000923
Q (кв.)	0,004951	1	0,004951	0,9518	0,374068
Ошибка	0,026010	5	0,005202	283,0984	0,000014
Всего	1,761875	9			

Экспериментальная модель основана на оценке главных эффектов и эффектов взаимодействия. Адекватность выбранной модели второго порядка оценивалась с использованием дисперсионного анализа (табл. 2) [4]. Ошибка дисперсионного анализа анализировалась по остаточной сумме квадратов. По результатам дисперсионного анализа видно, что статистически значимые эффекты (уровень $p < 0,05$) – линейные и квадратичные эффекты L и Q .

В ходе экспериментальных исследований в соответствии с показаниями информационной системы Timbermatic харвестера определены также следующие параметры ТП: «чистая» часовая производительность харвестера – 50 м^3 , средний объем сортимента – $0,2 \text{ м}^3$, средний объем хлыста – $0,48 \text{ м}^3$, расстояние между рабочими позициями – $3\text{--}4 \text{ м}$, расход топлива – $0,20 \text{ л/м}^3$. В соответствии с показаниями информационной системы

ТМС форвадера расход топлива составляет $0,052 \text{ л/м}^3\cdot\text{км}$, расстояние между рабочими позициями – $1\text{--}10 \text{ м}$. Это цикловая производительность, определенная без учета времени регламентированных простоев для довольно редких природно-производственных условий, характеризующихся запасом леса $440 \text{ м}^3/\text{га}$ и наличием большого количества упавших перестойных деревьев, которые также обрабатывались харвестером. Время отдыха оператора и ремонта машины составило 31 мин , а средняя часовая производительность за время наблюдений – 39 м^3 . Средняя часовая производительность за смену, снятая с монитора системы Timbermatic, составила $26,2 \text{ м}^3$.

По итогам статистической обработки экспериментальных данных установлено:

1) продолжительность обработки одного сортимента харвестером подчиняется экспоненциальному закону распределения со средним значением $15,28816 \text{ с}$ ($76,44 \text{ с}$ на 1 м^3), средняя цикловая часовая производительность харвестера составляет $47,10 \text{ м}^3$;

2) время сбора пачки форвадером подчиняется закону Гамма-распределения со средним значением $9,486345 \text{ с/сортимент}$ ($47,43 \text{ с/м}^3$);

3) среднее время грузового хода форвадера составляет $1,146 \text{ с/м}$ (скорость $0,873 \text{ м/с}$);

4) время разгрузки пачки подчиняется экспоненциальному закону со средним значением $3,324778 \text{ с/сортимент}$ ($16,62 \text{ с/м}^3$);

5) среднее время холостого хода форвадера составляет $0,999 \text{ с/м}$ (скорость $1,001 \text{ м/с}$);

6) среднее расстояние грузового хода форвадера составляет 480 м ;

7) среднее расстояние холостого хода форвадера составляет 593 м ;

8) средняя рейсовая нагрузка форвадера составляет $93,85714 \text{ сортиментов}$ ($18,77 \text{ м}^3$);

9) объем группы сортиментов, захватываемой при сборе пачки грейфером манипулятора форвадера за один прием, подчиняется логнормальному закону со средним значением $2,354839 \text{ сортиментов}$ ($0,47 \text{ м}^3$);

10) объем группы сортиментов, захватываемой при разгрузке пачки грейфе-

ром манипулятора форвадера за один прием, подчиняется нормальному закону со средним значением 4,869919 сортиментов ($0,97 \text{ м}^3$);

11) диаметр сортиментов подчиняется логнормальному закону со средним значением 20,9322 см;

12) объем древесины, обрабатываемой харвестером с одной рабочей позиции, подчиняется закону χ^2 -распределения со средним значением $1,22 \text{ м}^3$;

13) среднее количество сортиментов, получаемых из одного дерева, составляет 2,5197;

14) средний объем сортимента составляет $0,23 \text{ м}^3$.

Проверка экспериментальных данных на аномальность выполнена по критерию Греббса при доверительной вероятности $p = 0,95$. Относительная ошибка определения статистических оценок рассчитана при доверительной вероятности $p = 0,9$. Проверка согласия теоретического и эмпирического распределения выполнена по χ^2 -критерию.

Анализ результатов обработки экспериментальных данных показал:

1. Среднее время на погрузку, транспортировку, разгрузку и холостой ход форвадера составляет $118,82 \text{ с/м}^3$.

2. Средняя «чистая» часовая производительность форвадера составляет $30,30 \text{ м}^3$. Время отдыха оператора и ремонта гусеницы машины составило 50 минут. Средняя часовая производительность за время наблюдений – 25 м^3 . Однако проценты технологических простоев (по причине несоответствия интенсивностей функционирования харвестера и форвадера), полученные на основе цикловой (35,7%) и средней (35,9%) производительности практически совпадают.

3. Время простоев харвестера, вызванное несогласованностью по производительности с форвадером, составляет $42,38 \text{ с/м}^3$ (35,7 %), объем избыточного межоперационного запаса, накапливаемого в системе, составляет $16,80 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($0,280 \text{ м}^3/\text{мин}$).

Выводы

1) При описании отклика в виде процента простоев системы «харвестер – форвадер» на основе модели второго порядка ста-

тистически значимые эффекты имеют все рассмотренные факторы – расстояние транспортировки и рейсовая нагрузка форвадера;

2) относительная ошибка определения статистических оценок параметров системы «харвестер – форвадер» составляет 3,36–9,98 %;

3) входящий поток рассматриваемой обрабатывающе-транспортной системы заготовки древесины является Пуассоновским (продолжительность обработки одного сортимента харвестером подчиняется экспоненциальному закону распределения), значит для описания ТП функционирования системы могут использоваться модели ТМО и формулы Эрланга;

4) для синхронизации ТП заготовки древесины в рассмотренных условиях целесообразно снизить среднее расстояние транспортировки до 200 м или изменить технологию разработки лесосек харвестером, например использовать технологии с сохранением подроста.

Библиографический список

1. Якимович, С.Б. Моделирование стохастических обрабатывающе-транспортных систем с перемещаемыми запасами/ С.Б. Якимович, М.А. Тетерина // Вестник МГУЛ – Лесной Вестник». – М.: МГУЛ, 2007. – № 6. – С. 71–77.
2. Тетерина, М.А. Оптимизация интенсивности обработки предмета труда харвестером по критерию времени простоев / М.А. Тетерина // Электронное издание «Социально-экономические и технические системы». – Набережные Челны: ИНЭКА, 2006. – 4 с.
3. Обоснование ресурсосберегающих технологий лесопромышленного комплекса, адаптированных к природным условиям Пермского края, с минимизацией затрат на лесовосстановление: отчет о НИР (промежуточный) / Марийский государственный технический университет; рук. Якимович С.Б. – Гос. контракт № 01.29/07 с министерством промышленности и природных ресурсов Пермского края – Йошкар-Ола, 2007. – 500 с.
4. Боровиков, В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов/ В.П. Боровиков – СПб.: Питер, 2001 – 656 с.
5. <http://www.statistica.ru>. Электронный учебник StatSoft.
6. Yakimovich, S.B. Transporting stocks logistics/ S.B. Yakimovich, M.A. Teterina// International virtual journal for science, technics and innovations for the industry «Machines, technologies, materials», Issue 4-5, – Sofia, Bulgaria. 2007. – pp. 35–39.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ «ЧЕЛОВЕК–МАШИНА–СРЕДА» НА НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИКИ «ДЖОН ДИР» В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.С. НАЗАРЕНКО, проф. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, канд. техн. наук,
Ф.А. ДАЦ, асп. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ

Техническое состояние тракторов оказывает огромное влияние на важнейшие показатели эффективности и качества работы, такие как рентабельность, фондоотдача, расход топливно-смазочных материалов и др. От состояния техники зависит количество и качество производимой продукции, эффективность использования рабочего времени, дополнительные затраты на топливо и трудоемкость текущих ремонтов.

В то же время при анализе зарубежных тракторов «Джон Дир» в условиях Вологодской области было установлено, что эргономичность, экологичность и производительность техники, на наш взгляд, в целом отвечает требованиям работы в лесу. Но более глубокий анализ, основанный на обработке данных исследования

коэффициента технической готовности и производительности, показал необъективность и высокие простои, порой достигающие 24 часов и более. Экономический эффект после четырех лет эксплуатации трактора близится к нулю и использовать технику становится нерентабельно [1]. Для установления факторов, определяющих снижение показателей эффективности и надежности использования техники фирмы «Джон Дир» в условиях Вологодской области, необходим комплексный подход к условиям системы «человек–машина–среда» (Ч-М-С), который предполагает управление техническим состоянием машин [2].

Структура и взаимосвязь основных составляющих этой системы представлены на рис. 1.

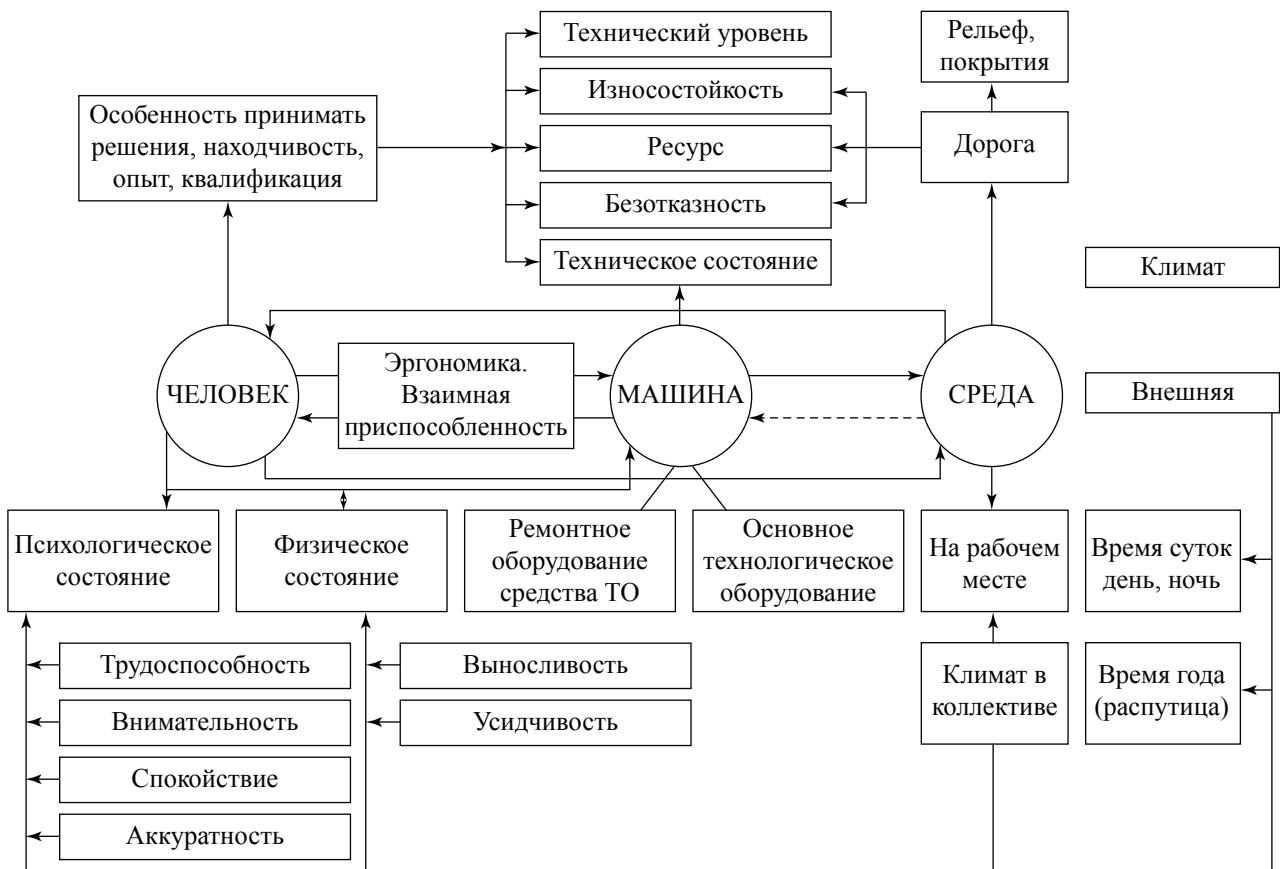


Рис. 1. Система «человек–машина–среда» для тракторов «Джон Дир»

Надежность техники «Джон Дир» является исключительно важным, но не единственным показателем, определяющим эффективность, производительность, качество выполнения технологических операций, для которых эта техника предназначена. Любая техника эксплуатируется и обслуживается человеком-оператором, и поэтому последний должен также рассматриваться как одно из важных составных звеньев всей системы Ч-М-С, от надежности работы которых зависит эффективность использования машин. Оператор – это человек, основу работы которого составляет взаимодействие с машиной, предметом труда и внешней средой посредством дистанционного управления, что и отражено на схеме (рис. 1). Надежность работы оператора – это способность выполнять операции в течение определенного времени при заданных внешних условиях. Показателями надежной работы оператора являются квалификация, опыт, безошибочность, готовность быстро принимать решения и восстанавливаемость по аналогии с показателями надежности технических устройств. Основными направлениями повышения надежной деятельности оператора являются следующие.

Конструктивно-технологические мероприятия включают разработку конструкций и технологий, приспособленных к человеку, или эргономическую и эстетическую модернизацию действующего оборудования, разработку рациональных алгоритмов, оптимизацию параметров окружающей среды, которые можно оценить в общем виде коэффициентом, учитывающим влияние:

$$K_{KT} = K_{ЭРГ} \cdot K_{ЭСТ} \cdot K_{ЭРГД} \quad (1)$$

где $K_{ЭРГ}$ – эргономического фактора;

$K_{ЭСТ}$ – эстетики;

$K_{ЭРГД}$ – эргономического дизайна.

Теоретическими проблемами обеспечения надежности оператора конструктивными и иными средствами занимается комплексная наука техническая эстетика и эргономика, а конструкторским, системным, проектным методом, обеспечивающим реализацию ее рекомендаций в промышленности, является эргодизайн.

Организационные мероприятия включают разработку режимов труда и отдыха с учетом характера трудовой деятельности

и психофизиологических особенностей человека, а также психофизиологический отбор операторов в соответствии со спецификой трудовой деятельности, которые можно учитывать относительным коэффициентом $K_{ОРГ}$.

Медико-биологические мероприятия включают разработку средств, повышающих работоспособность и снижающих утомляемость оператора: организацию ночного питания, спецрациона, комплекса тренировок, снятия психофизиологических нагрузок и пр. Степень влияния можно оценить $K_{МБ}$.

На надежность работы оператора влияют многие опасные и вредные производственные факторы, которые можно свести в четыре группы.

1. Физические факторы, которые можно оценить коэффициентом безопасности работы – $K_Б$.

Это движущиеся части оборудования, обрабатываемого материала; кромки; заусенцы на машине, обрабатываемых заготовках; запыленность рабочей зоны; температура воздуха и рабочих поверхностей машин и заготовок (деталей); шум, вибрации, ультра- и инфразвук, освещенность на рабочем месте, контрастность и блеск поверхностей в поле зрения оператора, которые оценивают $K_Б$ – коэффициент безотказной работы.

2. Психофизиологические факторы.

Физические перегрузки:

– статические (возникающие в условиях статического мышечного напряжения);
– динамические (возникающие при перемещении в пространстве тела человека).

Нервно-психические перегрузки:

– эмоциональные (связанные с воздействием на чувства человека);
– умственное перенапряжение (связанное с напряженностью внимания);
– перенапряжение анализаторов (связанное с воздействием факторов окружающей среды на органы зрения, слуха и пр.);
– монотонность труда (перегрузки, связанные с отрицательной реакцией организма оператора на так называемый вынужденный, несвободный ритм работы).

3. Химические факторы.

Наличие химических веществ в воздухе и на поверхностях рабочей зоны оператора.

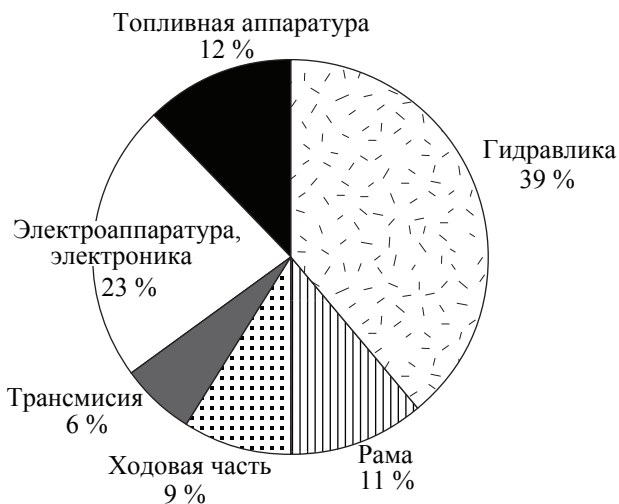


Рис. 2. Мониторинг отказов тракторов «Джон Дир»

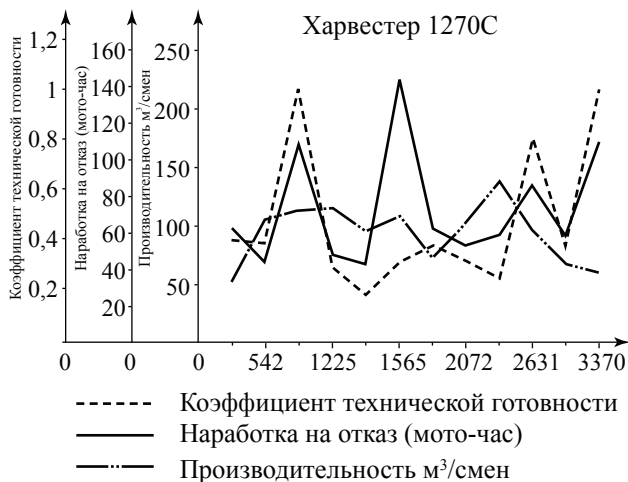


Рис. 3. Производительность, к.т.г и наработка на отказ харвестера 1270С за 2006 г.

4. Биологические факторы.

Наличие вирусов, спор грибов, что актуально для отрасли, перерабатывающей древесину в различных состояниях.

Надежная работа оператора в системе Ч-М-С повышается, если параметры перечисленных факторов находятся в допустимых, а тем более оптимальных пределах, регламентируемых различными стандартами (ISO, ГОСТами), что важно и с точки зрения обязательной сертификации продукции отраслевого машиностроения.

С другой стороны, на надежную работу оператора-человека и работоспособность, безотказность, надежность тракторов оказывает влияние среда, в которой эксплуатируется техника.

В соответствии с классификацией регионов по природно-климатическим условиям Вологодская область относится к региону с низкой температурой и сложными почвенными условиями – топкими и болотистыми территориями.

С учетом этого у тракторов фирмы «Джон Дир», работающих в Вологодской области, появляются характерные дефекты и отказы, которые представлены на рис. 2.

Анализ показывает, что преобладающими отказами, влияющими на эффективность работы тракторов «Джон Дир» (харвестер, форвардер) условиях Вологодской области, являются отказы в гидросистеме и электронной аппаратуре, которые существенно снижают ресурс тракторов, а значит производительность, и увеличивают затраты на ТО и Р.

Важным условием повышения эффективности использования тракторов является установление критериев и показателей, характеризующих объективное представление об изменении технического состояния машин.

Характер изменения некоторых показателей тракторов фирмы «Джон Дир» в условиях Вологодской области представлен на рис. 3.

Анализ кривых показывает, что минимальное количество отказов наблюдается при наработке через 200–300 мото-часов после очередного ТО, и далее по мере работы тракторов резко увеличивается количество отказов, что говорит о необходимости технических воздействий на ранней стадии и обосновании оптимальной периодичности ТО и Р.

С учетом вышеизложенного можно сделать вывод о влиянии на работоспособность тракторов большого количества факторов, а именно работы оператора-человека, интенсивности изменения состояния тракторов(машин) и конкретных природно-климатических условий Вологодской области (среда).

Для учета этих факторов необходим комплексный подход с установлением комплекса управляющих показателей, оценивающих влияние вышеназванных факторов. В качестве таких комплексных показателей можно рекомендовать коэффициент потенци-

альных возможностей K_{Π} , который выражается следующим образом

$$K_{\Pi} = K_{\text{тг}} \cdot K_{\text{ргс}} \cdot K_{\text{пф}} \cdot K_{\text{ут}} \cdot K_{\text{ти}} \cdot K_{\text{д}} \quad (2)$$

где $K_{\text{тг}}$ – коэффициент технической готовности, учитывающий степень готовности машин либо потери времени в ТО и Р.

$K_{\text{ргс}}$ – коэффициент учета реального технического состояния и качества выполнения ТО и Р.

$K_{\text{пф}}$ – коэффициент учета психофизиологических и нервно-психических факторов человека-оператора.

$K_{\text{ут}}$ – коэффициент учета условий труда оператора-человека.

$$K_{\text{ут}} = K_{\text{эст}} \cdot K_{\text{эрг}} \cdot K_{\text{эрг.д}} \cdot K_{\text{орг}} \cdot K_{\text{мб}} \cdot K_{\text{б}} \quad (3)$$

$K_{\text{ти}}$ – коэффициент технического использования времени для учета потери времени по организационным причинам готовых к эксплуатации машин.

$K_{\text{д}}$ – коэффициент учета потери производительности при неполном использовании грузоподъемности тракторов[3].

Основными задачами дальнейшего исследования являются:

1. Анализ и характер работы оператора-человека, установление основных причин

ошибок, роль и значение профессионализма и разработки мероприятий по взаимной приспособленности оператора и человека, т.е. оценка $K_{\text{ут}}$.

2. Разработка методики оценки и реализации коэффициента потенциальных возможностей K_{Π} и его составных показателей.

3. Разработка технологии установления коэффициента потенциальных возможностей использования машин и условий труда оператора-человека.

Библиографический список

1. Дац, Ф.А. Анализ эффективности использования зарубежной техники / Ф.А. Дац, А.С. Сухарев, П.А. Михалин // Международный симпозиум «Надежность и качество». – Пенза: ПГУ, 2007. – Т. 2. – С. 61–63.
2. Назаренко, А.С. Теоретические предпосылки управления техническим состоянием лесных машин и агрегатов / А.С. Назаренко, В.В. Быков // Лесная промышленность. – 2004. – № 2. – С. 15–17.
3. Назаренко, А.С. Модель управления эффективностью использования технической готовности и состоянием транспортных и технологических машин лесного комплекса / А.С. Назаренко // Международный симпозиум «Надежность и качество». – Пенза: ПГУ, 2007. – Т. 1. – С. 227–230.

РЕМОНТ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ МАШИН ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.Ю. ПРОХОРОВ, доц. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, канд. техн. наук,
П.А. МИХАЛИН, асп. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ

В двигателях лесных машин большое внимание уделяется повышению мощности двигателя при меньших затратах. Этого можно достигнуть несколькими способами. Можно увеличить обороты двигателя, но в современных условиях они практически приведены к максимуму и находятся в пределах от 1700 до 2200 мин⁻¹. Имеет место увеличение объема двигателя, но это приводит к повышенному расходу топлива, что нецелесообразно с экономической точки зрения. Остается единственный способ – установка на двигатель турбокомпрессора. Турбокомпрессор, который работает на отработанных газах, не отбирает мощность у двигателя в отличие от механического турбоагнетателя, который

приводится в действие от привода коленчатого вала двигателя.

Турбокомпрессоры, применяемые в дизельных двигателях в технологических и транспортных машинах лесного комплекса, приведены в табл. 1.

Принцип работы турбокомпрессора состоит в следующем. Отработавшие газы, вытесняемые из цилиндров поршнями, через выпускной коллектор попадают с большой скоростью под давлением в корпус турбинного колеса («горячая улитка»), приводя во вращение последнее. На вал турбинного колеса жестко установлено компрессорное колесо. Оно прокачивает воздух через систему очистки и направляет его через корпус компрессор-

ного колеса, где воздух сжимается и подается во впускной коллектор двигателя. Количество сжатого воздуха и его давление определяется конструкцией конкретного турбокомпрессора и режимом работы двигателя. Использование турбонаддува позволяет значительно повысить коэффициент наполнения η_v . У двигателей без наддува он составляет 0,75–0,85, а с наддувом – 0,90–0,98. Коэффициент наполнения при работе с наддувом повышается вследствие лучшей очистки камеры сжатия в результате продувки. Повышение плотности воздуха и, в значительной мере, коэффициента наполнения дает соответствующее повышение мощности двигателя. Использование наддува и систем промежуточного охлаждения воздуха позволяет повысить мощность дизелей на 15–30 % и более.

Турбокомпрессор работает в тяжелых условиях: высокая температура отработавших газов (до 1050 °С) и большая частота вращения вала (до 280 000 мин⁻¹). Масло,

подаваемое в турбокомпрессор для смазки и охлаждения, поступает из системы смазки двигателя. Необходимо, чтобы оно было всегда чистым и соответствовало требованиям, предъявляемым изготовителем двигателя. После запуска необходимо дать двигателю поработать в режиме холостых оборотов примерно 1 минуту. Это необходимо для того, чтобы давление масла в системе смазки поднялось до рабочего и масло попало в подшипники турбокомпрессора. Перед выключением двигателя также следует дать ему поработать несколько минут (1–3) в режиме холостых оборотов для того, чтобы дать возможность деталям турбокомпрессора остыть.

Основные виды отказов турбокомпрессоров показаны в табл. 2.

Слабые звенья турбокомпрессора – пары трения «вал ротора турбины – подшипник» и «средний корпус – подшипник». Вероятность отказа деталей по критерию прочности ниже 5 %.

Т а б л и ц а 1

Турбокомпрессоры, применяемые в лесном комплексе

Модель турбокомпрессора	Марка двигателя	Транспортное средство	Цена нового ТКР, руб.	Стоимость ремонта, руб.
ТКР-7Н1-СТ	7403.10 (КамАЗ)	Автомобили КамАЗ	5 546	3 717
ТКР-8.5НЗ	СМД-18НП.01	ЛХТ 100, ТДТ 55М, ТБ1 М,	4 484	2 832
ТКР-9 (12-00)	ЯМЗ 238Д	Автомобили МАЗ, КрАЗ, Урал	9 676	5 428
ТКР-11Н1	СМД-60/62	МЛ 74, ЛТ 171А, Т 157	6 313	3 776
ТКР-11Н2	СМД-18	СМ 33	6 313	3 776
ТКР-11Н10	СМД-19/20	ТБ 1 – 1М	9 440	4 720
ТКР-11НЗ	Д-160/160М (ЧТЗ)	Тракторы Т – 130/130Б/170М.01	9 676	4 956
ТКР-11238НБ	ЯМЗ 238НД2	МЛ 107, ЛП 19, МЛ 30, МЛ 119	10 856	5 723

Т а б л и ц а 2

Основные виды дефектов турбокомпрессоров

Наименование детали	Дефект	Коэффициент повторяемости
Ротор в сборе	Износ поверхности вала под подшипник	0,80
	Износ канавок под уплотнительные кольца	0,75
	Изгиб вала	0,20
Средний корпус	Обломы	0,28
	Износ отверстий под подшипник	0,51
Корпус компрессора	Трещины и обломы	0,20
	Повреждение резьбы	0,83
Корпус турбины	Трещины и обломы	0,30
	Повреждение резьбы	0,83
Подшипник	Износ отверстий под фиксатор	0,72
	Износ отверстий под вал ротора	0,72
	Износ наружной поверхности	0,50

Т а б л и ц а 3

Ресурс новых и отремонтированных турбокомпрессоров ТКР – 1Н1 и ТКР – 1Н3, моточасы

Марка двигателя	Новые		Отремонтированные	
	двигатель	турбокомпрессор	двигатель	турбокомпрессор
СМД-60	3 800	3 140	2 200	1 950
ЯМЗ-238НБ	4 200	3 580	3 400	2 700

На большинстве ремонтных предприятий годовая программа ремонта турбокомпрессоров не превышает 150 шт. в год. Поэтому ремонт проводится, как правило, заменой изношенных деталей, что удорожает стоимость восстановленных агрегатов, а послеремонтный ресурс не превышает 62 % от ресурса нового агрегата (см. табл. 3).

На сегодняшний день наиболее распространенные методы восстановления параметров и свойств изношенных поверхностей деталей турбокомпрессоров – установка ремонтных деталей, использование ремонтных размеров, пластическая деформация. Реже применяется нанесение слоя металла, компенсирующего величину износа (гальваническим, наплавочным, электроконтактным методом и др.), из-за того, что для их реализации необходима большая номенклатура оборудования, в том числе специализированного, и технологической оснастки.

Для восстановления послеремонтного ресурса турбокомпрессора до уровня нового необходимо увеличить износостойкость пары трения «вал ротора турбины – подшипник» в 3,5 раза, а пары трения «средний корпус – подшипник» – в 1,5 раза.

На турбокомпрессорах, которыми оснащаются двигатели лесных машин, применяются подшипники скольжения с вращающимися или качающимися втулками. Плавающие и качающиеся подшипники менее склонны к автоколебаниям, обладают хорошими демпфирующими свойствами, более высокой устойчивостью к вибрациям и несущей способностью.

В настоящее время данные подшипники изготавливаются из бронз: БрОФ10-1, БрОФ7-0,2, БрОС10-10, БрОЦС5-5-5 и других оловянисто-свинцовых бронз. Подшип-

ники, изготовленные из данных материалов, обладают хорошими антифрикционными свойствами, но при масляном голодании или использовании масел с различными присадками возникает коррозия, что существенно сказывается на ресурсе подшипника.

Условия работы подшипникового узла турбокомпрессора обусловлены широким диапазоном режимов работы дизелей:

- при пуске недостаток смазывающего материала;
- при прогреве имеет место низкая температура и высокое давление смазывающего материала;
- в рабочем режиме имеет место резко переменные скоростные параметры.

На подшипник высокоскоростного турбокомпрессора действуют в радиальном направлении вес ротора, сила от давления отработанных газов, переменная по величине и постоянная по направлению и т.д. Это влияет на износостойкость и работоспособность подшипника. Подшипник, который изготовлен из бронзы, сильно подвержен разрушению от вышеперечисленных воздействующих на него факторов.

Исходя из вышеперечисленных проанализированных данных предлагается изготовить подшипник скольжения турбокомпрессора из углерод-углеродного композиционного материала (УУКМ).

Проводимые исследования доказывают, что углерод-углеродный композиционный материал может использоваться при низких удельных давлениях в режимах перепада высоких скоростей и трении без подачи смазывающего материала. Использование УУКМ в качестве пары трения «вал ротора турбины – подшипник», «средний корпус – подшипник» позволяет исключить систему смазки турбокомпрессоров и увеличить срок службы изделия.

Библиографический список

1. Бурмкулов, Ф.Х. Технология ремонта турбокомпрессоров типа ТКР-11 созданием наноструктурированных покрытий на рабочих поверхностях деталей / С.А. Величко, В.В. Власкин // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 6. – С. 13–15.
2. Быков, В.В. Справочник по технологическим и транспортным машинам лесопромышленных предприятий и техническому сервису / Под общ. ред. В.В. Быкова, А.Ю. Тесовского. – М.: МГУЛ, 2000. – 532 с.

УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МАШИН ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

В.Ю. ПРОХОРОВ, доц. каф. технологии машиностроения и ремонта МГУЛ, канд. техн. наук,
А.И. РОДИОНОВ, доц. каф. прикладной математики МГУЛ, канд. техн. наук

Ремонт транспортных и технологических машин является одной из основных составляющих технической эксплуатации. Ремонтное производство должно быть в достаточной степени обеспечено необходимыми запасными частями. Их недостаток является серьезным фактором снижения технической готовности парка технологического и транспортного оборудования. В то же время расширение производства новых запасных частей связано с увеличением материальных и трудовых затрат.

Опыт эксплуатации оборудования показывает, что более 70 % деталей, вырабатываемых при первом капитальном ремонте технологических и транспортных машин, являются ремонтпригодными и поддаются восстановлению. Поэтому альтернативой расширенного производства запасных частей является восстановление изношенных деталей в процессе ремонта машин. Это экономически целесообразно с точки зрения повторного использования большинства деталей, как годных, так и предельно изношенных после восстановления. При таком подходе к воспроизводству машин процесс осуществляется в более короткие сроки с меньшими затратами материалов и другими издержками по сравнению с процессом изготовления новых изделий. Себестоимость восстановления для большинства деталей не превышает 75 % стоимости новых, а расход материалов в 15 – 20 раз ниже, чем на изготовление. Ресурс восстановленных деталей зачастую значительно выше благодаря использованию эффективных способов восстановления и улучшенным свойствам упрочненных поверхностей.

Анализ способов, проведенный на основании литературных источников [1] и опыта ремонтных предприятий (см. таблицу), позволяет сделать вывод о том, что в последние годы в общем объеме работ по восстановлению деталей ведущее место занимает дуговая наплавка (сварка).

Т а б л и ц а

Относительное использование способов восстановления деталей

Способы восстановления деталей	Отношение к общему объему, %
Дуговая наплавка	74
Контактная наварка металлического слоя	7
Газотермическое напыление	6
Нанесение гальванических покрытий	3
Нанесение полимерных покрытий	5
Пластическая деформация	2
Заливка жидким металлом	1
Прочие, в том числе метод ремонтных размеров и дополнительных деталей	2

К качеству отремонтированных машин предъявляются высокие требования. Ведь целью капитального ремонта является восстановление полного, или близко к полному, ресурса машин. В настоящее время детали машин после ремонта работают в значительно худших условиях, чем в новых сопряжениях, что связано с изменением базисных размеров, смещением осей, изменением условий смазки, нарушением посадок, несоблюдением качества подбора материалов парных деталей и пр.

Предприятия, специализирующиеся на восстановлении ходовых деталей, имеют высокую экономическую эффективность, что обеспечивает им конкурентоспособность в условиях рыночного производства.

В последние годы в результате сокращения финансирования научных разработок, разрыва информационных связей резко уменьшился объем сведений о восстановлении деталей.

Решение проблемы повышения надежности изделий, в том числе и лесозаготовительной техники, может быть эффективно, если работа в этом направлении имеет комплексный характер, то есть начинается на

стадии научной проработки проблемы, продолжается при проектировании и производстве, обеспечивается на стадии эксплуатации. Только в этом случае возможно обеспечение выпуска высококачественной продукции при минимальных производственных затратах и ее последующее использование с наивысшей эффективностью.

Непрерывно повышающиеся требования к эксплуатационным свойствам материалов и смазочных материалов, которые применяются в узлах трения, не могут быть удовлетворены с помощью известных ранее способов подготовки поверхностей деталей узлов трения и существующих методов модификации смазочных материалов. Это заставляет изыскивать новые, более совершенные материалы и методы борьбы с изнашиванием с целью увеличения долговечности узлов трения машин и механизмов. Наиболее перспективными в этом отношении являются полимерные композиционные материалы.

Шарнирные соединения технологических и транспортных машин лесопромышленного комплекса эксплуатируются в тяжелых нагрузочных режимах: удельное давление на поверхностях трения до 100 МПа, скорость скольжения 0,005–0,35 м/с, реверсивный характер движения поверхностей с углом качания до 130°, повышенное воздействие абразивности, запыленности, влажности и температурного диапазона работы (от – 50 до + 50 °С).

Одной из серьезных причин, вызывающих интенсивный износ шарнирных сопряжений и влияющих на долговечность других узлов технологических и транспортных машин, нередко является нарушение технических условий эксплуатации (в частности соблюдения периодичности смазочных работ), что приводит к трению без смазки, задирам и схватыванию поверхностей. Нарушения графиков ТО частично можно объяснить удаленностью лесосек от ремонтно-механических мастерских (РММ), пунктов технического обслуживания (ПТО) и высокой трудоемкостью работ по ТО машин (наличие до 40 индивидуальных точек смазки).

В конструкции основных транспортных и технологических машин лесопромыш-

ленного комплекса содержится значительное количество подвижных сопряжений. Ресурс и предельное состояние этих машин в значительной степени регламентированы износом деталей шарнирных соединений. Обеспечение их надежной работы является одним из путей повышения качества и экономичности лесозаготовительного производства.

Особенно остро встает проблема с износом шарнирных соединений в связи с форсированием рабочих режимов, вызванных как увеличением мощности и производительности, так и усложнением кинематики технологического оборудования машин. Износ приводит к нарушению кинематической точности, вызывает не предусмотренные расчетом дополнительные нагрузки, удары, вибрации и, таким образом, становится причиной разрушения как самих шарниров, так и деталей технологического оборудования, узлов металлоконструкции и гидропривода.

Задача создания простых, надежных и дешевых узлов трения актуальна и в общем машиностроении.

Использование самосмазывающихся шарнирных сопряжений в транспортных и технологических машинах может снять проблемы, связанные с последствиями низкого качества технического обслуживания. Это, в свою очередь, позволит существенно повысить долговечность лесной техники при одновременном снижении материальных затрат.

Несмотря на неоспоримые достоинства, полимерные композиционные материалы характеризуются рядом недостатков в качестве материалов для подшипников, а именно: нестабильностью конструктивных размеров под влиянием температуры и давлений, недостаточной механической прочностью и старением, низкой стойкостью к абразивному износу. Полимеры могут также являться источником водородного износа: выделение водорода при трении пластмасс ведет к наводороживанию и охрупчиванию стальной поверхности.

Одним из основных недостатков полимерных материалов является их низкая теплостойкость. Это резко ограничивает их применение в узлах трения, работающих при повышенных температурах и высоких скоро-

стях скольжения. Многие полимеры деградируют при воздействии солнечного света. Большинство полимеров становится хрупкими при минусовой температуре.

Путем замены полимерной матрицы на углеродную создан новый класс КМ – углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ), сочетающие все положительные свойства графита. У них отсутствуют резкая анизотропия свойств, большой разброс характеристик, чувствительность к дефектам структуры. Основными свойствами углерода, обеспечивающими его широкое применение, является высокая теплостойкость, низкая плотность, высокая химическая стойкость, биологическая совместимость, достаточно высокая тепло- и электропроводность. Одна из основных причин, обеспечивающих широкое применение графита для создания антифрикционных материалов, низкий коэффициент трения по металлам, который может быть до 0,05.

Природу смазочной способности графита объясняют слоистым строением его кристаллической решетки. Считается, что большое расстояние между базисными плоскостями ($3,5 \cdot 10^{-10}$ м) обеспечивает легкое скольжение слоев один по другому при условии адсорбции, особенно на призматические плоскости молекул воды, кислорода, окиси, двуокиси углерода.

Суть технологического процесса получения углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) состоит в создании армирующего каркаса, введении в него углеродообразующей либо углеродной матрицы с последующей термообработкой до превращения ее в углерод.

Принцип создания армирующих каркасов – волокна расположены вдоль линий главных напряжений. Выбор армирующих нитей определяется необходимостью сочетания высоких модуля упругости и прочности, так как углеродная матрица практически не обладает макропластичностью и жесткость нитей должна быть достаточной для восприятия напряжений без разрушения матрицы.

Оценки влияния изнашиваемости и искривления волокон при изготовлении каркасов могут объяснить лишь уровень реали-

зации прочности волокон в углепластиках, достаточно высокий и стабильный [2].

Проведенные нами исследования показали, что разрушение УУКМ в широком интервале температур является хрупким. Внутри жгутов, составляющих основу материала, наблюдается типичный для хрупкого разрушения «веер», трещина проходит как по матрице, так и по волокнам, указывая на наличие так называемого «единичного» разрушения, когда разрушение хрупкой матрицы приводит к разрушению материала в целом. Разрушение жгутов происходит независимо. Влияние трещин, в большом количестве имеющих в образце до испытания параллельно магистральной трещине, не обнаружено.

Аналогичные результаты описаны в [2]. Это позволяет предположить, что причины нестабильности прочности УУКМ обусловлены процессами структурообразования, на которых имеет смысл подробно остановиться.

Разработано три основных способа получения УУКМ различных структур армирования:

- 1) жидкофазный – пропитка КМ пеком или смолой с последующей карбонизацией и графитацией;
- 2) газофазный – насыщение КМ пироуглеродом;
- 3) комбинированный – насыщение КМ двумя типами углеродной матрицы, состоящей из углерод-кокса пека с последующим доуплотнением пористой структуры матрицы пироуглеродом.

Процессы структурообразования в УУКМ и их влияние на прочность композитов изучены слабо. Поэтому следует воспользоваться опытом, накопленным при исследовании отдельных структурных составляющих композита – пироуглерода, пека, волокон.

1. Механические свойства графита и графитоподобных материалов

Модуль упругости графита и графитоподобных материалов определяется силой межатомного взаимодействия. Высокая энергия взаимодействия атомов углерода в плоскости атомных слоев обусловлена σ -связями,

основанными на S_{p_2} – гибридизации электронных орбиталей, имеющая чрезвычайно анизотропный неполярный характер. В то же время слабое взаимодействие атомных слоев является следствием делокализации валентных π -электронов между слоями. В соответствии с этим модуль Юнга монокристалла графита при растяжении в плоскости атомных слоев $C_{11} = 1060$ ГПа, в ортогональном направлении $C_{33} = 36,5$ ГПа – на порядок ниже. Наименьшее значение (4,5 ГПа) имеет модуль сдвига C_{44} .

В углеродных материалах, являющихся, как правило, поликристаллами, наибольшая жесткость и прочность достигаются только при полной ориентации слоев кристаллической решетки параллельно направлению испытания. Межслоевой сдвиг затрудняется за счет дефектов кристаллической решетки графита (дефекты внутри слоев типа вакансий или внедрений, дисклинации и дефекты упаковки, приводящие к возрастанию межслоевого расстояния).

Теоретический предел прочности углеродных материалов $\sigma_{теор} \sim E/10 \approx 100$ ГПа. Реально наблюдаемые значения прочности графитоподобных структур связывают с расстоянием между дефектами (размером и разориентацией кристаллитов) в плоскости межслоевого сдвига. Как показано экспериментально, именно межслоевой сдвиг ответственен за возникновение очагов разрушения.

Важнейшей характеристикой углеродных материалов является температура обработки. По мере ее увеличения растет степень совершенства кристаллической решетки материалов и соответственно растет модуль C_{11} и уменьшается число дефектов, что приводит к снижению прочности. Следует отметить, что снижение прочности не является обязательным, однако в зависимости от чистоты и вида исходного сырья и технологических процессов получения материалов с определенной температурой (1500–2000 °С) прочность материалов стабилизируется.

Таким образом, с помощью температуры можно в широких пределах регулировать соотношение модуля и прочности углеграфитных материалов.

2. Пиролитический углерод

Существует два пути получения пироуглерода:

1) карбонизацией, т.е. пиролитическим разложением углеродосодержащих материалов в конденсированной фазе;

2) осаждением углерода, т.е. гомогенным или гетерогенным разложением углеводородных газов и паров.

В качестве газа-носителя применяют азот, аргон, гелий. Для получения пироуглерода используют бензол, толуол, ацетилен, метан, природный газ и т. д. Температуры пиролиза и давление в печи могут выбираться от нескольких сотен градусов до 2500–3000 °С и от атмосферного давления до 10^4 Па.

Структура пироуглерода зависит прежде всего от температуры осаждения и типа углеводорода. Если используют природный газ, то можно выделить три области температур осаждения, в которых получаемый материал резко отличается по свойствам: 800–1200 °С, 1400–1700 °С и 2150–2400 °С. Пироуглерод, получаемый при температуре осаждения до 1200 °С, имеет плотность до 2,1 г/см³ и достаточно однородную веерообразную конусовидную структуру, образуемую при сравнительно небольшой скорости разложения. При повышении температуры до 1400–1700 °С скорость разложения возрастает, в результате чего степень упорядоченности структуры снижается, материал получается изотропным, его плотность снижается до 1,2 г/см³. Пироуглерод, полученный при температуре 1900–2100 °С, имеет турбостратную структуру, которая по мере увеличения температуры отложения переходит в упорядоченную графитовую (пироуглерод переходит в пирографит).

Пироуглерод характеризуется резко выраженной анизотропией свойств, что является следствием кристаллографической текстуры (базисные плоскости расположены преимущественно параллельно поверхности осаждения). Однако при некоторых технологических условиях удается получить как бесструктурный, так и пирографит с текстурой, образованной базисными плоскостями, перпендикулярными поверхности осаждения.

Пироуглерод обладает высокими, но анизотропными механическими свойствами. Наибольшей прочностью обладает пироуглерод, полученный при низких температурах. Температурная зависимость прочности пирографита аналогична графитовым материалам – при комнатной температуре прочность на растяжение ~ 60–80 МПа, при 2750 °С – 200–500 мПа. Модуль нормальной упругости пирографита ~ 30–50 ГПа.

3. Пеки

К пекам относят твердые в обычных условиях, но плавкие продукты термических превращений асфальто-смолистых веществ, получаемых из нефти, каменного угля или другого органического сырья. В определенных условиях в пеках может зарождаться и расти жидкокристаллическая фаза (мезофаза), которая обеспечивает образование анизотропного графитирующегося кокса. В связи с этим в настоящее время различают пеки изотропные (обычные, немезофазные) и анизотропные (мезофазные). Мезофазные пеки, как правило, получают при соответствующей подготовке (термообработка в определенных условиях) изотропных пеков.

Пеки имеют следующие фракции, отличающиеся по растворимости:

1) нейтральные смолы или мальтены, растворимые в легком бензине, пентане, гексане (γ -фракция);

2) асфальтены, не растворимые в петролейном эфире, но растворимые в горячем бензоле (β -фракция);

3) карбены, частично растворимые в тридине, хинолине, сероуглероде (α_2 -фракция);

4) карбоиды, практически ни в чем не растворимые (α_1 -фракция).

В результате термических превращений протекает переход фракций $\gamma - \beta - \alpha_2 - \alpha_1$, сопровождающийся ростом молекулярной массы, т.е. в направлении, характерном для процесса карбонизации.

Ясной картины влияния химической структуры сырья на образование мезофазы не имеется.

Основной фактор, влияющий на структуру и механические свойства углеродных ма-

териалов – степень ориентации углеродных кристаллитов. Отмечается, что зарождение и рост анизотропных сфер, а также степень превращения изотропного пека в мезофазный зависит от температуры в интервале 390–430 °С и времени. Поэтому все способы получения мезофазных пеков включают нагрев сырья в заданном интервале в среде неокисляющего газа. Пеки из углеводородного сырья можно получить с помощью:

1) парофазного процесса, при котором сырье контактирует короткое время с парофазной нагретой средой;

2) жидкофазного, с продолжительным нагревом сырья.

С помощью этих методов можно в широких пределах, вплоть до 100 %, варьировать содержание мезофазы в пеке. Повышенное содержание мезофазы в пеке обеспечивает графитируемость и, следовательно, высокие физико-механические показатели конечного углеродного материала. Формирование мезофазы в пеках проводится при их термообработке в инертной среде азота или аргона при температуре 400–440 °С. Выход мезофазы определяется по количеству не растворимой в пиридине фракции, образующейся при термообработке. Подготовку пека с накоплением мезофазы проводят до пропитки волокнистых структур, т.к. углеродные волокна замедляют процесс возникновения мезофазы.

Формирование структуры и свойств углерод-кокса матрицы зависит от условий термообработки, которую можно условно разделить на несколько стадий:

– карбоназацию (900–1423 °С) – разложение органических соединений и формирование молекулярной упорядоченной структуры углерод-кокса;

– предкристаллизацию (1400–2000 °С) – упорядочение атомов углерода в более совершенную структуру с образованием так называемых переходных форм углерода;

– гомогенную графитацию (2000–3000 °С) – превращение переходных форм углерода в поликристаллический графит.

Механические характеристики коксов пеков сравнимы с приведенными выше характеристиками пироуглерода.

4. Углеродные волокна

Углеродные волокна имеют диаметр 6–10 мкм и используются в УУКМ в виде нитей, содержащих до 320 000 элементарных волокон (филаментов). Углеродные волокна получают на основе полимерных полиакрилонитрильных (ПАН) волокон и нефтяного пека. Широкое применение имеют ПАН-углеродные волокна. В этом классе волокон в зависимости от значений прочности и модуля упругости различаются так называемые высокопрочные (НТ) и высокомодульные (НМ) волокна. Высокопрочные волокна (3–5 ГПа) имеют пониженный модуль упругости, модуль упругости высокомодульных волокон при более низкой прочности (2–3 ГПа) превышает 400 ГПа.

Из пековых углеродных волокон для армирования используют лишь волокна, полученные на основе мезофазного пека (МРР). Эти волокна имеют модуль упругости свыше 500 ГПа и прочность около 2 ГПа.

Далее рассматриваются только ПАН-углеродные волокна.

Дефектность волокон, наряду с высокой степенью ориентации определяющая их высокую прочность, определяется главным образом структурой полимерного сырья и натяжением волокон при термообработке. Наличие дисклинаций и степень ориентации углеродных волокон сильно зависят от степени предварительной вытяжки полимера. Внутрислоевые дефекты и дефекты упаковки слоев в значительной мере устраняются термообработкой. Увеличение размера кристаллов и ориентация слоев преимущественно вдоль оси волокон приводят к возрастанию модуля упругости.

Термообработка при температурах 1300–2700 °С приводит к стабилизации прочности волокон при росте их модуля и в случае очень чистых ПАН-волокон не обязательно приводит к потере их прочности. Дефектность исходных полимерных волокон определяет характер дефектов конечного продукта. Поэтому необходимо, чтобы в процессе карбонизации полимерные волокна не плавильлись. Для этого перед карбонизацией структура термопластичных ПАН-волокон должна быть превращена в трехмерную

сшитую структуру. Эта стадия обработки волокон называется «стабилизацией». Стабилизация ПАН-волокон обычно осуществляется путем реакции циклизации и окислительной сшивки. Получаемый из трехмерно сшитого полимера углерод называется «полимерным углеродом». Дефекты затрудняют сдвиг вдоль атомных плоскостей и тем самым повышают прочность волокон. Наличием таких дефектов, в частности, объясняется высокий (0,345 нм) параметр кристаллической решетки ПАН-волокон далее при температурах обработки около 3000 °С.

Высокопрочные ПАН-углеродные волокна получают в результате низкотемпературной обработки (ниже 1400 °С), а высокомодульные при высокой температуре (1800–2700 °С). Исключением из этого правила являются разработанные в последнее время высокопрочные и способные к большому удлинению ПАН-углеродные волокна. Эти волокна (высокодеформируемые высокопрочные) имеют жесткость, промежуточную между высокопрочными и высокомодульными. Термообрабатываются они при средних (до 2000 °С) температурах.

5. Разрушение композитов с хрупкой матрицей

В случае композитов с хрупкой матрицей, которыми и являются УУКМ, условие множественного разрушения (волокна достаточно прочны и продолжают нести нагрузку при растрескивании матрицы)

$$V_1 \sigma_{p1} > V_1 E_1 \varepsilon_{p2} + V_2 \sigma_{p2}, \quad (1)$$

где V_1 и V_2 – относительное объемное содержание волокон и матрицы;

σ_{p1} – напряжение разрушения волокон;

σ_{p2} – напряжение разрушения матрицы;

ε_{p2} – деформация разрушения матрицы.

Проводя преобразования, учитывая линейно-упругое поведение углерода, получим

$$V_1 \left[\frac{\sigma_{p1}}{\sigma_{p2}} + 1 - \frac{E_1}{E_2} \right] > 1, \quad (2)$$

где E_1, E_2 – модули нормальной упругости волокна и матрицы.

Используя приведенные выше данные для пирографита, получаем:

$$\sigma_{p1} / \sigma_{p2} \approx 50, E_1 / E_2 \approx 10, V_1 > 0,2.$$

Условие (2) легко выполнимо. Однако наши исследования, а также литературные данные [1] указывают на то, что разрушение углерод-углеродных композитов происходит единичным образом, не сопровождается множественным растрескиванием матрицы, хрупко от единичной трещины в матрице, беспрепятственно распространяющейся перпендикулярно волокнам.

Это может быть связано со следующими обстоятельствами. Во-первых, для реальных пироуглерода и пека, находящихся в композите на волокнах, вполне может быть $\sigma_{p1}/\sigma_{p2} < E_1/E_2$ и условие (2) не будет выполняться. Во-вторых, вследствие разницы в текстурах, а также усадки волокон при термообработке при получении композита с помощью расчетов, можно показать, что напряжения, возникающие в материале в районе контакта фаз с различной структурой (в материале КИМФ таких фаз, как минимум 4: мелкозернистый, конусовидный и слоистый пироуглерод и волокна), и прежде всего матрицы и наполнителя, достаточно велики и сравнимы с σ_{p2} .

Наиболее интересны два компонента: растягивающие напряжения в матрице в продольном направлении (параллельно оси волокон) и радиальные напряжения на поверхности раздела.

Обозначив σ^* вклад одного волокна в продольные остаточные напряжения, условие (2) переписывается как

$$V_1 \left[\frac{\sigma_1}{\sigma_{p2}} - \frac{E_1}{E_2} - \frac{\sigma^*}{\sigma_{p2}} + 1 \right] > 1. \quad (3)$$

Если σ_{p1}/σ_{p2} и E_1/E_2 сравнимы и σ^* сравним с σ_{p2} , то остаточные напряжения могут играть определенную роль в разрушении материала.

В работе [2] рассмотрены условия расслаивания композита по границе волокно – матрица. Условие начала расслаивания записывается как

$$\sigma_d = (4E_1 G_{11} / r)^{1/2}, \quad (4)$$

где r – радиус филамента;

G_{11} – работа, совершаемая для разрушения связи на единицу площади поверхности раздела.

Из нее очевидно следует зависимость напряжения расслаивания от радиуса воло-

на – с уменьшением его напряжение возрастает. Учитывая, что связь по границе раздела в углеродных материалах осуществляется за счет нелокализованных π -связей на границах кристаллитов, G_{11} будет зависеть от степени совершенства углеграфитных структур. Кроме того, весьма важным представляется вклад в G_{11} радиальных напряжений, возникающих на границе матрица – волокно. При высоком уровне сжимающих напряжений, возникающих из-за разницы в термическом расширении структурных составляющих материала, процесс расслаивания может быть подавлен.

Заключение

Итак, варьируя технологию получения и термообработку углеграфитных материалов, можно получить в композите разнообразные сочетания структурных состояний и соответственно прочности, модуля, термо- и остаточных напряжений. Используя соотношения (2), (3) и (4), можно определить пути перехода от единичного к множественному разрушению УУКМ и соответственно более полной реализации прочности волокон в углекомпозитах, а также повышению и стабилизации прочности материала.

При этом наиболее целесообразными и воспроизводимыми представляются эксперименты с относительно простыми системами – однонаправленными УУКМ.

Проводимые исследования на кафедре технологии машиностроения и ремонта (МГУЛ) совместно с НПО «Композит» [3], показывают возможность применения самосмазывающихся углерод-углеродных композиционных материалов.

Библиографический список

1. Батищев, А.Н. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники / И.Г. Голубев, В.П. Лялякин. – М.: Информагротех, 1995. – 296 с.
2. Тарнопольский, Ю.М. Пространственно-армированные композиционные материалы: справочник / Ю.М. Тарнопольский. – М.: Машиностроение, 1987.
3. Прохоров, В.Ю. Сравнительные исследования трибологических характеристик антифрикционных углерод-углеродных КМ для узлов трения / В.В. Быков, Г.Ф. Дружков // Научн. тр. МГУЛ. – 1991. – Вып. 251. – С. 60–67.

АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПРИ РЕМОНТАХ И СОДЕРЖАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

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

Высокое качество дорожного строительства зависит от сырья, материалов, изделий, оборудования, обеспечивается своевременным внедрением стандартов и контролем за их соблюдением, а также аттестацией продукции.

При выполнении технологических операций отдельных видов работ как при строительстве дорог, так и при их ремонте и содержании возможно появление погрешностей изготовления. Технологический процесс можно привести к некоторой системе независимых и взаимосвязанных случайных и систематических факторов, обуславливающих получение параметра. Систематическое изменение параметра изделия вызвано его конструктивной недоработкой, систематическими погрешностями производства или систематическим воздействием внешних условий. Случайные изменения параметра вызываются большим количеством случайных факторов. Правильно построенный производственный процесс изготовления продукции должен обеспечивать выпуск последней с определенной нормой качества. Таким образом, для получения конечной продукции с определенной нормой качества необходимо в период ее изготовления производить контроль отдельных параметров. Другими словами, суждение о качестве выпускаемой продукции будет практически беспредметным, если оно основано на результатах объективных методов контроля параметров изделия. Результаты контроля, анализ контролируемых параметров опираются на первичную объективную информацию, главным образом измерительную, о числовых значениях физических величин, параметров, о свойствах физических объектов. Вместе с тем подготовка и выполнение с требуемой точностью измерительных операций, получение достоверных результатов измерений вызывают необходимость разработки метрологического обеспечения измерений контролируемых параметров. Недостаточная точность, недостовер-

ность и ограниченный объем измерительной информации влечет за собой низкое качество выпускаемой продукции и, в конечном счете, ведет к неоправданным потерям материальных средств и фондов как в отрасли, так и в масштабе Республики Коми.

Согласно [1], под метрологическим обеспечением понимают установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Исходя из этого любая стадия или этап создания продукции – технологический процесс изготовления, ремонты, содержание, испытания, контроль – практически не могут существовать без надлежащего метрологического обеспечения. В настоящее время в дорожном строительстве, в частности при производстве ремонтов и содержании дорог, наблюдается следующее положение в метрологическом обеспечении измерений показателей. Комплекс мероприятий по ремонту и содержанию автомобильных дорог и дорожных сооружений, выполнение которых обеспечивает улучшение условий бесперебойного и безопасного движения транспортных средств с расчетными скоростями и нагрузками, а также сохранности дорог и дорожных сооружений, определяют «Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог общего пользования». Они регламентируют основные требования к техническому состоянию дорог и дорожных сооружений, порядок и технологию проведения работ при ремонтах и содержании их. В них указывается перечень работ, выполняемых при производстве капитального, среднего и текущего ремонтов, а также их содержании. Технические правила являются основным руководящим документом. Однако в данном документе отсутствует регламентация номенклатуры параметров, контролирование которых при выполнении отдельных видов работ ремонтов и содержания дорог обеспечит необходимый уровень качества.

Отсутствие номенклатуры контролируемых параметров исключило и регламентацию необходимых средств измерения, предъявляемые к ним требования, необходимое количество измерений показателей и т.п., а также допустимые отклонения контролируемых параметров от проектных требуемых размеров.

Отсутствие номенклатуры работ и контролируемых параметров при ремонте и содержании автомобильных дорог обусловлено целым рядом причин, важнейшие из которых следующие:

- большое разнообразие технологических операций, производимых при ремонте и содержании автомобильных дорог, причем каждая вносит определенный вклад в качество конечной продукции и этот вклад не равноценен для различных технологических операций;

- применение различных машин и механизмов, а в том числе и ручного труда, при выполнении одной и той же технологической операции в различных производственных организациях или в различных условиях, которые могут допустить или не допускают применение той или другой машины или механизма;

- применение разнообразных материалов при ремонте и содержании дорог, в том числе некондиционных, нетрадиционных, а также некачественных или не отвечающих требованиям СНиП для производства того или иного вида работ или технологической операции;

- отсутствие простых и надежных инструментов и приборов для проведения необходимого количества измерений, а многие имеющиеся приборы для контроля работ по ремонту и содержанию дорог не проходят метрологической аттестации как нестандартизированные по методам измерений, проверок и т.д.

Существующие в настоящее время нормативные документы, регламентирующие номенклатуру работ и параметры качества выполнения технологических операций при производстве ремонтно-строительных работ, в т.ч. СНиП Ш-40-78, «Правила производства и приемки работ» СНиП Ш-10-75; ВСН 7-79-74, «Указания по строительству, ремонту и содержанию гравийных покрытий», а также различные указания по осуществлению операционного контроля качества выполнения

строительно-монтажных работ предусматривают контроль целого ряда элементов или технологических операций, которые, в общем, сводятся к следующему:

- контроль геометрических размеров (ширина, толщина), высотных отметок и уклонов;

- ровность укладываемых слоев или элементов конструкций;

- плотность или степень уплотнения конструктивных слоев дорожных одежд, укрепление обочин или земляного полотна.

Это комплекс параметров, который полностью соответствует контролю качества при новом строительстве и может быть с соответствующим обоснованием применен при контроле качества ремонта и содержания дорог. Однако большая часть технологических операций не может характеризоваться этими параметрами и требует разработки других методов, а, следовательно, и средств измерений. Это прежде всего касается вопросов зимнего и летнего содержания дорог, среднего ремонта, в частности, устройства поверхностных обработок и целого ряда других работ и технологических операций.

Что касается методов и средств измерений при строительстве дорог, т.е. тех параметров, которые могут быть использованы при контроле качества, то и здесь нет четкой ясности в том, что нужно измерять, чем измерять и какие допуски могут быть при измерениях.

В частности, при контроле геометрических размеров элементов дорог, высотных отметок и уклонов предусматриваются допусковые и максимально допусковые отклонения от проектных размеров и количество замеров на единицу объема работ, причем допусковые отклонения для некоторых параметров приняты в %, для других – в абсолютных величинах. Например, ширина слоя в абсолютных единицах, толщина слоя в %. Это связано с тем, что ширина слоя основания или покрытия автомобильной дороги имеет несколько типоразмеров (6 м, 7,0 м, 7,5 м и т.д.), тогда как толщины дорожных одежд могут изменяться от 2 до 30–50 см, поэтому для облегчения и только для облегчения контроля и назначения допустимых отклонений принято двойное толкование допусков измерения

геометрических элементов как в процентном выражении, так и в абсолютных величинах.

Тем не менее, простой экономический расчет показывает, что допуск, выраженный в процентах от номинальной величины толщины слоя, неравнозначно характеризует изменение стоимости конечного продукта.

Таким образом, при разработке допусков должны быть учтены не только средства измерения, но и стоимостные характеристики материалов, не говоря уже о способе производства работ. Дорожные работы, как правило, ведутся на значительных площадях или протяженности, где возможны различные отклонения параметров от средней величины, поэтому возникает вопрос о необходимом количестве измерений контролируемых параметров. Существующие нормативные документы по контролю качества дорожных строительных и ремонтных работ не регламентируют количества измерений на единицу продукции. Тем не менее, как известно, точность измерений параметра находится в прямой зависимости от количества измерений, поэтому количество измерений должно быть строго регламентировано и научно обосновано.

Как известно, количество необходимых измерений может быть получено из следующего выражения

$$N_{\min} = t^2 \sigma^2 / \delta^2, \quad (1)$$

где N_{\min} – минимальное количество намерений;

t – величина аргумента функции Лапласа, принимаемая в зависимости от доверительной вероятности P_g ;

σ – среднеквадратическое отклонение;

δ – допустимая величина отклонения значения от средней величины.

Как показывает анализ выражения (1), минимальное количество измерений зависит от доверительной вероятности, т.е. надежности получаемых параметров, от степени отклонений измерений от средней величины и снижается при увеличении допустимой величины отклонения (допуска). Таким образом, вопрос о назначении количества измерений должен быть обоснован по следующим признакам:

– по надежности получаемых значений и их влиянию на общее состояние законченного объекта, т.е. насколько серьезное

влияние измеряемый параметр качества работ оказывает на качество самого объекта;

– по трудоемкости измерения параметра;

– по допустимой величине отклонения измеряемого параметра и его влияния на качество объекта и его стоимость.

В связи с тем, что возник вопрос о назначении количества измерений, появилась необходимость статистической обработки результатов измерений, как требует ГОСТ 8.207–75 «Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения». ГОСТ 8.207–76 при статистической обработке группы результатов измерений предусматривает выполнение следующих вычислений:

– средней арифметической результатов измерений с исключением грубых ошибок и принимаемой за результат измерений – A ;

– оценки среднего квадратического отклонения результатов измерений – $S_{(\bar{A})}$;

– доверительных границ погрешности результата измерения, Δ и ряда других вычислений, которыми применительно к измерениям при оценке работ по ремонту и содержанию дорог можно пренебречь как не оказывающими значительного влияния на общую оценку качества работ.

Оценка среднего квадратического отклонения результата измерения производится по выражению

$$S(\bar{A}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{A})^2}{n(n-1)}}, \quad (2)$$

где X_i – i -й результат наблюдения;

n – число наблюдений.

Доверительная граница погрешности результата измерения определяется по выражению

$$\Delta = t \cdot S(\bar{A}), \quad (3)$$

где t – коэффициент Стьюдента, зависящий от доверительной вероятности P_g и числа результатов наблюдений.

Результат измерений показан в форме

$$\bar{A} \pm \Delta, P_g \quad (4)$$

Анализ приведенных выражений показывает, что с использованием статистической теории оценки количества работ и применение

[2] дают возможность не только обосновать допустимые значения отклонений, но и дифференцировать результаты измерений с целью количественной (балльной) оценки качества выполнения технологических операций, т.е. несмотря на то, что отклонения в приведенном примере находились в пределах нормы (10 % от средней величины), фактически нельзя с достаточной достоверностью говорить о толщине слоя. В данном случае она может быть даже равной 4,15 см, что не допускается СНиП, другими нормативными документами.

В данном случае уменьшение размера могло бы быть достигнуто за счет увеличения количества измерений, однако на малых площадях ремонтов, при малых объемах работ это невозможно, да и экономически нецелесообразно. Следовательно, единственный путь определения допустимого отклонения – установление доверительной границы погрешности результатов измерений при определенных значениях доверительной вероятности и количества измерений.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В ПЛОТАХ

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

Экономическим показателем эффективности технологического процесса транспорта лесоматериалов являются минимальные затраты по доставке древесного сырья потребителям на лесопромышленные предприятия (ЛПП). Это означает, что из всего возможного множества вариантов видов и способов доставки лесотранспортных единиц из пунктов формирования в пункт потребления необходимо выбрать один (или близкий к нему) как наиболее экономичный.

Транспортируемые по воде в пучках хлысты и сортименты в процессе проплава впитывают влагу, поэтому с позиции классической механики необходимо исследовать задачу в общем случае, как для тел с переменной массой при движении. Для решения транспортной задачи используем основное уравнение классической механики вида

$$dp/dt = dmdu/dt = F_d - F_c, \quad (1)$$

где p – импульс;

Наиболее сложной является проблема выбора оптимального объема измеряемых параметров. Работы при ремонтах и содержании автомобильных дорог включают ряд технологических операций, которые, в свою очередь, содержат ряд параметров, контроль которых в той или иной мере необходим. Это работы по устройству слоев дорожной одежды, отсыпке земляного полотна, разметки проезжей части, обеспыливанию дорог, борьбе со снегом и гололедом и т.д. Однако все эти работы служат главной цели – обеспечению скоростного и безопасного движения автомобилей, а также снижению себестоимости работ по ремонту и содержанию дорог.

Таким образом, выбор объема измеряемых параметров, а также допусков к ним является экономической задачей.

Библиографический список

1. Перельштейн, Е.Л. Метрологическое обеспечение. Основные положения / Е.Л. Перельштейн. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 14 с.

m – транспортируемая масса;
 u – скорость;
 F_d – движущая сила;
 F_c – сила сопротивления движения;
 t – время.

Уравнению (1) соответствует множество скоростей и ускорений движения. Решением задачи является определение наиболее экономичного варианта.

Умножив левые и правые части (1) на скорость u , получаем зависимость

$$udmu/dt = F_d u - F_c u, \quad (2)$$

или

$$udmu/dt = N_d - N_c, \quad (3)$$

где N_d – мощность двигателя;

N_c – мощность силы сопротивления.

Левую часть уравнения (3) для тел с переменной массой при их транспортировании можно представить формулой

$$udmudt = umdu/dt + u^2 dm/dt = 1/2 m du^2/dt + u^2 dm/dt. \quad (4)$$

Кинетическую энергию тел с переменной массой при движении можно представить зависимостью

$$d(1/2 mu^2)/dt = 1/2 m du^2/dt + 1/2 u^2 dm/dt. \quad (5)$$

После преобразований формул (4) и (5) получим формулу

$$d(1/2 mu^2)/dt = udmu/dt - 1/2 u^2 dm/dt. \quad (6)$$

Когда транспортируемая масса остается постоянной, формула (6) примет вид

$$d(1/2 mu^2)/dt = umdu/dt. \quad (7)$$

С учетом формулы (6) формула (3) примет вид

$$d(1/2 mu^2)/dt = N_d - N_c - 1/2 u^2 dm/dt. \quad (8)$$

Интегрирование формулы (8) по времени от t_0 до t_1 позволяет получить представление энергии в виде функционала

$$1/2 (m_1 u_1^2 - m_0 u_0^2) = \int (N_d - N_c - 1/2 u^2 dm/dt) dt = \int M(x, u, t) dt, \quad (9)$$

где подинтегральная функция M , которая зависит от трех переменных: координаты движения x , скорости u и времени t .

Данная задача установления эффективных режимов транспортировки пучковых плотов может быть решена при нахождении основных параметров движения в условиях минимума затрачиваемой энергии по пути перемещения [1]. Этому условию соответствует стационарное (экстремальное) значение функционала

$$\int M(x, u, t) dt \rightarrow \min, \quad (10)$$

Поэтому рассматриваемая задача является задачей вариационного исчисления [2] с закрепленными координатами начала и конца траектории пути лесосплава.

Необходимо отметить, что решаемая задача для плотов становится частной по отношению к общей задаче повышения эффективности водного лесотранспорта.

Для общей задачи минимизации энергетических затрат на транспорт необходимым условием стационарности функционала (10) является условие, чтобы подинтегральная функция M удовлетворяла уравнению Эйлера вида

$$d(\partial M/\partial u)dt = \partial M/\partial x. \quad (11)$$

Подставив значения M согласно формулам (2, 3, 9) в формулу (11), получаем уравнение

$$d(F_d - F_c) / dt = 0. \quad (12)$$

После интегрирования получаем зависимость

$$F_d - F_c = C_1, \quad (13)$$

где C_1 – постоянная интегрирования.

С учетом формулы (1) можно записать уравнение

$$dmu/dt = F_d - F_c = C_1. \quad (14)$$

После интегрирования получим

$$mu = C_1 t + C_2, \quad (15)$$

где C_2 постоянная интегрирования и равна $C_2 = m_0 u_0$.

С учетом этого формула (15) примет вид

$$mu = C_1 t + m_0 u_0. \quad (16)$$

С учетом формулы (13) выражение (16) можно выразить зависимостью

$$mu = (F_d - F_c) t + m_0 u_0. \quad (17)$$

Анализ формулы (17) показывает, что имеют место 1, 2 и 3 характерные режимы движения лесотранспорта, которые обеспечивают минимальные энергетические затраты.

Первому режиму соответствует условие вида

$$(F_d - F_c) = C_1 = 0, C_2 \neq 0. \quad (17,a)$$

Это режим равномерного движения для тел постоянной массы

$$u = u_0, m = \text{const}, \quad (18)$$

и режима переменной скорости, согласованной с изменением массы тела в процессе движения

$$u = m_0 u_0 / m. \quad (19)$$

Видно, что с ростом массы транспортируемого тела во времени (сплав лесоматериалов в плотях) скорость движения со временем должна несколько уменьшаться и наоборот.

Из условия (17, а) для плотов [3] следует выражение

$$N_d u^{-1} = S c_x \rho S u^2, \quad (20)$$

где c_x – коэффициент сил сопротивления движения;

ρ – плотность жидкости;

S – характерная площадь.

Согласно формуле (20) получим следующую зависимость, которая связывает мощность двигателя со скоростью движения плота

$$N_d = S c_x \rho S u^3. \quad (21)$$

Из формулы (21) получим зависимость, которая позволяет получить формулу для скорости движения

$$u = m_0 u_0 m^{-1} = (2N_d / c_x \rho S)^{1/3}. \quad (22)$$

Равномерному движению тел постоянной массы соответствует скорость

$$u_0 = (2N_d / c_x \rho S)^{1/3}. \quad (22)$$

Второму режиму движения соответствует условие

$$F_d - F_c = C_1 \neq 0, C_2 = 0, \quad (23)$$

или

$$mu = (F_d - F_c)t = C_1 t. \quad (24)$$

При $C_1 > 0$ имеет место ускоряющееся движение, а при $C_1 < 0$ – отсутствие движения. Из (24) определим скорость движения по формуле

$$u = C_1 m^{-1} t = a t, \quad (25)$$

где параметр a можно рассматривать как ускорение, которое постоянно для тел с неизменяющейся массой и переменено для тел с переменной массой (уменьшается при возрастании массы и увеличивается при ее уменьшении).

Согласно формулам (2, 3, 23) и (25) для плотов можно записать выражение

$$N_d = S c_x \rho S u^3 + m a u, \quad (26)$$

или

$$N_d = S c_x \rho S a^3 t^3 + m a^2 t. \quad (27)$$

Формула (27) позволяет установить наиболее экономичное изменение мощности двигателя при разгоне транспортного средства.

Третьему режиму как обобщающему соответствует значение постоянных интегри-

рования $C_1 = ma \neq 0$ и $C_2 = m_0 u_0 \neq 0$, поэтому выражение для мощности двигателя можно выразить зависимостью

$$N_d = S c_x \rho S (u_0 + at)^3 + ma(u_0 + at), \quad (28)$$

Установлено, что при ускорении $a > 0$ происходит разгон движения от равномерного, при $a < 0$ имеет место торможение.

Таким образом, построенные режимы движения являются основными энергосберегающими при транспортировке лесоматериалов водным путем.

Для оценки изменения массы транспорта древесины в процессе лесосплава можно воспользоваться формулами водопоглощения, полученными в [4].

Библиографический список

1. Минаев, А.Н. Вариационный метод решения задачи транспорта лесоматериалов / А.Н. Минаев, М.В. Тарабан // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – СПб., 2005. – Вып. 172. – С. 59–64.
2. Арнольд, В.И. Математические методы классической механики / В.И. Арнольд. – М.: Наука, 1974. – 431 с.
3. Камусин, А.А. Водный транспорт леса / А.А. Камусин и др.; под общ. ред. В.И. Пятакина. – М.: Из-во МГУЛ. – 434 с.
4. Пятакин, В.И. Проблема повышения плавучести круглых лесоматериалов / В.И. Пятакин. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 264 с.

ВЫБОР КРАТЧАЙШИХ СЕТЕВЫХ РАССТОЯНИЙ ПЕРЕВОЗОК ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПО ЛЕСОВОЗНЫМ АВТОДОРОГАМ

З.Н. НАХАЕВ, *Институт лесоведения РАН, канд. техн. наук,*
А.С. СУШКОВ, *студент ВГЛТА*

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

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

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

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

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

Таким образом, сначала рассчитывается ряд относительных показателей, характеризующих товарность продукции в целом γ ; ввоз

продукции отраслей λ ; ассортиментный обмен \mathfrak{Q} , имеющий контрольное значение (рассчитывается только по смежным отраслям)

$$\gamma = V / X; \mathfrak{Q} = W / P; \quad (1)$$

$$\lambda^{(1)} = W / (W + V); \lambda^{(2)} = V / (W + V); \quad (2)$$

$$\lambda^{(3)} = W / V, \quad (3)$$

где V, W – соответственно ввоз и вывоз;

X, P – объем производства и общий объем.

Коэффициент перевозимости определяется с учетом его динамики за установленный период и тенденций изменения на перспективу. При этом учитываются как общие, так и специфические факторы для каждого производственного процесса лесных материалов [1].

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

Такой подход связан с реализацией довольно сложных расчетов, для которых требуются большие объемы детализированной исходной информации. Основанием для его применения служат территориальные балансы производства и обуславливаемые ими детальные схемы прикрепления поставщиков к потребителям. Учитывая, что такими данными сложно обеспечить анализ и разработку плана развития транспортных связей на определенный период, реализацию разработки балансов производства и распределения продукции по экономическим регионам страны.

Другой подход предусматривает определение средней дальности как промежуточного показателя, а итоговым является грузооборот. При этом используется экспертная оценка изменения средней дальности исходя из направлений размещения смежных производственных процессов. Расчет при этом должен базироваться на учете планируемых укрупненных пропорций в размещении производства и связанных с ними закономерностей в развитии межрайонных, межрегиональных связей [2].

Укрупненная модель расчетов

$$R_{cp} = K \sum_{ij} Y_{ij} R_{ij}, \quad (4)$$

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

K – поправочный коэффициент, учитывающий кружные перевозки;

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

i, j – индексы (номера) выделяемых регионов (Европейская часть, Урал).

В данной модели выбор регионов должен быть обусловлен теми резервами, которые принимаются для анализа территориальных сдвигов на этапе производства основных параметров и процессов смежных производств. Использование модели предполагает предварительное определение дальности перевозок по обобщенным внутрирайонным и межрайонным связям исходя из отчетных данных о межобластном обмене лесных грузов и на основе кратчайших сетевых расстояний. При этом проверяются и устанавливаются тенденции в изменении удельного веса отправления, прибытия, внутрирайонных и межрайонных перевозок по заданным регионам страны. На перспективу эти показатели устанавливаются с учетом помещаемых сдвигов в размещении производства и потребления конкретной продукции и коэффициентов перевозимости грузов по европейским и восточным регионам страны. Для остальных видов транспорта при расчетах можно исходить из сложившихся тенденций в распределении грузооборота.

Общая сумма доходов от смежных производственных процессов формируется с использованием коэффициентов (удельных весов по отношению к доходам от перевозочной деятельности) погрузочно-разгрузочных работ, транспортно-экспедиционного обслуживания, хранения и др. Норматив удельного грузооборота и доходов от перевозок лесных грузов устанавливается конкретно по каждой номенклатуре.

Библиографический список

1. Лесдон Л. Оптимизация больших систем / Л. Лесдон. – М.: Наука, 1975. – 432 с.
2. Николайчук В.Е., Кузницов В.Г. Теория и практика управления материальными потоками (логистическая концепция). / В.Е. Николайчук, В.Г. Кузницов. – Донецк: «КИТИС», 1999.

ТЕРМИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

А.Н. ГРАЧЕВ, докторант каф. переработки древесных материалов КГТУ, канд. техн. наук,
Р.Г. САФИН, проф. каф. переработки древесных материалов КГТУ, д-р. техн. наук,
И.А. ВАЛЕЕВ, доц. каф. переработки древесных материалов КГТУ, канд. техн. наук,
П.А. КАЙНОВ, доц. каф. переработки древесных материалов КГТУ, канд. техн. наук,
В.Н. БАШКИРОВ, проф. каф. переработки древесных материалов КГТУ, д-р. техн. наук

Использование отходов лесозаготовок, лесопиления и деревообработки является одной из наиболее серьезных и пока нерешенных проблем лесного комплекса. Одним из перспективных видов энерготехнологической переработки древесных отходов является их переработка методом пиролиза с получением тепловой энергии и химических продуктов [8]. Однако в большинстве случаев используемые на деревообрабатывающих предприятиях технологии пиролиза не способны отвечать современным требованиям по энергозатратам, экологичности и эффективности. Высокая продолжительность процесса и низкая эффективность оборудования приводит к отказу от использования на малых предприятиях существующих технологий пиролиза, а новые высокотехнологичные установки дороги и доступны только крупным деревообрабатывающим предприятием. В статье представлены результаты расчетно-экспериментальных исследований процесса пиролиза древесины как метода переработки древесных отходов с получением тепловой энергии, древесного угля и жидких продуктов, предложены технологическая схема и математическая модель расчета процесса пиролиза с учетом сушки, термического разложения, конденсации парогазовой смеси и охлаждения готового продукта.

На рис. 1 представлена принципиальная схема процесса пиролиза древесных отходов [1]. Топочные газы подаются в камеру пиролиза 1, где осуществляется пиролиз древесины в плотном зернистом слое. Образующаяся парогазовая смесь отводится в конденсатор 2, откуда неконденсирующиеся газы подаются газодувкой 3 на дожиг в топочную камеру 4, а конденсирующиеся продукты собираются в сборник. По окончании стадии термического разложения древесный

уголь охлаждается рециркуляцией парогазовой смеси по контуру камера пиролиза – конденсатор. Процесс пирогенетического разложения древесины можно представить как совокупность стадий прогрева, сушки, термического разложения и охлаждения. При достижении поверхностью частицы температуры мокрого термометра, начинается стадия сушки, которая заканчивается примерно при 120 °С. С увеличением температуры начинается стадия термического разложения. При температуре 270–275 °С начинается бурный распад древесины с выделением тепла и образованием основной массы продуктов разложения [2]. По окончании процесса пиролиза древесный уголь необходимо стабилизировать – лишить его способности самовозгораться. Для этого древесный уголь необходимо охладить до температуры порядка 50–80 °С. Поэтому продолжительность процесса пиролиза τ_m древесного сырья можно представить в виде совокупности процессов прогрева τ_n , сушки τ_c , термического разложения $\tau_{тр}$ и охлаждения древесного угля $\tau_{охл}$.

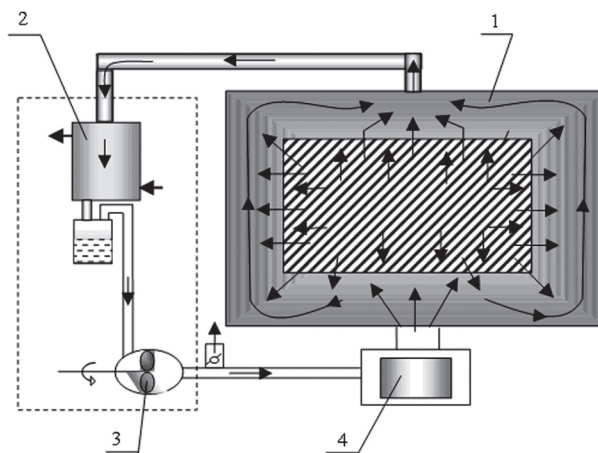


Рис. 1. Схема установки для пиролиза древесных отходов: 1 – камера пиролиза; 2 – конденсатор; 3 – газодувка; 4 – топочная камера

$$\tau_m = \tau_{II} + \tau_c + \tau_{тр} + \tau_{охл}. \quad (1)$$

Стадию прогрева древесной частицы в условиях слоя можно описать дифференциальными уравнениями нестационарной теплопроводности. Изменение температуры агента при его прохождении через слой кусковой древесины, пренебрегая молекулярной теплопроводностью, можно определить как

$$\frac{\partial T_z}{\partial \tau} = \frac{\alpha(T_m - T_z)F_m}{c_{cm}\rho_{cm}V_{cv}} - w_z \left(\frac{\partial T_z}{\partial z} \right). \quad (2)$$

Теплообмен между парогазовой смесью и частицами слоя происходит в сочетании с теплопроводностью внутри самой частицы. Уравнение теплопроводности на стадии прогрева для частиц слоя имеет вид [3]

$$\frac{\partial T_m}{\partial \tau} = \frac{1}{c\rho \cdot x^r} - \frac{\partial}{\partial x_m} \left(x^r \cdot \lambda \frac{\partial T_m}{\partial x_m} \right). \quad (3)$$

Система уравнений переноса энергии для парогазовой смеси (2) и материала (3) с соответствующими граничными (4–6) и начальными условиями (7–8) описывает процесс прогрева в слое дисперсного материала при фильтрации теплоносителя.

$$-\lambda_m \frac{\partial T_m}{\partial x_m} \Big|_{x=x_{II}} = \alpha(T_m - T_z); \quad (4)$$

$$\frac{\partial T_m}{\partial x_m} \Big|_{x=0} = 0; \quad (5)$$

$$T_z(\tau; 0) = T_m; \quad (6)$$

$$T_m(x_m; 0) = T_{m,нач}; \quad (7)$$

$$T_z(0; z_{cl}) = T_{нач}. \quad (8)$$

Изменение влажности частицы во времени в период постоянной скорости сушки можно определить с помощью выражения [4]

$$\frac{dW}{d\tau} = \frac{j_n F_q}{\rho_0 V_q} = \frac{\beta_p (p_n - p)}{\rho_0 V_q}, \quad (9)$$

где давление насыщения водяного пара p_n в зависимости от температуры может быть определено с помощью уравнения Антуана, а парциальное давление водяного пара в газовой смеси можно определить из соотношения

$$p = P \cdot y_n = P \cdot \frac{V_{H_2O}}{V_r^B}. \quad (10)$$

Совместное решение уравнений (3, 9, 10) с начальными условиями $T_m(0, x) = T_m(\tau_n, x)$, $W(\tau_n) = W_n$ позволяет определить продолжительность стадии сушки. При этом граничное

условие (4) для выражения (3) переписывается в виде

$$-\lambda_m \frac{\partial T_m}{\partial x_m} \Big|_{x=x_n} = \alpha(T_m - T_z) - j_n r_0. \quad (11)$$

Изменение доли прореагировавшей древесины для локального объема в пространственно-временной постановке можно определить с помощью уравнения химической кинетики. Уравнение химической кинетики с учетом температурно-барической зависимости константы скорости химической реакции запишется в виде [5]

$$\frac{\partial v}{\partial \tau} = k_0 e^{-\frac{E}{RT_m}} \left(\frac{P}{P_0} \right)^{n_p} \cdot v. \quad (12)$$

Значение температуры по сечению материала в выражении (12) можно определить с помощью уравнения теплопроводности с дополнительным членом, учитывающим изменение температуры локального элементарного объема во времени в результате химических превращений

$$\frac{\partial T_m}{\partial \tau} = \frac{1}{c\rho \cdot x^r} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T_m}{\partial x} \cdot x^r \right). \quad (13)$$

По закону сохранения энергии приращение количества тепла в элементарном объеме равно количеству тепла, расходуемому на изменение энтальпии данного объема. В данном случае изменение количества тепла в рассматриваемом объеме составит [6]

$$\partial Q = c\rho V \frac{\partial T^*}{\partial \tau} \partial \tau. \quad (14)$$

С другой стороны, изменение тепловой энергии выделенного объема будет равно произведению теплового эффекта на массу прореагировавшего вещества за вычетом теплоты парогазовой смеси. Таким образом получаем следующее соотношение

$$Q_{\phi} \cdot (\partial m_y + \partial m_z) - c_z \cdot \partial m_z \cdot T_z = c \cdot \rho \cdot V \cdot \frac{\partial T^*}{\partial \tau} \partial \tau. \quad (15)$$

Изменение массы компонентов в системе можно определить с помощью стехиометрических соотношений для газовой смеси (16); для древесного угля (17); для прореагировавшей древесины (18)

$$\frac{\partial m_z}{\partial \tau} = \frac{\partial v}{\partial \tau} \cdot v_o \cdot m_o; \quad (16)$$

$$\frac{\partial m_y}{\partial \tau} = \frac{\partial v}{\partial \tau} \cdot (1 - v_o) \cdot m_o; \quad (17)$$

$$\frac{\partial m_z}{\partial \tau} + \frac{\partial m_y}{\partial \tau} = \frac{\partial v}{\partial \tau} m_o. \quad (18)$$

С учетом выражений (16–18) выражение (13) переписывается в следующем виде

$$\frac{\partial T_m}{\partial \tau} = \frac{1}{c_p \cdot x^r} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T_m}{\partial x} \cdot x^r \right) + \frac{\partial v (Q_{эф} - c_z \cdot T_z \cdot v_o)}{\partial \tau \cdot c \cdot (1 - v \cdot v_o)}. \quad (19)$$

Решение начально-краевой задачи (12, 19) с граничными условиями (4, 5) и начальными условиями

$$v(0, x_m) = 0, \quad (20)$$

$$T_m(0, x_m) = T_m(\tau_n + \tau_c, x_m), \quad (21)$$

позволяет определить продолжительность стадии термического разложения. При этом суммарный поток парогазовой смеси с поверхности частицы при термическом разложении можно определить из выражения [5]

$$j = \frac{dm_q}{d\tau F_q} = \frac{v_o m_o}{F_q x_n} \int_0^{x_r} \frac{\partial v}{\partial \tau} dx, \quad (22)$$

Массовый расход образовавшихся в слое газов можно определить из соотношения

$$G = S \cdot f \cdot (1 - \varepsilon) \int_0^{\tau_{cr}} j dz. \quad (23)$$

Тогда уравнение материального баланса для процесса удаления парогазовой среды из камеры пиролиза запишется в следующем виде

$$G d\tau - \Pi_{cn} \rho_{cm} d\tau + \Pi_m \rho_{mz} d\tau = V_{cs} d\rho_{cm}. \quad (24)$$

В этом уравнении первый член левой части характеризует приток парогазовой смеси в камеру пиролиза за счет выделения из древесины продуктов разложения; второй член – отвод парогазовой смеси в систему откачки; третий – приток парогазовой смеси из топки; правая часть характеризует изменение массы парогазовой смеси, содержащейся в свободном объеме аппарата.

После некоторых преобразований выражения (24) получим дифференциальное уравнение изменения давления парогазовой смеси над пиролизуемым материалом

$$\frac{dP}{d\tau} = \frac{G + \Pi_m \cdot \rho_{mz}}{V_{cs} \cdot M_{cm}} \cdot R \cdot T - P \cdot \left(\frac{\Pi_{cn}}{V_{cs}} - \frac{dT}{T \cdot d\tau} \right). \quad (25)$$

Объемная производительность системы удаления парогазовой смеси определяется как сумма объемных производительностей газодувки и конденсатора.

Уравнение теплового баланса для процесса конденсации запишется в следующем виде

$$c_{cm} \rho_{cm} \Pi_k (T - T_{нас}) + \Pi_k \rho_{kk} \sum (r_i x_i) = K \Delta T_{cp} F_k, \quad (26)$$

где левая часть – изменение внутренней энергии теплоносителя, отнимаемой при конденсации насыщенных паров и при охлаждении конденсата; правая часть уравнения характеризует отток тепла от среды в конденсаторе.

Производительность конденсатора можно выразить в следующем виде

$$\Pi_k = K \Delta T_{cp} F_k / c_{cm} \rho_{cm} (T - T_{нас}) + \rho_{kk} \sum (r_i x_i). \quad (27)$$

Производительность газодувки найдем из уравнения материального баланса по выражению

$$\Pi_{zd} = (G / \rho_{cm} + \Pi_m) - \Pi_k. \quad (28)$$

Изменение температуры среды можно определить из уравнения теплового баланса для парогазовой фазы

$$\rho_{cm} c_{cm} V_{cs} dT = \alpha (T_{m,нов} - T) F d\tau - \Pi_{cn} \rho_{cm} c_{cm} T \times d\tau + c_{cm} F G T_{m,нов} d\tau + (c_{mz} \rho_{mz}) T_m \Pi_m d\tau, \quad (29)$$

где левая часть уравнения характеризует изменение теплосодержания парогазовой фазы; первый член правой части характеризует подвод или отвод тепла за счет теплообмена с поверхностью материала; второй член – отвод тепла с удаляемыми в линию откачки парами; третий – приток тепла из пиролизуемого материала, четвертый – приток тепла из топки. Преобразовав выражение (29), получим дифференциальное уравнение изменения температуры парогазовой среды

$$\frac{dT}{d\tau} = \left[\frac{\alpha \cdot T_{m,нов} - T \cdot R \cdot F + c_{mz} \cdot \rho_{mz} \cdot T_m \cdot \Pi_m}{\frac{P \cdot M \cdot c_{cm} \cdot V_{cs}}{V_{cs}} + \frac{\Pi_{cn} \cdot R \cdot G \cdot T_{m,нов}}{V_{cs} \cdot P \cdot M}} \right] \cdot T. \quad (30)$$

Стадию охлаждения готового продукта можно описать системой уравнений переноса энергии для парогазовой смеси (2) и материала (3) с соответствующими граничными

$$T_z(\tau; 0) = T_k; \quad (31)$$

и начальными условиями

$$T_m(0; x_m) = T_m(\tau_n + \tau_c + \tau_{mp}, x_m), \quad (32)$$

$$T_z(0; z) = T_n. \quad (33)$$

Тепловой баланс процесса охлаждения теплоносителя в конденсаторе можно представить в виде соотношения

$$K \Delta T F_k d\tau = c_{cp} \rho_{cp} V_{cp} dT_{cp}, \quad (34)$$

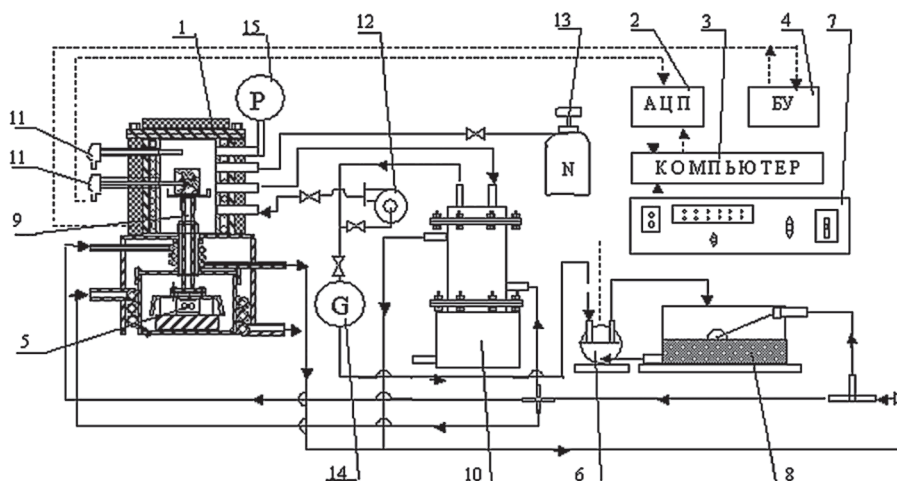


Рис. 2. Схема экспериментального стенда для исследования кинетики процесса пиролиза: 1 – камера пиролиза; 2 – цифровой преобразователь; 3 – компьютер; 4 – блок управления температурой; 5 – тензометрический датчик; 6 – водокольцевой насос; 7 – блок управления системой понижения давления; 8 – резервуар с водой; 9 – шток датчика; 10 – конденсатор, 11 – термопары; 12 – воздуходувка; 13 – баллон с инертным газом; 14 – газовый счётчик; 15 – манометр

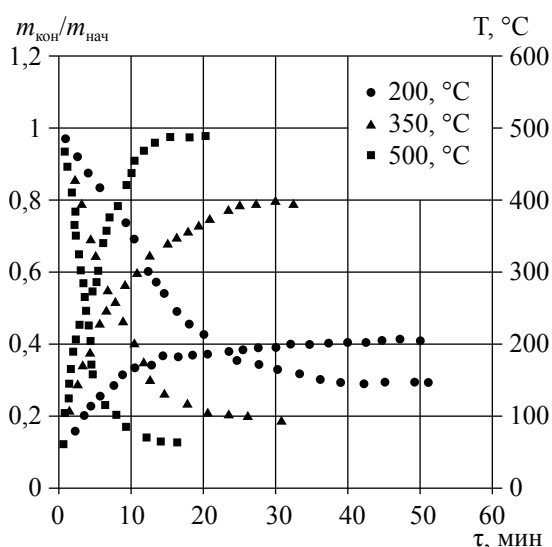


Рис. 3. Кинетические кривые температуры и массы при различных значениях

Левая часть уравнения (34) характеризует отток тепла от среды в конденсаторе, правая часть – изменение внутренней энергии теплоносителя. Совместное решение уравнений (2, 3), (34) позволяет определить продолжительность стадии охлаждения. Таким образом, разработанная математическая модель позволяет определять продолжительность последовательных стадий процесса пиролиза.

Для проверки формализованной модели процесса пиролиза древесных отходов на

адекватность реальному процессу был создан экспериментальный стенд [7], представленный на рис. 2. Результаты экспериментальных исследований и результаты, полученные математическим моделированием в идентичных условиях, представлены в виде графических зависимостей (рис. 3–5), на которых сплошными линиями изображены данные, полученные расчетным путем, точками – экспериментальные значения. На рис. 3. представлены кинетические кривые температуры и массы при различных значениях температуры среды.

Данные зависимости показывают, что с увеличением температуры среды снижается продолжительность процесса и выход угля.

Анализ кинетических кривых температуры массы и результатов моделирования при различных значениях давления среды позволил выявить характер зависимостей продолжительности процесса пиролиза (кривая 1) и выхода угля от температуры среды (кривая 2).

На рис. 4 представлена зависимость продолжительности процесса пиролиза и выхода древесного угля от давления среды. Данная зависимость показывает, что с повышением давления среды продолжительность процесса пиролиза уменьшается, а выход угля возрастает.

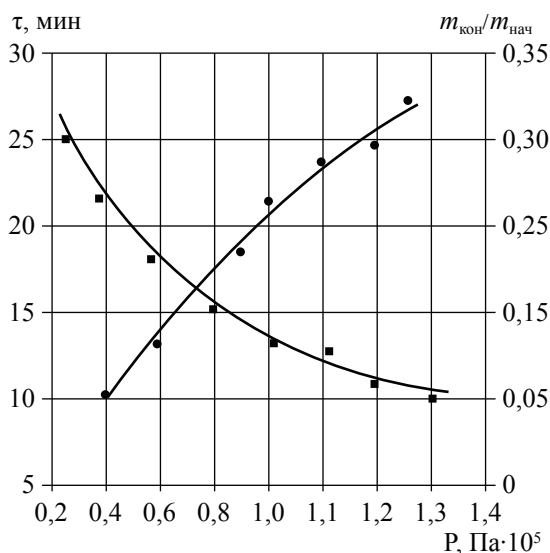


Рис. 4. Зависимость продолжительности пиролиза (кривая 1) и выхода древесного угля (кривая 2) в зависимости от давления среды

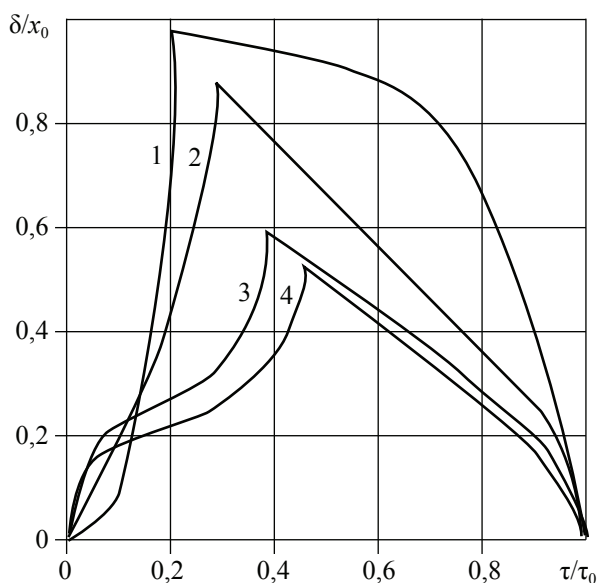


Рис. 5. Зависимость толщины зоны термического разложения от времени при различных значениях размера образца: 1–0,01 м; 2–0,04 м; 3–0,15 м; 4–0,2 м

В результате математического моделирования был определен характер зависимостей продвижения внутренней и внешней границ зоны термического разложения внутри материала. При этом положение внутренней границы определялось при условии равенства текущей температуры начальной температуре разложения древесины, а положение внешней границы при условии равенства текущей доли прореагировавшей древесины единице. На рис. 5 представлена расчетная зависимость толщины зоны термического разложения от времени при различных зна-

чениях размера образца. Максимумы кривых соответствуют достижению внутренней границы термического разложения центра частицы. Данная зависимость показывает, что с увеличением размера частицы снижается относительная толщина зоны термического разложения, а доля прогрева материала в общей продолжительности процесса увеличивается.

Таким образом, на основе проведенных исследований разработано математическое описание процесса пиролиза древесины. Разработан экспериментальный стенд и проведена серия опытов. В результате математического и физического моделирования определен характер влияния давления, температуры среды, размера, плотности и влажности образца на продолжительность процесса пиролиза и выход конечных продуктов; выявлен характер эволюции зоны термического разложения в процессе пиролиза.

Условные обозначения:

- Q – количество теплоты, Дж;
- β_p – коэффициент массоотдачи, кг/(м² с Па);
- d – влагосодержание, кг/кг;
- c – удельная теплоемкость, Дж/(кг К);
- ρ – плотность, кг/м³;
- λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);
- α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м² К);
- a – коэффициент температуропроводности, м²/с;
- T – температура, °С;
- V – объем, м³;
- v – доля прореагировавшей древесины, кг/кг;
- E – энергия активации, Дж/Кмоль;
- k – кинетическая константа скорости химической реакции, 1/сек;
- j – поток вещества, кг/(м² с);
- F – площадь поверхности, м²;
- τ – время, с;
- m – масса, кг;
- $m\tau$ – скрытая теплота парообразования, Дж/кг;
- x – координата, м;
- y – мольная доля компонентов, моль/моль;
- P – общее давление, Па;
- p – парциальное давление, Па;
- Π – объемная производительность, м³/с;
- K – коэффициент теплопередачи, Вт/(м² К);
- R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль К);
- M – молярная масса смеси, г/моль;
- w – скорость потока, м/с;
- Γ – параметр, зависящий от формы частиц;
- I – энтальпия, кДж/кг;
- ε – коэффициент термохимической усадки, м/м;
- W – влажность, %;
- z – координата, м;
- G – массовый расход, кг/с.

Индексы:

атм – атмосфера; *i* – компонент; *x* – координата; *v* – вода; *m* – материал; *c* – сушка; лет – летучие компоненты; ост – сухой остаток; нач – начальная; ср – среда; сред – средний; *г* – газ; см – смесь; св – свободный; сп – система удаления; *к* – конденсатор; *кк* – конденсирующиеся компоненты; *ко* – конденсат; *кр* – колосниковая решетка; *т* – топка; *гд* – газодувка; *сг* – сухой газ; *п* – пар; общ – общий; *у* – уголь; *д* – древесина; *о* – начальный; *ч* – частица; *сл* – слоя.

Исследования выполнены при содействии гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых № МК-5209.2007.8.

Библиографический список

1. Пат 2256686 Российская Федерация, МПК7 С 10 В 1/04, 53/02. Углевывигательная печь / Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин, В.Н. Башкиров, и др.; заявитель и патентообладатель ООО НТЦ РТО. – № 2004108939/15; заявл. 25.03.2004; опубл. 20.07.2005, бюл. № 20. – 6 с.
2. Кислицын, А.Н. Пиролиз древесины. Химизм, кинетика, продукты, новые процессы / А.Н. Кислицын. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 312 с
3. Лыков, А.В. Тепломассообмен / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1978. – 480 с.
4. Муштаев, В.И. Сушка в условиях пневмотранспорта / В.И. Муштаев, В.М. Ульянов, А.С. Тимошин. – М.: Химия, 1984. – 232 с.
5. Грачев, А.Н. Пиролиз отходов деревообрабатывающих предприятий / А.Н. Грачев, И.А. Валеев, Р.Г. Сафин // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2006. – Т. 49. – Вып. 10. – С. 104–108.
6. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 1971. – 784с.
7. Грачев, А.Н. Экспериментальное исследование процесса пиролиза отходов деревообрабатывающих предприятий / А.Н. Грачев, Р.Г. Сафин, И.А. Валеев // Материалы научно-практической конференции «Проблемы использования и воспроизводства лесных ресурсов». – Казань, 2006. – С. 112–115.
8. Bridgwater A.V. Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass/ A.V. Bridgwater// *Chem Eng J.*-2003.-91:87-102

**МНОГОАСПЕКТНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА
В КОНЦЕПЦИИ БЕЗОШИБОЧНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И ПРОИЗВОДСТВА КОРПУСНОЙ МЕБЕЛИ**

П.Ю. БУНАКОВ, *ведущий специалист ООО «БАЗИС-Центр», канд. техн. наук,*
А.В. СТАРИКОВ, *доц. каф. вычислительной техники ВГЛТА, канд. техн. наук,*
И.А. БАКУЛИН, *ведущий специалист ООО «БАЗИС-Центр»,*
А.А. СТАРИКОВА, *асп. каф. вычислительной техники ВГЛТА,*
В.Н. ХАРИН, *проф. каф. вычислительной техники ВГЛТА, д-р техн. наук*

Мебельная промышленность – одна из важнейших составляющих ЛПК России, обеспечивающая выпуск необходимых товаров народного потребления. Современное состояние отечественной мебельной промышленности оценивается многими экспертами как стабильное с выраженной тенденцией к росту производства. По данным официальной статистики в первом полугодии 2007 г. рост объемов производства составил 33,8 % в текущих ценах и 31,6 % в сопоставимых ценах (с учетом индекса потребительских цен на мебель 1,0693) по сравнению с первым полугодием 2006 г. [1].

В то же время платежеспособный спрос на мебель в России попрежнему невысок и составляет около 1,5 млрд долл. США,

что объясняется все еще низким уровнем жизни большинства населения (для сравнения – среднедушевое потребление мебели в России в 2006 г. увеличилось до 34 долл., тогда как в промышленно развитых странах Европы оно в 10 раз выше). В первом полугодии 2007 г. существенно выросли объемы импорта мебели из дальнего и ближнего зарубежья, причем необходимо отметить, что в последние годы в Россию стала поступать относительно недорогая, но достаточно качественная импортная мебельная продукция. Так, например, в первом полугодии 2007 г. импорт мебели из Китая удвоился по сравнению с первым полугодием 2006 г. и составил 11 % всего объема импорта из дальнего зарубежья. Это означает, что один из ведущих мировых экспортеров

мебели начинает вытеснять с внутреннего рынка отечественных производителей, занимающих на нем ниши с нижним и средним ценовыми уровнями.

Следует также отметить, что по данным авторитетного CSIL Milano (Италия) в мировом мебельном рейтинге Россия занимает 38 место, внося в общий объем мировой мебельной продукции всего лишь 0,4 %. При этом среди основных причин существенного отставания в развитии мебельного производства названы низкий уровень внедрения и недостаточная эффективность применения проблемно ориентированных автоматизированных информационных технологий и систем [2].

Для сохранения конкурентоспособности многие малые и средние мебельные предприятия переходят полностью, а крупные предприятия – частично от серийного и массового производства мебели к позаказному, что требует приведения их производственно-хозяйственной деятельности в соответствие с существующими экономическими условиями путем осуществления реинжиниринга бизнес-процессов [3].

Позаказное промышленное производство корпусной мебели сочетает положительные черты индивидуального (единичного) и серийного типов производства. С одной стороны, оно предлагает потребителям обширный ряд моделей мебели, широкий выбор облицовочных материалов, комплектующих и аксессуаров, с другой стороны, – обеспечивает уровень качества, цены и сроки изготовления изделий, соответствующие промышленным критериям. Данный тип производства предъявляет повышенные требования к обеспечению сквозной информационной поддержки процессов жизненного цикла (ЖЦ) мебельных изделий и управлению информационной инфраструктурой предприятия. При этом особая роль отводится специализированным комплексным системам автоматизированного проектирования (САПР) как важнейшим элементам CALS-технологий.

Позаказное промышленное производство должно сохранять такие важнейшие положительные черты серийного производства, как высокий уровень качества изготовления изделий и большие объемы выпуска мебель-

ной продукции. В то же время оно должно учитывать многообразие индивидуальных запросов потребителей, касающихся дизайна формы и цветовой композиции отдельных изделий и мебельных ансамблей. При этом, как правило, возникает противоречие между рядом критериев эффективности, относящихся к потребительскому (внешнему) и производственному (внутреннему) представительским уровням (рис. 1).

Анализ существующих САПР корпусной мебели показывает, что их концептуальная база не позволяет найти оптимальные решения, удовлетворяющие изначально противоречивым требованиям позаказного промышленного производства, поскольку рассчитана на манипулирование преимущественно геометрическими образами и моделями. Для разрешения возникающих противоречий потребовалась теоретическая разработка и практическая реализация новой парадигмы проектирования САПР корпусной мебели, ориентированной на работу в условиях позаказного промышленного производства [4].

Подход к проектированию корпусной мебели, в рамках которого была сформирована новая парадигма, назван концепцией безошибочного проектирования и производства (БОПП) и основан на разделении уровней компетенции специалистов, работающих непосредственно с потребителями, и специалистов, занятых на мебельном производстве. Хотя реализация продукции в условиях позаказного производства является неотъемлемой частью полного жизненного цикла (ЖЦ) мебельных изделий, осуществляющие ее специалисты (дизайнеры по интерьеру, продавцы-консультанты, менеджеры мебельных салонов) практически отчуждены от самого производства. В основной массе они не владеют всей полнотой конструкторских и технологических знаний о реализуемой ими продукции, а имеющаяся у них информация часто представляет собой сведения рекламного характера. Доскональное же знание технологических особенностей конкретного предприятия – прерогатива специалистов, непосредственно участвующих в производственно-технологических процессах данного предприятия.



Рис. 1. Критерии потребительского и производственного уровней

В связи с этим одна из основных целей концепции БОПП заключается в распространении необходимого объема знаний производственного уровня на потребительский уровень. Это достигается реализацией следующих положений концепции БОПП [5]:

1. Повышение уровня абстрагирования при моделировании изделий корпусной мебели за счет использования комплекса высокоуровневых структурных моделей и включения в их состав конструкторско-технологических требований и ограничений (КТТО), а также методов и программных средств их обработки.

2. Перераспределение объема проектных работ за счет переноса большей их части с этапа рабочего проектирования на этап эскизного проектирования с использованием высокоспециализированных средств автоматизации разработки эскизного проекта.

3. Использование многоаспектного представления проекта изделия корпусной мебели в качестве основы для практической реализации CALS-технологий в позаказном промышленном производстве мебели.

4. Параллельное выполнение широкого ряда проектных процедур и операций,

относящихся как к процессу проектирования, так и к другим процессам ЖЦ изделий корпусной мебели.

5. Моделирование информационной инфраструктуры САПР корпусной мебели с целью эффективного управления проектами в условиях осуществления параллельного проектирования.

В качестве важнейшего элемента реализации данного подхода выступает объектная структурно-атрибутивная модель (ОСАМ) мебельного изделия, позволяющая минимизировать частоту непосредственного общения специалистов разных уровней при оформлении заказа (рис. 1), обеспечивая при этом необходимую глубину и «прозрачность» информационного обмена между уровнями, соответствующими конкретным участникам. Именно этот аспект концепции БОПП обеспечивает практическую безошибочность реализуемых проектов, поскольку известно, что до 70 % общего количества дефектов, обнаруживаемых в готовой технической продукции, вызваны ошибками в конструкторских решениях, а остальные 30 % – недостатками технологии изготовления или ошибками

рабочих. Другими словами, основная часть ошибок, выявляемых при проектировании, производстве и эксплуатации сложных изделий, совершается именно на этапе проектирования, что обусловлено высоким уровнем субъективизма, который является обязательной составляющей всех интеллектуальных процессов.

ОСАМ представляет собой многоаспектное представление проекта мебельного изделия, которое можно описать следующей пятеркой компонент:

$$\langle G, S, R, K, T \rangle,$$

где G – геометрический;

S – структурно-атрибутивный;

R – расчетно-аналитический;

K – конструктивный;

T – производственно-технологический аспекты.

В данном случае под аспектом будем понимать формализованное математическое, информационное или структурное описание совокупности отдельных фазовых параметров, их траекторий или взаимосвязей элементов ОСАМ мебельного изделия.

Геометрический аспект ОСАМ представляет собой пространство, полученное путем объединения подпространств векторов геометрических параметров и параметров элементов сопряжения

$$M_{ОСАМ}^G = \left(\bigcup_{i=1}^N g_i \right) \cup \left(\bigcup_{\substack{i=1 \\ j \neq i}}^N \bigcup_{j=1}^N F_{i,j}^1 \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^M F_{i,j}^2 \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^P f_k \right),$$

где N – количество геометрических элементов в модели объекта проектирования;

M – количество уровней иерархической декомпозиции объекта проектирования;

P – количество внешних структурно-сопряженных связей объекта в рамках модели проектируемого мебельного ансамбля;

$g_i = \{g_i^g, g_i^p, g_i^v\}$ – вектор геометрических параметров i -го элемента, включающий габаритные параметры, координаты характеристических точек параметрических кривых, задающих форму деталей и параметры визуализации соответственно;

F_{ij}^1, F_{ij}^2 – внутренние сопряжения элементов объекта проектирования, от-

носящихся к разным иерархическим уровням объекта (сопряжения 1-го типа) и к различным элементам одного иерархического уровня (сопряжения 2-го типа) соответственно;

f_k – внешние сопряжения объекта в рамках модели мебельного ансамбля.

Структурно-атрибутивный аспект объекта проектирования представляет собой укрупненное координатное представление мебельной конструкции. Для идентификации элементов этой конструкции используется система соподчиненных уровней, с помощью которых структуру любой мебельной конструкции модульного типа можно представить в виде планарного графа, каждая вершина которого относится к одному из четырех уровней: изделия (F), секций (C), блоков (B) или деталей (D) [6]

$$F = C \cup D'; \quad C = \bigcup_{i=1}^l C_i, \quad C_i = \left(\bigcup_{j=1}^m B_j \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^n D'_k \right);$$

$$B = \bigcup_{i=1}^p B_i, \quad B_i = \left(\bigcup_{j=1}^q D_j \right) \cup \left(\bigcup_{k=1}^s D'_k \right);$$

$$D \cup D' = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}, \quad D \cap D' = \emptyset,$$

где C – множество секций в изделии F ;

B – множество блоков;

D' – множество деталей, не входящих в состав блоков;

D – множество деталей, входящих в состав блоков;

d_i – деталь, являющаяся элементом множества D или D' .

Таким образом, структурно-атрибутивный аспект ОСАМ образуется пространством векторов, определяющих атрибуты, направления и соподчиненность взаимосвязей элементов мебельного ансамбля по всем уровням декомпозиции

$$M_{ОСАМ}^S = \left(\bigcup_{i=1}^N s_i \right) \cup \left(\bigcup_{i=1}^M \bigcup_{k=1}^{L_i} \bigcup_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^M s_{i,k}^j \right),$$

где N – количество геометрических элементов КМИА;

M – количество уровней иерархической декомпозиции объекта проектирования;

L_j – мощность множества структурных элементов j -го уровня декомпозиции;

$s_i = \{s_i^f, s_i^k, s_i^t\}$ – вектор структурных параметров i -го элемента, состоящих из функциональных, конструктивных и технологических параметров соответственно;

$S_{i,k}^j$ – вектор связей k -го структурного элемента i -го уровня декомпозиции с элементами других уровней.

Расчетно-аналитический аспект ОСАМ определяется замкнутостью пространства параметров, адаптированных к структурно-атрибутивному представлению объектов и достаточных для автоматической реализации алгоритмов инженерно-технического анализа мебельного изделия при переходе в пространство исполнительных координат. Множество параметров, включенных в ОСАМ, является достаточным для выполнения следующих видов анализа:

1. Интерактивное численное моделирование реальных условий эксплуатации мебельных изделий с учетом свойств конструкционных материалов и элементов сопряжения в масштабируемом времени.

2. Прочностные расчеты статически и динамически нагруженных элементов мебельных изделий с возможностью учета вероятностного характера действия нагрузок и изменения физико-механических характеристик конструкционных материалов.

3. Виртуальный экспресс-анализ устойчивости изделий в процессе эксплуатации с автоматическим формированием вариативного набора возможных конструктивных доработок.

4. Виртуальный экспресс-анализ экологичности мебельных изделий по выделяемым вредным веществам с формированием визуальных карт экологичности.

Необходимо отметить, что в существующих САПР корпусной мебели отсутствуют модули инженерно-технического анализа, что является следствием геометрически ориентированной парадигмы их проектирования.

Основными критериями прочностного анализа мебельных конструкций являются условия недопустимости локальных разрушений элементов или мест их сопряжения и ограничения на предельно допустимые деформации. Соответствующие граничные

значения можно определить следующим образом [7]

$$Q = \sigma \prod_{i=1}^k x_i^{n_i}; f = E^{-1} \prod_{i=1}^k x_i^{m_i},$$

где Q – допустимая нагрузка;

f – допустимая деформация;

x_i – геометрические параметры рассматриваемого элемента;

k – количество элементов, участвующих в работе;

σ, E – допустимое напряжение материала;

n_i, m_i – показатели степени, учитывающие зависимость несущей способности и деформации от условий работы элемента и его размера.

В ходе трансляции описания мебельной конструкции в пространство исполнительных координат опционально реализуется вычислительный эксперимент. Данный эксперимент моделирует поведение и свойства мебельного изделия с учетом случайного характера действующих нагрузок, изменений физико-механических характеристик конструкционных материалов и элементов сопряжения с течением времени, а также вероятностных интервальных оценок соблюдения технологических режимов изготовления деталей, точности исполнения размеров и ряда других параметров.

Конструктивный и производственно-технологический аспекты ОСАМ в концепции БОПП реализуются множеством структурированных, абстрагированных от специфики конкретного предприятия формальных соотношений и алгоритмов, определяющих допустимость проектных решений – конструкторско-технологическими требованиями и ограничениями (КТТО). Они включаются в модель на самых высших уровнях абстракции и реализуются в автоматическом режиме при каждом понижении уровня, вплоть до уровня исполнительных координат. Формально их можно представить в виде

$$M_{ОСАМ}^{KT} = \left(\bigcup_{i=1}^N \bigcup_{j=1}^M \bigcup_{k=1}^P K_{i,j,k} \right),$$

где N – количество геометрических элементов в объекте проектирования;

M – количество уровней иерархической декомпозиции объекта проектирования;

P – количество внешних структурно-сопряженных связей объекта в рамках модели мебельного ансамбля;

$K_{ij,k}^i$ – КТТО, предъявляемые к объекту проектирования j -м уровне декомпозиции текущего уровня абстрагирования.

Рассматриваемая система КТТО может быть записана как пара $K = \langle K_k, K_i \rangle$, отражающая конструкторские и технологические ограничения соответственно. Аспектное представление элементов множества $k \in K_k$ определяется функциональной зависимостью вида

$$K_k = F(X) = F(M_j, R_m, F_k, S_n),$$

где M_j – характеристики листовых материалов, имеющих отношение к сфере действия данного элемента КТТО;

R_m – характеристики облицовочных материалов;

F_k – атрибуты множества элементов сопряжения;

S_n – характеристики используемого оборудования, влияющие на выполнение эскизных проектных операций.

В зависимости от типа конкретного элемента k часть аргументов в рассматриваемой функциональной зависимости может иметь неопределенные значения, что соответствует отсутствию влияния данного аргумента на применение соответствующих методов. Используя данную информацию, последующая обработка (постпроцессинг) ОСАМ применительно к конкретному производству реализует ее конструктивную безошибочность в пространстве исполнительных координат по следующим показателям:

- предельные значения внутренних и внешних острых углов, фасок и радиусов щитовых элементов как с точки зрения реализации соответствующей конфигурации, так и возможности облицовки их соответствующим кромочным материалом;

- предельные размеры горизонтальных и вертикальных перегородок, учитывающие способность выполнения ими функционального назначения и возможность изготовления из имеющихся заготовок;

- минимальные технологические и функциональные зазоры взаимного расположения щитовых элементов;

- интервалы допустимых значений взаимного расположения щитовых элементов и элементов сопряжения;

- дискретные ряды размеров внутренних полостей при установке в них стандартных блоков;

- рекомендуемые типоразмеры щитовых элементов и габаритных размеров изделия;

- соответствие параметров элементов сопряжения и профильных систем применяемым материалам;

- количественные и интервальные параметры установки элементов сопряжения с учетом минимизации переустановок оборудования;

- отсутствие открытых торцов щитовых элементов, не облицованных кромочным материалом.

ОСАМ мебельного изделия, сформированная на этапе конструирования, содержит достаточный объем информации для анализа задач технологической подготовки производства без понижения уровня абстракции. Подмножество K_i в свою очередь представляется следующей семеркой компонент:

$$\langle T_g, T_s, T_m, T_f, T_o, P, \Psi \rangle,$$

где T_g – ограничения, определяемые геометрией изделия;

T_s – ограничения, определяемые структурой изделия;

T_m – ограничения, определяемые конструкционными материалами;

T_f – ограничения, накладываемые элементами сопряжения (крепежной фурнитурой, профильными системами и механизмами);

T_o – ограничения, определяемые производственными условиями, требованиями технологических процессов (ТП) и используемым станочным оборудованием;

P – предикатные символы, определенные на объединении непересекающихся множеств $\{(\cup T_i) \cup G \cup S \cup R\}$, где $i = \{g, s, m, f\}$;

Ψ – функция формального отображения, которая ставит в соответствие любому предикатному символу $p \in P$ определенное значение из множества числовых параметров.

Каждое из подмножеств T_k , где $k = \{g, s, m, f\}$ разделяется на две непересекающиеся части $T_k = T_k^s \cup T_k^r$, представляющие регламентирующие (обязательные для выполнения) и рекомендуемые ограничения (ответственность за несоблюдение которых возлагается на специалиста). Поскольку функция Ψ задает отношение порядка на множестве ограничений, любое подмножество ограничений, в свою очередь, можно разбить на непересекающиеся подмножества по степени необходимости реализации того или иного критерия

$$T = \bigcup_{i=1}^N T_i.$$

Например, для подмножества T_k^s можно использовать следующую градацию:

- T_1 – ограничения, обусловленные функциональным назначением мебельного ансамбля, которые должны выполняться в любом случае;
- T_2 – ограничения, связанные с возможностями имеющегося оборудования, которые можно преодолеть путем модернизации станочного парка;
- T_3 – ограничения, накладываемые используемыми ТП изготовления, снимаемые внедрением новых ТП;
- T_4 – ограничения, связанные со сложившейся структурой производства и субъективными предпочтениями исполнителей.

Включение технологического аспекта в ОСАМ мебельного изделия позволяет формировать наборы моделей в пространстве эскизных координат, соответствующих технологическим условиям предприятия и критериям позаказного промышленного производства. Они представляют собой множества методов ω , определяющих набор функций θ , таких, что каждая из них задает точку модельного пространства мебельных ансамблей, в которой удовлетворяются все элементы КТТО, т.е. все существующие предикаты получают значение истинности. Областью определения методов ω является совокупность свободных переменных

$$D \subseteq G \cup S \cup R.$$

Если обозначить через Θ множество технологических решений, удовлетворяю-

щих регламентирующим КТТО высокого уровня, то множество приемлемых решений будет представлять собой такое его подмножество Θ_0 , в котором удовлетворяется максимальное количество регламентирующих ограничений более низкого уровня. Оптимальная по технологическим критериям модель мебельного ансамбля является элементом Θ_0 . Множества Θ и Θ_0 определяются следующим образом:

$$\Theta = \left\{ \theta \mid \forall p \in P; \forall \omega \in \theta: \omega(D) \in \bigcup_{i=1}^L T_i \right\};$$

$$\Theta_0 = \left\{ \theta \mid \theta \in \Theta; \forall \omega \in \theta: \omega(D) \in \left(\bigcup_{i=L+1}^N T_i^s \right) \cup \left(\bigcup_{j=1}^M T_j^r \right) \right\},$$

где M – количество градаций рекомендуемых ограничений;

L – количество реализуемых регламентирующих ограничений.

Многоаспектное представление проекта мебельного изделий в концепции БОПП позволяет осуществить переход к параллельному (совмещенному) проектированию на различных уровнях абстрагирования. Для этого в рамках новой парадигмы построения САПР корпусной мебели общий процесс проектирования мебельных изделий разделяется на два относительно обособленных этапа: *инжиниринг*, или эскизное проектирование, и *реинжиниринг*, или возвратное проектирование (рис. 2).

На этапе инжиниринга конструктор, используя доступные ему инструментальные средства, формирует модель прототипного мебельного изделия, в которой должны быть учтены требования, отраженные в задании на проектирование, а также данные о технологических возможностях предприятия, представленные в структурах КТТО. Кроме того, в ходе инжиниринга в прототипную модель включаются алгоритмы реструктуризации, предназначенные для определения правил компиляции прототипных моделей в модели конкретных мебельных изделий, и алгоритмы контроля, гарантирующие безошибочность выполнения проектных операций на этапе реинжиниринга.



Рис. 2. Этапы инжиниринга и реинжиниринга в общей структуре процесса проектирования изделий корпусной мебели

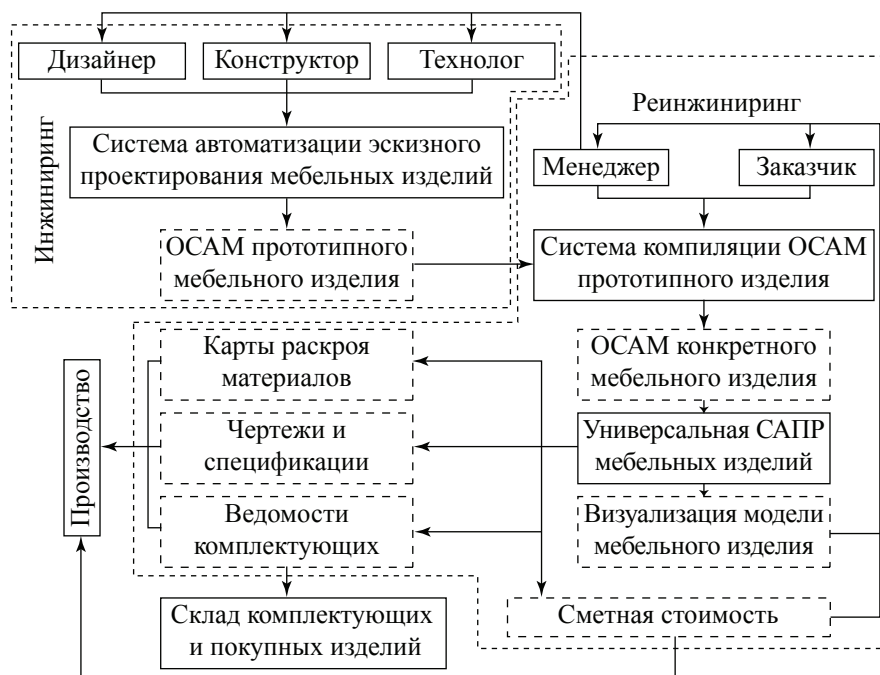


Рис. 3. Инфраструктура комплексной САПР корпусной мебели

Этап реинжиниринга прототипной модели выполняется дизайнером по интерьеру при приеме индивидуального заказа на мебельное изделие или ансамбль. Он включает две основные проектные процедуры – реструктуризацию прототипной модели и возвратное проектирование конкретного мебельного

изделия. Процедура реструктуризации обеспечивает преобразование прототипной модели без понижения уровня ее абстрактного представления. С помощью инструментальных средств реинжиниринга дизайнер получает доступ к полям информационных структур, описывающим прототипную модель.

Традиционная парадигма	Новая парадигма
Ориентация на традиционный способ серийно-массового производства мебельных изделий	Ориентация на позаказное промышленное производство мебельных изделий
Отсутствие жестких временных ограничений на этапах проектирования, подготовки производства, собственно производства	Наличие жестких временных ограничений на всех этапах реализации проекта мебельного ансамбля
Ориентация на традиционный маршрут проектирования	Ориентация на высокоуровневое эскизное проектирование
Реализация функций «электронного кульмана» для низкоуровневого конструкторского проектирования	Реализация интеллектуальных процедур высокоуровневого проектирования
Организация контроля качества проектирования после окончания конструкторского проектирования	Организация процедур безошибочного проектирования в процессе эскизного проектирования
Подготовка производства осуществляется после завершения полного цикла конструкторского проектирования	Комплексная подготовка и сопровождение производства осуществляются параллельно с конструкторским проектированием
Не требует изменения сложившейся инфраструктуры мебельного предприятия	Вносит рекомендации по изменению традиционной инфраструктуры мебельного предприятия
Отсутствие оперативной связи между производителем и потребителем	Наличие оперативного взаимодействия производителя с заказчиком
Контроль качества произведенной продукции осуществляет ОТК, подчиненный производителю	Приемку изделий и контроль их качества осуществляет заказчик

Ввод данных в эти поля контролируется алгоритмами реструктуризации, заданными на этапе инжиниринга, что в достаточной степени гарантирует безошибочность разрабатываемой модели. При этом используется комплекс КТТО, представляющий собой базу данных, в которой содержится структурированный перечень предельных и оптимальных параметров проектирования, а также формальных алгоритмов контроля соответствия прототипного изделия этим параметрам. Таким образом, несмотря на то, что при реструктуризации модель изделия претерпевает определенные изменения, она, с одной стороны, не выходит за рамки технологических возможностей производства, с другой стороны, не нарушает заложенные в нее требования и ограничения.

Возвратное проектирование – это компиляция прототипной модели после ее реструктуризации в модель конкретного мебельного изделия, содержащую всю необходимую информацию для изготовления изделия на имеющейся производственной базе.

В соответствии с многоаспектностью ОСАМ мебельного изделия в инфраструктуре перспективной комплексной САПР корпусной мебели выделяются следующие основные функциональные подсистемы (рис. 3):

– подсистема автоматизации эскизного проектирования, предназначенная для выполнения этапа инжиниринга корпусных мебельных изделий;

– подсистема реструктуризации и компиляции ОСАМ прототипного мебельного изделия, предназначенная для выполнения этапа реинжиниринга;

– универсальная САПР мебельных изделий, предназначенная для визуализации геометрических моделей и выполнения рутинных операций по подготовке конструкторско-технологической документации проектов.

В заключение следует привести ряд различий традиционной и новой парадигм автоматизированного проектирования корпусной мебели (таблица).

Библиографический список

1. Мебельный рынок России в I полугодии 2007 года / Мебельный мир. – 2007. – № 4(22) – С. 6–8.
2. Сидоров, Ю.П. Россия в мебельном сообществе / Ю.П. Сидоров // Фабрика мебели. – 2004. – № 1. – С. 10–13.
3. Стариков, А.В. Реинжиниринг бизнес-процессов мебельного предприятия при переходе к позаказному производству / А.В. Стариков, П.А. Петров // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: меж-

вуз. сб. науч. тр. – Вып. 10. – Воронеж: ВГЛТА, 2005. – С. 230–233.

4. Новая парадигма проектирования САПР сложной корпусной мебели для позаказного промышленного производства: монография / П.Ю. Бунаков, А.В. Стариков, А.А. Старикова и др. – М.: МГУЛ, 2007. – 319 с.
5. Стариков, А.В. Основные положения концепции «безошибочного» проектирования и производства сложных изделий корпусной мебели и особенности их реализации / А.В. Стариков, В.Н. Харин, П.Ю. Бунаков // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного

комплекса: межвуз. сб. науч. тр. – Вып. 10. – Воронеж: ВГЛТА, 2005. – С. 233–237.

6. Бунаков, П.Ю. Формализованное представление информационной модели прототипных объектов корпусной мебели / П.Ю. Бунаков, А.В. Стариков, В.Н. Харин // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: межвуз. сб. науч. тр. – Вып. 10. – Воронеж: ВГЛТА, 2005. – Т.1. – С. 39–43.
7. Гончаров, Н.А. Технология изделий из древесины: учеб. для вузов / Н.А. Гончаров, В.Ю. Башинский, Б.М. Буглай. – 2-е изд. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 528 с.

СПОСОБ РАСКРОЯ ХЛЫСТОВ, ПОРАЖЕННЫХ СЕРДЦЕВИННОЙ ГНИЛЬЮ

А.С. ТОРОПОВ, *проф. каф. деревообрабатывающих производств МарГТУ, д-р техн. наук,*
Е.В. МИКРЮКОВА, *ст. преп. каф. деревообрабатывающих производств МарГТУ*

В настоящее время приоритетным направлением в сфере использования лесных ресурсов является переход на малоотходные ресурсосберегающие технологии, что подразумевает более комплексное использование лесных ресурсов. Существует проблема использования древесины, пораженной сердцевинной гнилью, в частности напенной. Именно решению этой проблемы посвящена данная работа.

Известно, что комлевая часть хлыста, поражаемая напеными гнилями, содержит качественную бессучковую заболонную часть, которая может достигать 70 % от объема. Существующая технология раскряжевки таких хлыстов не обеспечивает рационального использования комлевой древесины. Раскряжевщик последовательным отпиливанием коротких отрезков длиной 1–2 м добивается того, чтобы гниль в первом сортименте не превышала допустимого для 1 и 2-го сортов размера (рис. 1).

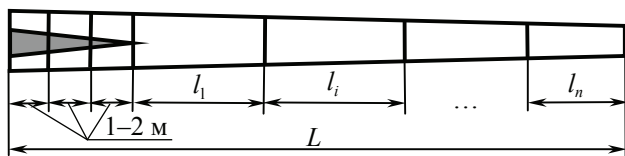


Рис. 1. Существующая технология раскряжевки хлыстов, пораженных напенной гнилью: l_1, l_i, \dots, l_n – длины сортиментов; L – длина хлыста

Предлагаемый способ раскроя хлыстов, пораженных напенной гнилью [5], предполагает раскряжевку таких хлыстов с получением комбинированного пиловочника (рис. 2), а затем раскрой на пилопродукцию самого комбинированного пиловочника (рис. 3).

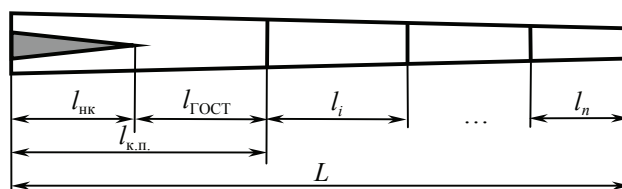


Рис. 2. Раскряжевка хлыста с получением комбинированного пиловочника: $l_{\text{г}}$ – длина напенной гнили; $l_{\text{ГОСТ}}$ – стандартная длина пиловочника; $l_{\text{к.п.}}$ – длина комбинированного пиловочника; l_i, \dots, l_n – длины сортиментов; L – длина хлыста

Раскрой хлыстов, пораженных напеными гнилями, согласно данному способу начинается с комля отпиливанием комбинированного пиловочника. Длина комбинированного пиловочника

$$l_{\text{к.п.}} = l_{\text{нк}} + l_{\text{ГОСТ}}$$

где $l_{\text{нк}}$ – длина низкокачественной (по содержанию гнили) части, м;

$l_{\text{ГОСТ}}$ – стандартная длина пиловочника, входящая в состав комбинированного пиловочника, м.

Предполагаемые длины комбинированного пиловочника, м

Диаметр гнили в комле, м	Длина комбинированного пиловочника при стандартной длине пиловочника, м					
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
0,10	5,4	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9
0,12	5,8	6,3	6,8	7,3	7,8	8,3
0,14	6,2	6,7	7,2	7,7	8,2	8,7
0,16	6,6	7,1	7,6	8,1	8,6	9,1
0,18	7,1	7,6	8,1	8,6	9,1	9,6

Длина комбинированного пиловочника зависит от способа дальнейшей его переработки на пилопродукцию. Здесь возможны два варианта: с предварительным раскромом на пиловочную и низкокачественную части или без него.

Максимально допустимая длина комбинированного пиловочника обусловлена техническими характеристиками лесовозного транспорта в первом варианте и техническими характеристиками установленного оборудования для продольной распиловки лесоматериалов во втором варианте. Для предлагаемого способа раскроа подходит второй вариант.

Некоторые ученые (В.А. Капустин, В.Н. Соколов, Г.И. Захарьин, С.Г. Нушкарев) уже предлагали заготовку комбинированного пиловочника [2–4]. В.А. Капустин предлагает заготовку комбинированного пиловочника и раскряжевку его на качественную и низкокачественную части на лесопильных предприятиях. В.Н. Соколов и Г.И. Захарьин предлагают раскрой непосредственно комбинированного пиловочника на пилопродукцию брусом способом.

В результате исследований, проведенных этими учеными, были сделаны выводы о нецелесообразности заготовки и распиловки комбинированного пиловочника по разным причинам из-за уменьшения доли качественного пиловочника при лесозаготовках, уменьшения выхода пилопродукции на 10–12 %, низкой прибыли.

Предлагаемый способ раскроа хлыстов, пораженных напенной гнилью, на пилопродукцию, позволит:

– сократить трудоемкость раскряжевки таких хлыстов за счет уменьшения числа резов при раскряжевке;

– вывезти низкокачественную (по содержанию гнили) древесину с минимальными транспортными затратами;

– вовлечь в дальнейшую переработку дополнительные объемы древесины, которые в настоящее время используются на дрова, сжигаются или вообще оставляются в лесу, создавая очаги гниения древесины и увеличивая риск поражения здоровых древостоев;

– повысить выход пилопродукции при раскром комбинированного пиловочника.

Исходными данными для расчета затрат на транспортировку комбинированного пиловочника служат:

– геометрические характеристики комбинированного пиловочника;

– характеристики лесовозного транспорта;

– протяженность вывозки и качество дорог;

– затраты на погрузку и выгрузку лесоматериалов.

Используя аллометрический метод исследования предмета труда, можно получить усредненные формулы образующей хлыста в коре и без коры и образующей напенной гнили для каждой породы и места произрастания вида

$$d = d_0 + a_1 l^{b_1}, d_g = d_{g0} + a_2 l^{b_2}, d_r = d_{r0} + a_3 l^{b_3},$$

где d_0, d_{g0}, d_{r0} – соответственно диаметр хлыста данной породы в коре, без коры и диаметр напенной гнили в комлевом торце, м;

a_1, a_2, a_3 – константы начального состояния;

l – расстояние от комля до произвольного сечения, м;

b_1, b_2, b_3 – константы равновесия, передающие темп изменения диаметров относительно l .

С использованием этих зависимостей по разработанной методике составляются таблицы для определения длины комбинированного пиловочника, на основании которых производится раскряжевка хлыстов, пораженных напенной гнилью. Предлагается пример такой таблицы для сосны на основании зависимостей, разработанных В.С. Петровским [6].

Такие таблицы можно составить для любых пород и мест произрастания.

Если длина комбинированного пиловочника превышает максимально допустимую длину распиловки на бревнопильном оборудовании, то производится разделение его на две части, одна из которых, пораженная односторонней сердцевинной гнилью, распиливается согласно предлагаемому способу [5], а вторая, пораженная двухсторонней сердцевинной гнилью, распиливается каким-либо иным способом.

Средний объем хлыста данной породы будет равен

$$V_x = \frac{\pi L}{4} \int_0^L d_0^2 dl;$$

где L – длина хлыста данной породы, м.

После подстановки в это выражение формулы образующей и интегрирования получим

$$V_x = \frac{\pi}{4} \left(d_{00}^2 L + 2 \frac{a_2 d_{00}}{b_2 + 1} L^{b_2 + 1} + \frac{a_2^2}{2b_2 + 1} L^{2b_2 + 1} \right).$$

Объем низкокачественной части хлыста (пораженной напенной гнилью) зависит от протяженности гнили и аналогично объему хлыста выразится следующим уравнением:

$$V_{н.к.} = \frac{\pi}{4} \left(d_{00}^2 l_g + 2 \frac{a_2 d_{00}}{b_2 + 1} l_g^{b_2 + 1} + \frac{a_2^2}{2b_2 + 1} l_g^{2b_2 + 1} \right),$$

где l_g – длина напенной гнили в хлысте, м.

Таким образом, при существующей технологии заготовки древесины объем качественного пиловочника будет равен

$$V_n = V_x - V_{н.к.}$$

Этот объем пиловочника и подлежит вывозке с лесосеки.

При использовании предлагаемой технологии в вывозимый объем древесины добавляется объем низкокачественной части, входящей в состав комбинированного пиловочника. Объем комбинированного пиловочника зависит не только от протяженности

гнили, но и от стандартной длины пиловочника, входящей в него.

$$V_{к.н.} = \frac{\pi}{4} \left(d_{00}^2 l_{к.н.} + 2 \frac{a_2 d_{00}}{b_2 + 1} l_{к.н.}^{b_2 + 1} + \frac{a_2^2}{2b_2 + 1} l_{к.н.}^{2b_2 + 1} \right).$$

Стоимость транспортировки непосредственно низкокачественной части, входящей в комбинированный пиловочник, выразится соотношением

$$\Delta C_T = C_{T2} - C_{T1},$$

где C_{T1} – стоимость транспортировки до применения заготовки комбинированного пиловочника, руб./м³;

C_{T2} – стоимость транспортировки при использовании заготовки комбинированного пиловочника, руб./м³.

При расчете стоимости вывозки комбинированного пиловочника учитывается увеличение длины сортиментов и нагрузки на один рейс. Это приводит к повышению расхода топлива, что сказывается на стоимости вывозки.

С другой стороны, заготовка комбинированного пиловочника уменьшает трудоемкость раскряжевки, т.е. уменьшается число резов на один хлыст с напенной гнилью.

Разработана методика, по которой для каждого конкретного предприятия можно рассчитать максимальное расстояние вывозки комбинированного пиловочника, до которого существует прибыль от его переработки. При этом, чем больше размеры напенной гнили, тем меньше это расстояние и наоборот.

Кроме снижения затрат на транспортировку низкокачественной древесины, предлагаемый способ раскрытия комбинированного пиловочника (рис. 3) позволит увеличить выход пилопродукции. Из комбинированного пиловочника, кроме качественных пиломатериалов, получают черновые заготовки для производства мебельных щитов. Древесина этих заготовок имеет высокое качество, так как они получены из самой ценной заболонной части бессучковой зоны пиловочника.

Способ получения пилопродукции (патент РФ № 2171175) включает следующие операции:

– отпиливание комбинированного пиловочника;

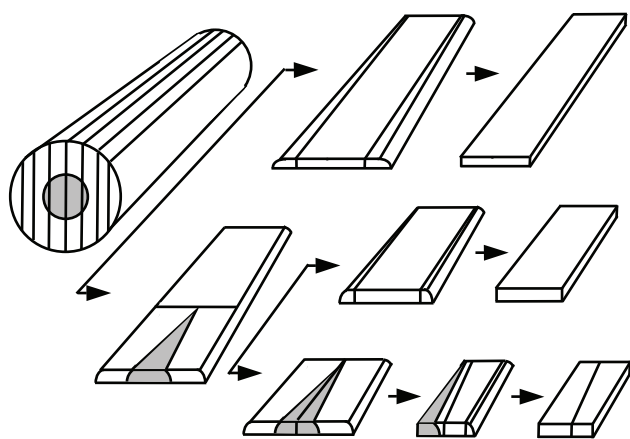


Рис. 3. Раскрой комбинированного пиловочника на пилопродукцию (патент РФ №2171175)

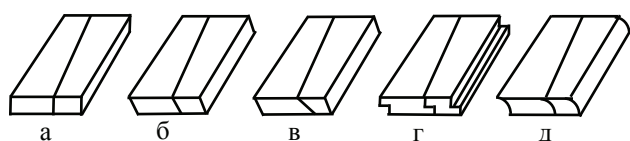


Рис. 4. Виды пилопродукции, получаемой при реализации способа раскряжки хлыстов, пораженных сердцевинной гнилью (патент РФ №2171175)

- деление его на части в продольном направлении;
- отделение комбинированных пиломатериалов от основного потока;
- разделение комбинированных пиломатериалов на стандартные и пораженные сердцевинной гнилью;
- удаление коры и гнили из пораженных частей комбинированных пиломатериалов параллельно образующим коры и гнили;
- сортировка и сушка полученных заготовок;
- обработка кромок;
- разворот заготовок относительно друг друга на 180° и склеивание с получением мебельных щитов или столярных плит;
- обработка щитов по периметру;
- строгание пластей щитов;
- шлифование щитов.

Возможны 5 вариантов удаления коры и гнили: перпендикулярно пластям пиломатериала (рис. 4а), под одинаковым углом к пластям (рис. 4б), под разными углами к пластям (рис. 4в), с одновременным формированием элементов столярного соединения

(рис. 4г) или с формированием поверхностей обработки одинаковой формы и конусности по длине (рис. 4 д). При этом можно получить 5 видов щитовой пилопродукции (рис. 4).

Выход пилопродукции из комбинированного пиловочника составляет 60–65 % в зависимости от характеристики сырья, что на 8–12 % больше по сравнению с традиционным способом переработки такого сырья и на 3–5 % больше по сравнению с технологиями, предложенными В.Ф. Ветшевой и И.А. Айзенбергом [1].

Таким образом, предлагаемый способ получения пилопродукции из хлыстов, пораженных сердцевинной гнилью, поможет решить проблему транспортировки низкокачественной древесины и ее раскряжки, чем вовлечет в переработку дополнительные древесные ресурсы и может быть успешно использован на лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятиях.

Библиографический список

1. Ветшева, В.Ф. Потоки для распиловки бревен с гнилью на предприятиях Сибири / В.Ф. Ветшева, И.А. Айзенберг // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 1988. – № 10. – С. 1–3.
2. Захарьин, Г.И. О качественных характеристиках комбинированного пиловочника / Г.И. Захарьин, С.Г. Нушкарев // *Комплексное использование древесного сырья: сб. науч. тр. / ЦНИИМОД*. – Архангельск, 1979. – С. 78–80.
3. Капустин, В.А. Раскряжка в сплавных предприятиях хлыстов с напенной гнилью / В.А. Капустин // *Лесной журнал*. – 1962. – № 4. – С. 107–110.
4. Соколов, В.Н. Использование комбинированного пиловочника при переработке пиломатериалов внутреннего рынка / В.Н. Соколов // *Комплексное использование древесного сырья: сб. науч. тр. ЦНИИМОД*. – Архангельск, 1984. – С. 33–35.
5. Способ получения пилопродукции из хлыстов, пораженных сердцевинной гнилью : пат. 2171175 Рос. Федерация: МПК В 27 В 1/00 / Торопов А.С., Кропотова Е.В.; заявитель и патентообладатель Марийск. гос. техн. ун-т. – № 2000102495/13; заявл. 01.02.00; опубл. 27.07.01 Бюл. – № 21. – 8 с.: ил.
6. Петровский, В.С. Автоматическая оптимизация раскряжки древесных стволов / В.С. Петровский. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 184 с.

ПОТЕНЦИАЛ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ И ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.А. ТИТУНИН, доц. КГТУ, канд. техн. наук,
В.М. КАРАВАЙКОВ, проф. КГТУ, д-р техн. наук

В народном хозяйстве нет такой отрасли промышленности, где бы не использовалась древесина или продукция из нее. На сегодняшний день известно более 30 тыс. наименований продукции, получаемой из древесины путем ее механической, механо-физической, химической или другой обработки. Тем самым predetermined роль древесного ресурса на долгосрочную перспективу, а также увеличение объемов заготовки и переработки древесины. Лесные ресурсы, как никакие другие природные, являются для России самыми значительными и способны в полной мере обеспечить экономическое процветание страны и рост благосостояния населения. При условии полного использования всей расчетной лесосеки, которая сейчас осваивается только на 23 %, наша страна могла бы довести свою долю на рынке до 20 %. Эта задача является актуальной с позиций вступления России в ВТО.

На сегодняшний день в России преобладает механическая переработка древесины – 60,3 % общего объема переработки, и неудовлетворительный уровень химической и химико-механической переработки древесины – 39,7 % (в ведущих зарубежных странах – 65–70 %). В отечественном целлюлозно-бумажном производстве ежегодно используется 28 млн м³ балансовой древесины, или 17 % от общего объема заготовленной древесины, тогда как в США – 257 млн м³ (51 %), Швеции – 49 млн м³ (75 %), Финляндии – 44,9 млн м³ (72 %). Кроме того, в процессе производственной деятельности российских лесопромышленных предприятий около 40 % объема лесных ресурсов недоиспользуется и теряется в виде отходов.

Несовершенство структуры производства определяет и сравнительно низкую эффективность экспорта лесных материалов из Российской Федерации. Структура рос-

сийского лесного экспорта ориентирована на поставки необработанного круглого леса, в то время как в странах с развитой лесной промышленностью, ориентированной на приоритетное производство лесобумажной продукции с высокой добавленной стоимостью, валютная выручка от экспорта бумаги и картона на порядок выше, чем в России. Так, в США валютная выручка от экспорта бумаги и картона ежегодно составляет 9–10 млрд долл., в Канаде – 9, в Финляндии – 8, а в России – 1 млрд. долларов.

Мировой лесной сектор за последнее десятилетие показывает положительную динамику. Во всем мире идет постоянное увеличение объемов производства и потребления лесопродукции. Для этого сектора мирового хозяйства характерны такие тенденции, как резкое увеличение международной кооперации, повышение ресурсосбережения и глубины переработки лесного сырья, активное развитие высокотехнологичных подотраслей, перенос производств в регионы с большими запасами сырья и энергоресурсов, с дешевой энергией и рабочей силой. Поэтому сегодня необходимо обеспечить эффективность экономического использования лесопромышленного комплекса (ЛПК) Российской Федерации. Одновременно с этим крайне важно повысить внимание к природоохране и экологии.

С учетом роста потребления продукции деревообработки как на внутреннем, так и на внешнем рынках, наличия огромного ресурсного потенциала, намерений вступления в ВТО Правительством России поставлена задача повышения эффективности деревообрабатывающей промышленности, поскольку на сегодняшний день деятельность большинства отраслевых предприятий в силу ряда причин не отвечает экономическим интересам государства. Деревообрабатывающая промышленность выбрана в качестве основного

объекта не случайно, поскольку на ее долю приходится до 43 % всей продукции ЛПК.

Задача повышения эффективности деревообрабатывающей промышленности является актуальной еще и потому, что уже в ближайшей перспективе многие природные ресурсы будут близки к исчерпанию, а значение лесных ресурсов будет резко возрастать. Все это повышает потенциальные возможности и влияние России как крупнейшего обладателя лесного сырья.

Решение проблемы повышения эффективности работы отечественных деревообрабатывающих предприятий предусматривает реализацию комплекса подзадач, основными из которых являются:

- стимулирование структурных преобразований в лесопромышленном комплексе на основе создания крупных интегрированных структур;

- создание благоприятных условий для инвестиций;

- обеспечение последовательного снижения ставок таможенных пошлин на продукцию глубокой переработки древесины и увеличение ставок на отдельные виды круглых лесоматериалов;

- стимулирование внутреннего спроса на отечественную продукцию;

- расширение применения энергоносителей древесного происхождения в качестве альтернативных источников тепла;

- увеличение использования древесины в жилищном строительстве, в том числе в рамках реализации приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России»;

- развитие производства современного оборудования для переработки древесины.

Своеобразным эталоном для анализа процессов, происходящих сегодня в российском лесопромышленном комплексе, может служить, благодаря своему географическому положению, ресурсному потенциалу, исторически сложившемуся экономическому укладу и ряду других факторов, Костромская область. Костромская область характеризуется более высокой, чем в среднем по России, лесистостью: 74,3 % против 45 %. Общий запас спелых и перестойных насаждений здесь составляет 141353 тыс. м³,

или 0,33 % от соответствующего показателя по России, а расчетная лесосека установлена в объеме 9,9 млн м³, или 1,75 % от объема допустимого ежегодного лесопользования в России [1]. По запасам древесины Костромская область занимает шестое место в европейской части России и первое место среди регионов Центрального федерального округа.

В костромских лесах объемы фактической заготовки древесины в последние годы практически не менялись и составляют порядка 38 % от расчетной лесосеки. При этом, по имеющимся данным [1], заготавливается преимущественно хвойная древесина (табл. 1), в древостоях продолжает накапливаться лиственная и низкотоварная древесина, что в конечном итоге приводит к ухудшению товарной структуры древесного ресурса, снижению природоохранных функций лесов и ни в коей мере не способствует решению насущных проблем лесопромышленного комплекса. Вместе с тем, это свидетельствует о большом резервном потенциале древесных ресурсов Костромской области и актуальности задачи повышения эффективности использования древесины и конкурентоспособности отечественной продукции.

Из-за сложившегося низкого уровня лесопользования (отсутствия своевременной вырубki спелых и перестойных насаждений, т.е. возможности их замены на здоровый продуктивный древостой) продолжает усугубляться проблема лесов Костромской области и прилегающих центральных областей. Накапливаются перестойные деревья, идет большой естественный отпад насаждений, захламляются леса, развивается патология, разрастаются лиственные породы. Леса все больше теряют уникальные свойства: средообразующие функции (водоохранные, рекреационные и т.д.), способность противостоять техногенной нагрузке, обеспечивать атмосферу кислородом. Это приводит к их деградации в регионе, ухудшению породной и товарной структур, потере контроля за экологическим и рекреационным состоянием древостоев, их захламенности и пожароопасности, а также к созданию благоприятных условий для культивирования различных энтомовредителей и заболеваний леса.

**Использование расчетной лесосеки в Костромской области
(в лесах Министерства природных ресурсов)**

Порода	Запас спелых и перестойных		Расчетная лесосека		Объем заготовки	
	тыс. м ³	%	тыс. м ³	%	тыс. м ³	%*
Всего	141353	100	8220,5	100	3081,4	37,48
сосна	16820	11,9	929,4	11,31	512,4	55,13
ель	37080	26,23	1294	15,74	806,9	62,36
прочие хвойные	603	0,43	0,1	< 0,01	0	0
береза	55020	38,92	4259,2	51,81	1525,7	35,82
осина	31100	22,0	1737,8	21,14	236,4	13,6
прочие лиственные	730	0,52	0	0	0	0

* приведены данные о доле фактически заготовленной древесины по отношению к расчетной лесосеке

Существующие правила лесопользования обязывают производить очистку мест рубок от порубочных остатков как заключительную операцию лесосечных работ. В существующей практике лесозаготовки они сваливаются в гурты и, как правило, сжигаются прямо на лесосеках. Уничтожаясь без практического использования, они вызывают дополнительную эмиссию углерода в атмосферу.

Поскольку в перспективе объем древесных отходов будет возрастать пропорционально увеличению объемов заготовки древесины, можно утверждать, что при любых нарушениях требований ведения лесного хозяйства по заготовке и вывозке низкотоварной древесины произойдет заметное ухудшение экологической ситуации в лесных экосистемах. Это, в свою очередь, оказывает негативное влияние на лесовосстановление, перспективную структуру лесов и потенциальный выход деловой древесины. Поэтому особенно высока доля низкокачественной древесины во вторичных лесах, преимущественно за счет осинников. С другой стороны, ухудшение состояния лесов является следствием отсутствия спроса на лиственную, мелкотоварную и низкокачественную древесину.

В настоящее время низкотоварная древесина используется преимущественно для отопления индивидуального частного сектора в сельской местности, а также в малых и средних городских поселениях. При отсутствии других потребителей значительная часть низкотоварной древесины либо не заготавливается, либо остается на лесосеках,

в то время как у нас в России и за рубежом имеется положительный опыт ее использования для производства различных видов продукции. Вовлечение в хозяйственный оборот значительного потенциала низкокачественной древесины позволило бы сохранить в составе лесного фонда вблизи промышленных центров более ценную древесину, имеющую не только сырьевое, но и природоохранное значение.

В структуре промышленного производства России предприятиями ЛПК Костромской области производится 2,1 % пиломатериалов, 11 % фанеры, 7 % древесно-стружечных плит (ДСтП) и 9 % древесноволокнистых плит (ДВП) [2]. Объем выпуска товарной продукции, производимой предприятиями ЛПК, – 38 млрд руб., что составляет порядка 20 % всего объема промышленной продукции области. В целом лесопромышленный комплекс включает 611 предприятий (из них 57 крупных и средних), или 42,6 % всех предприятий области, в том числе 271 (44,35 %) – деревообрабатывающей промышленности.

Общая численность работающих в лесопромышленном комплексе Костромской области составляет около 17 тыс. человек, или 26 % от занятого в промышленном производстве населения, в том числе 14,1 тыс. человек трудятся в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Все это придает большую социальную значимость решению актуальных вопросов перспективного развития деревообрабатывающих производств.

Динамика работы предприятий лесопромышленного комплекса Костромской области

Показатели	Значение показателей по годам				
	1990	1995	2000	2005	2006
Вывозка древесины, млн м ³	6,8	3,3	3,3	3,3	3,0
Производство деловой древесины, млн м ³	5,5	2,4	2,4	2,8	2,6
Объем инвестиций, млн рублей,					
в т. ч: лесозаготовительная	–	10,9	21,9	309,9	153,3
деревообрабатывающая	–	20,9	252,3	2916,3	1362,6
целлюлозно-бумажная	–	–	–	5	7,4
производство мебели	–	–	–	7	30,9

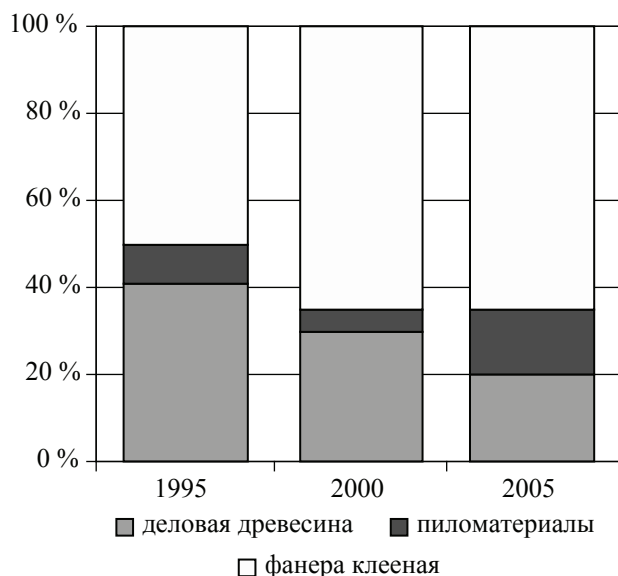


Рис. 1. Структура экспорта продукции ЛПК Костромской области по видам, %

Анализ технико-экономических показателей работы лесопромышленного комплекса Костромской области показал, что в последние годы заметно улучшился показатель переработки заготовленной древесины (табл. 2): производство деловой древесины возросло (в процентном отношении) с 72,73 % в 1995 г. до 86,67 % в 2006 г. Однако необходимо отметить, что расчетная лесосека не осваивается в полном объеме. Так, за 2006 г. было заготовлено всего 3,0 млн м³ древесины при возможном показателе 9,9 млн м³.

Положительные результаты в работе ЛПК Костромской области достигнуты благодаря тому, что в конце прошлого десятилетия администрация области поставила себе стратегическую задачу – улучшить инвестиционный климат в регионе. Областной закон «Об инвестиционной деятельности», принятый в 1997 г., был признан одним из наиболее эф-

фективных в России. Инвесторам не просто предоставлялись льготы – областная власть помогала решать все организационные вопросы на местном, региональном и федеральном уровнях.

На сегодняшний день в Костромской области реализован ряд крупных инвестиционных проектов. Только за 2004 г. в лесную и деревообрабатывающую промышленность Костромской области было привлечено 7 млрд руб., в результате чего область заняла первое место в России по привлечению инвестиций в ЛПК. С костромичами активно сотрудничают иностранные компании. Швейцарский концерн «Swiss Krono Group» открыл в Шарье крупнейшую в мире линию древесноволокнистых плит MDF для производства высококачественной мебели. В ближайшие годы швейцарцы намерены инвестировать в это предприятие не менее 300 млн евро. В Костроме и г. Мантурово освоено производство большеформатной фанеры. Это позволило выйти в 2004 г. на второе место по объему выпуска фанеры.

Предприятия Костромской области поддерживают сегодня постоянные экономические отношения с 86 странами мира. Значительная доля производимой продукции (44 %) отправляется на экспорт. В валютной выручке области экспорт лесопродукции составляет 53 %. В последнее десятилетие в структуре экспорта произошли, как видно из рис. 1, положительные изменения. В частности произошло снижение доли необработанной древесины и, соответственно, увеличение объемов экспортируемых пиломатериалов, фанеры и плит. Этому в немалой степени способствовали мероприятия по привлечению инвестиций в развитие деревообрабатывающей промышленности.

В соответствии с «Программой развития лесопромышленного комплекса Костромской области на период до 2010 года», которая была разработана во исполнение «Основных направлений развития лесной промышленности Российской Федерации», одобренных распоряжением Правительства РФ от 01.11.2002 г. №1054, а также рядом других законодательных документов, ожидаемое улучшение экономической ситуации в регионе предполагается за счет содействия развитию производств глубокой переработки древесины.

В перспективе развития лесопромышленного комплекса до 2010 г. планируется реализация следующих инвестиционных проектов: строительство целлюлозно-бумажного комбината в г. Мантурово мощностью до 800 тыс. т целлюлозы в год, лесопильного завода по производству 300 тыс. м³ пиломатериалов, наращивание объемов производства ДСтП и МДФ. Эти предприятия станут лидерами как по объемам, так и по уровню организации переработки древесины.

На начало 2007 г. в поселке Шекшема Шарьинского района запланировано строительство лесопильного завода с объемом выпуска более 100 тыс. м³ обрезных пиломатериалов в год. Запуск производства запланирован на четвертый квартал 2008 г. Объем инвестиций превысит 8 млн евро. Численность работников предприятия составит около 200 человек. Данный проект реализуется при финансировании австрийского концерна «BDT», который более 40 лет производит оборудование для лесопромышленных предприятий. Последние 4 года фирма работала и в России, поставляла оборудование и экспортировала пиломатериалы. В результате пришла идея создания собственного перерабатывающего предприятия в РФ. Новый завод станет поставлять продукцию лесопиления на экспорт и на российский рынок, а отходы производства – это примерно 100 тыс. м³ щепы в год – на шарьинский завод «Кроностар» для изготовления древесноволокнистых плит. Таким образом, новое производство будет безотходным, всю заготавливаемую древесину станут использовать на 100 %.

Запланирован рост объемов производства пиломатериалов и клееной фанеры в

1,7 раза, древесно-стружечных плит – в 6 раз, мебели – в 3 раза, общее увеличение объема выручки от продаж лесопродукции к 2010 г. в девять раз. Общая численность промышленно-производственного персонала возрастет в 1,5 раза и будет создано дополнительно около 6,6 тыс. рабочих мест.

С учетом значительного потенциала древесных ресурсов, а также строительства крупных деревоперерабатывающих предприятий Программой развития лесопромышленного комплекса области намечено к 2010 г. увеличить объемы заготовки древесины до 6900 тыс. м³, производство фанеры – до 380 тыс. м³, плит OSB – до 400 тыс. м³, МДФ – до 430 тыс. м³. Объем инвестиций в развитие ЛПК составит при этом около 49 млрд. руб., из которых порядка 33 % намечено направить в производственно-хозяйственную сферу деревообрабатывающей промышленности.

Увеличение объема продукции с высокой добавленной стоимостью позволит снизить в выпуске промышленной продукции долю лесозаготовок с 24,2 % в 2003 г. до 7,5 % в 2010 г. Ожидается также увеличение выпуска продукции в расчете на 1 м³ деловой древесины с 1,4 тыс. руб. в 2003 г. до 5,4 – в 2010 г. При этом рентабельность производства вырастет до 25 %, платежи в бюджеты всех уровней – в 14,7 раз, в том числе в областной и местный бюджеты – в 31 раз. Валютная выручка от экспорта лесопродукции в Костромской области с 53 млн долларов США в 2003 г. вырастет до 265 млн долларов в 2010 г. [2].

Ожидаемое увеличение объемов выпуска фанеры и плитных материалов неизбежно приведет к увеличению объемов древесных отходов. Как известно, производство любой продукции деревообработки связано с неизбежным образованием отходов. Их доля в зависимости от профиля предприятия и вида выпускаемой продукции может достигать 35–65 %. На сегодняшний день на практике основным направлением их утилизации является сжигание с целью получения тепловой энергии. Чаще всего древесные отходы вывозятся в отвал, что приводит к отторжению территорий, увеличению себестоимости готовой продукции, повышению пожаро-

опасности, загрязнению окружающей среды и ухудшению экологической обстановки, особенно в зоне деятельности крупных лесоперерабатывающих комплексов.

В истории деревообрабатывающей промышленности Костромской области уже были случаи, когда из-за отсутствия должного внимания к утилизации вторичных древесных ресурсов накапливались значительные объемы отходов в зоне действия перерабатывающих предприятий. Из-за попадания в почву и подземные воды продуктов разложения древесины и коры создавалась критическая ситуация с точки зрения требований экологической безопасности и, как следствие, происходило закрытие или перепрофилирование предприятий. Примером может служить Мантуровский биохимзавод. Поэтому обоснование эффективных технологий переработки древесины и рациональное использование вторичных древесных ресурсов имеют научный и практический интерес и способствуют решению актуальных проблем экологии.

Стратегическая задача повышения эффективности деревообрабатывающей промышленности может быть решена путем разработки научных и методологических принципов на основе организации ресурсосбережения, совершенствования контроля качества продукции, а также развития организационно-экономических основ освоения новой, конкурентоспособной продукции и технологии. Данная задача в полной мере соответствует государственной политике во внешнеэкономической сфере (вступление в ВТО) и основным направлениям развития лесопромышленного комплекса Российской Федерации.

Вывод о необходимости решения указанной проблемы на основе организации управления ресурсосбережением на деревообрабатывающих предприятиях сделан по результатам анализа сложившихся тенденций комплексного использования древесных ресурсов и организации безотходного производства, а также изучения принципов организации подобных производств за рубежом.

В отличие от ранее выполненных работ предлагается комплексное решение рассмат-

риваемой проблемы, предусматривающее не только повышение конкурентоспособности отечественной продукции, но и учитывающее системный характер процесса производства продукции деревообработки, ее использования и утилизации с учетом технологических, социальных, экономических и экологических аспектов (рис. 2).

Ресурсосбережение предполагает наиболее полное, экономически целесообразное извлечение и рациональное использование полезных компонентов всех видов ресурсов, задействованных в сфере производства продукции деревообработки для максимального удовлетворения постоянно возрастающих потребностей общества.

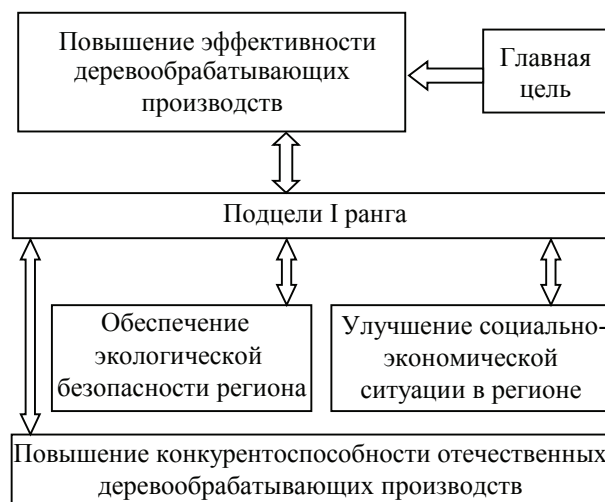


Рис. 2. Целевая направленность ресурсосбережения

Полное освоение потенциала древесных ресурсов будет способствовать сохранению экологического равновесия в регионе, созданию дополнительных рабочих мест, освоению труднодоступных и малонаселенных районов, повышению отдачи от лесного сектора экономики в 2–3 раза.

Библиографический список

1. Природопользование и среда обитания. Системный подход: монография / С.И. Кожурин и др.; под общ. ред. Р.М. Мифтахова. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2005. – 102 с.
2. Шершунов, В.А. Инвестиционная политика и основные направления развития лесопромышленного комплекса Костромской области / В.А. Шершунов // Лесопромышленный комплекс Костромской области: информ. аналит. бюллетень администрации Костромской области. – Кострома, 2005. – № 19. – 68 с.

МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

В.М. РЯБКОВ, МГУЛ

Производство древесных плит является проблематичным процессом с точки зрения техники и технологии. Вследствие больших габаритов предприятия, возрастающего использования утилизированной древесины и других факторов становится все сложнее выполнять требования рынка разработки новых видов плит и усовершенствования методов производства. Кроме того является доказанным фактом то, что предприятия по производству древесных плит могут работать без сбоев только при наличии правильной концепции технического обслуживания и управления.

Современное автоматизируемое предприятие представляет собой набор (сеть) компетенций, одна из ключевых (СЕО – первая среди равных) – принятие решений. Благодаря многолетнему опыту разработки и анализу систем управления наиболее целесообразно создание систем интеллектуального производства древесных плит, позволяющих обеспечить пользователям гибкость будущих капитальных вложений [1–10]. При этом система должна включать модули автоматизированного технологического и производственного проектирования, сбора и анализа данных, управления бизнесом и качеством продукции, управления техническим обслуживанием и сервисом.

Решение задач анализа, синтеза и оптимизации при технологическом проектировании процессов производства осуществляется с использованием систем технологического проектирования, представляющих собой системы принятия проектных решений, управляющих выбором структуры и параметрами разрабатываемых технологических процессов и производственной системы. Управление производственными технологическими системами характеризуется применением систем принятия решений, управляющих выбором технологических режимов и параметров управляемых объектов, представляющих со-

бой или элементы технологической системы или всю систему в целом. Для решения последующих задач введем описание процесса функционирования и структуры системы принятия решений (СПР), которую можно рассматривать как некоторую систему управления.

Предварительно рассмотрим управляемую систему (объект управления), т.е. технологическую систему $\pi(u, x, \omega)$, функционирование которой задается выражением

$$\pi : U \times X \times \Omega \Rightarrow Y \equiv y = \pi(u, x, \omega), \quad (1)$$

где x, y – векторы входных и выходных процессов: $x \in X, y \in Y$;

ω – вектор возмущений: $\omega \in \Omega$;

u – вектор управлений: $u \in U$;

X, Y, U, Ω – множество возможных значений сигналов x, y, u, ω , в общем случае носящих нечеткий характер.

В частном случае система $\pi(u, x, \omega)$ представляет собой проектируемую технологическую систему производства (ее модель) или реальную управляемую технологическую систему на этапе ее эксплуатации.

Управление системой $\pi(u, x, \omega)$ происходит с помощью СПР, функционирование которой задается выражением

$$D : Z \Rightarrow U \hat{=} u = D(z), \quad (2)$$

где z – вектор информационной обратной связи: $z \in Z$;

u – вектор управления, действующий на управляемую систему (1);

Z – множество возможных значений сигналов.

Обычно вектор $z \in Z$ полностью или частично совпадает с параметрами системы u , с входными x , выходными y и возмущающими ω сигналами, а вектор u определяет параметры управляемой системы $\pi(u, x, \omega)$ и ее структуру. Будем отождествлять систему принятия решений D с системой технологического проектирования (СТП) или автоматизированной системой управления технологическими процессами (АСУТП). Далее будем считать, что целью функционирова-

ния системы принятия решений D являются: для СТП – проектирование технологических процессов (производственной системы) $\pi(u, x, \omega)$ оптимальной структуры и параметров \hat{u} ; для АСУ ТП – оптимальное управление $\hat{u}(t)$ функционированием технологической системы, реализующий технологический процесс.

Степень достижения цели функционирования количественно определим через показатель функционирования. Целесообразно полагать, что цель функционирования достигается в ходе решения некоторой задачи оптимизации. Для описания задачи оптимизации определим показатель функционирования $g(u)$, задаваемый с помощью отображения $G : U \times X \times \Omega \rightarrow V$, т.е. на основании выражения

$$g(u, x, \omega) \equiv g(u, y) = G(u, \pi(u, x, \omega)). \quad (3)$$

В этом случае решением задачи оптимизации D является такое оптимальное управляющее воздействие $\hat{u} \in U$, что

$$\hat{u} = \underset{u \in U}{\operatorname{argext}} g(u) \equiv \underset{u \in U}{\operatorname{argext}} G(u, \pi(u, x, \omega)), \quad (4)$$

с учетом ограничений

$$F(u, x, \omega) \geq 0 \quad (5)$$

и ограничения на параметры управления u и воздействий (x, ω) , т.е.

$$u \in U; x \in X; \omega \in \Omega. \quad (6)$$

Таким образом, формально можно представить результат функционирования системы принятия решений как оптимальный вектор управления \hat{u} , получаемый в ходе решения задачи оптимизации (4–6).

Детализируем задачу оптимизации (4–6) применительно к автоматизируемой технологической системе производства. Отметим, что ее решение возможно как в одноуровневой, так и в многоуровневой системе принятия решений [1].

Предварительно определим структуру $G_{\tau}(i)$ технологического процесса $\tau_{(i)}$ i -го уровня детализации на множестве элементов $\{\tau_{i,j}; j=1, r_i\}$ i -го уровня детализации $i=1, m$, с заданными отношениями Θ между ними, где под элементами ТП будем понимать части ТП, включающие в состав множество операций, операции, части операций, состоящие из множества переходов, переходы, совокупности приемов, приемы и другие элементы, что

допускает его описание на различных уровнях детализации $i=1, n$.

Введем понятия технологической (производственной) системы π , предназначенной для реализации технологического процесса τ . Определим понятия структуры $\Gamma_{\pi}(i)$ технологической системы π на i -м уровне детализации, заданной на множестве элементов $\{\tau_{i,j}; i=1, r_i\}$; $i=1, n$, и системе отношения $\Theta_{\pi}(i)$.

Под структурными элементами технологической системы будем понимать совокупность рабочих мест; совокупность технологического оборудования (линии); отдельные единицы технологического оборудования, предназначенные для выполнения основных и вспомогательных операций; функциональные части конструкции технологического оборудования, реализующие основные и вспомогательные операции; переходы и их элементы; технологическую оснастку, используемую при выполнении операций, переходов и их элементов и т. д.

Для формализованной постановки задач синтеза и оптимизации определим множество индексов $\{i_1, \dots, i_{\tau}\}$, тождественно совпадающих с множеством элементов технологического процесса или технологической системы, заданных списком. Для указания принадлежности множества индексов к тому или иному элементу, например $\tau_{i_j}(i+k)$, будем указывать этот элемент слева от множества индексов $\{i_1, \dots, i_{\tau}\}$ со значком \otimes таким образом

$$\{\tau_{i+k}; g \in U_{i_j}(i+k)\} \hat{\equiv} \tau_{i_j}(i+k) \otimes \{i_1, \dots, i_{\tau}\} \hat{\equiv} \tau_{i_j}(i+k) \otimes \{\delta, \dots, \delta_{r_{i+k}}\}, \quad (7)$$

где $J = |\tau_{i_j}(i+k)|$ – мощность множества индексов;

$$\delta_g = \begin{cases} 1, & \text{если элемент} \\ \tau_{i+k, g} = 1, r_{i+k} & \text{используется;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (8)$$

Так как технологический процесс τ и реализующая его ТС π предназначены для производства изделия B , целесообразно соответствующие уровни детализации технологического процесса τ (и соответствующие ТС π) связать с уровнем разукрупнения изделия B . Будем считать, что изделие B на i -м уровне детализации может быть представлено совокупностью его элементов $\{B_{i,j}; j=1, r_i\}$.

Для производства изделия B_{ij} в этом случае должен быть реализован технологический процесс τ_{ij} и технологическую систему π_{ij} будем обозначать с индексом B , т.е.

$$G_{\tau_{ij}}(i+l) \hat{=} G_{\tau, B, ij}(i+l)$$

или

$$F_{\pi_{ij}}(i+l) \hat{=} F_{\pi, B, ij}(i+l) \quad (9)$$

и называть графом структур технологического процесса и технологической системы относительно структуры изделия B_{ij} . Исходя из этих понятий, вводим формализованную постановку задачи проектирования (синтеза) технологической системы производства изделия B .

В каждом изделии B можно выделить множество обобщенных операций-переходов $O = \{O^{(j)}; j \in \overline{1, m_B}\}$, необходимых и достаточных для реализации процессов производства изделий B или его элементов соответствующих уровней детализации. Обобщенные операции-переходы $\tilde{O} \supset O$, задаваемые множеством

$$\tilde{O} = \{O^{(j)}; j \in J_B; J_B \supset \overline{1, m_B}\}, \quad (10)$$

и отличающиеся типоразмером и наименованиями, для реализации которых имеют место специальные технологические оснащения, выделим в отдельную группу.

Предположим, что для реализации объекта производства существует множество единиц технологического оборудования

$$T = \{T^{(m)}; m = \overline{1, n_T}\}, \quad (11)$$

где $T^{(m)}$ – задает класс технологического оборудования по реализуемым им совокупностям технологических операций $F^{(m)} = F(T^{(m)})$, причем число единиц оборудования $T^{(m)}$ каждого класса равно $K^{(m)}$, $m = \overline{1, n_T}$.

Для множества обобщенных операций \tilde{O} , различающихся наименованиями и типоразмерами, и множества средств технологического оснащения (СТО) построим матрицу соответствия

$$M_T = (\delta_{m,j}), \quad (12)$$

элементы которой

$$\delta_{m,j} = \begin{cases} 1, & \text{если технологическое оборудование } T^{(m)} \text{ может реализовать } j\text{-ю} \\ & \text{технологическую операцию } \tilde{O}^{(j)}; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Выбираем j -й вариант используемого множества средств технологического оснащения (СТО).

$$T_{(j)} = T \otimes \{i_1, \dots, i_{j_T}\}, \quad (13)$$

где множество индексов $\{i_1, \dots, i_{j_T}\}$ показывает номер используемых СТО (11), заданных списком, для реализации обобщенных операций (10). Дополнительно учтем, что при прочих равных условиях СТО должно принадлежать к одному и тому же уровню механизации и автоматизации.

Определим g -й вариант размещения $\Lambda_{(j)}^{(g)}$ множества обобщенных операций $\tilde{O} = (O^{(j)}; i \in J_B)$ среди множества $T_{(j)} = T \otimes \{i_1, \dots, i_{j_T}\}$, СТО по j -му варианту их выбора, который обозначим через

$$\Lambda_{(j)}^{O, \Gamma}(T_{(j)}; \tilde{O}) = \{\tilde{O} \otimes [\delta_{l,k}; l \in J_B; k \in T \otimes (i_1, \dots, i_{j_T})]\}, \quad (15)$$

где

$$\delta_{l,k} = \begin{cases} 1, & \text{если } l\text{-я обобщенная операция} \\ & \tilde{O}^{(l)} \text{ реализуется на } k\text{-ом СТО;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Учтем теперь, что j -й вариант используемого множества СТО $T_{(j)}$ (13) может быть задействован на n_R рабочих местах.

Зададим нумерацию рабочих мест R списком, тогда

$$R = (R_i; i = \overline{1, n_R}); n_R \leq [T \otimes (i_1, \dots, i_{j_T})],$$

где $[T \otimes (i_1, \dots, i_{j_T})]$ – мощность множества индексов в j -м варианте используемых СТО.

Определим g -й вариант размещения $\Lambda^{TR}\{q\}$ множества СТО j -го варианта T_j на n_R рабочих местах на основе задания соотношения $\Lambda_{(q)}^{TR}(T_{(j)}; R) = \{(T, R) \otimes [\delta_{l,k}; l \in T \otimes (i_1, \dots, i_{j_T}); k = \overline{1, n_R}]\}$, (16) где

$$\delta_{l,k} = \begin{cases} 1, & \text{если } l\text{-ое СТО задействовано} \\ & \text{на } k\text{-ом рабочем месте } R^{(k)}; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Введем обозначение перестановки $\tilde{P}(i_1, \dots, i_n)$ для множества индексов (i_1, \dots, i_n) в виде

$$\tilde{P}(i_1, \dots, i_n) \hat{=} (i_1, \dots, i_n). \quad (17)$$

Для частично упорядоченного множества с отношениями Θ между элементами введем обозначения $(i_1, \dots, i_n) \Theta$, а для полностью упорядоченного $(i_1, \dots, i_n) \Psi$. Для определения, к какому из элементов ТП или ТС относится перестановка, используем условие (8).

Тогда множество упорядоченных перестановок для элемента $\tau_{i,j}(i+k)$ -го уровня детализации будет обозначаться $\tau_{i,j}(i+k) \otimes (i_1, \dots, i_j) \Psi$, где $J = |J_{i,j}(i+k)|$ – мощность множества индексов $J_{i,j}(i+k)$; $i \in J_{i,j}(i+k)$ для всех $j \in \overline{1, \bar{J}}$.

Сформулируем задачу проектирования технологического процесса и ТС для производства изделий В. Будем считать, что разработка ТП ведется до m -го уровня детализации, например до уровня маршрутной, маршрутно-операционной или операционной технологии.

Для реализации ТС может использоваться набор СТО (11), состав которого определяется исходя из анализа конструкторской документации на изделие и выявления обобщенных операций, необходимых для реализации изделий В.

Для изделия В заданы объемы выпуска $\{N_i(t); i \in \overline{1, S}\}$ и плановые сроки их поставки $\{t_i; i \in \overline{1, S}\}$; допустимые значения R_0 показателей назначения R , показатели надежности, заданные, например, вероятностью безотказной работы $P_R(t)$ за время t , и другие показатели качества. Кроме того, для множества СТО (11) заданы их количество $(K^{(1)}, \dots, K^{(nT)})$, которое может быть задействовано при производстве изделия В, и число рабочих $\{m^{(1)}, \dots, m^{(nT)}\}$, которые могут быть использованы при работе на соответствующих СТО.

Задача проектирования ТС для производства изделия В будет формулироваться как задача оптимизации, заключающаяся в выборе оптимальных составов СТО $T\{j\} \otimes \{\hat{i}_1, \dots, \hat{i}_{j_r}\}$ элементов технологического процесса $\tau_{i,j}$, $i \in \overline{1, m}$; $j \in \overline{1, r_i}$ на всех уровнях детализации $i \in \overline{1, m}$, числа рабочих мест \hat{n}_R , целочисленного вектора размещения состава элементов технологического процесса $\{F_j; j \in \overline{1, r_i}\}$, заданного (15) по СТО $T\{j\} \otimes \{\hat{i}_1, \dots, \hat{i}_{j_r}\}$ вектора (16), определяющего последовательность размещения СТО по рабочим местам, целочисленного вектора, определяющего последовательность реализации элементов ТП на всех уровнях детализации $i \in \overline{1, m}$; $\{\tau_{i,j} \otimes (\hat{i}_1, \dots, \hat{i}_{j_r}) \Theta\}$; $i \in \overline{1, m}$; $j \in \overline{1, r_i}$; оптимальных параметров $\{\hat{a}^{(j)}; j \in \overline{1, n_T}\}$ СТО $T\{j\}$ и технологических режимов $\beta\{j\}$; $j \in \overline{1, n_T}$, реализуемых в ходе технологических операций.

Формально задача проектирования ТС π для реализации ТП_т в терминах глобальной задачи оптимизации (4–6) может быть записана в следующем виде

$$\hat{U} = \arg \text{ext } G(U, \pi(U, X, \omega)), \quad (18)$$

где

$$\begin{aligned} \hat{U} = & (\{T \otimes (i_1, \dots, i_{j_r}) \Theta\}; \hat{\Lambda}_{\{\hat{g}\}(T_{i,j})}^{O,T}; \tilde{\Theta}); \hat{\Lambda}_{\{\hat{g}\}}^{T,R}(\hat{T}_{\{j\}}; \hat{n}_R); \\ & \{\tau_{i,j} \otimes (\hat{i}_1, \dots, \hat{i}_{j_r}) \Theta; i \in \overline{1, m}; j \in \overline{1, r_i}\}; \\ & \{\pi_{i,j} \otimes (\hat{i}_1, \dots, \hat{i}_{j_r}); i \in \overline{1, m}; j \in \overline{1, r_i}\}; \\ & \hat{n}_R \{\hat{\alpha}^{(j)}; j \in \overline{1, n_T}\}; \{\hat{m}^{(1)}, \dots, \hat{m}^{(nT)}\}; \\ & \{\hat{K}^{(1)}, \dots, \hat{K}^{(nT)}\}; \{\hat{\beta}^{(j)}; j \in \overline{1, n_T}\}. \end{aligned}$$

Определяют перечисленные выше переменные с учетом ряда ограничений, связанных с параметрами объекта производства В, технологическим процессом τ и системой π на различных уровнях их детализации.

В ограничения, связанные с объектом производства В, необходимо включить ограничения на показатели качества и, в первую очередь, на показатели назначения и надежности, которые должны удовлетворять условиям

$$R(U, t) \in R_0 \quad (19)$$

с определенной и заданной в нормативно-технической документации вероятностью $P_n(t)$.

Далее следуют ограничения на упорядоченность реализации элементов ТП, которые должны удовлетворять условию

$$\begin{aligned} & \{\tau_{i,j} \otimes (\hat{i}_1, \dots, \hat{i}_{j_r}) \Theta; i \in \overline{1, m}; j \in \overline{1, r_i}\} \in \\ & \in \{\tau_{B_{i,j}} \otimes (i_1, \dots, i_{j_r}) \Theta; i \in \overline{1, m}; j \in \overline{1, r_i}\}, \quad (20) \end{aligned}$$

показывающему, что упорядоченное множество операций, выбранное в ходе решения задачи проектирования, не противоречит ограничениям на их выполнение в объекте производства. Примером этого является условие допустимости операций (переходов) при сборке изделия, определяемое структурой и пространственным расположением элементов сборки.

Среди ограничений, связанных с технологическим процессом, выделим следующие ограничения: первое, определяемое (9), и второе, связанное с естественными ограничениями на порядок выполняемых операций в ходе технологического процесса, зависящих от возможности производства изделия.

Среди ограничений, определяемых организационной структурой ТС, необходимо иметь ограничения (14) на состав СТО, используемый при производстве изделия, число СТО различных наименований

$$\{\widehat{m}^{(1)}, \dots, \widehat{m}^{(nT)}\} \in \{m^{(1)}, \dots, m^{(nT)}\}; \quad (21)$$

число используемых рабочих должно удовлетворять условию

$$\{\widehat{K}^{(1)}, \dots, \widehat{K}^{(nT)}\} \in \{K^{(1)}, \dots, K^{(nT)}\}; \quad (22)$$

и ограничения на последовательность операций и других элементов ТП, которые могут быть реализованы выбранным средством технологического оснащения, задаваемые в виде

$$\{\tau_{i,j} \otimes (i_1, \dots, i_j) \Theta; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, r_i}\} \in \{\Gamma_{i,j}(\pi_{i,j}; \Theta_{i,j}), i = \overline{1, m}; j = \overline{1, r_i}\}, \quad (23)$$

где $\Gamma_{i,j}(\pi_{i,j}; \Theta_{i,j})$ задает структуру элемента ТС.

Кроме того, следует учесть ограничения на параметры α СТО и технологические режимы β , задаваемые в виде

$$\{\alpha^{(j)}; \beta^{(j)}; j = \overline{1, n_T}\} \in \{\alpha_0^{(j)}; \beta_0^{(j)}; j = \overline{1, n_T}\}, \quad (24)$$

где α_0, β_0 – их допустимые значения.

Группа технико-экономических ограничений на реализацию ТП включает в состав ограничения на производительность ТС, или объем продукции, выпускаемый за время t

$$N_j(\widehat{U}, t_j) \geq N_j(t_j), \quad (25)$$

ограничения на стоимостные затраты $\delta(\widehat{U})$ при реализации заданного объекта выпуска N_B продукции B

$$S(\widehat{U}) \leq S_B, \quad (26)$$

(S_B – допустимые затраты), ограничения на единичные показатели эффективности функционирования ТС, такие как надежность ТС и ее элементов

$$P_\pi(t) \geq P_\pi^\circ(t), \quad (27)$$

($P_\pi^\circ(t)$ – заданная надежность функционирования), коэффициенты использования (загрузки) элементов ТС

$$K_{3,\pi} \geq K_{3,\pi}^\circ, \quad (28)$$

($K_{3,\pi}^\circ$ – заданное значение коэффициента), уровень механизации и автоматизации ТС и ее элементов:

$$\eta_\pi > \eta_\pi^\circ, \quad (29)$$

(η_π° – заданное значение показателя уровня механизации или автоматизации), могут быть заданы и другие ограничения, например на габаритные размеры СТО, площадь размещения ТС и т.д.

Так как процессы, действующие в проектируемых технологических системах производства древесных плит, характеризуются нечеткостью состояний, неопределенностью входных и выходных воздействий, то задача оптимизации (18–29) также имеет формулировку в нечеткой множественной постановке.

Последнее означает, что оптимизируемые переменные, показатели оптимизации и ограничения, по крайней мере некоторые из них, могут иметь неопределенный смысл. Таким образом, задача оптимизации (18–29) относится к классу задач нечеткого программирования. Эти задачи могут быть сформулированы в различной вероятностной постановке, различающейся характером решений, выбором показателя качества решения и способом расчленения ограничений задачи. Так как возможна многовариантная постановка нечетких задач оптимизации, можно не рассматривать формулировку нечетких задач в тех или иных вариантах постановки, а ограничиться их формулировкой вида (18–29). Но всякий раз для показателей оптимизации и ограничений необходимо определять их неопределенные характеристики, принадлежность к нечетким системам, достаточные для формулировок нечетких задач оптимизации в той или иной нечеткой постановке.

Рассмотрим постановку задач оптимизации в многоуровневой САПР [1, 2].

При формулировке локальных оптимизационных задач, определяющих проектирование элементов ТП и ТС соответствующих уровней детализации, например, $\tau_{i,j}$ и $\pi_{i,j}$, будем считать, что координирование осуществляется координирующим элементом $D_{i,j}$, в соответствии с описанием [1, 2]. Таким образом, всем элементам ТП и ТС всех уровней детализации могут быть поставлены локальные задачи оптимизации, сформулированные относительно совокупности элементов координирующих элементов $D_{i,j}$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, r_i}$. Далее при формулировке локальных задач оптимизации и произвести их координацию.

Из анализа задачи оптимизации (18–29) и принципов координации в задачах проектирования и управления взаимосвязан-

ными комплексами ТС вытекает несколько проблем.

Во-первых, прежде чем использовать координационное управление для целей проектирования ТП и ТС, необходимо иметь исходную структуру ТС, заданную в соответствии с (19) и реализующую ТП производства изделия *B* на различных уровнях разукрупнения. Тем самым необходимо обосновать и сформулировать принципы построения (синтеза) исходной структуры ТП и ТС, исходя из информации об объекте производства и возможных вариантах реализации ТП и ТС и ее элементов.

Во-вторых, из глобальной задачи оптимального технологического процесса производства изделия *B* следует, что для ее формулировки применительно к конкретным условиям производства необходимо рассмотреть классы формализованных моделей анализа процессов функционирования ТС, связанных с описанием производительности ТС, формированием качества объекта производства в ходе технологических процессов, формализованным описанием процессов изготовления деталей, настроечно-регулирующих и контрольно-испытательных процессов. Разработка указанных классов моделей позволяет сформулировать задачи проектирования оптимальных процессов сборки, настроечно-регулирующих и контрольно-испытательных процессов как элементов ТП и ТС, а на их основе задачу проектирования процесса производства изделия *B* в целом.

И, в-третьих, решение общей задачи оптимизации может быть представлено совокупностью связанных между собой задач, решаемых в предположении о том, что часть переменных является фиксированной, а по другой части ищется решение оптимизационной задачи, а затем после ее нахождения изменяется ранее фиксированная часть переменных так, чтобы продвинуться к экстремуму показателя оптимизации, затем она снова фиксируется и т.д.

В связи с этим целесообразно выделить несколько контуров оптимизации, позво-

ляющих, например, определять оптимальную структуру ТП, оптимальный состав СТО, оптимальную структуру технологической системы и оптимальные параметры технологической системы.

Библиографический список

1. Рябков, В.М. Опыт создания средств автоматизации и механизации производства фибролитовых плит / В.М. Рябков. – М.: ВНИПИЭИлеспром, 1975. – 45 с.
2. Рябков, В.М. Автоматизация управления технологическими процессами производства фибролитовых плит / В.М. Рябков // Достижения техники и технологии деревообрабатывающих производств. – Киев, 1975. – С. 51–53.
3. Рябков, В.М. Моделирование и задачи управления технологическим комплексом производства древесно-стружечных плит / В.М. Рябков // Известия высших учебных заведений // Лесной журнал. – 1985. – № 4. – С. 59–63.
4. Рябков, В.М. Структура и задачи АСУ ТП производства древесно-стружечных плит / В.М. Рябков // Науч. тр./ Моск. лесотехн. ин-т. – 1985. – Вып. 175. – М.: МЛТИ. – С. 57–60.
5. Бурашников, В.Ю. Математическое описание процесса формирования стружечного ковра / В.Ю. Бурашников, В.М. Рябков // Науч. тр./ Моск. лесотехн. ин-т. – 1985. – Вып. 175. – М.: МЛТИ. – С. 60–63.
6. Рябков, В.М. Проектирование и алгоритмизация процессов управления АСУ ТП древесных плит / В.М. Рябков, Р.П. Раяккенен // Программное алгоритмическое управление в АСУ ТП, часть V. – Ташкент. – 1985. – С. 27–28.
7. Леонов, Л.А. Совершенствование управления производством древесных плит / Л.А. Леонов, В.М. Рябков, Р.П. Раяккенен // Деревообрабатывающая промышленность. – 1986. – № 11. – С. 5–6.
8. Рябков, В. М. Модель измельчения древесных частиц в процессе смешивания / В.М. Рябков // Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-т. – 1986. – Вып. 186. – М.: МЛТИ. – С. 57–60.
9. Рябков, В.М. Оптимизация управления процессом сушки стружки в производстве древесно-стружечных плит / В.М. Рябков, А.А. Завражнов // Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-т. – 1987. – Вып. 175. – М.: МЛТИ. – С. 71–76.
10. Завражнов, А.А. Оптимизация управления процессом сушки стружки в производстве древесно-стружечных плит / А.А. Завражнов, В.М. Рябков // Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-т. – 1987. – Вып. 191. – М.: МЛТИ, С. 7–12.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО БУМАЖНЫХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, И МЕТОДЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

В.И. АЗАРОВ, *проф. каф. химической технологии древесины и полимеров МГУЛ, д-р техн. наук,*
Г.Н. КОНОНОВ, *проф. каф. химической технологии древесины и полимеров МГУЛ,*
канд. техн. наук,
Е.С. БЕРСЕНЕВА, *асп. каф. химической технологии древесины и полимеров МГУЛ*

Перспективными методами и материалами, заслуживающими развития и внедрения в промышленность, могут быть лишь те, применение которых позволило бы осуществлять отделку индустриальными способами с максимально возможной механизацией и автоматизацией процесса и получать достаточно высокое качество отделки и имитации текстуры.

Необходимыми требованиями являются также наличие достаточных сырьевых возможностей, базы для развития производства и приемлемая стоимость в случае организации массового производства. Этим требованиям в значительной степени отвечают декоративные пленки на основе бумаги, пропитанной термореактивными, преимущественно аминокальдегидными и полиэфирными олигомерными продуктами.

Основой для пропитки служит специальная однотонная бумага различных цветов или отпечатанными рисунками, имитирующими текстуру древесины или других материалов.

Для изготовления бумажно-смоляных пленок применяют бумагу-основу массой 80, 100, 130 г/м². Выбор массы бумаги зависит от состояния поверхности древесных плит, подлежащих ламинированию, количества слоев пленки в покрытии. При облицовывании древесных плит с высокой гладкостью поверхности (ДВП, фанеры) применяют бумагу-основу массой 80 г/м² и ниже. В отечественной практике для облицовывания ДСтП используют бумагу-основу массой 100 г/м². Но в связи с достигнутым в последнее время улучшением качества поверхности ДСтП, предназначенной для ламинирования, наметилась тенденция к применению бумаги-основы более низкой массы [1]. Ко всем видам пропитываемой бумаги предъявляются следующие требования:

• Высокая впитывающая способность, характеризуемая показателем капиллярной

впитываемости. Этот показатель влияет на скорость пропитки и, следовательно, на производительность пропиточных машин и характеризует способность растворов связующего подниматься по капиллярам бумаги в продольном направлении.

• Показатель воздухопроницаемости и смолемкости бумаги. Этот показатель характеризует общее количество и размеры пор. При низкой воздухопроницаемости связующее не впитывается в бумагу и остается на поверхности. Слишком высокая воздухопроницаемость свидетельствует о наличии больших пор и неоднородности структуры бумаги, что приводит к повышенному поглощению связующего и неравномерности его распределения по поверхности.

• Пенетрация характеризует способность бумаги пропускать пропиточный состав с сеточной стороны на лицевую. При этом из бумаги вытесняется воздух, что важно при использовании метода пропитки с предварительным односторонним смачиванием бумаги.

• Гладкость. Этот показатель важен для бумаги, на которую наносят печатный рисунок. Он определяет качество декоративности рисунка, расход печатных красок, скорость износа печатных форм. Чем выше гладкость, тем ниже расход печатных красок и продолжительнее срок службы печатных форм.

• Прочность в сухом и влажном состоянии является решающим фактором использования бумаги при пропитке на современных скоростных пропиточных машинах, когда бумага испытывает значительные разрывные усилия.

• Близкое к нейтральному значение pH водной вытяжки бумаги, т.к. кислая среда основы (в результате воздействия на пропиточный состав) в процессе пропитки даже одного рулона бумаги позволяет изменить процесс отверждения применяемых термореактивных олигомеров и получить плиты низкого качества.

Свойства декоративной бумаги различных марок

Свойства	Schattdecor		Interprintdecor		Masadecor		Пензадекор	
	бук бавария	вишня оксфорд	бук натура	вишня портофино	ноче пегасо	ольха гепланка	бук невский	орех пирамид
Масса, г	78	80	80	90	82	80	80	88
Толщина, мм	0,088	0,094	0,08	0,09	0,096	0,092	0,09	0,102
Зольность, %	29,6	26,9	39,2	29,2	24,8	29,8	28,2	23,3
Влажность, %	2,6	3,1	2,3	2,4	3,5	3,4	2,5	3
pH	6,8	6,9	6,8	6,6	6,8	6,3	7,3	7,1
Капиллярная впитываемость, мм	22	14	14	24	13	21	26	31
Воздухопроницаемость, мл/мин	440	500	400	540	340	720	400	380
Гладкость, с	94	78	116	76	63	93	110	93
Разрыв в сухом состоянии (вдоль), Н	3,7	4,9	3,7	4,4	4,1	3,8	5	4,6
Разрыв во влажном состоянии (вдоль), Н	0,6	0,9	0,55	1	0,75	0,9	0,8	0,95
Пенетрация, с	10	11	11	12	9	9	8	8
Плотность, кг/м ³	886,4	851	1000	1000	854	873	889	867

• Недопустимость разнооттеночности бумаги одного вида. Основная функция бумаги-основы для декоративного слоя – придание эстетической привлекательности лицевым поверхностям изделия и сохранения ее в процессе эксплуатации. Эти качества обеспечиваются за счет равномерной окраски, высокохудожественного рисунка, высокой кроющей способности, светостойкости и неизменности в процессе переработки.

• Зольность. Бумага должна укрывать темные слои и стружку на поверхности ДСтП. Непрозрачность бумаги достигается введением в пропиточный состав соответствующих наполнителей, назначение которых двояко. Во-первых, они должны придать бумаге определенный цвет, а во-вторых, максимальную непрозрачность после пропитки и прессования за счет заполнения многочисленных пор между волокнами бумаги. Содержание наполнителя характеризуется таким показателем, как зольность. Непрозрачность можно определить лишь визуально. Зольность – один из главных ценообразующих показателей, так как ее увеличение позволяет применять бумаги-основы более низкой объемной массы, и, следовательно, существенно снизить их расход на 1 м² поверхности.

Для исследования использовались декоративные бумаги следующих марок:

Schattdecor, Interprintdecor, Masadecor, Пензадекор. Результаты исследований приведены в таблице.

Все исследуемые бумаги характеризуются пониженной массой 1 м² при одновременном сохранении укрывистости за счет повышенного содержания пигментов, тем самым обуславливается их высокая плотность и низкое значение воздухопроницаемости. Это значительно повышает качество изделий, т.к. при снижении массы и толщины декоративного слоя уменьшается коробление готового материала. Но при этом затрудняется процесс пропитки и требуется регулирование его факторов.

Влияние условий проведения процесса на пропитывание дисперсиями полимеров волокнистых систем было изучено в работе [2].

При пропитке бумаги раствор связующего проникает не только в поры между волокнами целлюлозы, но и пропитывает сами волокна, причем недостаточная пропитка приводит к получению некачественного материала. Бумага, как большинство целлюлозосодержащих материалов, обладает гетерокапиллярной структурой. Пропитывание ее смачивающей жидкостью, в первую очередь, связано с процессом капиллярного поднятия жидкости в этих капиллярах. Качество пропитки зависит от ряда факторов.

Продолжительность пропитывания. В случае увеличения времени пребывания образца в ванне с плохо пропитывающей дисперсией приводит к значительному увеличению количества поглощенной жидкости, хотя общее количество впитанной жидкости даже за 24 ч далеко не достигает своего предельного значения. Наоборот, для хорошо пропитывающей дисперсии время пребывания образца в ванне после первых минут пропитывания играет сравнительно малую роль. Последнее объясняется тем, что заполнение капилляров бумаги происходит довольно быстро и увеличение длительности пропитывания практически бесполезно. Эти условия вполне приемлемы для реализации процессов пропитывания в производстве. Дальнейшего увеличения эффективности процессов пропитывания можно достигнуть в результате некоторых дополнительных мероприятий: повышения температуры, применения различных механических воздействий, снижения вязкости пропиточного раствора.

Температура пропитывания. Повышение температуры пропиточной ванны резко увеличивает эффективность пропитывания. Но этим способом стоит пользоваться с известной осторожностью, т.к. длительный нагрев пропитывающей дисперсии может приводить к ее дестабилизации и коагуляции или отверждению.

Влияние pH. Значение pH практически не влияет на процесс пропитки, если оно не ведет к уменьшению агрегативной устойчивости пропитывающей системы или повышению сорбционной способности капилляра. Но значительно влияет на отверждение полимера во время прессования.

Концентрация пропиточной ванны. Изменение концентрации плохо пропитывающей жидкости сравнительно мало влияет на эффективность пропитывания. Она плохо проникает в капилляры бумаги. Наоборот, повышение концентрации хорошо пропитывающей дисперсии сильнее всего увеличивает эффективность пропитывания. При этом импрегнирующее вещество хорошо проникает в глубинные слои образца.

Число пропитываний. Увеличение числа пропитываний образцов бумаги с промежуточным высушиванием в случае плохо пропитывающего раствора приводит к сравнительно незначительному увеличению общего количества, отложившегося в бумаге. Вообще считается, что первое пропитывание хорошо пропитывающей дисперсией не препятствует проникновению жидкости в глубь бумаги при последующих пропитываниях.

Наличие воздуха в бумаге. При пропитывании волокнистых материалов их внутренние слои содержат импрегнирующее вещество в значительно меньшем количестве, чем наружные. Внутри образца остается воздух, препятствующий проникновению жидкости в глубинные слои, либо плотность внутренних слоев больше, чем наружных. На то, что воздух, находящийся в волокнистом материале, может препятствовать проникновению жидкости в глубинные слои материала, имеются указания в литературе [5].

Перемешивание пропиточной жидкости и отжим бумаги при пропитывании. Оба эти фактора имеют практическое значение, так как пропитывание в производственных условиях сопровождается перемешиванием пропиточной ванны и отжимом бумажного полотна, проходящего между отжимными волокнами пропиточного агрегата.

Многokратный изгиб бумажного полотна. При пропитывании в производственных условиях бумага, проходя через ванну пропиточного агрегата, всегда огибает направляющие ролики и при этом подвергается изгибу. Такой изгиб может способствовать проникновению жидкости в образец, так как при изгибе происходит расширение пор внешних слоев бумаги и, кроме того, система производит механическую работу, способствующую смачиванию волокна жидкостью [3].

Натяжение бумажного полотна. Можно было предполагать, что при натяжении пропитываемой бумаги, например, в пропиточном агрегате, волокна основы сильно сближаются друг с другом, что ведет к уменьшению диаметра капилляров и ухудшению проникновению жидкости в волокни-

тую систему. Интересно, что положительное влияние не слишком большого натяжения (на 2–3 %) на пропитывание обнаружили Г.Н. Буйко и М.В. Тимофеева при пропитывании корда растворами каучука. При большом растяжении пропитывание корда каучуковыми клеями ухудшалось [4].

После пропитки бумага поступает в сушильную камеру. Сушка является обязательной операцией при получении облицовочных материалов путем пропитывания волокнистых систем водными дисперсиями полимеров. В этом случае протекают два процесса: физический – испарение свободных растворителей – и химический – углубление степени конденсации и частичное отверждение олигомера. Удаление растворителей зависит в основном от времени сушки, температуры и количества воздуха, проходящего через сушильную камеру. Химический процесс является более ответственным для производства материала, поскольку степень конденсации связующего до прессования – один из главных факторов, определяющих качество и внешний вид декоративной пленки. Так как процесс конденсации сопровождается выделением летучих продуктов (воды и формальдегида),

избыточное количество которых ухудшает качество готового материала, важно, чтобы отверждение олигомера до прессования было возможно глубже. При этом полимер должен сохранять текучесть и возможность образования сплошной однородной пленки на поверхности листа при прессовании.

Таким образом, соблюдение оптимального соотношения между всеми перечисленными технологическими параметрами обеспечивает получение облицовочного материала необходимого качества.

Библиографический список

1. Тупицын, Ю.С. Процессы и оборудование для отделки древесных плитных материалов / Ю.С. Тупицын, С.Н. Мирошниченко, М.М. Ноткин: учеб. пособие для техникумов. – М.: Лесная промышленность. – 1983. – С. 105.
2. Воюцкий, С.С. Коллоидная химия синтетических латексов / С.С. Воюцкий. – Гизлегпром. – 1946.
3. Федорова, Л.Е. Легкая промышленность / Л.Е. Федорова, С.С. Воюцкий. – 1944. – № 9. – С. 15.
4. Воюцкий, С.С. Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров / С.С. Воюцкий. – М.: Химия. – 1969. – С. 196.
5. Shapiro, L. Am. Dyestuff Rep. / L. Am. Shapiro. – 1952. – 41 №1. – P16.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА РЕАКЦИЙ МЕЖДУ ФОСФОР- И КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ МОДИФИЦИРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

В.И. СИДОРОВ, *проф. каф. общей химии МГСУ, д-р хим. наук,*

И.В. КОТЕНЕВА, *ст. преподаватель каф. общей химии МГСУ, канд. техн. наук*

В работах [1–2] было установлено, что защитить древесину на длительный срок от действия воды и микроорганизмов возможно при последовательном поверхностном модифицировании фосфор- и кремнийорганическими соединениями (ФОС и КОС соответственно). Для силилирования древесины в мягких условиях необходим реакционно-способный мостик между подложкой и модификатором, способный снизить значения энергии активации силилирования. Роль подобного мостика выполняют молекулы ФОС, предварительно введенные в подложку. Предварительное фосфорилирование древе-

сины позволяет понизить энергию активации процесса силилирования [3]. Силилирование древесины и целлюлозы в мягких условиях с образованием ковалентных связей происходит только при предварительном фосфорилировании, что убедительно было доказано исследованием кинетических параметров реакций силилирования [3].

В настоящей работе мы попытались определить характер взаимодействия молекул ФОС, предварительно введенных в древесину с молекулами КОС. Для исследования использовались 10 %-ные растворы по массе фосфорорганических соединений (ФОС): ди-

метилфосфит (ДМФ), трихлорэтилфосфит (ТИТ), трикрезилфосфат (ТКФ). ДМФ растворяли в воде, ТИТ и ТКФ – в CCl_4 . В качестве силилирующих агентов изучались 10 %-ные растворы по массе кремнийорганических соединений (КОС): тетраэтоксисилан (ТЭС), полиметилсилоксанолят натрия (ПМСН). В качестве растворителя для ТЭС использовали гексан марки «ХЧ», ПМСН растворяли в воде. Поскольку основным и наиболее реакционноспособным компонентом древесины является целлюлоза, то и реакции взаимодействия изучались на ней. Фосфорилирование измельченной α -целлюлозы осуществлялось при 20 °С, при постоянном помешивании. Силилирование фосфорилированной целлюлозы также осуществлялось при 20°С и постоянном помешивании.

В работе [4] исследован характер взаимодействия ДМФ с целлюлозой древесины. Было установлено, что взаимодействие происходит по схеме (рис. 1).

Для установления факта химического взаимодействия между молекулами исследуемых ФОС и КОС на приборе RHEOTEST – 2 были проведены измерения величин динамической вязкости их смесей через различные промежутки времени. Результаты измерений представлены в табл. 1. При условии химического взаимодействия между молекулами ФОС и КОС должно происходить увеличение молекулярной массы веществ, а, следовательно, и вязкости смесей.

Из полученных данных (табл. 1) видно, что при смешивании ДМФ и ПМСН, ТИТ и ПМСН образуется гель. Это говорит о том, что имеет место химическое взаимодействие между молекулами этих ФОС и КОС, причем вероятнее всего происходит сшивка молекул КОС молекулами ФОС, иначе бы гель не образовывался, а просто наблюдался рост молекулярной массы.

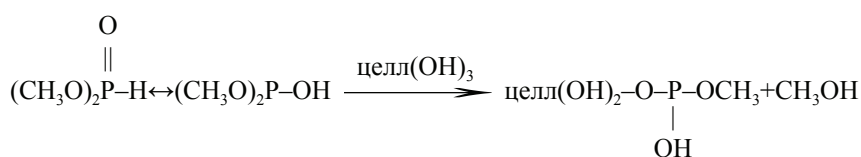


Рис. 1. Схема взаимодействия ДМФ с целлюлозой древесины

Т а б л и ц а 1
Динамическая вязкость ФОС, КОС и смесей ФОС + КОС

ФОС, КОС	$\eta_{10}, \text{МПа}\cdot\text{с}$	$\eta_{30}, \text{МПа}$	$\eta_{\text{связки}}, \text{МПа}\cdot\text{с}$
ДМФ	594,65		
ТИТ	1998,02		
ТКФ	5589,7		
ТЭС	570,86		
ПМСН	1546,09		
ДМФ+ТЭС	535,19	535,19	356,79
ДМФ+ПМСН	гель	гель	гель
ТИТ+ТЭС	713,76	713,76	713,76
ТИТ+ПМСН	гель	гель	гель
ТКФ+ТЭС	746,00	746,00	746,00
ТКФ+ПМСН	2021,80	2021,80	1070,40

Т а б л и ц а 2
Содержание фосфора и кремния в составе геля и в составе модифицированной целлюлозы

гель (ДМФ+ПМСН)		целлюлоза		
%, P	%, Si	ПМСН	ДМФ+ПМСН	
		%, Si	%, P	%, Si
14,5	22,5	следы	2,30	4,90

Гель, полученный при смешивании растворов ДМФ и ПМСН, экстрагировался дистиллированной водой до постоянной массы. С помощью элементного анализа этого геля, проводимого по методике [5], определили содержание кремния и фосфора, табл. 2. Элементный анализ целлюлозы, модифицированной последовательно разбавленными растворами ДМФ и ПМСН [6], также представлен в табл. 2. При измерении кислотности одинаковых навесок раствора ПМСН и промывных вод геля (концентрация растворенных веществ в промывных водах геля не превышала 10 % по массе), полученного смешиванием растворов ДМФ и ПМСН, было обнаружено увеличение рН среды. рН 10 %-ного по массе раствора ПМСН составил 12,0, рН промывных вод – 12,7.

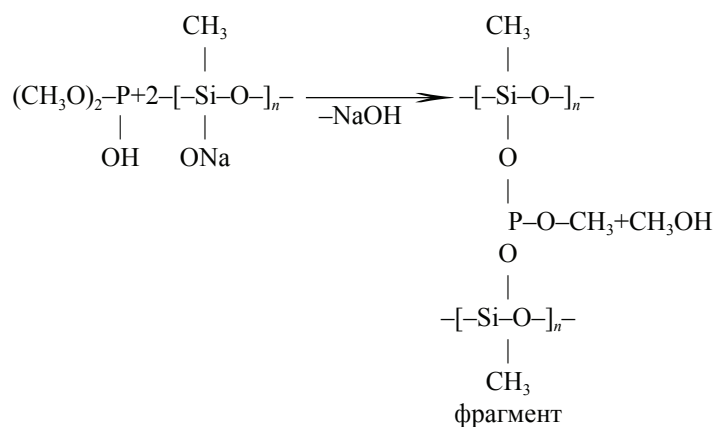


Рис. 2. Схема взаимодействия ДМФ и ПМСН

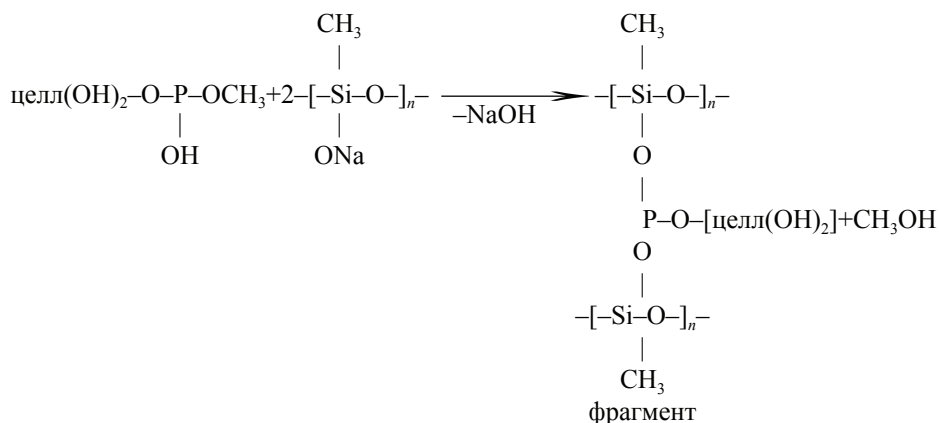


Рис. 3. Схема взаимодействия фосфорилированной ДМФ целлюлозы и ПМСН

ИК-спектры целлюлозы, последовательно модифицированной растворами ДМФ и ПМСН, записывались с помощью ИК Фурье спектрометра Perkin-Elmer RX 1000. В области спектра, соответствующей приблизительно 1200 и 800 см⁻¹, интенсивность пиков, целлюлозы, модифицированной растворами ДМФ и ПМСН, увеличивается, что согласно [7], можно объяснить образованием связи R – O – P(X) – O – R, где в качестве R может выступать атом Si, входящий в состав ПМСН, в качестве X – остаток целлюлозы [целл(OH)₂]. Кроме того, наблюдается увеличение интенсивности пиков, соответствующих частоте 1261 см⁻¹, что согласно [7], соответствует связи Si – CH₃.

Согласно данным элементного анализа геля и модифицированной целлюлозы (табл. 2), соотношение молей ν(P) : ν(Si) составляет приблизительно 1:2. Увеличение pH среды промывных вод по сравнению с исходным значением pH раствора ПМСН, может свидетельствовать об образовании NaOH при

взаимодействии ДМФ и ПМСН. Представленные факты дают нам основание считать, что взаимодействие указанных продуктов может протекать по схеме (рис. 2).

Из этого следует, что имеются достаточно веские основания представить взаимодействие между целлюлозой, модифицированной ДМФ, и ПМСН в виде схемы (рис. 3).

Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных было установлено, что между фосфор- и кремнийорганическими соединениями возможно химическое взаимодействие. При взаимодействии ДМФ и ПМСН, ТИТ и ПМСН происходит образование геля, вероятно, за счет сшивки молекул ПМСН молекулами ДМФ. Это свойство исследуемых элементоорганических соединений может быть использовано при модифицировании древесины, когда малореакционноспособные КОС могут быть вовлечены внутрь капилляров древесины за счет взаимодействия с более реакционноспособными молекулами ФОС, ранее введенными

ми в состав древесины. С помощью данных ИК-спектроскопии и элементного анализа предложена схема взаимодействия между ДМФ и ПМСН; целлюлозы, модифицированной ДМФ и ПМСН.

Библиографический список

1. Мельникова, И.Н. Гидрофобизация древесины при совместном действии фосфор- и кремнийорганических соединений / И.Н. Мельникова, В.И. Сидоров, Е.Н. Покровская и др. // Химическая технология, свойства и применение пластмасс: Межвузовский сб. науч. тр. – Л., 1989. – С. 45–47.
2. Покровская, Е.Н. Долговечность защитного действия составов для древесины на основе элементоорганических соединений / Е.Н. Покровская, И.В. Котенева, Ю.К. Нагановский // Строительные материалы. – 2004. – № 5. – С. 52–54.
3. Покровская, Е.Н. Исследование кинетических параметров реакций гидрофобизации древесины / Е.Н. Покровская, И.В. Котенева // Вестник МГСУ. – 2007. – № 1. – С. 170–173.
4. Маковский, Ю.Л. Огнезащита древесных материалов эфирами фосфористой кислоты: дисс. ... канд. техн. наук / Ю.Л. Маковский. – М., 1992.
5. Методы количественного органического элементного микроанализа / Н.Э. Гельман, Е.А. Терентьева, Т.М. Шанина и др. – М.: Химия, 1987. – 296 с.
6. Котенева, И.В. Повышение биостойкости и гидрофобности древесины путем поверхностного модифицирования фосфор- и кремнийорганическими соединениями: дисс. ... канд. техн. наук / И.В. Котенева. – М., 2004. – 142 с.
7. Купцов, А.Х. Фурье-спектры комбинационного рассеяния и инфракрасного поглощения полимеров: справочник / А.Х. Купцов, Г.Н. Жижин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 656 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОИЗВОДСТВУ КОСТРОПЛИТ

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

Костра льна является эффективным наполнителем композиционных материалов. Однако клееные материалы, изготовленные на ее основе по традиционной технологии, имеют недостаточные физико-механические характеристики вследствие неравномерного распределения относительно небольшого количества связующего по поверхности частиц костры, обладающих большой удельной поверхностью.

Повысить качественные показатели клееных материалов, произведенных с применением костры, можно путем модифицирования клеевых композиций, которые обеспечивали бы полное и равномерное смачивание частиц наполнителя.

Явление смачивания связано с соотношением поверхностных энергий адгезива и субстрата. Согласно основным положениям теории адгезии и смачивания [1], для достижения хорошего смачивания и хорошей адгезии необходимо, чтобы поверхностное натяжение субстрата было больше поверхностного натяжения адгезива ($\sigma_{\text{субстрат}} > \sigma_{\text{адгезив}}$).

Поверхностное натяжение фенолформальдегидных олигомеров, применяемых в производстве плитных материалов повышенной водостойкости, составляет порядка 60 МДж/м² [2]. Поверхностное натяжение костры, определенное нами по соотношению краевых углов смачивания и поверхностного натяжения различных адгезивов, составляет порядка 45 МДж/м². Следовательно, для улучшения смачивающей способности фенолформальдегидного связующего необходимо уменьшить величину его поверхностного натяжения. Этого можно достичь путем совмещения исходного олигомера с веществами, способствующими снижению вязкости и поверхностного натяжения получаемой композиции.

В данном исследовании рассмотрен вопрос повышения смачивающей способности фенолформальдегидного олигомера СФЖ-3014 путем модификации его поливинилацетатной дисперсией. В состав дисперсии ПВА входит эмульгатор – поливиниловый спирт и пластификатор – дибутилфталат. Эти веществ-

тва действуют как поверхностно-активные и способствуют снижению поверхностного натяжения модифицированного клеевого состава, приближая его к поверхностному натяжению костры

В табл. 1 представлены величины поверхностного натяжения и вязкости исследованных композиций.

Результаты экспериментов показали, что введение в клеевой состав дисперсии ПВА способствует снижению его поверхностного натяжения, при этом несколько уменьшается и вязкость, что положительно сказывается на качестве осмоления костры льна. Модифициро-

ванные композиции использовались для оценки краевого угла смачивания некоторых субстратов (березы, сосны, костры льна) с использованием микроскопа МБС-10. Сводные результаты определения косинусов и краевых углов смачивания представлены в табл. 2. На рис. 1 представлено влияние количества модификатора на краевой угол смачивания субстратов.

Оценка смачивающей способности модифицированных олигомеров проведена на основе графического исследования взаимосвязи поверхностного натяжения адгезива и косинусов краевого угла смачивания ими поверхности различных субстратов (рис. 2).

Т а б л и ц а 1

Характеристика исследуемых адгезивов

Исследуемый адгезив	Вязкость по ВЗ-4, с	Поверхностное натяжение, σ , МДж/м ²
Смола СФЖ-3014	63	73,2
Смола СФЖ-3014+ 10 % ПВА	60	58,7
Смола СФЖ-3014+ 20 % ПВА	58	55,6
Смола СФЖ-3014+ 30 % ПВА	57	53,3
ПВА	46	48,6

Т а б л и ц а 2

Сводные результаты определения краевых углов смачивания

№	Адгезив	Субстрат				
		береза	сосна	наружный слой костры	внутренний слой костры	среднее значение для костры
Косинусы краевых углов смачивания						
1	СФЖ-3014	0,516	0,574	0,312	0,341	0,327
2	СФЖ-3014+ 10 % ПВА	0,590	0,611	0,339	0,414	0,377
3	СФЖ-3014+ 20 % ПВА	0,722	0,670	0,445	0,470	0,458
4	СФЖ-3014 + 30 % ПВА	0,767	0,685	0,490	0,511	0,500
5	ПВА	0,975	0,888	0,809	0,845	0,827
Краевые углы смачивания						
1	СФЖ-3014	59° 12'	55° 0'	71° 48'	70° 06'	70° 54'
2	СФЖ-3014+ 10 % ПВА	53° 48'	52° 18'	70° 12'	65° 30'	67° 48'
3	СФЖ-3014+ 20 % ПВА	43° 48'	47° 54'	63° 36'	61° 54'	62° 42'
4	СФЖ-3014 + 30 % ПВА	39° 54'	46° 48'	60° 42'	59° 18'	60° 0'
5	ПВА	12° 48'	27° 24'	36° 0'	32° 18'	34° 12'

Т а б л и ц а 3

Сравнительные свойства костроплит на основе олигомера СФЖ-3014

Количество связующего, %	Количество модификатора (ПВА), %	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при перпендикулярном отрыве, МПа	Разбухание по толщине, %	Водопоглощение, %
15	0	16,2	0,38	13,2	43,4
15	10	19,1	0,46	11,1	36,7
15	20	18,1	0,44	12,4	43,0
15	30	17,2	0,40	14,2	49,5

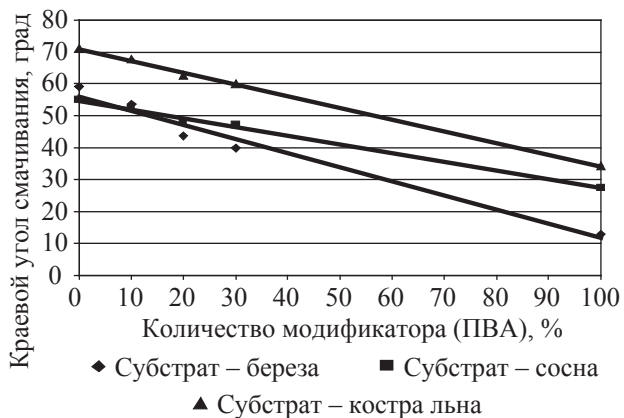


Рис. 1. Влияние количества модификатора на краевой угол смачивания субстратов

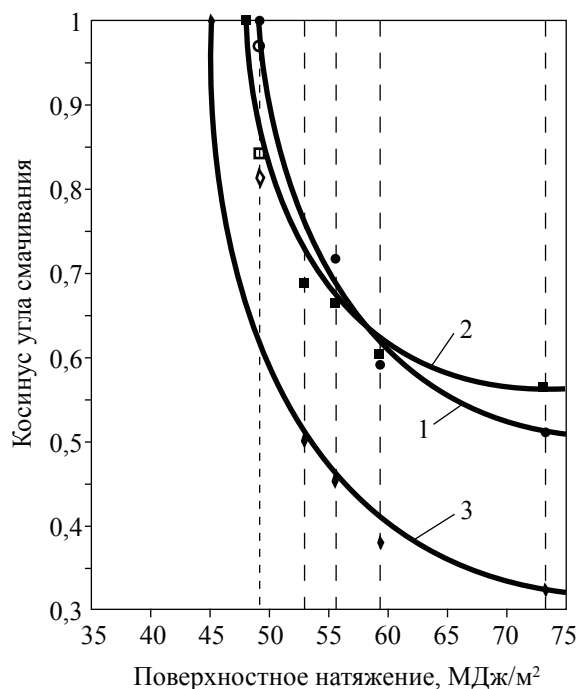


Рис. 2. Зависимость косинуса краевого угла смачивания от поверхностного натяжения олигомера СФЖ-3014, модифицированного дисперсией ПВА: 1 – субстрат береза; 2 – субстрат сосна; 3 – субстрат костра льна

Характер полученных зависимостей свидетельствует о повышении смачивающей способности исходного олигомера, модифицированного дисперсией ПВА. Однако достичь полного смачивания поверхности костры при данном модифицировании не удается,

поскольку фактическое поверхностное натяжение исследованных адгезивов, в том числе исходной дисперсии ПВА, несколько выше поверхностного натяжения костры.

В табл. 3 приведены сводные результаты определения физико-механических характеристик костроплит, изготовленных нами на основе модифицированных составов.

Для модификации фенолформальдегидного олигомера рациональным следует считать введение в клеевой состав поливинилацетатной дисперсии в количестве 10...20 %, при этом улучшается равномерность распределения связующего по частицам костры, возрастают адгезионные свойства, улучшаются физико-механические характеристики клееного материала.

Модификация карбамидоформальдегидного олигомера дисперсией ПВА – это технически простой, экономически выгодный способ повышения смачивающей способности фенолформальдегидного олигомера. Данный метод позволяет улучшить эксплуатационные характеристики костроплит, довести их до уровня нормированных свойств древесно-стружечных плит, а также снизить выделение токсичных веществ за счет замены части фенольного олигомера экологически чистой дисперсией. Таким образом, имеется возможность повысить конкурентоспособность и расширить возможные области применения костроплит.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ №08-08-99073-р_офи «Разработка теории производства композиционных материалов конструкционного назначения на основе костры льна».

Библиографический список

1. Берлин, А.А. Основы адгезии полимеров / А.А. Берлин, В.Е. Басин. – М.: Химия, 1974. – 392 с.
2. Фрейдин, А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений / А.С. Фрейдин. – 2-изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1981. – 270 с.

АНАЛИЗ РЫНКА ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРАНАХ АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОГО РЕГИОНА

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

Основными внешними рынками лесной продукции России являются европейский и Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). Эти два крупнейших (после североамериканского) мировых рынка лесной торговли обладают практически неограниченным спросом на лесоматериалы. На европейском рынке российские лесоматериалы покупают, главным образом страны Европейского союза, на азиатско-тихоокеанском – Китай, Япония и Корея.

Ежегодно в мире заготавливается более 3 млрд м³ круглого леса, из них больше 50 % приходится на деловую древесину.

Крупнейшие производители мира – США, Канада, Россия, Бразилия, Китай и Швеция. Основные мировые экспортеры деловой древесины – Россия, США, Германия, Малайзия, Новая Зеландия и Канада. Крупнейшие мировые импортеры деловой древесины – Китай, Финляндия, Япония, Швеция и Австрия.

В настоящее время Россия владеет 23 % мировых запасов древесины, площадь лесов составляет 22 %, а использование лесосырьевых ресурсов здесь неудовлетворительное: объем рубок – 5 %, производство пиломатериалов – 5 %, производство древесных плит – 3 % от мировых объемов. Доля России в мировом производстве деловой древесины составляет только 8,1 %, в то время как в США 25,2 % при запасах 7,9 %, а в Канаде – 12 % при запасах 7,6 %. Даже Финляндия, доля которой в мировом запасе древесины составляет только 0,5 %, производит 3 % деловой древесины всего объема.

Говоря о состоянии деревообрабатывающей промышленности в России, следует отметить, что ее продукция к настоящему времени имеет низкую конкурентоспособность на мировом рынке. Об этом свидетельствует значительно более низкая их доля по стои-

мости, чем в натуральном выражении в мировых объемах экспорта (см. табл. 1, 2). Доля экспорта пиломатериалов в мировом объеме составляет по физическому объему 9,7 %, в то время как по стоимости лишь 5,2 %, по фанере эти значения составляют соответственно 5,8 % и 4,6 %.

Т а б л и ц а 1

Доля в экспорте пиломатериалов стран мира по физическому объему

Страна	Доля по физическому объему, %
Канада	31,6
Россия	9,7
Швеция	8,6
Финляндия	6,3
Германия	4,3
США	3,4
Китай	0,5
Прочие страны	35,6

Т а б л и ц а 2

Доля в экспорте пиломатериалов стран мира по стоимости

Страна	Доля, %
Канада	30,5
Швеция	9,4
США	6,4
Финляндия	6,0
Россия	5,2
Германия	4,7
Китай	1,1
Прочие страны	36,7

Рассматривая внешнеэкономическую деятельность предприятий лесопромышленного комплекса Дальнего Востока, следует отметить, что примыкание региона к Тихому океану создает предпосылки для расширения экспорта лесоматериалов. В АТР переплетены национальные интересы многих стран мира. Создание в 1967 г. Ассоциации стран Юго-Восточной Азии (АСЕАН) позволило

объединить шесть государств, ускорить процесс интеграции. Созданный в 1989 г. Форум азиатско-тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) объединяет сейчас свыше 30 стран и территорий, имеющих выход к Тихому океану. Россия стала членом этой организации в 1997 г., что позволяет активизировать внешнеэкономические связи Дальнего Востока, обеспечить подъем экономики его регионов.

На страны АТР приходится более 30 % территории земного шара, 40 % населения и 50 % валового внутреннего продукта, более 40 % мирового экспорта. Доля стран АТЭС составляет 80 % в золотовалютных резервах, 40 % в мировой торговле и 60 % в мировом валовом внутреннем продукте [1–4].

В 2005 г. общий объем экспорта лесопродукции в страны АТР составил 7850 тысяч кубометров (в 2004 г. эта цифра была меньше – 7548 тыс. м³). Лидером среди покупателей, как и в прошлые годы, является Китай. По данным таможенных органов, итоги экспорта круглого леса за семь месяцев 2006 г. имеют тенденцию к росту. Отгружено 4,9 млн м³ древесины, что на 13 % больше по сравнению с тем же периодом прошлого года. Основной прирост за счет повысившегося спроса на лес хвойных пород в Японии. Если рост поставок в Китай составил 13, то в Японию – 14 %. Это результат сбалансированной экспортной политики, которую ведет ассоциация «Даль-экспортлес».

Сумма валютных поступлений от продажи леса увеличилась на 20 % и достигла 380 млн долл. В целом структура поставок не изменилась: 60 % круглых лесоматериалов в КНР, 30 – в Японию, 10 % – в Южную Корею (рис. 1). Причем на Китай пошло 82 % древесины хвойных пород.

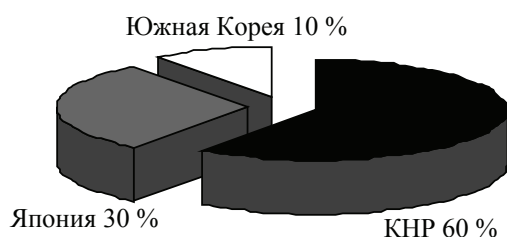


Рисунок. Доля стран Азиатско-Тихоокеанского региона по экспорту круглых лесоматериалов

Первым по значимости потребителем древесины на Дальнем Востоке является Китай с населением свыше 1,2 млрд человек и площадью около 960 млн га. Он входит в тройку крупнейших стран мира. Около 27 % всей территории (256,7 млн га) занимают леса, но только 128,5 млн га (49 %) пригодны для лесопользования, а запасы древесины сильно истощены: они составляют 10,1 млрд м³, средний запас на один гектар менее 60 м³. Преобладают хвойные породы (56 % от всех запасов), на лиственные породы приходится 44 %.

Производство пиломатериалов в Китае варьировало от 20 до 25 млн м³ в год. За последние 20 лет в Китае существенно возросли объемы деревообработки, производство пиломатериалов увеличилось в 1,6 раза.

Китай импортирует свыше 4 млн м³ круглых лесоматериалов ежегодно из более 200 стран мира. Объемы импорта круглых лесоматериалов за последние 10 лет увеличились в 4,5 раза. Древесина твердолиственных тропических пород поставляется из Азии и западной Африки. Древесина хвойных пород составляет примерно 25 % от общего объема импорта, главным импортером является Россия.

В последнее время развивается торговля лесом на региональном уровне. Отмечается существенный рост импорта в Китай хвойного пиловочного сырья из Дальневосточного региона России, где заготовку ведут китайские фирмы на арендованных участках.

Япония является одним из крупнейших в мире импортеров лесных продуктов с эквивалентом импорта круглых лесоматериалов более 36 млн м³ стоимостью около 8 млрд долл. В этой стране древесина используется в основном для выработки пиломатериалов.

Отгрузка экспортных пиломатериалов в Японию проводится через 16 портов и портпунктов Дальнего Востока, наибольший интерес из которых представляют Ванино (45,1 % всех пиломатериалов), Находка (41,4 %), Владивосток (7,2 %), Де-Кастри (1,5 %) и Пластун (1,1 %). На долю остальных портов приходится около 4 % всех экспортируемых пиломатериалов. Отгрузка технологической щепы производится из портов Пластун, Ванино и Де-Кастри.

Анализ импорта Японией российских лесоматериалов показал, что спрос на круглые лесоматериалы за последний год сократился на 5,9 %. Объемы импорта лесоматериалов за 2006 г. увеличились на 19 %.

Япония импортирует пиломатериалы только хвойных пород, наибольшим спросом пользуются пиломатериалы, вырабатываемые из сосны, ели и пихты, лиственницы.

Республика Корея за последние двадцать лет динамично развивается, но бедна природными ресурсами. Объем товарооборота между этой страной и Россией с 1990 г. увеличился в 2,6 раза. Общее потребление древесных материалов в пересчете на круглый лес составляет в этой стране 32–34 млн м³ в год, 95 % от этого объема обеспечивается за счет импорта. Спрос на круглые лесоматериалы составляет около 9 млн м³, на пиломатериалы – 6–7 млн м³.

Россия экспортирует в Республику Корея только древесину хвойных пород. За 2006 г. объемы поставок в эту страну несколько снизились. Этот показатель перекрыт за счет возросшей на 6 % цены на древесину.

Основу российского лесного экспорта до последнего времени составляли необработанные лесоматериалы. Что же касается глубины переработки древесины и рационального использования наших природных богатств то, например, валютная выручка Финляндии в расчете на 1 тыс. м³ заготовленной древеси-

ны за счет преобладания в экспорте продукции глубокой переработки превышает отечественную в 17 раз.

Точного учета вырабатываемых у нас пиломатериалов в настоящее время нет. Однако можно считать, что доля производимых пиломатериалов составляет примерно до 20 % от заготавливаемой древесины и к 2010 г. ее необходимо довести до 50 %.

За последние годы просматривается курс на снижение вывоза круглых лесоматериалов, а это вызывает необходимость развивать переработку древесины в различные виды лесопродукции: пиломатериалы, щепу, плиты, черновые заготовки, клееный брус и другую продукцию.

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. Рациональный раскрой пиловочного сырья Дальневосточного региона: автореф. дис. ... д-р техн. наук / И.Л. Белозеров. – М., 1999. – 47 с.
3. Белозеров, И.Л. Сравнительный обзор рынка сбыта лесоматериалов в странах Азиатско-Тихоокеанского региона / И.Л. Белозеров, С.И. Кибякова // Деревообрабатывающая промышленность. – № 3. – С. 27–28.
4. Кибякова, С.И. Повышение эффективности производства экспортной пилопродукции в условиях Дальнего Востока: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.И. Кибякова. – Красноярск, 2001. – 23 с.

РАЗВИТИЕ КОРПОРАТИВНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ЛЕСАМИ И ЛЕСНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ

И.А. КЛЕЙНХОФ, доц. каф. менеджмента и маркетинга МГУЛ, канд. экон. наук

Одним из следствий глобализации является обострение борьбы за мировое лидерство. Сейчас определяются структура и расстановка сил на длительное время и каждая страна, каждый хозяйствующий субъект стремится занять возможно более выгодные и влиятельные плацдармы в глобальном хозяйстве с тем, чтобы обеспечить принятие выгодных для лидера стандартов и правил игры.

В мире образовались глобальные и региональные центры силы. Основным экономи-

ческим показателем для их выделения принят объем ВВП. Глобальным центром силы сегодня являются США, а в качестве региональных в Европе выступает Евросоюз (ЕС), а в Азии – Япония. Россия значительно уступает мировым лидерам по объему ВВП, а по темпам экономического развития и новым потенциальным мировым лидерам, таким как Китай и Индия. Еще большую тревогу вызывает качественная структура экономического роста, в которой преобладает сырьевая составляющая.

Несмотря на определенный прогресс, достигнутый в первые годы нового столетия, экономическое и технологическое отставание российского лесного сектора экономики от мировых лидеров по ряду позиций продолжает увеличиваться. В связи с этим следует отметить незначительные объемы внедрения инновационных технологий, низкие темпы роста производства добавленной стоимости в расчете на единицу заготовленной древесины, а также несовершенство системы управления лесами и лесным хозяйством.

По институциональному обеспечению деятельности в отрасли, по степени разработанности и реализации стратегии и политики устойчивого развития лесного сектора экономики Российская Федерация отстает не только от стран с развитой лесной промышленностью, но и от бывших социалистических стран (Чехия, Словения, Польша), начавших реформирование экономики немногим ранее России.

В названных выше странах сформирован развитый, конкурентный рынок лесных товаров и лесных ресурсов, созданы экономические стимулы интенсификации лесопользования и роста эффективности использования древесных ресурсов.

В настоящее время в России осуществляется очередной этап реформирования системы управления лесами, целью которого является повышение эффективности лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов путем формирования конкурентной среды и организации независимого контроля в лесохозяйственной деятельности. Однако далеко не все подсистемы и элементы, созданные в результате предшествующих этапов реформирования системы управления лесами и лесным хозяйством, функционируют эффективно. Подобная ситуация обусловлена отсутствием национальной лесной политики, а также должной координации институциональных реформ, проводимых в лесном хозяйстве и отраслях лесопромышленного комплекса; неудовлетворительным выполнением отдельных задач институциональных преобразований в лесном хозяйстве; нарушением последовательности реформ [1].

Настала необходимость глубокой реорганизации системы государственного управления лесами, обеспечивающей переход на инновационное развитие лесного сектора экономики. Оптимальное решение данной задачи требует учета лучшей зарубежной практики в области управления лесами. При этом необходимо иметь в виду, что проблема эффективного использования основных инструментов лесной политики выходит за рамки национальных границ.

В каждой стране система управления лесами и лесным хозяйством формируется под влиянием истории, культуры, традиций и менталитета населения. В то же время явно обозначились тенденции к возникновению единого экономического и информационного пространства в планетарном масштабе, к интенсивному обмену знаниями и технологиями. Под влиянием глобализации формируются универсальные принципы и подходы к управлению лесами, которые находят применение на практике все большего числа стран. К ним следует отнести механизмы устойчивого экономического, социального и экологического управления лесами, партнерство между государством, бизнесом и общественностью при разработке и реализации управленческих решений; интегрированную систему управления качеством лесных ресурсов, лесных товаров, природной и деловой среды, здоровья и безопасности работающих в лесном секторе экономики [3, 6].

Для перехода на устойчивое развитие лесного сектора экономики многие страны внесли необходимые изменения в лесную политику и лесное законодательство. Основные изменения связаны с целями и методами управления лесами и лесным хозяйством, а также созданием правовой базы для повышения роли общественности в управлении лесами. Лесное законодательство государств ЕС, США, Канады, Японии и ряда стран переходной экономики устанавливает требования к экономической, социальной и экологической устойчивости лесного сектора экономики. В качестве примера можно привести соответствующие статьи лесного закона Баварии, являющейся одной из федеральных земель Германии. Согласно Лесному закону Баварии

рии, экономическими задачами устойчивого управления лесами являются:

- ориентация пользования древесными и другими рыночными ресурсами леса на получение прибыли;

- развитие существующих и создание новых доходных направлений многоресурсного лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов.

Экологическими требованиями устойчивости лесного хозяйства:

- выполнение задач по охране окружающей природной среды, защиты лесного ландшафта и обеспечению рекреационных, водоохраных и почвозащитных функций леса;

- максимально возможное использование естественных процессов роста и развития лесных экосистем в процессе лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов.

Социальный аспект устойчивости лесного хозяйства предполагает:

- формирование высококвалифицированного и мотивированного управленческого персонала и непрерывное его обучение;

- организацию конструктивного диалога со всеми группами интересов;

- увеличение вклада лесного хозяйства в развитие сельских районов[2].

Следует отметить, что создание условий для устойчивого развития сельских районов является одним из центральных вопросов лесной стратегии ЕС. Лесное хозяйство играет исключительно важную роль в сохранении окружающей природной среды, повышении благосостояния сельского населения, рационального землепользования и диверсификации экономики в сельских районах[5].

Процесс и процедуры корпоратизации управления лесами можно рассмотреть на примере разработки и реализации лесной политики. В течение последних трех десятилетий по мере более глубокого осознания роли природных экосистем в обеспечении устойчивого развития планеты осуществляется формирование новых принципов, организационных структур и процессов разработки и реализации лесной политики. Поворотным пунктом в формировании нового понимания лесной политики по праву считается десятый Мировой лесной конгресс, состоявшийся в

1991 г. в Париже. В докладах конгресса обращалось внимание на приоритетное значение долгосрочных интересов устойчивого развития перед сиюминутными экономическими выгодами; необходимость разработки интегрированной лесной политики применительно ко всему кластеру лесных отраслей, включая лесную промышленность, энергетику, сельское, рыбное и водное хозяйство, а также общественные организации и другие группы интересов [7].

Сегодня во многих странах создана правовая база и разработаны процедуры участия всех групп интересов в подготовке управленческих решений по основным социальным, экологическим и экономическим вопросам ведения лесного хозяйства и осуществления контроля выполнения задач лесной политики. Таким образом, речь идет о качественно новом уровне участия всех групп интересов в разработке и реализации лесной политики. В зарубежной специальной литературе в этих целях все чаще применяют термин корпоративный подход [«collaboration»], соединяющий коммуникации, генеративную политику и новые организационные формы многосекторного, многоуровневого управления лесами. Данный подход генерирует новые формы связи между группами интересов, новые управляющие институты и обеспечивает увязку глобальных принципов управления лесными экосистемами с конкретными мероприятиями по их реализации на местном уровне. Корпоративный подход предполагает регулярное участие групп интересов в разработке и реализации лесной политики, включая оценку достигнутых результатов и, в случае необходимости, их корректировку [6].

Значительный положительный опыт по созданию необходимых для осуществления корпоративного подхода процедур и организационного механизма выработки и реализации лесной политики накопили страны Европейского Союза (ЕС), США, Канады [2, 3, 6].

Страны ЕС входят в число основных торговых партнеров Российской Федерации. Для них характерен опережающий рост производства и экспорта лесных то-

варов с высокой добавленной стоимостью. ЕС занимает весьма скромную долю в мировых лесных ресурсах. Однако благодаря значительным объемам импорта древесного сырья (53,1 млн м³), в основном из России, а также эффективному использованию древесины и всей биомассы леса, ЕС обеспечивает высокие душевые нормы потребления пиломатериалов, фанеры, бумаги, картона и других лесных товаров и кроме того является крупнейшим их экспортером. ЕС является абсолютным мировым лидером по экспорту бумаги и картона (55,8 % мирового объема) и занимает ведущие позиции по экспорту пиломатериалов и лиственных древесных материалов – соответственно 37,4 и 34,8 % мирового их объема.

Стратегическая лесная политика развития кластера лесных отраслей непосредственно вытекает из целостной стратегии развития ЕС, направленной на экономический рост и устойчивое социальное и экологическое развитие на базе производства новых знаний и инновационных технологий. Согласно технологической платформе, принятой в Брюсселе 15 февраля 2005 г., в качестве основной движущей силы развития лесного кластера рассматриваются научные исследования и инновации.

Страны ЕС характеризуются высокой степенью интернационализации лесной политики. В основу стратегической лесной политики ЕС положены следующие основополагающие принципы:

- следование каждой страной ЕС генеральным целям общеевропейской лесной политики;
- обеспечение выполнения международных соглашений, заключенных между государствами-членами и Евросоюзом;
- в социальной сфере – сбалансирование интересов общества и владельцев леса в использовании социальных полезностей леса и в развитии трудовых отношений в лесном секторе;
- в сфере защиты окружающей среды – сохранение и поддержание биологического разнообразия на текущем уровне;
- в области экономики – обеспечение устойчивого лесопользования и максимально

возможного прироста добавленной стоимости в лесном секторе экономики;

- построение своей деятельности в соответствии с принципами свободного обращения товаров и свободной конкуренции;
- признание основополагающей роли кластера лесных отраслей в обеспечении устойчивого развития стран Европы, включая создание благоприятной для здоровья людей среды обитания и сохранение биоразнообразия;
- повышение конкурентоспособности лесного сектора экономики ЕС;
- увеличение вклада в приумножение потенциала лесных ресурсов для благосостояния последующих поколений и повышение уровня занятости в сельских и промышленных районах в рамках формирования устойчивого общества;
- следование принципам интеграции, устойчивого развития и охраны окружающей среды в рамках реализации лесной политики;
- сохранение и защита леса в качестве важнейшей составной части окружающей природной среды в Европе с учетом основных положений Стратегии сохранения биоразнообразия в Европейском Союзе и Конвенции по изменению климата на планете [5].

Одним из проявлений корпоративного подхода является делегирование государственными органами власти части полномочий по управлению лесами регионам, а также более широкое вовлечение их в разработку и реализацию лесной политики. Применительно к государственным лесам функции собственника переданы корпоративно ответственным коммерческим организациям. В качестве примера можно назвать государственные акционерные общества в Австрии, Германии, Финляндии, Латвии.

Изменились роль и значение основных инструментов лесной политики: нормативно-правовых (законы, подзаконные акты, распоряжения), финансовых (налоги, субсидии, кредиты), информационных (планы, прогнозы).

Прямое администрирование в виде нормативно-правовых актов и запретов сохранило свое значение в сфере защиты прав собственности на лесные ресурсы, включая предотвращение незаконных рубок и применение истощительных технологий лесозаготовок [3].

Ключевым процессом корпоративного подхода к управлению лесами являются коммуникации. Это означает, что представители различных общественных организаций выступают в качестве представителя населения и отстаивают интересы большинства населения.

Суть коммуникаций заключается в согласовании существенных вопросов ведения лесного хозяйства посредством ряда шагов, подлежащих документированию. Межличностные коммуникации являются одним из лучших способов обсуждения и решения вопросов, характеризующихся неопределенностью или носящих конфликтный характер.

Коммуникации включают:

1. Информирование представителей групп интересов.
2. Обсуждение существенных аспектов ведения лесного хозяйства путем организации семинаров, дискуссий, круглых столов.
3. Обобщение предложений и подготовка информации о принятых управленческих решениях.
4. Документирование процесса и результатов.
5. Оценку результатов реализации лесной политики, включая выполнение национальных программ развития лесного сектора экономики [4, 6].

Группы интересов включают государственные организации, представителей лесопромышленного комплекса и других отраслей лесного кластера, местные самоуправления, деловых партнеров, негосударственные организации, включая средозащитные организации. При этом указывают, где и у кого можно ознакомиться с сущностью вопросов, подлежащих согласованию.

В процессе коммуникаций уточняют перечень вопросов, по которым проведение консультаций является обязательным. Среди наиболее важных документов, подлежащих обсуждению, является проект плана лесопользования и ведения лесного хозяйства.

Перечень документов и вопросов, по которым необходимо регулярно информировать общественность: стратегический план развития лесного хозяйства; лесное законодательство; акты оценки результатов хозяйственной деятельности (рубки главного пользова-

ния, мероприятия по воспроизводству лесных ресурсов, рубки ухода и др.); права предпринимателей и населения пользования лесными ресурсами; состояние ценных насаждений; сохранение биоразнообразия; состояние особо охраняемых природных территорий [1].

В соответствии с нормативными документами коммуникации с группами интересов необходимо начинать своевременно, до принятия окончательного решения. Например, публичная часть проекта плана развития лесного хозяйства применительно к государственным лесам должна быть представлена для обсуждения не позднее, чем за две недели до его утверждения. Коммуникации могут быть проведены в письменном (переписка, опрос, анкетирование, абонентные почтовые ящики) или в устном виде (беседы, семинары, «дни обсуждения»).

С учетом предложений и возражений групп интересов формируются окончательные решения по обсуждаемым вопросам, о чем информируют представителей групп интересов. Информирование общественности происходит напрямую посредством семинаров, круглых столов, писем или с помощью средств массовой информации [4].

Влияние качества и результативности мероприятий по воспроизводству лесных ресурсов, заготовке лесоматериалов и строительству инфраструктурных объектов на окружающую природную среду учитывают уже на стадии стратегического и оперативного планирования. Предотвращение или минимизация отрицательного влияния лесохозяйственных мероприятий на природную среду является одной из задач планирования. Установлен порядок актуализации планов развития лесного хозяйства, который определяет процедуру, сроки актуализации каждого раздела плана, а также конкретные должностные лица, ответственные за выполнение того или иного мероприятия.

Результаты оценки хозяйственной деятельности вносят в акт утвержденной формы. Акт оценки хозяйственной деятельности является неотъемлемой частью договора о покупке лесосеки.

В акте фиксируют случаи, связанные с нарушением правил защиты почвы и водных

объектов, разливом горюче-смазочных материалов, оставление мусора и др.

В процессе приемки работ служащие органов государственного управления лесами проверяют и устраняют факты и условия, которые в будущем могут оказывать отрицательное влияние на окружающую природную среду.

При подведении результатов лесохозяйственной деятельности за год обобщают материалы, характеризующие нарушения правил охраны окружающей природной среды. На их основе планируют мероприятия по устранению отрицательных последствий лесопользования. Согласно процедуре оценки обязательным условием приемки работ является устранение указанных в акте недостатков.

Одним из способов достижения консенсуса между участниками коммуникаций по поводу вопросов дискуссионного характера является конфликтный менеджмент. В качестве примера можно привести опыт Финляндии по решению спорных вопросов, возникших в процессе разработки национальной программы развития лесного сектора экономики Финляндии, рассчитанной на период до 2010 г. Проводится документирование различий во мнениях между отдельными участниками по принципиальным вопросам. По спорным вопросам проводятся дискуссии. В случаях, когда консенсус оказывается недостижим, противоположные концепции или мнения в письменном виде передают на рассмотрение Национального лесного совета, в состав которого входят четыре министра, представители лесного профсоюза, лесной промышленности, ассоциации частных собственников лесов, средозащитных и женских организаций [6].

Отсутствие в России согласованной со всеми группами интересов и официально принятой государственной лесной политики приводит к отсутствию уверенности в том, что начатые сегодня мероприятия по воспроизводству лесных ресурсов будут продолжены завтра. В подобной ситуации имеют место случаи, когда различные структуры представительной и исполнительной власти принимают несогласованные правовые и экономические решения, касающиеся управления лесами.

Введение в действие 1.01.2007 г. нового Лесного кодекса РФ можно рассматри-

вать в качестве первого этапа формирования правовых и организационных основ для развития корпоративного подхода к управлению лесами и лесным хозяйством.

Впервые сформирован механизм участия общественных организаций и отдельных граждан в управлении лесами. В Министерстве природных ресурсов создана Лесная коллегия, на которой рассматривают и обсуждают сотни предложений по доработке нормативных документов при активном участии руководителей всех субъектов Российской Федерации. Разработана процедура согласования Лесного плана с представителями общественных организаций.

Однако еще предстоит значительная работа по формированию эффективного государства, одной из задач которого является выработка стратегической государственной, а в ее составе и лесной политики на партнерской основе с участием представителей всех субъектов лесных отношений и групп интересов [1]. Творческое использование лучшей зарубежной практики может ускорить внедрение корпоративного подхода к разработке и реализации управленческих решений в лесном секторе экономики.

Библиографическая список

1. Моисеев, Н.А. Ключевые проблемы лесного сектора экономики / Н.А. Моисеев // Труды международной научно-практической конференции «Национальная лесная политика России». – М.: Министерство науки и образования РФ, 2007. – С.40–49.
2. Ammer, Ch., Schmidt, O. Bavaria // Forests and Forestry in European countries // . – Warsaw: IBL, 2006. – P. 138–146.
3. Krott, M. Forest Policy within a Europe in Change // Труды международной научно- практической конференции «Национальная лесная политика России» – М.: Министерство науки и образования РФ. – 2007. – С. 6–23.
4. Latvijas Valsts Mezha Dienesta rokasgramata.– Riga: LVMD, 2004. – 398 pp.
5. Lazdinis, M. The EU Forestry Strategy and Rural Development // Forests and Forestry in European countries.-Warsaw: IBL, 2006. – P.465–485.
6. Ollonqvist, P. Collaboration in the Forest Policy Arena in Finland-from Neo-Corporatist Planning to Participatory Program Preparation //EFI Proceedings No. 44. – P. 7–26.
7. Pardo, R. Formulating Policies for Sustainable Forestry Development// Proceedings from the 10-th World Forestry Congress,-Paris: 1991. – P. 99–105.

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ СПРОС И ЕМКОСТЬ РЫНКА МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ (МАФ)

И.А. АЛЕКСЕЕВ, *асп. МГУЛ*

Реализация национального проекта «Доступное и комфортное жилье – жителям России» привела к значительному росту числа семей, приобретающих индивидуальное жилье с приусадебным участком. Благоустройство таких участков стимулировало спрос на рынке МАФ.

Общие закономерности и отличительные особенности рынка малых архитектурных форм, при умелом использовании, помогают реализовать новые товары этого рынка на базе определенных маркетинговых действий:

- исследование рынка по сегментам на основе месячного дохода потребителей;
- построение социального портрета потребителя;
- описание характеристик каждого сегмента;
- расчет емкости рынка МАФ в целом и по сегментам.

Для того чтобы провести маркетинговое исследование рынка малых архитектурных форм, потребовалось собрать много достоверной информации.

В ходе работы был произведен опрос путем самостоятельного заполнения 350 анкет респондентами, проживающими в Москве и Московской области. После завершения опроса были подготовлены данные анкетирования к обработке с использованием:

- редактирования анкет с отбраковкой непригодных экземпляров;
- кодирования;
- ввода данных;
- компьютерной проверки;
- статистического выравнивания и преобразования информации.

Затем все ответы респондентов были распределены по сегментам рынка с использованием метода VALS. После того, как данные, полученные в ходе наблюдения, были подготовлены к обработке, проведен базовый анализ: рассчитаны частотные распределения (frequency distribution), кросс-табуляция (cross-tabulation) и проверены гипотезы о свя-

зях и различиях. Достоверность подтверждалась уровнем 0,97 с погрешностью 0,06.

Для анализа потребительского поведения индивидуальных потребителей на рынке малых архитектурных форм было использовано 327 признанных достоверными анкет.

Анализ собранной информации по результатам анкетирования 327 респондентов позволил выделить 5 потребителей МАФ по фактору дохода на одного члена семьи:

- 1-й сегмент – «выживающие» – 40 респондентов;
- 2-й сегмент – «терпящие» – 83 респондента;
- 3-й сегмент – «опытные» – 129 респондентов;
- 4-й сегмент – «подражающие другим» – 50 респондентов;
- 5-й сегмент – «преуспевающие» – 25 респондентов.

Как показывают приведенные выше данные, наибольшая группа опрошенных составляет 39,5 % (3-й сегмент) – это люди, имеющие доход от 15,1 до 30 тыс. руб. На втором месте группа респондентов, которая составляет 25,4 % – люди, имеющие доход от 7,1 до 15 тыс. руб. На третьем месте, 15,3 %, – это люди, которые имеют доход от 30,1 до 60 тыс. руб. На четвертом месте группа опрошенных, составляющая 12,2 %, – это люди, имеющие доход от 3 до 7 тыс. руб. Наименьшая группа респондентов составляет 7,6 % – это люди с доходом свыше 60 тыс. руб. (5-й сегмент).

Представленные 5 сегментов характеризуются следующим образом:

«выживающие» – доход на минимальном уровне, борются за выживание, образование достаточно высокое, при выборе покупки на первом месте стоит цена, их интересуют основные продукты, они руководствуются преимущественно инстинктивными потребностями;

«терпящие» – характеризуются низким доходом, высоким уровнем образования; для них важна цена, стремятся получить га-

рантии и подробную информацию о товаре, являются осторожными покупателями;

«опытные» – к данному сегменту относятся люди со средним достатком, невысоким уровнем образования, большинству из которых до 35 лет, многие имеют молодые семьи, являются активными покупателями, стремятся получить непосредственный опыт;

«подражающие» – уровень дохода находится в пределах от среднего до высокого, озабочены собственным статусом, постоянно конкурируют между собой, стремятся к движению вверх, следят за модой;

«преуспевающие» – доход очень высокий, высокообразованные люди, лидеры в бизнесе, политике и т.д., любители роскошных товаров последних моделей, имеют успех и высокое положение в обществе, большинству за 40, предпочитают новые и улучшенные товары.

В большинстве случаев потребители 1 и 2 сегментов рынка МАФ покупают или, скорее, готовы купить незначительное количество простейших и недорогих элементов МАФ для дачных участков. Это вазы и горш-

ки для цветочных культур, недорогие скамейки и беседки.

Потребители 3–5 сегментов покупают дорогие элементы ландшафтного дизайна, такие как колонны, фонтаны, заборы декоративные, беседки-павильоны, качели садовые и др. изделия МАФ.

В таблицах 1–5 приведена оценка различных гипотез потребительских предпочтений на рынке МАФ московского региона.

Из табл. 1 видно, что при увеличении дохода респондент предпочитает выплатить всю сумму сразу за малые архитектурные формы, чем взять кредит (11,33 % против 1,06 %; 17,34 % против 8,51 %). Вероятность ошибки 0,0015 с 8-м уровнем достоверности. Нулевая гипотеза отвергается, альтернативная гипотеза подтверждается.

Из табл. 2 видно, что при увеличении уровня дохода респонденты готовы платить более высокую цену за малые архитектурные формы (7,50 %; 15,66 %; 19,38 %; 32,00 % 48,00 %). Вероятность ошибки 0,00004 с 16-м уровнем достоверности. Нулевая гипотеза отвергается, альтернативная гипотеза подтверждается.

Т а б л и ц а 1

Распределение респондентов в зависимости от уровня дохода и возможности приобретения МАФ

Уровень дохода, руб.		3000–7000	7100–15000	15100–30000	30100–60000	Свыше 60000	Число респондентов
Приобретение МАФ	в кредит	12 12,77 %	29 30,85 %	44 46,81 %	8 8,51 %	1 1,06 %	94
	выплата всей суммы	25 12,32 %	48 23,65 %	72 35,47 %	35 17,34 %	23 11,33 %	203
Всего респондентов		40	83	129	50	25	297 327

Т а б л и ц а 2

Распределение респондентов в зависимости от уровня дохода и суммы, которую они готовы потратить на МАФ

Уровень дохода		3000–7000	7100–15000	15100–30000	30100–60000	Свыше 60000	Число респондентов
Сумма, которую респонденты готовы потратить на приобретение МАФ	менее 5000 руб.	32,5 %	19,28 %	11,63 %	10,0 %	0,00 %	30
	от 510 до 1500 руб.	37,5 %	34,94 %	21,13 %	20,00 %	4,00 %	49
	от 1600 до 3000 руб.	15,00 %	22,89 %	31,01 %	26,00 %	44,00 %	90
	свыше 3100	7,50 %	15,66 %	19,38 %	32,00 %	48,00 %	69
Всего респондентов		40	83	129	50	25	238 327

Т а б л и ц а 3

Распределение респондентов в зависимости от уровня дохода и предпочтения приобрести МАФ в комплекте или отдельными предметами

Уровень дохода, руб.		3000–7000	7100–15000	15100–30000	30100–60000	Свыше 60000	Число респондентов
Желание приобрести МАФ	в комплекте	45,00 %	37,35 %	42,64 %	44,00 %	92,00 %	149
	отдельными предметами	45,00 %	55,42 %	46,51 %	42,05 %	4,00 %	146
Всего респондентов		40	83	129	50	25	295 327

Т а б л и ц а 4

Распределение респондентов в зависимости от уровня дохода и места проживания

Уровень дохода, руб.		3000–7000	7100–15000	15100–30000	30100–60000	Свыше 60000	Число респондентов
Место проживания	квартира	67,50 %	87,95 %	84,50 %	88,00 %	48,00 %	265
	частный дом	25,00 %	10,84 %	15,50 %	10,00 %	52,00 %	57
	другое	7,50 %	1,20 %	0,00 %	2,00 %	0,00 %	5
Всего респондентов		40	83	129	50	25	327

Т а б л и ц а 5

Распределение респондентов в зависимости от социального положения и возможности взять кредит или выплатить всю сумму сразу

Социальное положение	Собственник/со-владелец бизнеса	Работник по найму	Госслужащий	Безработный	Студент	Пенсионер	Домохозяйка	Другое	Итого
Кредит	9,76 %	32,67 %	26,92 %	44,44 %	26,32 %	25,00 %	56,25 %	11,11 %	94
Выплата всей суммы сразу	80,49 %	56 %	63,46 %	55,56 %	63,32 %	75,00 %	43,75 %	88,89 %	203
Всего	37	133	47	9	34	12	16	9	297

Из табл. 3 видно, что при доходе от 3000 до 30000 руб. респонденты предпочитают приобретать изделия МАФ отдельными предметами, а при увеличении дохода с 30100 и выше 60000 руб. – в комплекте. Вероятность ошибки 0,00061 с 8 степенью достоверности. Нулевая гипотеза отвергается, альтернативная подтверждается.

Из табл. 4 видно, что при доходе от 3000 до 60000 респонденты проживают в квартирах, а при более высоком доходе респонденты живут в частных домах (52 % против 48 % при доходе свыше 60000 руб.). Вероятность ошибки 0,0060 с 8-й степенью достоверности. Нулевая гипотеза отвергается, альтернативная подтверждается.

Из табл. 5 видно, что независимо от социального положения большинство респондентов предпочитают выплатить сумму сразу (9,76 % против 43,75 %). Вероятность ошибки 0,066 с 14-й степенью достоверности.

Нулевая гипотеза подтверждается, альтернативная отвергается.

В ходе маркетинговой разработки товара решается ключевой для формирования инновационной политики фирмы вопрос: сколько товаров купят потребители? Определение потребительского потенциала рынка необходимо и для разработки стратегических и оперативных планов маркетинга и является составным элементом оценки рыночной конъюнктуры. Потребительский потенциал рынка обусловлен покупательским спросом и характеризуется показателем **емкости рынка**, который представляет собой количество товаров, которые способен поглотить (приобрести) рынок за определенный срок и при данных условиях. Емкость рынка в данном случае была определена по следующей формуле

$$ГЕР = ЧН \times (1 - ДЛНП) \times ДЛИД \times ИП,$$
 где ГЕР – годовая емкость рынка конкретного региона;

ЧН – численность населения данного региона;

ДЛНП – доля лиц, не являющихся потребителями данного продукта;

ДЛИД – доля лиц, имеющих доход для приобретения продукции;

ИП – интенсивность потребления продукции, руб.

Емкость рынка МАФ по 1 сегменту оказалась равной 747 млн руб., по 2 – 1876 млн руб., по 3 – 6599 млн руб., по 4 – 4090 млн руб. и по 5 сегменту – 3242 млн руб. Совокупная емкость рынка МАФ Московского региона равна 16554 млн рублей.

Анализ емкости рынка по отдельным сегментам показал наиболее привлекательный для производителей МАФ сегмент. Наибольшее количество потребителей, заинтересованных в покупке изделий МАФ, в сегменте 5, где доля потенциальных покупателей значительно выше количества людей, не являющихся покупателями МАФ. Респонденты данного сегмента практически все имеют земельный участок и хотели бы благоустроить его с помощью изделий МАФ. Доход представителей данного сегмента очень высокий (свыше 60000 тыс. рублей), и большинство респондентов готово потратить на покупку отдельных изделий МАФ свыше 3100 рублей. Следовательно, при выборе изделий МАФ потребители этого сегмента не ориентируются на цену. Как показал опрос, при покупке их в первую очередь интересует не цена, не качество, не прочность, не фирма-производитель, не дизайн изделия, а какое-то другое качество, т.е. индивидуальные предпочтения и требования.

Наибольшей популярностью у респондентов сегмента 5 пользуются такие изделия МАФ, как садовые скульптуры и беседки. Многие респонденты этого сегмента выразили желание приобрести декоративный забор, качели и арки. Исходя из этих данных можно формировать определенный ассортимент продукции.

Среди материалов у потребителей данного сегмента наиболее популярным является камень, на 2 месте керамика.

Респонденты этого сегмента на покупку садовой мебели, беседок-павильонов готовы потратить от 16000 до 25000 руб., но многие из них даже и не обозначают предельную сумму. Следовательно, представители этого сегмента могут потратить достаточно крупную сумму, если изделие заинтересовало, понравилось и устраивает их. Ориентируясь на потребителей сегмента 5, на качестве изделий МАФ можно не экономить, т.к. высокая цена на МАФ отпугивать покупателей этого сегмента не будет вследствие их высокой материальной обеспеченности.

Наибольшую долю в данном сегменте составляют респонденты, которым необходимы все виды дополнительного сервиса.

Таким образом, мы смогли выделить примерный круг потенциальных покупателей МАФ. Цены на изделия МАФ для этих потребителей могут быть достаточно высокими, но товар должен отвечать индивидуальным требованиям покупателей, а также должны оказываться все виды дополнительного сервиса при покупке.

ВНЕДРЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПО ОПЕРАТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ НА МАЛЫХ И СРЕДНИХ МЕБЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

М.Р. АЛЯУТДИНОВ, *асп. МГУЛ*

Для автоматизации принятия управленческих решений, преимущественно связанных с вычислительными операциями, применяются методы, основанные на использовании средств искусственного интеллекта. Использование современных средств вычис-

лительной техники позволяет повысить уровень автоматизации управленческой деятельности, решить на их основе те задачи, которые ранее не являлись объектами автоматизации. В этих условиях оперативное управление производством становится одним из наибо-

лее перспективных направлений приложения новых информационных технологий.

Среди них наибольшее применение в системах управления производством нашли экспертные системы.

Экспертная система – это совокупность программных средств и информационного обеспечения в виде базы данных и базы знаний, предназначенных для выполнения человеко-машинных процедур с целью разработки обоснованного решения.

С помощью экспертных систем на основе заложенных для предметной области правил предпочтения (базы знаний) выбираются наиболее приемлемые управленческие решения для той или иной производственной ситуации. В отличие от традиционных программных систем экспертная система использует не столько жестко заданные алгоритмы, сколько сведения (знания), содержащиеся в базе знаний. Эти знания могут закладываться в ЭС как в процессе ее создания, так и в процессе последующего обучения в диалоге с опытными экспертами в данной предметной области.

Преимущество экспертной системы характеризуется тем, что она обеспечивает возможность манипулирования смысловыми семантическими категориями. На основе заложенной в экспертную систему базы знаний

она в диалоговом режиме будет предлагать свои варианты решений, один из которых человек – пользователь системы будет выбирать в качестве оптимального.

Основной целью внедрения экспертной системы является предоставление возможных вариантов решений по управлению производством, а также обеспечение верхнего уровня управления информацией о принятых решениях для координации работы подразделений предприятия.

Для целей оперативного управления используется следующий состав элементов ЭС (рисунок).

В блоке «База знаний» хранятся и периодически обновляются специализированные данные. К ним следует отнести: он-лайн данные, характеризующие текущую ситуацию в производстве, правила обработки фактической информации и варианты решений, которые система предлагает для той или иной ситуации. Каждой ситуации соответствует определенный вариант решения или совокупность вариантов решений. Для окончательного выбора варианта решения необходимо привлечение дополнительной информации от пользователя. Связь с фактическими данными из базы данных цеха предлагается поддерживать посредством внутренних системных паролей.

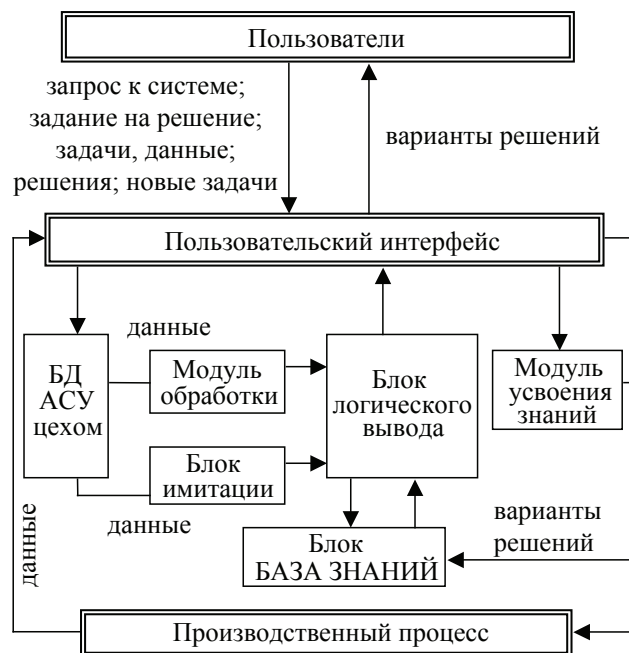


Рисунок. Структура экспертной системы принятия решений по оперативному управлению производством

Процессом выбора вариантов решений из базы знаний управляет блок логического вывода (БЛВ). Он представляет собой программу, которая обращается к базе знаний и на основе информации, хранящейся в ней и получаемой от пользователя, вырабатывает варианты решений, рекомендации по задачам. В функции БЛВ входит также управление функционированием элементов, связанных с процессом выбора решений: интерфейсом пользователя, модулем обработки данных, блока имитации данных, модулем усвоения знаний.

Модуль усвоения знаний выполняет функцию накопления наиболее оптимальных вариантов решений и при обращении пользователя к системе выдает стандартные, ранее использованные производственные алгоритмы для той или иной производственной ситуации.

Необходимость включения в ЭС блока имитации новых данных вызвана возможностью использовать накопленный опыт по прогнозированию ситуации в производстве на основе текущих данных и выявленных статистических закономерностей производственной деятельности, для чего можно использовать имитационные и другие методы.

«Интерфейс пользователя» представляет собой программу визуального обеспечения в режиме реального времени пользователя с базой знаний ЭС. Взаимодействие обеспечивает уточнение фактов или подтверждение параметров принимаемого решения. Типы вопросов или фраз могут быть резко ограничены, однако и неспециалист в области программирования будет способен понимать сообщения или требования ЭС.

Пользователь устанавливает при помощи меню необходимый режим работы системы: обновление или корректировка базы знаний, решение задачи, оценка или просмотр базы знаний.

ЭС можно использовать в качестве средства интеллектуальной поддержки процесса выбора вариантов решений по оперативному управлению производством только при условии, что автоматизация оперативного управления осуществляется в рамках интегрированной автоматизированной системы

управления предприятием, в которой обеспечено решение следующих задач:

- формирование производственных заданий по запуску-выпуску деталей и изделий для цехов, участков, бригад на месяц, декаду, сутки, смену;
- учет движения заготовок, материалов, деталей в производстве;
- учет движения заготовок и деталей в межоперационных запасах на складах и в кладовых предприятия (цехов);
- учет простоев оборудования по причинам;
- учет наличия и движения инструмента, приспособлений;
- учет прихода рабочих;
- учет выхода оборудования в ремонт;
- контроль и анализ выполнения производственных заданий.

Иначе говоря, предлагая ЭС в качестве средства автоматизации управленческой деятельности по оперативному управлению производством, следует учитывать, что экспертные системы можно использовать там, где обеспечены условия для их реализации, создана и функционирует многоуровневая интегрированная АСУ. Также предусмотрена возможность функционирования экспертной системы по оперативному управлению производством в автономном режиме и последующее включение ее в АСУ.

На этапе создания и использования ЭС существенно улучшается качество подготовки вариантов решений при сохранении традиционной структуры организации управления, а также способов выработки и принятия решений на уровне производственных подразделений (цехов).

В результате применения ЭС в процессе принятия решений существенно увеличивается «оперативность» процесса управления производством за счет минимизации выходных потоков информации, времени его передачи от уровня к уровню и времени на разработку и окончательное принятие решений. Повышение качества решений по оперативному управлению и сокращение времени на выработку вариантов решений создают условия для внесения изменений в организацию и технологию процесса оперативного управления.

СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ И КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Н.П. КОЖЕМЯКО, доц. каф. экономики и организации внешних связей МГУЛ, канд. экон. наук

Целлюлозно-бумажная промышленность занимает ведущее место в составе всего лесопромышленного комплекса России и в наибольшей степени определяет динамику и уровень развития этого комплекса. В настоящее время предприятия этой отрасли потребляют около 18 % (34 млн м³) заготовленного древесного сырья. Доля продукции целлюлозно-бумажных предприятий в объеме товарной продукции лесного комплекса составляет 42,0 %.

ЦБП насчитывает 382 организации, на которых работает 20 % (108,9 тыс. человек) численности работающих в ЛПК, фонд заработной платы составляет 18,8 млрд руб. при среднемесячной заработной плате 14,5 тыс. руб.

В 2007 г. объем товарной продукции, произведенной целлюлозно-бумажными предприятиями, составил 233,6 млрд руб. и увеличился к 2006 г. на 33,6 %.

Производство товарной целлюлозы составило 2418,3 тыс. т, или 101,6 % к прошлому году, бумаги 4063,3 тыс. т, или 101,6 %, картона – 3495,5 тыс. т, или 111,2 % к уровню 2006 г.

Анализ производства основных видов продукции целлюлозно-бумажных предприятий показывает, что в последние годы наиболее быстрыми темпами увеличивается выпуск картона. Это подтверждает, что производство картона является одним из наиболее

рентабельных и перспективных направлений развития целлюлозно-бумажной промышленности, которое обусловлено увеличением потребительского спроса на картон на внутреннем рынке страны из-за развития торговли и роста потребления тарных материалов.

Наибольшая доля совокупного выпуска картона в России приходится на Архангельскую, Ленинградскую, Иркутскую области и Республику Коми.

Увеличению производства целлюлозно-бумажной продукции в 2007 г. способствовал спрос внутреннего рынка на эту продукцию и благоприятная внешнеэкономическая конъюнктура. Кроме этого положительным фактором роста производства основных видов продукции стало эффективное использование действующих и дальнейшее освоение ранее введенных производственных мощностей по выпуску целлюлозы, бумаги газетной, картона и другой конкурентоспособной продукции.

Прирост выпуска продукции вызван и эффективной деятельностью созданных и успешно работающих вертикально-интегрированных структур с широкой диверсификацией производства от лесозаготовок до глубокой химической переработки древесины и выпуска разнообразной продукции с привлечением для развития производства средств крупных инвесторов.

Т а б л и ц а 1

Производство основных видов продукции ЦБП в 2005 – 2007 гг., тыс. т

Наименование продукции	2005 г.	2006 г.	2007 г.	Темп роста 2007 г. к 2006 г.
Целлюлоза по варке	6 001,2	6 005,2	5954,3	98,3
Целлюлоза товарная	2 429,4	2 379,5	2418,3	101,6
Бумага, всего:	4 001,0	4 004,0	4063,3	101,6
– бумага газетная	1 983,8	1 992,7	1981,5	99,4
– бумага офсетная	451,5	466,8	455,3	97,5
– бумага писчая и тетрадная	67,3	71,15	69,67	97,9
Картон, всего:	3 124,6	3 446,9	3495,5	111,2
– картон тарный	2 279,2	2 497,9	2569,5	103,3

В условиях возрастающего выбытия мощностей увеличение объемов производства целлюлозно-бумажной продукции в основном достигнуто за счет проведения модернизации и технического переоснащения действующих мощностей.

На ОАО «Соликамскбумпром» успешно осуществляется очередной этап реконструкции предприятия, инвестиционные затраты на весь проект составят около 70 млн евро. Модернизация с установкой более производительного импортного оборудования по производству термомеханической массы, замена отдельных узлов на бумагоделательных машинах позволят предприятию после завершения первого этапа выпускать около 600 тыс. тонн газетной бумаги в год. Выполнение инвестиционного проекта к 2010 г. в целом обеспечит увеличение объемов производства бумаги до 850 тыс. т в год.

Аналогичные мероприятия по модернизации бумагоделательных машин, выпускающих газетную бумагу, реконструкции древесномассного производства, вводу нового узла сортирования и размола целлюлозы и отходов древесной массы осуществлены на ОАО «Волга». На их выполнение затрачено около 12 млн евро, выполнение проекта обеспечивает увеличение выпуска древесной массы на 8–10 %.

В рамках инвестиционной программы на ОАО «Монди Бизнес Пейпа Сыктывкарский ЛПК» завершен монтаж оборудования, и в марте 2007 г. введена в эксплуатацию система отбеливания целлюлозы без применения молекулярного хлора, внедрены мероприятия по использованию в производстве сучковой целлюлозы, система локальной очистки сточных вод.

На ОАО «Неманский ЦБК» Северо-Западной лесопромышленной компании в 2006 г. введена в действие бумагоделательная машина мощностью 60 тыс. т печатных видов бумаг. С завершением строительства и монтажа линии отбеливания целлюлозы производительностью 132 тыс. т в год в текущем году вся производимая целлюлоза будет отбеливаться без использования хлора и его соединений.

ОАО «Архангельский ЦБК», выполняя среднесрочную программу развития, ввел в эксплуатацию древесноподготовительный

цех № 4, оснащенный высокопроизводительным импортным оборудованием, способным перерабатывать в год до 2,3 млн м³ древесного сырья. Осуществление намеченных программ мероприятий позволит на 25 % увеличить объем варки целлюлозы.

На ОАО «Усть-Илимский ЛПК» завершен первый этап программы модернизации производства, было реконструировано оборудование варочно-промывного, отбельного, сушильного и выпарного цехов, смонтирована новая импортная линия загрузки щепы в варочную установку. Выполненные мероприятия позволили обеспечить в 2006 г. производство 660,5 тыс. т товарной целлюлозы. Начато выполнение второго этапа программы стоимостью 45 млн. долл., в результате модернизации целлюлозного производства его мощность возрастет до 700 тыс. т целлюлозы.

Завершается выполнение трехлетней инвестиционной программы по увеличению производства целлюлозно-бумажной продукции на ОАО «Светогорск», проведенная реконструкция бумагоделательной машины с установкой меловальной машины обеспечила выпуск мелованного картона для упаковки жидких пищевых продуктов. Осуществляется строительство завода производительностью 200 тыс. т товарной белой химико-термомеханической массы, объем инвестиций составил 150 млн долл.

Для обеспечения конкурентоспособности в условиях предстоящего вступления России в ВТО необходимо продолжить на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности активное внедрение наилучших доступных технологий, что позволит ускорить решение проблемы энергосбережения и вопросов экологии. По экспертной оценке, на указанные цели потребность в инвестициях для отрасли в целом на период до 2015 г. составляет 4,3–4,5 млрд руб.

Кроме этого на ряде других предприятий подотрасли осуществлены меры по расширению производства продукции, внедрению новых технологических процессов и ресурсосберегающих технологий, позволяющих выпускать новые виды продукции и уменьшить влияние деятельности предприятий на окружающую среду.

Концентрация производства продукции ЦБП, %

Наименование предприятия	Целлюлоза по варке	Бумага	Картон	Продукция ЦБП
ОАО «Архангельский ЦБК»	13,27	2,03	14,79	10,15
Филиал АО «Группа Илим» в Коряжме	17,54	6,51	10,39	12,40
Филиал АО «Группа Илим» в Братске	12,91	–	6,65	7,40
Филиал АО «Группа Илим» в Усть-Илимске	12,87	–	–	5,78
ОАО «Волга»	–	14,20	–	4,40
АО «Монди Бизнес Пейпа Сыктывкарский ЛПК»	9,27	15,30	6,72	10,52
ОАО «Светогорск»	5,94	8,22	2,40	5,79
ОАО «Сегежский ЦБК»	5,04	5,59	1,67	4,40
ОАО «Соликамскбумпром»	0,39	10,17	–	3,33
ОАО «Кондопога»	1,87	18,17	–	6,47
ОАО «Санкт-Петербургский КПК»	–	–	7,88	1,89
ОАО «Байкальский ЦБК»	3,62	0,03	0,05	1,65
ООО «Пермский картон»	–	–	4,99	1,20
ЗАО работников «Народное предприятие «Набережночелнинский КБК»		1,33	5,03	1,62
ОАО «Селенгинский ЦКК»	1,67	0,15	2,90	1,50
Всего:	84,39	81,7	63,47	78,50

Для ЦБП характерен высокий уровень концентрации производства в разрезе федеральных округов, так как производство целлюлозы товарной сосредоточено в основном в двух федеральных округах – Сибирском (56 %) и Северо-Западном (42 %), бумаги – Северо-Западном (63 %) и Приволжском (33 %), картона – Северо-Западном (51 %), Приволжском (17 %), Сибирском (14 %) и Центральном (13 %).

Анализ концентрации производства продукции ЦБП показывает, что количество целлюлозы по варке, производимой на 12 крупных предприятиях Российской Федерации, в период с 2004 г. по 2006 г. увеличилось с 81,65 % в 2004 г. до 83,90 % в 2006г., что связано с наращиванием объемов производства целлюлозы крупнейшими производителями (ОАО «Сегежский ЦБК» – 126 % в 2006 г по сравнению с 2004 г, ОАО «Селенгинский ЦКК» – 111,8 % за тот же период, ОАО «Байкальский ЦБК» – 107,2 %, ОАО «Архангельский ЦБК» – 105,9 %, филиал АО «Группа Илим» в Коряжме – 107,3 %, филиал АО «Группа Илим» в Братске – 103,3 %, филиал АО «Группа Илим» в Усть-Илимске – 105,1 %). Общий объем производства целлюлозы по варке в 2006 г. по сравнению с 2004 г. составил 101,5 % (89,407 тыс. т).

Доля бумаги всех видов и картона, включая бумагу для гофрирования, произ-

водимых на 11 крупных предприятиях России, за тот же период составила 81,28 % в 2004 г. и 82,19 % в 2006 г. по бумаге; 67,95 % в 2004 г. и 58,25 % в 2006 г. – по картону. Снижение доли крупных предприятий в общем объеме растущего опережающими темпами производства картона всех видов, включая бумагу для гофрирования, объясняется в значительной степени увеличением за последние годы мощностей по производству гофрокартона и конъюнктурой рынка. Общий объем производства бумаги всех видов в 2006г. по сравнению с 2004 г. составил 103,3 % (128,978 тыс. т) картона, включая бумагу для гофрирования – 130,2 % (799,22 тыс. т).

Доля 15 крупных предприятий по производству целлюлозы, бумаги и картона составила 78,79 % в 2004 г. и 76,58 % в 2006 г. Снижение доли крупных предприятий в растущем общем объеме производства целлюлозы, бумаги и картона в стране (108,2 % в 2006 г. по отношению к 2004 г.) объясняется опережающими темпами роста производства гофрокартона на вновь созданных средних предприятиях. Общий прирост производства картона в 2006г. по сравнению с 2004 г. составил 799,22 тыс. т (130,2 %), при этом доля 11 крупных предприятий составила – 178,627 тыс. т (109,9 %).

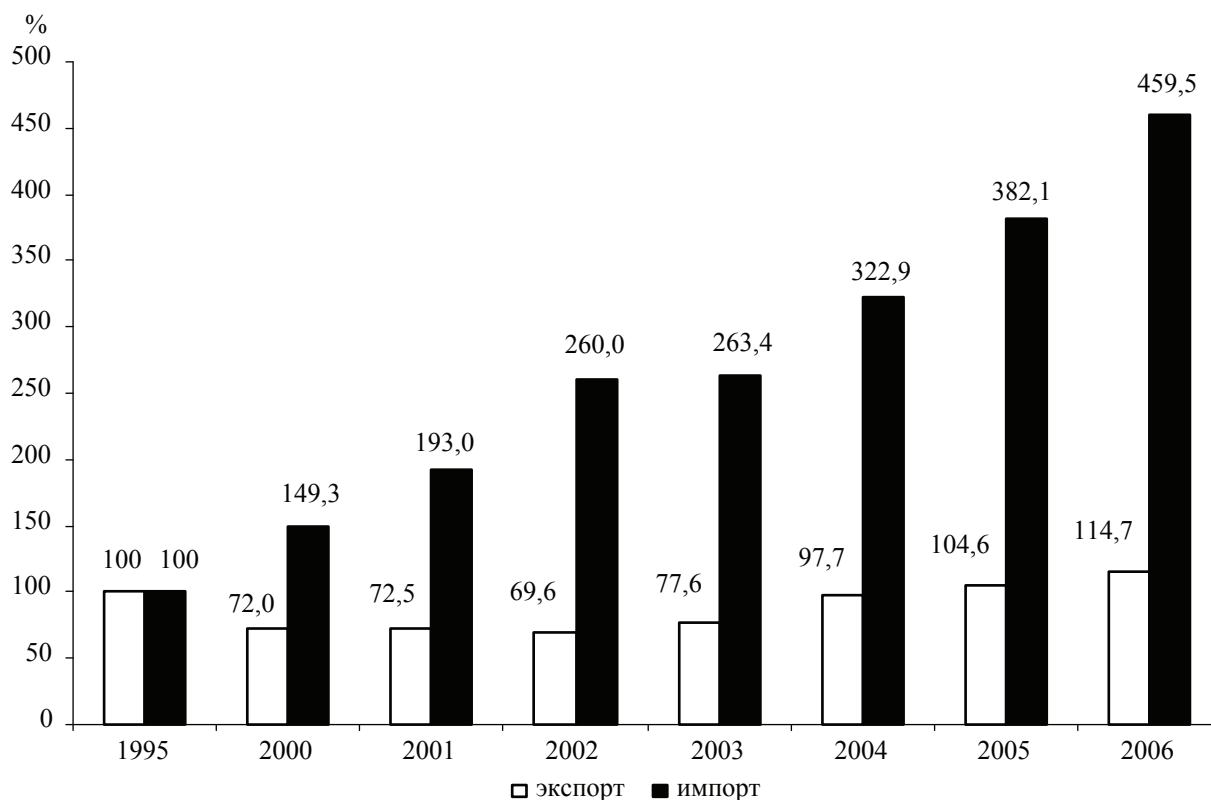


Рисунок. Динамика стоимости экспорта и импорта целлюлозно-бумажной продукции, %

Анализ производства, экспорта и импорта лесобумажной продукции показывает огромную зависимость России от импорта целлюлозно-бумажной продукции, особенно высокой добавленной стоимости. Так в 2007 г. импорт бумажно-картонной продукции превысил 2,5 млрд дол. США, при этом наблюдается тенденция превышения темпов роста импорта целлюлозно-бумажной продукции над темпами роста ее экспорта (рисунок).

В последние годы динамично возрастает спрос на все виды целлюлозно-бумажной продукции и особенно на высококачественную бумагу для печати, упаковочные материалы (крафт-лайнер, коробочный картон мелованный с белым верхним слоем), санитарно-гигиеническую бумагу.

Особенно высок этот спрос в тех регионах России, где намечается развитие отечественных товаров на мощностях предприятий легкой, пищевой, медицинской и полиграфической промышленности, бытовой химии и торговли широким ассортиментом продукции, пользующимся повышенным повседневным спросом.

Производство высококачественной бумаги и картона в стране не обеспечивает

потребности внутреннего рынка. При этом мелованный картон высшего качества в настоящее время в России не производится. Спрос на него на отечественном рынке постоянно растет.

В связи с этим увеличился импорт высококачественной бумаги, картона и изделий из них.

Значительную долю импортных поставок составляет бумага для офисной техники, бумага и картон с покрытием (прежде всего мелованные), некоторые виды специального картона, то есть конкурентоспособные виды продукции.

Это является следствием того, что отечественные производители бумаги и картона имеют устаревшее оборудование, находящееся в эксплуатации свыше 20–30 лет и не отвечающее современным требованиям в части возможности выпуска на нем продукции, востребованной на рынке. В связи с этим производство мелованного коробочного и тарного блененого картонов является одним из наиболее перспективных направлений.

Как видно из табл. 3, объем импорта бумаги и картона и изделий из них имеет тенденцию к увеличению.

Импорт бумаги, картона и изделий из них в Россию

Код ТН ВЭД	Наименование товарных групп	2004 г.		2005 г.		2006 г.	
		тыс. т	млн \$	тыс. т	млн \$	тыс. т	млн \$
4804	Крафт-бумага и картон немелованные, в рулонах или листах	6,773	5,3199	7,415	6,6709	11,435	10,844
	– страны дальнего зарубежья	5,588	3,9466	5,085	3,9530	8,037	6,396
	– страны СНГ	1,185	1,3733	2,330	2,7179	3,398	4,448
4805	Бумага и картон немелованные прочие, в рулонах или листах, без дальнейшей обработки	47,098	27,236	62,947	35,760	88,934	51,191
	– страны дальнего зарубежья	27,849	20,653	43,403	28,335	55,364	37,901
	– страны СНГ	19,249	6,583	19,544	7,425	33,570	13,290
4807	Бумага и картон многослойные без поверхностного покрытия или пропитки в рулонах или листах	10,913	7,8158	28,790	17,329	33,893	19,958
	– страны дальнего зарубежья	10,913	7,8158	29,790	17,329	33,893	19,958
	– страны СНГ	–	–	–	–	–	–
4810	Бумага и картон, покрытые с одной или с обеих сторон каолином (китайской глиной) или другими неорганическими веществами	473,597	315,283	576,521	408,206	663,538	505,465
	– страны дальнего зарубежья	452,525	305,735	557,387	399,111	643,653	494,929
	– страны СНГ	21,072	9,548	19,134	9,095	19,885	10,536
4811	Бумага, картон с покрытием, пропитанные, ламинированные в рулонах или листах любого размера, кроме товаров товарной позиции 4803, 4809 или 4810	176,196	349,902	214,047	445,240	244,890	489,420
	– страны дальнего зарубежья	148,238	239,080	182,439	314,076	211,890	361,461
	– страны СНГ	27,958	110,822	31,608	131,164	33,000	127,959
4818	Бумага туалетная и аналогичная бумага или полотно из целлюлозных волокон хозяйственно-бытового или санитарно-гигиенического назначения	125,051	327,462	135,102	386,308	158,984	501,010
	– страны дальнего зарубежья	104,413	318,282	117,055	374,290	137,285	462,851
	– страны СНГ	20,638	9,180	18,047	12,018	21,699	38,159
4818 10	– бумага туалетная	26,318	18,721	23,980	20,385	26,023	27,311
	– страны дальнего зарубежья	6,274	10,356	7,675	12,542	11,666	19,560
	– страны СНГ	20,044	8,365	16,305	7,843	14,357	7,751
4818 20	– платки носовые, косметические салфетки или салфетки для лица и полотенца	9,783	15,311	11,943	19,197	17,591	30,012
	– страны дальнего зарубежья	9,607	15,050	11,606	18,641	17,412	29,717
	– страны СНГ	0,176	0,261	0,337	0,556	0,179	0,295
4818 30	– скатерти и салфетки	5,533	9,508	3,768	7,3731	5,532	11,072
	– страны дальнего зарубежья	5,518	9,485	3,705	7,2541	5,417	10,806
	– страны СНГ	0,015	0,023	0,063	0,1190	0,115	0,266
4819	Картонки, ящики, коробки, мешки, пакеты и другая упаковочная тара из бумаги, картона...	165,168	274,341	162,434	292,621	176,505	340,191
	– страны дальнего зарубежья	121,240	230,777	114,795	242,997	126,164	285,798
	– страны СНГ	43,928	43,564	47,639	49,621	50,341	54,392

В 2006 г. суммарно в Россию было ввезено бумаги и картона немелованного на сумму 81,99 млн долл. (134,3 тыс. т). Импорт бумаги и картона мелованного со-

ставил 994,9 млн долл. (908,43 тыс. т), в том числе картона коробочного мелованного – 330 тыс. т. Импорт бумаги туалетной и аналогичной бумаги или полотенца из цел-

люлозных волокон хозяйственно-бытового или санитарно-гигиенического назначения составил 501,01 млн долл. (158,98 тыс. т.), в том числе бумаги туалетной – 27,3 млн долл. (26,02 тыс. т), платков носовых, косметических салфеток или салфеток для лица и полотенец – 30,01 млн долл. (17,59 тыс. т), скатертей и салфеток – 11,07 млн долл. (5,53 тыс. т).

Импорт картонок, ящиков, коробок, мешков, пакетов и другой упаковочной тары из бумаги, картона – 340,19 млн долл. (176,5 тыс. т).

В сводном виде оценка структуры регионального спроса на российском рынке мелованной продукции с высокой массоемкостью для использования в тарно-упаковочном секторе выглядит следующим образом:

Москва и Центральный регион России – 45,0 %;

Санкт-Петербург и Ленинградская область – 20,0 %;

Северный Кавказ – 10,0 %;

Поволжье – 10,0 %;

Урал – 5,0 %;

Сибирь и Дальний Восток – 5,0 %;

Прочие регионы – 5,0 %.

Анализ развития целлюлозно-бумажного производства позволяет выявить следующие факторы, положительно влияющие на работу предприятий:

– постоянное и гарантированное обеспечение необходимыми лесосырьевыми ресурсами. Все крупные производители целлюлозы, бумаги и картона имеют в составе лесозаготовительные предприятия, расположенные в регионах, где в настоящее время расчетная лесосека полностью не используется;

– наличие необходимых запасов водных ресурсов и мощностей энергообеспечения;

– высокий уровень лесной диверсификации производства. Большинство компаний осуществляют полный цикл производства,

позволяющий эффективно и комплексно использовать древесное сырье;

– наличие развитой производственной и транспортной инфраструктуры;

– достаточный уровень квалификации специалистов и рабочих производственных цехов, а также поддержка развития производства местными административными органами.

Однако предприятия целлюлозно-бумажной промышленности пока не полностью восстановились после кризиса, в котором находились в последние годы, и на успешное развитие производства продолжают отрицательно влиять следующие факторы:

– высокий физический и моральный уровень износа основного технологического оборудования, более 63,0 %. Свыше 70,0 % оборудования имеет срок службы от 20 и более 50 лет;

– недостаточный объем инвестиций, направляемых на техническое перевооружение и реконструкцию основных цехов;

– низкая производительность труда – в десять раз ниже ведущих компаний мира;

– недостаточная конкурентоспособность отдельных видов продукции, обусловленная низким техническим уровнем производства и медленным внедрением современных технологий;

– высокий уровень энергоемкости производства;

– низкий уровень экологической безопасности продукции и производств (продукция с применением элементарного хлора и т.п.);

– отсутствие согласованной маркетинговой, инновационной и экспортной политики в отрасли;

– недостаточная организация формирования корпоративных структур, направленных на концентрацию капитала и диверсификацию производства.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

В.Д. БУРКОВ, *проф. каф. проектирования и технологии пр-ва приборов МГУЛ, д-р техн. наук,*
 А.М. МАМЕДОВ, *ст. науч. сотр. ИРЭ РАН,*
 В.Т. ПОТАПОВ, *проф. ИРЭ РАН, д-р тех. наук,*
 Т.В. ПОТАПОВ, *ст. науч. сотр. ИРЭ РАН, канд. физ.-мат. наук,*
 М.Е. УДАЛОВ, *доц. каф. проектирования и технологии пр-ва приборов МГУЛ, канд. техн. наук*

Проблема бесконтактных измерений напряженности электрического поля является весьма актуальной. Такие измерения необходимы при дистанционном контроле мощных энергетических установок, параметров ЛЭП, СВЧ трактов и антенн. При этом необходимо, чтобы чувствительный элемент или первичный преобразователь датчика вносил минимальное искажение в структуру распределения поля, был пассивным (т.е. не требовал наличия электрического питания в зоне измерений), миниатюрным и обеспечивал гальваническую разрядку между зоной измерения и регистрирующей аппаратурой. Таким условиям удовлетворяют волоконно-оптические датчики (ВОД), в которых в качестве чувствительных элементов (ЧЭ) используются кристаллы со структурой силленита, такие как $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ или $\text{Bi}_2\text{GeO}_{20}$ [1–2].

В данной работе приведены результаты исследования такого ВОД.

Принцип действия ВОД основан на линейном электрооптическом эффекте Поккельса, т.е. электрооптическая модуляция световой волны осуществляется вследствие

преобразования линейно поляризованного света в эллиптически поляризованный. На рис. 1 приведена оптическая схема ЧЭ. В данном случае используется продольный эффект Поккельса, когда электрическое поле направлено в кристалле вдоль оси [001] параллельно направлению распространения света.

Линейный электрооптический эффект в кристаллах со структурой силленита характеризуется рядом особенностей. Во-первых, он реализуется в условиях значительной оптической активности; во-вторых, в определенных ориентациях может сопровождаться эффектом электрогирации. Теоретический анализ [3] показывает, что при ориентации поля в кристалле вдоль кристаллографической оси [001] направляющие косинусы тензора гирации равны нулю. С другой стороны, при ориентации светового луча вдоль оси [001] в кристалле реализуется продольный ЭО эффект, допускающий амплитудную модуляцию света [4]. Дальнейшее рассмотрение относится именно к такой ориентации, поэтому эффект электрогирации не учитывается.

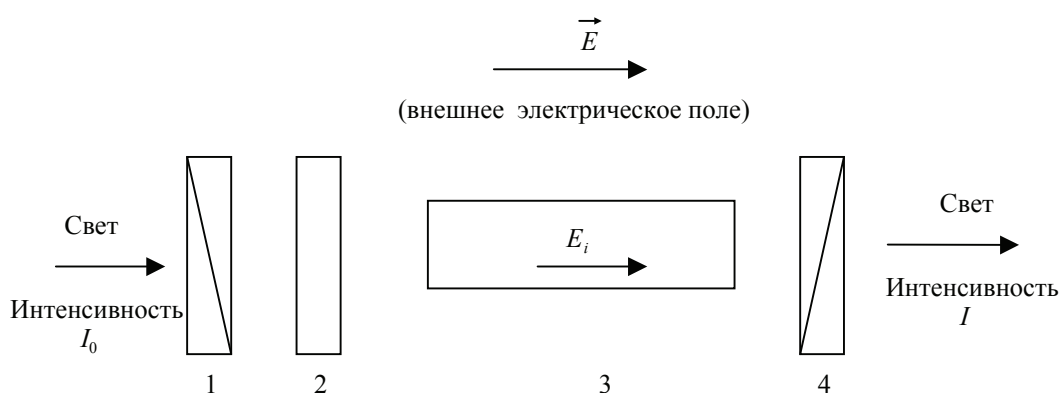


Рис. 1. Схема чувствительного элемента: 1 – поляризатор; 2 – фазовая пластина; 3 – кристалл $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$; 4 – анализатор; $E_i = k \cdot \vec{E}$, где k – коэффициент преобразования внешнего поля E в поле внутри кристалла E_i , которое определяется электрической проницаемостью $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ и геометрии кристалла

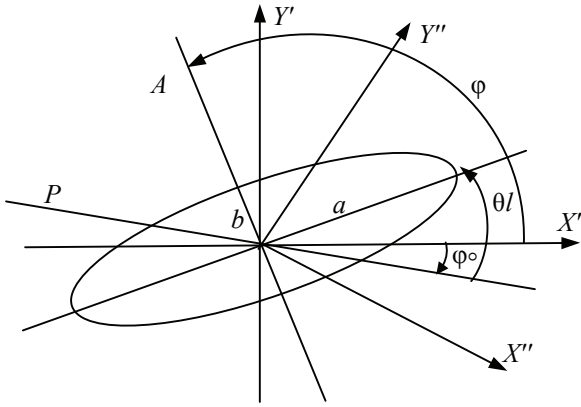


Рис. 2. Ориентация эллипса поляризации на выходе кристалла $Bi_{12}SiO_{20}$.

Рассмотрим вопрос о модуляции света в кристаллах $Bi_{12}SiO_{20}$ в продольном электрическом поле. Решение уравнения Максвелла для плоской световой волны, нормально падающей на анизотропный оптически активный кристалл вдоль оси $[001]$, показывает, что в кристалле могут распространяться две ортогональные (по Эрмиту) эллиптические поляризованные собственные волны. При этом главные оси эллипсов поляризации собственных волн совпадают с наведенным полем главными осями x' и y' двумерного тензора диэлектрической проницаемости без учета пространственной дисперсии. С этими осями, повернутыми относительно кристаллографических осей x и y на 45° в плоскости $хоу$, связываем лабораторную систему координат (рис. 2).

Далее проводя преобразования и решая дисперсионное уравнение, получим выражение для матрицы Джонса.

$$\hat{T} = \begin{bmatrix} \cos\left(\frac{m \cdot z}{2}\right) - i \cdot \frac{\Delta\beta}{m} \cdot \sin\left(\frac{m \cdot z}{2}\right) & -\frac{2 \cdot \theta}{m} \cdot \sin\left(\frac{m \cdot z}{2}\right) \\ \frac{2 \cdot \theta}{m} \cdot \sin\left(\frac{m \cdot z}{2}\right) & \cos\left(\frac{m \cdot z}{2}\right) + i \cdot \frac{\Delta\beta}{m} \cdot \sin\left(\frac{m \cdot z}{2}\right) \end{bmatrix},$$

где

$$m = \sqrt{(\Delta\beta)^2 + (2 \cdot \theta)^2}$$

– нормированная разность фаз собственных волн;

$$\Delta\beta = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot n_0^3 \cdot r_{41} \cdot E_i$$

– параметр линейного двулучепреломления (ЛДП).

Известно, что решение на основе матрицы Джонса обладает полнотой: любому

входному состоянию однозначно ставится в соответствие состояние в произвольной плоскости $z = z'$. Действие внешнего электрического поля определяем, анализируя состояние поляризации на входе в случае падения на кристалл линейнополяризованной волны.

В этом случае в оптимальной рабочей точке, а именно когда поляризатор и анализатор установлены под углом $\varphi = \pi/4$ и

$$\Theta \cdot l = (\pi/2) \cdot (1 + 2 \cdot n),$$

анализ дает следующее выражение для интенсивности света I на выходе кристалла :

$$I = \frac{1}{2} \cdot I_0 \cdot \left[1 + \left\{ \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} \cdot n_0^3 \cdot r_{41} \cdot E_i \cdot \frac{\sin(\Theta \cdot l)}{\Theta} \right\} \times \sin(2 \cdot \varphi - \Theta \cdot l) \right], \quad (1)$$

где I_0 – интенсивность света на входе кристалла;

λ – длина волны света;

n_0 и r_{41} – коэффициент преломления и электрооптический коэффициент $Bi_{12}SiO_{20}$ соответственно;

E_i – напряженность электрического поля в кристалле ($E_i \approx E$);

θ – оптическая активность $Bi_{12}SiO_{20}$;

l – длина кристалла;

φ – угол между осями поляризатора и анализатора.

На рис.3. приведена конструкция чувствительного элемента ВОД напряженности электрического поля.

Блок-схема экспериментальной установки, на которой производились исследования ВОД напряженности электрического поля, приведена на рис. 4.

Чувствительный элемент ВОД, длина кристалла BSO в котором составила $l = 8$ мм, располагался, как показано на рис. 4, между двумя плоскими электродами, расположенными на расстоянии 12 мм один от другого. Кристалл BSO полностью находился внутри зазора между пластинами.

На электроды с модулятора подавалась периодическая последовательность прямоугольных импульсов напряжения величиной до 300В. Частота повторения и длительность импульсов задавались генератором Г 5-58 и составляли 100 кГц и 2 мксек, соответственно, а фронт нарастания импульсов составляло $\approx 10^{-7}$ с.

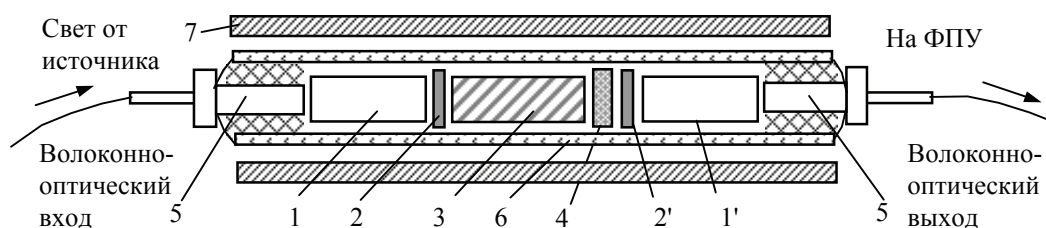


Рис. 3. Конструкция однопроходного чувствительного элемента ВОД для измерения напряженности электрического поля: 1 – коллиматор; 2 – поляризатор; 3 – кристалл ВГО; 4 – четвертьволновая пластина $\lambda/4$; 5 – керамический наконечник коллиматор; 6 – стеклянная оправа; 7 – защитная кварцевая трубка

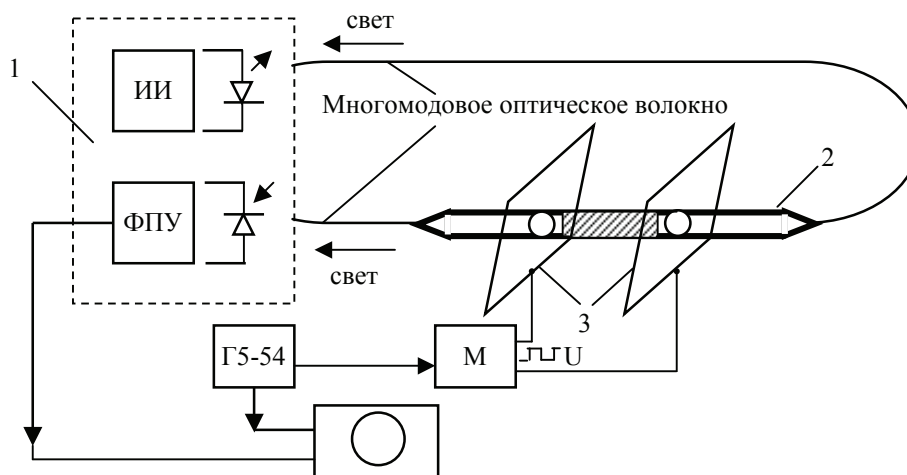


Рис. 4. Блок-схема экспериментальной установки: 1 – оптоэлектронный блок; 2 – чувствительный элемент (ЧЭ); 3 – медные пластины; ИИ – источник оптического излучения; ФПУ – фотоприемное устройство; Г5-54 – генератор прямоугольных импульсов

Немодулированное оптическое излучение с длиной волны $\lambda = 0,83\text{мкм}$ от светодиода по многомодовому оптическому волокну поступало на чувствительный элемент, где осуществлялась его модуляция электрическим полем, и далее регистрировалось фотоприемным устройством и анализировалось на осциллографе Tektronix.

При величине напряжения на электродах, равном 300 В, отношение сигнал/шум в схеме составило ~ 5 . При полосе частот фотоприемного устройства равной $\cong 5 \cdot 10^5$ Гц, величина пороговой чувствительности по полю составила $E_{\text{пор}} \cong 100\text{мВ/см}/\sqrt{\text{Гц}}$. Это значение примерно в 4 раза превышает величину расчета пороговой чувствительности, полученную из выражения (1) и равную $\cong 24\text{мВ/см}/\sqrt{\text{Гц}}$.

Быстродействие датчика определяется полосой фотоприемного устройства и составляет $\cong 10^{-7}\text{с}$. Так как инерционность эффекта Поккельса составляет $\cong 10^{-12}\text{с}$. То применение более широкополосных ФПУ позволит созда-

вать ВОД со значительным более высоким быстродействием.

Таким образом реализован ВОД напряженности электрического поля с чувствительностью $\cong 0,1\text{ В/см}/\sqrt{\text{Гц}}$ и быстродействие до 10^{-7}с , которое определялось полосой ФПУ; габариты чувствительного элемента составляют: длина $\sim 6\text{ см}$, диаметр = 6 мм, длина волоконно-оптического тракта $\cong 60\text{ м}$.

Библиографический список

1. Окоши, Т. Волоконно-оптические датчики / Т. Окоши и др.; пер. с японского. – Л.: Энергоатомиздат. – 1990.
2. Optical fiber sensors: system and applications, ed. B Culshaw and Y. Dakin, v. 2, 1989, Boston, M.A., Artech House
3. Feldman A. «Faraday Rotation in BSO, Appl. Phys. Lett., 1970,12, №5, p. 2001–2002.
4. V.V.Kutzaenko V.K. Gorchakov, V.T. Potapov «Electrooptical and magneto-optical effects in Bismuth silicate crystals and optical polarization sensors» Intern. Journ. Optoelectronics, 1990 г., v. 5, №3, pp. 235–250.

КВАРЦ-ПОЛИМЕРНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

А.А. ЗАМЯТИН, *ст. науч. сотр. МГУЛ,*

Г.А. ИВАНОВ, *проф. МГУЛ, д-р хим. наук,*

А.А. МАКОВЕЦКИЙ, *ст. науч. сотр. МГУЛ, канд. физ.-мат. наук*

В современной медицине все большее развитие получают лазерные методы проведения лечебных, хирургических и косметологических процедур. В качестве источников излучения обычно используются CO_2 -лазеры, КТР-лазеры, а также гольмиевый, александритовый, неодимовый, эрбиевый и полупроводниковые лазеры. Широкий спектр лазерного излучения с длиной волны от 0,3 до 10,6 мкм и мощностью от единиц милливатт до нескольких сотен ватт позволяет охватить практически весь круг задач, решаемых в лазерной медицине.

Оптические волокна (ОВ) предназначены для доставки лазерного излучения к месту проведения оперативного вмешательства при открытых, эндоскопических и лапароскопических операциях в урологии, гинекологии, гастроэнтерологии, общей хирургии, артроскопии, дерматологии. Их использование позволяет осуществлять резание, иссечение, абляцию, вапоризацию и коагуляцию тканей при проведении хирургических операций в контакте с биотканью или в бесконтактном режиме применения (при удалении торца волокна от биоткани). ОВ применяются при передаче лазерного излучения с длиной волны до 2,0 мкм с коэффициентом пропускания >80 %, для чего при использовании излучения в ультрафиолетовом и видимом спектре световедущая сердцевина световода изготавливается из так называемого UV-кварцевого стержня, а в ближнем инфракрасном и инфракрасном спектре из WF-кварцевого стержня (с содержанием гидроксильных групп ОН меньше нескольких ppm).

Кварцевые ОВ подразделяются на кварц-кварцевые (кварцевая световедущая сердцевина и легированная, как правило фтором, кварцевая светоотражающая оболочка) и кварц-полимерные (кварцевая световедущая сердцевина и полимерная светоотражающая оболочка) световоды. Поверх свето-

отражающей оболочки в процессе вытяжки наносится защитная полимерная оболочка. Диаметр световедущей сердцевины варьируется от 0,25 до 1,2 мм. Защитная оболочка обычно имеет толщину от 50 до 250 мкм в зависимости от диаметра ВС и типа наносимого полимера. Кварц-кварцевые ОВ способны пропускать более мощное излучение по сравнению с кварц-полимерными ОВ, но они имеют вдвое меньшую числовую апертуру (т.е. вдвое меньший диаметр светового пятна на выходе) и значительно дороже последних.

Оптические волокна для применения в лазерной медицине должны удовлетворять ряду требований: быть изготовленными из биосовместимых материалов; передавать оптическое излучение мощностью до сот ватт с высокой лучевой прочностью; обладать высокой механической (изгибной) прочностью [4].

В данной работе получены и исследованы образцы кварц-полимерных оптических волокон, пригодных для использования в лазерной медицине. Вторичное защитное покрытие нанесено фильерным способом из расплавов термопластичных материалов непосредственно на вытяжной установке в процессе вытяжки волокон.

В настоящее время в данной сфере используются ОВ на основе кварцевого стекла с двойным полимерным покрытием – первичным светоотражающим из кремнийорганических эластомеров типа СИЭЛ и вторичным защитным покрытием из термопластичных материалов типа полиамидов, сополимера тетрафторэтилена с этиленом и др [1, 5].

Наиболее распространенной технологией изготовления ОВ подобной структуры является их вытяжка из кварцевых заготовок с одновременным нанесением обоих покрытий, при этом первичное покрытие

наносит на вытягиваемое волокно фильерным способом непосредственно на вытяжной установке, а вторичное – с помощью экструдера, размещенного после механизма вытягивания перед накопительным барабаном (технология in-line, двухстадийный процесс). [6, 7]. Заметим, что при данной технологии через тянущие ролики (тянущий барабан) проходит волокно, поверхность которого защищена только первичным покрытием. В силу мягкости первичного покрытия оно недостаточно защищает поверхность вытягиваемого волокна от абразивного действия механизма вытягивания, что может привести к снижению исходной механической прочности ОВ.

Нами была разработана лабораторная технология вытяжки кварц-полимерных ОВ с диаметром световедущей сердцевины $0,25 \div 1,2$ мм для лазерной медицины, при которой и вторичное защитное покрытие наносится (из расплава термопласта) фильерным способом на вытягиваемое волокно непосредственно на вытяжной установке (технология in-line, одностадийный процесс) [2].

Схема установки для вытяжки ОВ по разработанной технологии приведена на рис. 1. Она состоит из стандартных элементов, за исключением специально изготовленных печи для плавки термопласта (ППТ) с температурой $200 \text{ ч } 300$ °С и фильеры для нанесения покрытия из расплава термопласта. В качестве первичного светоотражающего покрытия использовался кремнийорганический компаунд СИЭЛ марки 159–305 с показателем преломления $n = 1,395$. Толщина наносимого покрытия составляла от 30 до 70 мкм. Термоотверждение первичного покрытия происходило в трубчатой термопечи при температуре $300 \div 350$ °С.

В качестве вторичного защитного покрытия мы использовали сополимер тетрафторэтилена с этиленом (марки Tefzel) или полиамида марок П-610 и П-12. Плавление гранул термопласта проводилось в фильере в печи ППТ непосредственно перед вытяжкой ОВ. Толщина вторичного покрытия регулировалась выбором величины внутреннего диаметра используемой фильеры, реально она имела значения от 50 до 250 мкм.

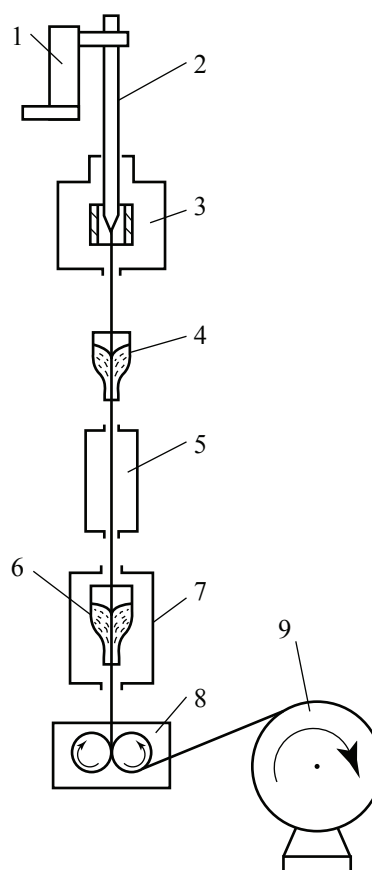


Рис. 1. Схема вытяжки оптических волокон с нанесением вторичного защитного покрытия: 1 – механизм подачи заготовки; 2 – заготовка ОВ; 3 – высокотемпературная печь с графитовым нагревателем; 4 – фильера с жидкой композицией СИЭЛ; 5 – термопечь для отверждения покрытия СИЭЛ; 6 – фильера с расплавом термопласта; 7 – печь плавления термопласта; 8 – механизм вытягивания ОВ; 9 – приемный барабан

Поскольку характеристики вторичного покрытия во многом определялись качеством подготовленного расплава, были проведены температурные измерения вязкостей расплавов исследованных термопластов с целью нахождения оптимальных значений температуры плавления гранул и температуры расплавов при нанесении покрытия. Измерения были проведены с помощью разработанного нами варианта капиллярной методики измерения вязкости, по которой вязкость расплава μ вычисляется по формуле [3]:

$$\mu = (r/2l)^2 \Delta p t ,$$

где μ – вязкость расплава;

r – внутренний радиус используемого капилляра;

Δp – приложенное разрежение в капилляре;

l – высота подъема столба жидкости под действием приложенного разрежения за время t .

В качестве примера на рис.2 приведена зависимость вязкости от температуры расплава одного из типов Tefzel. Проведенные измерения позволили установить искомые рабочие температуры, время подготовки расплавов, скорости нанесения вторичных покрытий.

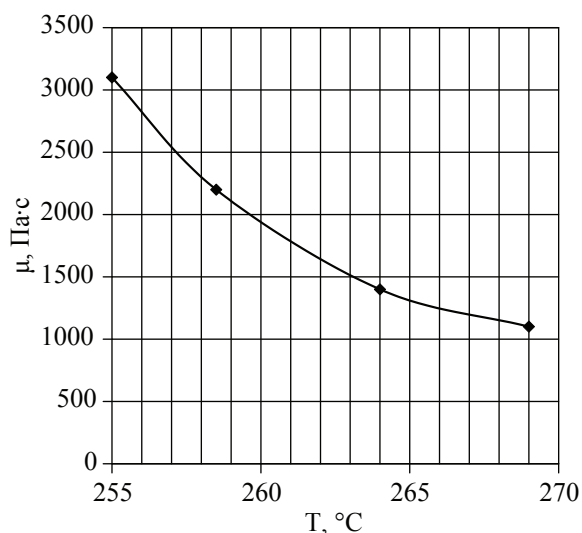


Рис. 2. Температурная зависимость вязкости одного из типов Tefzel. μ – вязкость расплава, T – температура.

Максимальная длина вытягиваемого по данной технологии ОВ лимитируется объемом расплавленного термопласта в фильере и толщиной наносимого вторичного покрытия. При используемых нами фильерах она составила ~ 300 м для ОВ с диаметром световедущей сердцевины $d_c = 600$ мкм и ~ 100 м – для ОВ с $d_c = 1,0$ мм. В силу того, что в одностадийном процессе вытягиваемое волокно поступает на механизм вытягивания, будучи надежно защищенным жестким (с модулем упругости от 970 до 2800 МПа) вторичным покрытием, вытянутые ОВ обладали хорошей механической прочностью. Они выдерживали кратковременный изгиб радиусом $(50 \div 60) r_b$ и длительный – радиусом $(300 \div 400) r_b$, где r_b – радиус квар-

цевого волокна. Это в $\sim 1,2$ раза лучше, чем для волокон, вытягиваемых при двухстадийной технологии.

Спектральные оптические потери в вытянутых ОВ несущественно отличаются от оптических потерь в исходных кварцевых штабиках. Например, для кварц-полимерных ОВ, вытянутых из «обезвоженного» (WF) кварцевого штабика с содержанием ОН-групп менее 1 ppm, потери на длине волны $\lambda = 1,38$ мкм (в максимуме полосы поглощения) составили ~ 45 дБ/км; потери в исходном кварцевом штабике – ~ 40 дБ/км.

Вытянутые ОВ имели числовую апертуру $NA = 0,35 \div 0,4$. При диаметре световедущей сердцевины $600 \div 1000$ мкм кварц-полимерные ОВ пропускали непрерывное излучение с длиной волны $\lambda = 1,06$ мкм мощностью до 100 Вт. Изготовленные образцы ОВ были использованы рядом клиник в различных областях лазерной медицины (в частности в урологии, хирургии, фотодинамической терапии, дерматологии) и в косметологии.

Таким образом, данная лабораторная технология позволяет вытягивать высокопрочные, с достаточно низкими оптическими потерями кварц-полимерные оптические волокна с диаметром световедущей сердцевины от 0,25 до 1,2 мм, годные для применения в лазерной медицине.

Библиографический список

1. Хирургия. – 1988. – № 5. – С.76.
2. Радиотехника и электроника. – 2004. – Т. 49. – № 9. – С. 1150.
3. Журнал прикладной химии. – 2002. – Т. 75. – № 10. – С. 1717.
4. Goldman L. // The biomedical laser: technology and clinical application. N.Y.: Springer-Verlag, 1981, p. 342.
5. Blyler L.L., Di Marcello F.V., Hart A.C., Huff R.G. // Abstract of papers of the American Chemical Society. 1986, v.192, p.114.
6. Naruse T., Sugawara Y. // Electron. Lett., 1977, v.13, № 5, p.154.
7. Wagatsuma M., Okazaki H., Kimura T., Yamakawa S. // Electron. Lett., 1984, v.20, № 5, p.199.

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ОТКАЗОВ РАБОЧЕГО МЕСТА КОНТРОЛЯ БОРТОВОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

А.В. ЧЕРНЫШОВ, доц. каф. вычислительной техники МГУЛ, канд. техн. наук

На сегодняшний день в среде испытателей, так или иначе связанных с бортовой телеметрической аппаратурой (БТА), отсутствует понимание необходимости разработки системы анализа отказов (САО). Следовательно, нет не только ни одной реализации, но даже и сформулированных требований к системе, отсутствует представление о ее функциях и возможностях применения.

Между тем применение такой системы могло бы позволить решить ряд практических задач, реально возникающих в процессе испытаний. Среди них:

- определение наиболее надежных образцов БТА из партии;
- определение наиболее характерных отказов БТА;
- предсказание отказов БТА.

Под анализом отказов будем понимать процесс систематизации фактов отказов конкретных экземпляров БТА и прогнозирования надежности работы этих экземпляров в будущем.

Не секрет, что при производстве и эксплуатации сложных изделий, к которым относится и БТА, любой факт отказа экземпляра изделия должен быть задокументирован путем выпуска сообщения о неисправности (СОН) или рекламации в адрес завода-изготовителя. Для отказавшей БТА это обычно означает необходимость ремонта. Поэтому после СОНа (рекламации) экземпляр БТА проходит ремонт на заводе-изготовителе, новые приемосдаточные испытания и обычно может быть повторно применен по назначению.

При отработке новой серийной БТА или выпуске ограниченного количества экземпляров БТА по специальному заказу в силу различных причин конструктивного, технологического или организационного плана отказы могут быть довольно частым явлением. И на заводе-изготовителе собирается порядочный архив СОНов (рекламаций). Однако архив этот обычно лежит мертвым грузом.

Каждый факт отказа, естественно, тщательным образом разбирается, и для его устранения, а также предотвращения подобного в будущем принимаются соответствующие меры. Но на этом обычно учет конкретного отказа и заканчивается. Попытка отследить предысторию возникновения отказа, а тем более, возможное влияние отказа на будущее поведение экземпляра БТА связана с необходимостью анализа всей совокупности отказов во времени, а также поведения системы непосредственно перед каждым отказом. Выполнить такой анализ по бумажному архиву настолько сложно (а чаще всего просто невозможно), что подобная задача зачастую даже не рассматривается.

Между тем такой анализ может быть полезен для решения нескольких вполне практических задач.

1) Часто или систематически повторяющиеся однотипные отказы, пусть даже в разных блоках БТА, могут свидетельствовать:

- о конструктивных недоработках БТА;
- о дефектах комплектующих;
- о недостаточной отработанности технологии изготовления;
- о нарушениях технологии изготовления (типичный «человеческий фактор»);
- о некорректном применении на изделия;
- о нарушениях правил транспортировки и эксплуатации.

Таким образом, на основе анализа информации об отказах экземпляров БТА во времени возможно получение более глубокого представления о причинах отказов и о мероприятиях, необходимых для их исключения в будущем (доработка конструкции БТА, совершенствование технологии изготовления и т. д.).

Если же анализ показывает, что с течением времени частота отказов значительно уменьшается, это может свидетельствовать

о правильности принятых мер и о высокой степени отработанности конструкции БТА и технологии ее изготовления.

2) Накопленная статистика поведения БТА может позволить предсказывать возникновение отказов, что даст возможность своевременно заменять комплекты БТА на изделиях, проходящих наземные испытания.

На сегодняшний день нормой считается замена БТА только по факту отказа. Каждый отказ, как правило, проявляется в процессе проведения конкретного испытания, что не позволяет это испытание закончить. Это влечет за собой как потери времени на повторное испытание, так и финансовые потери, связанные с обеспечением незаконченного испытания и организацией повторного.

В случае же предсказания отказа БТА ее замена возможна перед испытанием в процессе плановой подготовки к нему.

3) При установке БТА на долгоживущие неремонтопригодные изделия (например искусственные спутники Земли со сроком активного существования в несколько лет) может требоваться выбор из партии БТА того экземпляра, который с высокой степенью вероятности не откажет в течение всего срока эксплуатации спутника.

Обычно для такого спутника изготавливается несколько экземпляров БТА по специальному заказу. В процессе наземной обработки спутника на технологических макетах и его испытаний на летных изделиях некоторые (а то и все) экземпляры БТА периодически отказывают и подвергаются ремонту. При этом для сокращения сроков испытания спутника место отказавшего экземпляра БТА занимает резервный, а отказавший экземпляр после ремонта сам становится резервным.

Непосредственно перед итоговыми испытаниями и запуском спутника требуется выбрать тот экземпляр БТА, вероятность отказа которого наименьшая. При выборе необходимо учитывать не только общее количество отказов каждого экземпляра, но и распределение частоты этих отказов во времени (по мере проведения ремонтов должны устраняться заводские дефекты, проходить своего рода «вылизывание» аппаратуры, вследствие чего частота отказов должна спадать), а также

степень критичности отказов для работоспособности всей БТА.

Наличие САО должно предоставить испытателям информацию об отказах в систематизированном виде и позволить им принять если и не оптимальные, то хотя бы обоснованные решения.

Основу САО должна составлять база данных результатов испытаний конкретных экземпляров БТА, составленная на основе протоколов испытаний, дополненная рекламациями и СОНами. На сегодняшний день создание такой базы данных представляется весьма проблематичным.

Прежде всего, протоколы, рекламации и СОНЫ представляют собой документы с плохо структурированными данными. Поэтому использование для построения базы данных СУБД реляционного типа, широко применяемых сегодня, затруднено.

Возможен вариант хранения этих документов в виде простых текстовых файлов. Но в этом случае сильно усложняется организация выборки из них данных по заданным критериям.

Наиболее интересным представляется решение на базе бурно развивающейся технологии XML. В этом случае потребуется оформлять протоколы, рекламации и СОНЫ как документы с разметкой XML. Но выполнение разметки несложно и без труда может быть реализовано в программах, формирующих документы.

Как бы ни было с технической точки зрения реализовано запоминание протоколов, рекламаций и СОНов, необходимо принятие организационных мер к их длительному сохранению для каждого экземпляра БТА (по крайней мере на время жизни данного экземпляра, а может быть и всей серии) с тем, чтобы при необходимости эти протоколы могли быть обработаны автоматизированным способом с выявлением каких-либо закономерностей. С этой целью необходимо создание электронного архива испытаний БТА.

Информацию об отказах БТА, а также протоколы каждого испытания, представленные в электронной форме, необходимо хранить совместно. Только в этом случае

возможно говорить о каком-либо ретроспективном анализе со статистически значимыми выборками.

В качестве хранилища информации сам собой напрашивается компьютер-сервер. Но реализация такого хранилища требует решения ряда вопросов.

1) Где должен быть установлен этот сервер?

2) Как обеспечить доступ к информации или к результатам ее обработки всем заинтересованным сторонам?

3) Каковы будут затраты на поддержание сервера и кто должен нести эти затраты?

4) Как обеспечить актуальность информации на сервере?

Выбирая место для размещения сервера (имеется в виду организация, в которой будет реализован сервер), необходимо сформулировать ответ на сопутствующий вопрос – какая организация будет заинтересована в анализе информации о результатах испытаний и отказах? И, соответственно, какая организация будет этот анализ проводить? Учитывая, что заказчик БТА практически никогда не занимается анализом причин ее отказов (в случае обнаружения отказа БТА последняя всегда просто отправляется на ремонт), остается два «кандидата» – завод-изготовитель и предприятие-разработчик.

Сложность ситуации заключается в том, что разработчик обычно больше заинтересован в совершенствовании и продвижении своего детища. Соответственно и в анализе этой информации он заинтересован больше. А завод-изготовитель, как правило, кроме БТА этого разработчика, выпускает и большой объем другой продукции. Но именно на заводе приобретают заказчики комплекты БТА и именно на завод направляются СОНЫ и рекламации. Получается, что между предприятием-разработчиком и заводом-изготовителем должна существовать какая-то договоренность об обмене информацией и месте ее хранения, гарантирующем совместный доступ.

Казалось бы, с развитием современных телекоммуникационных технологий нет никакой разницы, где будет установлен сервер. Но на практике это решение

несостоятельно. Главная причина – режимность предприятий, разрабатывающих, производящих и применяющих БТА. Даже принятие специальных мер по защите информации не может гарантировать безопасность ее передачи по открытым линиям связи, на которых построена сеть Интернет. (Появившаяся в последнее время возможность использования зашифрованных туннелей ssh не сертифицирована в нашей стране соответствующими службами.) Вариант же с использованием специализированных выделенных каналов связи несостоятелен с экономической точки зрения. Вероятнее всего, каждая заинтересованная сторона должна содержать собственный сервер, доступный «своим» специалистам по внутренней локальной сети. В этом случае, кроме всего прочего, наиболее просто решается и вопрос о «хозяине» сервера, несущем расходы на его содержание. А для обмена информацией между организациями необходимо использовать курьеров с дисками большого объема – современный уровень технологии вполне допускает такое решение.

Единственным недостатком такого подхода является невозможность «мгновенной» синхронизации данных на серверах разных организаций. Актуализация информации будет происходить с частотой обмена курьерами с дисками, содержащими свежую информацию.

К сожалению, на сегодняшний день ни одного такого сервера не создано, так как у «заинтересованных» организаций отсутствует желание тратить свои ограниченные ресурсы на подобные системы, не решающие непосредственно задачи телеметрических измерений.

Одним словом, проблем, связанных с разработкой и внедрением САО, очень много. Среди них, например, откровенная незаинтересованность в этом процессе потребителей БТА. Предстоит еще многое сделать, чтобы хранение и анализ результатов испытаний и информации о сбоях в электронном виде стало столь же естественным и привычным, как, например, заполнение бумажных формуляров и паспортов, сопровождающих сегодня каждый комплект БТА.

СИСТЕМА ПРОГРАММИРОВАНИЯ И КРОССИРОВКИ РАБОЧЕГО МЕСТА КОНТРОЛЯ БОРТОВОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

А.В. ЧЕРНЫШОВ, доц. каф. вычислительной техники МГУЛ, канд. техн. наук

Необходимость этой системы является следствием технических возможностей, закладываемых в современную бортовую телеметрическую аппаратуру (БТА). Если раньше режимы работы блоков этой аппаратуры задавались кроссировкой (запаиванием перемычек), то теперь во многих случаях применяется программное управление режимами работы. При этом могут использоваться достаточно сложные программы, которые для прошивки в блоки аппаратуры должны быть представлены в бинарной форме. Готовые бинарные программы прошиваются в блоки БТА при помощи программатора, обычно универсального в рамках конкретного типа бортовой телеметрической системы.

Конечно, любая программа в бинарной форме может быть составлена человеком вручную. Однако для этого человек должен обладать высокой квалификацией как в области знаний о правилах программирования каждого конкретного блока, так и в области создания и редактирования бинарных программ на компьютере. Человек неизбежно будет допускать ошибки, которые достаточно трудно будет обнаружить. Кроме того, даже если он не допустит ни одной ошибки, сам процесс составления бинарной программы будет занимать много времени, так как сегодня объемы данных, представляющих программы блоков, зачастую значительны (1 мегабит и больше).

Кроме этого программа в бинарной форме не отражает семантику программируемого процесса. Это означает, что специалист по испытаниям изделия, не обладающий, как правило, широкими познаниями ни в области тонкостей составления программ для блоков БТА, ни в области применения компьютера для этой цели, не сможет даже однозначно сформулировать, как должна быть настроена БТА для проведения конкретного испытания. Не говоря уже о том, чтобы выпустить об этом документ, являющийся основой про-

граммы действий служб, готовящих и проводящих испытание.

Для решения перечисленных проблем необходима разработка специальных программных комплексов, автоматизирующих получение бинарных программ для блоков БТА [1]. Эти комплексы должны обладать рядом интересных особенностей.

Прежде всего, какой бы ни была БТА, разные блоки БТА, решающие принципиально разные задачи, будут иметь индивидуальные схмотехнические решения, а значит и программироваться будут по-разному. Разные подходы к программированию следуют и из самого факта, что блоки предназначены для решения разных задач. Это означает, что бессмысленно пытаться создать какую-то одну универсальную программу, позволяющую автоматизировать получение бинарных программ для всех типов блоков.

Фактически речь идет о разработке индивидуального комплекса программ для автоматизации получения бинарных программ для каждого программируемого блока. Но при этом необходимо обеспечить единство принципов разработки, применения, учета, хранения, документирования, обращения (рассылки) и других необходимых работ с программами для блоков БТА.

Серьезные исследования в этой области отсутствуют. Поэтому разработчики каждого такого комплекса решают эту задачу по-своему, опираясь на свои соображения эффективности и опыт в программировании.

Как правило, в большой системе каждый самостоятельный блок (или группа блоков, но не все блоки) создается своим разработчиком. Зачастую при этом и ПО программирования каждого блока создается по индивидуальному заказу, а часто и различными программистами. Причем программисты в этом случае далеко не всегда представляют себе особенности технологии применения БТА. На практике при этом в рамках большой

системы появляется ПО, имеющее следующие проблемы:

1) имея красивый графический интерфейс, программа может оказаться «игрушкой», отнюдь не облегчающей процесс программирования блока. Так, например, автору приходилось видеть инструментальную программу для программирования блока выдачи временных команд. Программа представляла собой экранную таблицу (созданную, видимо, с использованием готовой библиотеки API), каждая строка которой соответствовала своему моменту времени. Программа для прибора должна была содержать несколько тысяч моментов времени (попросту говоря ячеек памяти). Соответственно и в таблице инструментальной программы было несколько тысяч строк. Причем не было никакой возможности увидеть всю программу целиком (при данном способе построения интерфейса оператора это невозможно в принципе). Вряд ли такое решение способствовало удобству составления и контроля программ в блоке. Тем более, что в реальных системах смена состояний команд происходит нечасто. То есть значительно проще и быстрее указать лишь моменты времени и номера переключаемых команд, а не заполнять всю огромную таблицу;

2) если в системе имеется несколько различных программируемых блоков, то конечному пользователю (специалисту по программированию блоков в системе) приходится изучать особенности программирования каждого блока и последовательность действий для выполнения процедуры программирования, что зачастую сводится к изучению особенностей графического интерфейса разных программ, каждая из которых работает только со своим блоком;

3) конструкторские документы, описывающие сборку системы из блоков, при описании процесса программирования (настройки) блоков изобилуют инструкциями типа «щелкните на элементе меню, в открывшемся окне перейдите на вкладку и введите в строке число, после чего щелкните на кнопке ОК...». Мало того, что составление подобных инструкций весьма трудоем-

ко, подобные инструкции еще и скрывают суть настройки – что именно и для чего программируется. Запись же последнего вместо приведенной выше инструкции потребует от сборщиков и инженеров по эксплуатации системы детальных знаний о том, как реализовать записанные требования с помощью инструментальных программ.

При создании СПК системы «Орбита-IVМО» была предложена концепция [1], призванная свести к минимуму обозначенные выше проблемы. Суть ее сводится к следующему.

Так как каждый программируемый прибор системы «Орбита-IVМО» решает свою специфическую задачу, ПО программирования каждого прибора должно ориентироваться на специфику этой задачи, оперировать терминами ее предметной области. В то же время сама схема работы оператора с ПО программирования каждого прибора должна быть, по-возможности, единой. Избранный подход должен обеспечить относительно простое документирование сути настройки приборов, выраженное в терминах предметной области. Но при этом обеспечить возможность простого применения документации сборщиками и инженерами по эксплуатации системы для программирования приборов системы.

В состав системы «Орбита-IVМО» входят приборы, сильно различающиеся по сложности программирования (центральный формирователь МБУ, блок выдачи временных команд БВК, запоминающее устройство СЗУ). Но при создании СПК важно обеспечить единый подход к программированию всех приборов. Только в этом случае можно гарантировать стройность системы, простоту ее освоения и эксплуатации.

Важной компонентой аппаратуры РМК, обеспечивающей единый способ программирования всех приборов, является программатор. Этот блок РМК обеспечивает программирование любого прибора из состава системы «Орбита-IVМО» путем прошивки в его ПЗУ заранее подготовленного бинарного образа (дампа) программы, называемого бинарной приборной программой. Такая бинарная приборная программа пред-

ставляет собой обыкновенный файл на диске ПЭВМ РМК. При этом управление работой программатора осуществляется единственной программой, запускаемой из командной строки (сложные меню ей просто не нужны, так как имеется всего два-три варианта работы, которые быстрее задать ключами в командной строке). Это гарантирует быстрое освоение программы пользователями – сборщиками системы и инженерами-эксплуатационщиками.

При таком подходе довольно просто решается и вопрос с документированием приборных программ конкретной системы. Готовые к прошивке бинарные приборные программы могут быть записаны в спецификацию системы как документы на электронном носителе (например на ГМД) и сданы в архив.

Проблемой, таким образом, остается только создание самих бинарных приборных программ.

Для решения этой проблемы при создании СПК предложено для каждого программируемого прибора разработать специализированный язык (фактически язык высокого уровня), ориентированный на составление приборных программ в терминах предметной области каждого прибора, и транслятор с этого языка, формирующий на выходе файл бинарной приборной программы.

Для каждого программируемого прибора, безусловно, будет использоваться собственный язык. И инженерам, эксплуатирующим систему, также придется изучать эти языки. Но, во-первых, эти языки ориентированы на предметную область каждого конкретного прибора и изучить их не так сложно. Во-вторых, знание этих языков потребуется только специалистам, составляющим систему и ее программу измерений; инженеры, выполняющие сборку и простое сопровождение системы, знать эти языки не должны. Им необходимо лишь уметь прошить в приборы готовые бинарные программы, что требует знания лишь программы управления программатором. В-третьих, достигается цель единства про-

цесса программирования приборов. Для каждого прибора должна быть составлена программа на специализированном языке, причем в таком виде она может быть легко проверена, далее выполняется трансляция этой программы с получением файла бинарной приборной программы, а далее эта бинарная приборная программа зашивается в прибор с помощью универсального программатора.

Записанные на своих языках приборные программы также легко могут быть включены в конструкторскую документацию. Причем, как в виде текстовых документов (на бумаге), так и в виде документов на электронных носителях информации. Последнее более предпочтительно, так как при необходимости внесения изменений в программу не требуется ее повторный ввод в компьютер, что избавляет от появления ошибок ввода. В этом случае бинарные приборные программы, являясь производными от приборных программ, записанных на языках, превращаются во вторичные электронные документы, эксплуатация, хранение и обращение которых регламентировано ГОСТом [2] и не должно представлять большой проблемы.

Языковой подход позволяет легко реализовать такие промышленные требования, как прозрачность процесса программирования блоков БТА (за счет языков, соответствующих семантике предметной области), контролепригодность, документируемость, что должно позволить значительно быстрее устранять нестыковки и анализировать сбои в работе БТА на изделии.

Библиографический список

1. Чернышов, А.В. Единый подход к программированию блоков бортовой телеметрической аппаратуры на примере системы «Орбита-ИВМО» / А.В. Чернышов // 5-я международная конференция «Авиация и космонавтика». Тезисы докладов. – М.: МАИ, 2006. – С. 88–89.
2. ГОСТ 28388-89. Системы обработки информации. Документы на магнитных носителях данных. Порядок выполнения и обращения. = Information processing systems. Documents on magnetic media. Order of realization and circulation. – Введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 40 с.

БАЗА КАЛИБРОВОЧНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

С.М. МАКЛАКОВ, *асп. каф. вычислительной техники МГУЛ*

Исследование характеристик ослабления электромагнитных волн растительными покровами необходимо для интерпретации результатов дистанционного зондирования и повышения надежности радиосвязи в условиях лесных массивов. Эти исследования могут проводиться как в натуре, так и в лабораторных условиях.

При проведении лабораторных исследований характеристик взаимодействия электромагнитных волн СВЧ диапазона и фрагментов растительного покрова с помощью сверхширокополосной волноводной системы [1] существенную роль играют калибровочные измерения, которые помогают найти связь между частотными характеристиками измеряемого объекта и измерительной системы. Практически все элементы измерительной системы обладают различными частотными характеристиками, которые по-разному изменяются при заполнении волновода исследуемыми объектами. Особенно существенно влияние исследуемых объектов на модовую структуру электромагнитного поля в широкополосном волноводе. Указанные эффекты могут приводить к ошибкам в качественной и количественной интерпретации экспериментальных данных.

В данной работе предлагается метод уменьшения ошибок при изучении характеристик взаимодействия электромагнитных волн СВЧ диапазона и фрагментов растительного покрова с помощью сверхширокополосной волноводной системы путем создания базы калибровочных данных (БКД).

База калибровочных данных

Для уменьшения ошибок при изучении характеристик взаимодействия электромагнитных волн с элементами растительного покрова необходимо проводить калибровочные измерения с помощью эталонных объектов. При этом целесообразно стремиться к тому, чтобы частотные характеристики эталонных

объектов были максимально близки к соответствующим характеристикам исследуемых объектов. С этой целью для выбора эталонов необходимо использовать максимум априорной информации об измеряемых объектах. В рассматриваемом случае ключевыми элементами такой информации могут являться:

- тип растительности,
- тип исследуемых фрагментов,
- влажность исследуемых образцов,
- сезонные характеристики влажности древесины и жидкой фазы,
- расположение элементов растительности в волноводе.

Целесообразно использовать эталоны, имеющие диэлектрические и геометрические характеристики, близкие к соответствующим характеристикам предполагаемых измеряемых объектов. Это позволит существенно уменьшить ошибки измерений и более корректно учесть эффекты взаимодействия электромагнитных волн с фрагментами растительного покрова.

Если конструкция измерительной системы и условия проведения измерений достаточно стабильны, целесообразно провести калибровочные измерения со всеми возможными эталонами заранее и записать результаты калибровки в базу калибровочных данных, а затем пользоваться этой базой при обработке и интерпретации результатов измерений. Стабильность работы стенда контролируется путем предварительной калибровки, проводимой перед каждой серией исследований, и заключается в измерении частотных характеристик пустого волновода и волновода, заполненного эталонными поглотителями.

Создаваемая в рамках рассматриваемого направления исследований база калибровочных данных должна заполняться упомянутыми выше априорными данными, результатами калибровочных измерений, а также результатами экспериментальных исследований. В этом случае априорные дан-

ные такой базы калибровочных данных могут быть использованы в качестве справочной информации для грубой качественной оценки характеристик взаимодействия электромагнитных волн с элементами растительного покрова, а результаты калибровочных измерений совместно с априорными данными должны быть использованы для более корректной интерпретации экспериментальных данных.

Для подготовки измерительных эталонов фрагментов растительного покрова проведено исследование жидкой фазы растительных объектов с целью получения частотных характеристик мнимой и действительной частей диэлектрической проницаемости жидкой фазы в различные сезоны. Это объясняется тем, что основным фактором, влияющим на характеристики распространения электромагнитных волн СВЧ диапазона в растительности, является жидкая фаза растительности. В рамках настоящей работы был исследован сок, полученный из еловых веток зимнего периода. Диэлектрические характеристики этого сока были измерены резонаторным методом [2]. Результаты измерения показали, что в диапазоне частот ниже 10 ГГц частотная характеристика растительной жидкости существенно отличается от чистой воды (рисунок)

Из рисунка видно, что полученные экспериментальные данные по диэлектрической проницаемости воды хорошо согласуются с работой [4], однако десятипроцентный соляной раствор не может быть использован для калибровки при исследовании элементов еловой растительности зимнего периода.

В связи с тем, что процесс получения больших объемов жидкости для пропитки эталонов достаточно трудоемкий, целесообразно подобрать соответствующие растворы на основе неорганических соединений. Исходя из результатов проведенных измерений и на основе данных [4] в качестве жидкости для пропитки эталонов могут быть использованы различные концентрации растворов NaCl в воде. В качестве материала, используемого для пропитки, целесообразно применять либо соответствующие высушенные элементы растительности, либо материал, имеющий близкие к растительности диэлектрические характеристики и гигроскопичность.

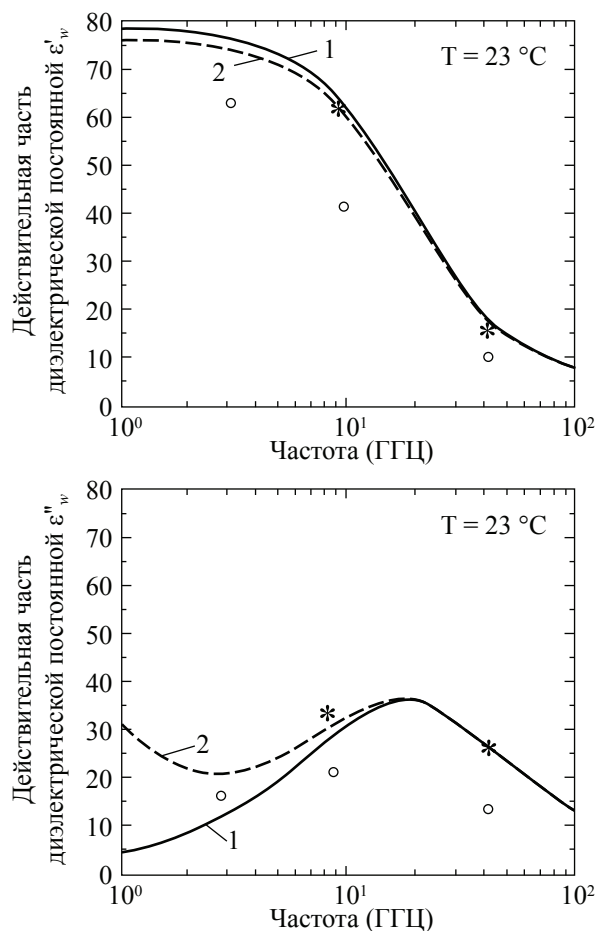


Рисунок. Частотные характеристики действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости воды – 1 [4], соляного раствора – 2 [4]. Экспериментальные данные получены при измерении елового сока зимнего периода (o) и воды (*).

С достаточной степенью точности можно считать, что диэлектрическая проницаемость высушенной растительности ϵ_g может быть определена по формуле Кротикова [3]

$$(\epsilon_g)^{1/2} \approx 1 + 0,5\rho_g,$$

где ρ_g – удельный вес высушенной растительности в г/см³.

Диэлектрическая проницаемость пропитанного эталонного излучателя может быть в первом приближении оценена по формуле Брауна [3]

$$(\epsilon_m(f))^{1/2} = \xi(\epsilon_l(f))^{1/2} + (1 - \xi)(\epsilon_g(f))^{1/2},$$

где $\epsilon_m(f)$, $\epsilon_l(f)$, $\epsilon_g(f)$ – частотные характеристики диэлектрической проницаемости смеси, жидкости и высушенной растительности, соответственно;

ξ – объемное содержание жидкости в материале эталона.

В работе рассмотрена целесообразность создания базы калибровочных данных для уменьшения ошибок при изучении характеристик взаимодействия электромагнитных волн СВЧ диапазона и фрагментов растительного покрова. Предлагаемая база калибровочных данных должна заполняться априорными данными, результатами калибровочных измерений, а также результатами экспериментальных исследований. В этом случае априорные данные такой базы калибровочных данных могут быть использованы в качестве справочной информации для грубой качественной оценки характеристик взаимодействия электромагнитных волн с элементами растительного покрова, а результаты калибровочных измерений совместно с априорными данными должны быть использованы для более точной интерпретации экспериментальных данных.

Рассмотренная база калибровочных данных необходима для использования в разрабатываемой системе автоматизированной обработки и интерпретации экспериментальных данных.

Автор выражает благодарность Е.Е. Чигряю и В.Н. Аплеталину за помощь в проведении данной работы.

Библиографический список

1. Чухланцев, А.А. Сверхширокополосная волноводная система для измерения ослабления электромагнитных волн фрагментами растительности / А.А. Чухланцев, С.В. Маречек // Приборы и техника эксперимента. – 2004. – № 5. – С. 117–122.
2. Завьялов, А.С. Измерение параметров материалов на сверхвысоких частотах / А.С. Завьялов, Г.Е. Дунаевский. – Томск: Изд. Томского университета, 1985.
3. Космическое землеведение / Под ред. В.А. Садовниченко. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 170 с.
4. Ulaby F.T., Jedlicka R.P. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, July 1984, vol. 22, № 4, p. 406.

МОЖЕТ ЛИ КОМБИНАЦИЯ АКТИВНЫХ АТАК ПРИВЕСТИ К БОЛЬШЕМУ УЩЕРБУ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ЧЕМ КАЖДАЯ ИЗ АТАК В ОТДЕЛЬНОСТИ?

А.Ю. ЗУБОВ, доц. ИКСИ, канд. физ.-мат. наук

Одним из важных аспектов защиты информации является защита от активных атак типа имитации и подмены. Для обеспечения целостности и аутентификации источника информации передаваемые данные обычно снабжаются «контрольной суммой (называемой также *аутентикатором*, *меткой*, *печатью* или *имитовставкой*)», вычисленной с помощью криптографической хэш-функции. Разработка систем аутентификации началась в 70-х годах прошлого века в работах Г. Симмонса [5–8]. Он предложил математическую модель системы аутентификации, которая была названа кодом аутентификации. Исследования по этой тематике отражены в монографии [1]. Основными параметрами, характеризующими стойкость кода аутентификации, являются вероятности успеха активных атак, определяемые правилом вычисления «контрольной суммы» при случайном выборе секретных ключей. В [6] предложен теоретико-игровой подход оценки стойкости

кода аутентификации, сводящий задачу вычисления вероятности успеха активной атаки к задаче вычисления значения некоторой матричной игры. В [2] этот подход был развит и проиллюстрирован на небольших примерах. Показано, что значение «комбинированной игры», учитывающей возможность злоумышленника использовать с некоторой вероятностью имитацию или подмену, может превосходить значение каждой из игр в отдельности. В данной статье предлагается бесконечный класс кодов аутентификации, обладающих подобным свойством.

Напомним основные определения и понятия. В литературе, посвященной кодам аутентификации, стороны, обменивающиеся информацией, называются *передатчиком* и *приемником*. Передатчик наблюдает *состояния источника*, с помощью некоторых правил *кодирует* их (используя секретные ключи), передавая получившиеся *сообщения* приемнику. Приемник восстанавливает пере-

даваемое сообщением состояние источника и принимает полученное сообщение как аутентичное, используя установленный *критерий аутентичности*. Злоумышленник (*оппонент*) осуществляет *активные атаки*, к числу которых относятся атаки *имитации* и *подмены*. При попытке имитации оппонент «вставляет» в канал связи поддельное сообщение, а при попытке подмены – «подменяет» передаваемое сообщение поддельным сообщением. В обоих случаях оппонент рассчитывает на то, что поддельное сообщение будет принято как аутентичное. Не зная используемого передатчиком и приемником секретного ключа, оппонент может добиться успеха при выборе поддельного сообщения лишь с некоторой вероятностью. Чем меньше эта вероятность, тем более стойким является *A*-код. В простейшем случае речь идет об атаках на основе не более чем одного наблюдаемого сообщения. Мы ограничимся лишь такими атаками.

Формально *A*-код определяется следующим образом. Пусть S, E, M – соответственно множества *состояний источника, сообщений и правил кодирования*. Каждое правило кодирования $e \in E$ представляет собой инъективное отображение $e: S \rightarrow M$. Оно определяет обратное отображение $e^{-1}: M \rightarrow S \cup \{0\}$ (Полагают, что $0 \notin S$), такое, что $e^{-1}(m) = s$, если $m \in e(S)$, причем $m = e(s)$, и $e^{-1}(m) = 0$, если $m \notin e(S)$, где $e(S) = \{e(s) : s \in S\}$. Для любых $s \in S$ и $e \in E$ выполняется равенство $e^{-1}(e(s)) = s$, означающее, что сообщение и правило кодирования однозначно восстанавливают состояние источника. Требуется, чтобы выполнялось равенство $M = \bigcup_{e \in E} e(S)$, означающее, что каждое сообщение является результатом применения некоторого правила кодирования к некоторому состоянию источника.

Код аутентификации – это тройка конечных множеств (S, E, M) , удовлетворяющих указанным требованиям. Для аутентификации передаваемых состояний источника передатчик и приемник выбирают (в секрете от оппонента) общее правило кодирования e . Передатчик вычисляет $m = e(s)$ и направляет сообщение m приемнику. Критерием аутентичности полученного сообщения является условие $e^{-1}(m) \neq 0$. Для удобства выбора правил кодирования множество E индексируется *ключами*.

Полагают, что состояния источника появляются случайно, в соответствии с заданным на множестве S распределением вероятностей $P(S) = (p_s(s), s \in S)$. Пусть \tilde{S} – случайная величина, имеющая распределение $P(S)$. Передатчик и приемник выбирают правила кодирования из множества E случайно в соответствии с некоторым распределением вероятностей $P(E) = (p_E(e), e \in E)$. Пусть \tilde{E} – соответствующая случайная величина. По определению случайные величины \tilde{S} и \tilde{E} полагаются независимыми. Они индуцируют случайную величину \tilde{M} с множеством исходов M , где

$$p_M(m) = \sum_{e \in E(m)} p_E(e) \cdot p_S(e^{-1}(m)), \text{ а}$$

$$E(m) = \{e \in E : e^{-1}(m) \neq 0\}.$$

Матрицей кодирования A-кода называется матрица размеров $|E| \times |M|$, строки которой занумерованы правилами кодирования $e \in E$, столбцы – сообщениями $m \in M$; на пересечении строки матрицы с номером e и столбца с номером m расположен элемент $e^{-1}(m)$. *Матрица инцидентности A*-кода – это матрица X_A , имеющая те же размеры. Ее элементы $\chi(e, m)$ определяются формулой

$$\chi(e, m) = \begin{cases} 1, & \text{если } e^{-1}(m) \neq 0, \\ 0, & \text{если } e^{-1}(m) = 0. \end{cases}$$

Следуя за работами [6, 7], будем оценивать стойкость *A*-кода к атаке имитации вероятностью p_0 , определяемой следующим образом. Пусть $p_n(m)$ – вероятность события « $m \in e(S)$ » при случайном выборе $e \in E$. Это – вероятность того, что сообщение $m \in M$ будет принято как аутентичное. Она выражается формулой

$$p_n(m) = \sum_{e \in E(m)} p_E(e).$$

Тогда p_0 определяется как

$$p_0 = \min_{P(E)} \max_m p(m). \quad (1)$$

Стойкость *A*-кода к атаке подмены будем оценивать вероятностью p_1 , определяемой следующим образом. Пусть m, n – различные сообщения, и $p_n(n/m)$ – вероятность того, что для случайно выбранной пары (e, s) оппонент добьется успеха при подмене наблюдаемого сообщения $m \in M$ сообщением $n \neq m$. Тогда

$$p_n(n/m) = 1/p_M(m) \cdot \sum_{e \in E(m, n)} p_E(e) p_S(e^{-1}(m)),$$

где $E(m, n) = E(m) \cap E(n)$.

Пусть

$$p_n(m) = \max_{n \neq m} p_n(n/m).$$

Тогда

$$p_n = \min_{P(E)} \sum_{m \in M} p(m) p_M(m). \quad (2)$$

С A -кодом ассоциируются три матричные игры. Участниками каждой игры являются оппонент – *первый игрок*, а также передатчик и приемник – *второй игрок*. В «игре в имитацию» с матрицей X_A ход первого игрока состоит в выборе сообщения $m \in M$, а ход второго – в выборе правила кодирования $e \in E$. Если $e^{-1}(m) \neq 0$, то выигрывает первый игрок, если $e^{-1}(m) = 0$, то – второй. Чистая стратегия защиты соответствует выбору строки матрицы, а чистая стратегия нападения – выбору столбца. Значение выигрыша в ситуации (e, m) равно $x(e, m)$.

Если игроки выбирают свои чистые стратегии в игре случайно, в соответствии с распределениями вероятностей $Q = Q(M)$ и $P = P(E)$, то говорят о *смешанном расширении матричной игры*. Q и P называют соответственно *смешанной стратегией нападения* и *смешанной стратегией защиты*. Выигрыш первого игрока в ситуации (Q, P) выражается формулой

$$v_n(Q, P) = \sum_{e \in E} \sum_{m \in M} p(e) \cdot x(e, m) \cdot q(m) = \sum_{m \in M} \sum_{e \in E(m)} p(e) \cdot q(m). \quad (3)$$

Согласно *теореме о минимаксе* [4], существуют оптимальные смешанные стратегии, которые максимизируют выигрыш первого игрока и минимизируют проигрыш второго. Выигрыш, полученный при использовании игроками оптимальных смешанных стратегий, называется *значением игры в имитацию* и обозначается v_n . Если $Q^{(0)}$ и $P^{(0)}$ – любая пара оптимальных смешанных стратегий, то

$$v_n = v_n(Q^{(0)}, P^{(0)}).$$

В «игре в подмену» ход первого игрока состоит в выборе отображения $\varphi: M \rightarrow M$ без неподвижных точек. Любое наблюдаемое сообщение m первый игрок подменит на $\varphi(m)$. Ход второго игрока состоит в выборе $e \in E$. Выигрыш первого игрока в ситуации (e, φ) полагается равным вероятности того, что в этой ситуации сообщение $\varphi(m)$ будет принято как аутентичное. Матрица Y_A игры в подмену имеет размеры $|E| \times |\Psi|$, где Ψ – множество всех отображений множества M в себя без не-

подвижных точек. Элемент $y(e, \varphi)$ матрицы Y_A выражается формулой

$$y(e, \varphi) = \sum_{s \in S: f_e(\varphi(e(s))) \neq 0} p_S(s).$$

Смешанными стратегиями игроков служат распределения $R = R(\Psi) = (r_R(\varphi))$, $\varphi \in \Psi$ и $P = P(E)$. Выигрыш первого игрока в ситуации (R, P) выражается формулой

$$v_n(R, P) = \sum_{e \in E} \sum_{\varphi \in \Psi} p_E(e) \cdot y(e, \varphi) \cdot r_R(\varphi).$$

Согласно теореме о минимаксе, существуют оптимальные смешанные стратегии $R^{(0)}, P^{(0)}$, при использовании которых достигается значение игры –

$$v_n = v_n(R^{(0)}, P^{(0)}) = \min_R \max_P v_n(R, P) = \max_P \min_R v_n(R, P).$$

В [2] показано, что выполняются равенства $p_0 = v_n$ и $p_1 = v_n$.

Первый игрок может выбирать между имитацией или подменой. Этой возможности отвечает игра с матрицей Z_A , являющейся конкатенацией матриц X_A и Y_A . Смешанное расширение G игры с матрицей Z_A назовем *комбинированной игрой*. Стратегиями игроков в этой игре служат соответственно распределение вероятностей $P = P(E)$ (на множестве строк матрицы Z_A) и распределение вероятностей $W(M \cup \Psi) = W$ (на множестве столбцов матрицы Z_A). Значение v_G *комбинированной игры* – это вероятность выигрыша первого игрока в случае, когда игроки используют оптимальные стратегии $W^{(0)}$ и $P^{(0)}$.

В [2] предложен метод вычисления значения v_G , и приведен пример A -кода с матрицей кодирования размеров 4×4 , для которого выполняется неравенство

$$v_G > \max\{v_n, v_n\}. \quad (4)$$

Тем самым показано, что комбинированная атака может дать оппоненту больший выигрыш, чем атака имитации или подмены по отдельности. Однако приведенный в [2] пример мог оказаться исключением. Покажем, что это не так.

В [3] вычислены значения v_n и v_n для следующего A -кода. Множеством состояний источника A -кода служит $S = \{H, T\}$. Состояния источника H и T можно интерпретировать как результаты случайного бросания монеты (орел и решка), которые появляются с

вероятностями p и $1-p$ соответственно, $p \geq 0,5$. Множества E и M состоят из N элементов: $E = \{e_1, e_2, \dots, e_N\}$, $M = \{m_1, m_2, \dots, m_N\}$, где N – натуральное число, $N \geq 3$. Матрица кодирования (размеров $N \times N$) имеет вид

$$\begin{pmatrix} H & T & 0 & 0 & . & 0 & 0 & 0 \\ 0 & H & T & 0 & . & 0 & 0 & 0 \\ . & . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & . & 0 & H & T \\ H & 0 & 0 & 0 & . & 0 & 0 & T \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Отметим, что подобный A -код (с другой матрицей кодирования) может быть реализован с использованием стандарта шифрования, например, AES . Если закодировать состояния источника H и T 128-битными векторами \bar{H} и \bar{T} , и применить в качестве правила кодирования e_k , $k \in K = \{0,1\}^{128}$, правило зашифрования $E_k AES$ на ключе k то есть $e_k(s) = E_k(\bar{s})$, $s \in S$, $k \in K$, то получим A -код, для которого $|E| = |M| = 2^{128}$.

Для A -кода с матрицей кодирования (5) справедливо следующее утверждение:

Теорема 1 [3]

Для рассматриваемого A -кода $p_0 = 2/N$; $p_1 = 0,5$, если $p = 0,5$; оптимальной стратегией защиты от имитации и от подмены является равномерное распределение $P(E)$; при $p > 0,5$ имеет место формула

$$p_1 = \frac{3p-1-p^2(1+a^{N-1})}{3p-1-pa^{N-1}}; \quad (6)$$

оптимальная стратегия защиты от подмены определяется вектором \bar{x} , где

$$x_N = x_1 = \frac{2p-1}{3p-1-pa^{N-1}}, \quad x_2 = \frac{a(2p-1)}{3p-1-pa^{N-1}}, \dots, \\ x_{N-1} = \frac{a^{N-2}(2p-1)}{3p-1-pa^{N-1}}, \quad (7)$$

и $a = (1-p)/p$.

Доказательство теоремы состоит в вычислении p_0 как $\min \{L(\bar{x}), \bar{x} \in \Omega\}$, где x_i – вероятность $p_E(e_i)$, $i = 1, 2, \dots, N$,

$$L(\bar{x}) = \max \{x_1 + x_N, x_1 + x_2, x_2 + x_3, \dots, x_{N-1} + x_N\}, \quad (8) \\ \Omega = \{\bar{x} = (x_1, \dots, x_N) : x_1 + \dots + x_N = 1, 0 < x_i < 1, i = 1, 2, \dots, N\};$$

и вычислении p_1 как $\min \{L_1(\bar{x}), \bar{x} \in \Omega\}$,

где

$$L_1(\bar{x}) = \max \{px_1; px_N\} + \max \{(1-p)x_1; px_2\} + \\ + \max \{(1-p)x_2; px_3\} + \dots + \max \{(1-p)x_{N-2}; \\ px_{N-1}\} + \max \{(1-p)x_{N-1}; (1-p)x_N\}. \quad (9)$$

Оценим теперь для данного A -кода величину v_G .

Теорема 2

При $N \geq 4$ и $p > (\sqrt{5}-1)/2$ для A -кода с матрицей кодирования (5) справедливо неравенство (4).

Доказательство. Допустим противное: предположим, что выполняется равенство $v_G = \max \{v_u, v_n\}$. Тогда (при $N \geq 4$) из (6) следует, что

$$v_G = \max \left\{ \frac{2}{N}, \frac{3p-1-p^2(1+a^{N-1})}{3p-1-pa^{N-1}} \right\} = \\ = \frac{3p-1-p^2(1+a^{N-1})}{3p-1-pa^{N-1}}. \quad (10)$$

Равенство (10) означает, что в комбинированной игре оптимальной стратегией защиты служит оптимальная стратегия защиты $P^{(0)}$ от подмены, представленная вектором (7). Вычислим значение игры в имитацию, соответствующее этой стратегии защиты и «лучшей» против этой стратегии защиты стратегии нападения. Для этого заметим следующее.

Пусть $P = P(E)$ – произвольная стратегия защиты и $m_0 = m_0(P) \in M$ – сообщение, для которого выполняется равенство

$$p_n(m_0) = \max_{m \in M} p_n(m).$$

Пусть $\bar{Q}(P) = (\bar{q}(m), m \in M)$ – такая стратегия нападения, что

$$\bar{q}(m) = \begin{cases} 1, & \text{если } m = m_0, \\ 0, & \text{если } m \neq m_0. \end{cases}$$

Тогда из (3) следует, что для любой стратегии нападения Q выполняется неравенство

$$v_n(Q, P) \leq v_n(\bar{Q}(P), P).$$

Вычислим $\bar{Q}(P^{(0)})$. По матрице (5) и формулам (7) находим:

$$p_n(m_1) = x_1 + x_N = \frac{4p-2}{3p-1-pa^{N-1}}, \\ p_n(m_2) = x_1 + x_2 = \frac{(2p-1)(a+1)}{3p-1-pa^{N-1}}, \dots, \\ p_n(m_i) = x_{i-1} + x_i = \frac{(2p-1)(a^{i-2} + a^{i-1})}{3p-1-pa^{N-1}}, \dots, \\ p_n(m_N) = x_{N-1} + x_N = \frac{(2p-1)(a^{N-2} + 1)}{3p-1-pa^{N-1}}.$$

Отсюда

$$\max_{i=1, \dots, N} p_n(m_i) = p_n(m_1),$$

и, следовательно, $\bar{Q}(P^{(0)}) = (1, 0, \dots, 0)$.

Теперь вычислим значение смешанного расширения игры в имитацию в ситуации $(\bar{Q}(P^{(0)}), P^{(0)})$. Оно равно произведению $(x_1, \dots, x_N) \cdot X_A \cdot \bar{Q}(P^{(0)})^T$, где (x_1, \dots, x_N) – вектор (7), X_A – матрица инцидентности A -кода, имеющая вид

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & . & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & . & 0 & 0 & 0 \\ . & . & . & . & . & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & . & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & . & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

и $\bar{Q}(P^{(0)})^T$ – вектор, транспонированный к вектору $\bar{Q}(P^{(0)})$. Отсюда получаем:

$$v_n(\bar{Q}(P^{(0)}), P^{(0)}) = \frac{4p-2}{3p-1-pa^{N-1}}.$$

Заметим, что разность

$$v_n(\bar{Q}(P^{(0)}), P^{(0)}) - v_G = \frac{p-1+p^2(1+a^{N-1})}{3p-1-pa^{N-1}} \quad (11)$$

положительна в том и только том случае, если $f(N) = p - 1 + p^2(1 + a^{N-1}) > 0$.

А поскольку

$$f(N+1) - f(N) = p^2 \cdot a^{N-1} \cdot ((1 - 2p)/p) < 0,$$

функция $f(N)$ монотонно убывает, причем

$$\lim_{N \rightarrow \infty} f(N) = p - 1 + p^2.$$

Поэтому неравенство $f(N) > 0$ выполняется, если $p^2 + p - 1 > 0$. При $p > (\sqrt{5}-1)/2$ это действительно так, и из (11) получаем неравенство

$$v_n(\bar{Q}(P^{(0)}), P^{(0)}) > v_G. \quad (12)$$

Поскольку $P^{(0)}$ можно рассматривать как стратегию защиты в комбинированной игре, неравенство (12) означает, что в этой игре $P^{(0)}$ «позволяет» первому игроку получить больший выигрыш, чем v_G , что противоречит условию оптимальности этой стратегии. Полученное противоречие доказывает неравенство (4). Теорема доказана.

Теорема 2 лишь доказывает неравенство (4), но не позволяет вычислить значение v_G . В [2] вычислено значение $v_G = 2p/(2p+1)$ при $N = 4$. При больших значениях N решение этой задачи затруднительно. В [2] показано, что для вычисления v_G требуется найти $\min L(\bar{x})$, где $\Omega' = \{\bar{x} \in \Omega : L(\bar{x}) = L_1(\bar{x})\}$, где $L(\bar{x})$ и $L_1(\bar{x})$ выражаются соответственно формулами (8) и (9).

В заключение отметим, что наряду с введенными в этой статье определениями вероятностей успеха атак имитации и подмены по формулам (1) и (2), при оценке стойкости A -кодов используется также подход, когда перчатчик и приемник для защиты от любой активной атаки выбирают ключи случайно и равновероятно. При этом вероятности p_0 и p_1 выражаются формулами

$$p'_0 = \max_{m \in M} |E(m)|/|E|$$

и

$$p'_1 = 1/|E| \cdot \sum_{m \in M} \max_{n \neq m} \sum_{e \in E(m,n)} p_s(e^{-1}(m)).$$

Если при этом удастся получить оценки вида $p'_0 \leq \varepsilon$ и $p'_1 \leq \varepsilon$, где ε – выбранный уровень стойкости, то, как показано в [2], вероятность успеха комбинированной атаки также не превосходит ε . В таком случае применение комбинированной атаки не дает преимуществ по сравнению с наиболее эффективной атакой имитации или подмены. К этому следует добавить, что «ценой» такого преимущества второго подхода является, как правило, нежелательное значительное увеличение числа ключей A -кода.

Библиографический список

1. Зубов, А.Ю. Математика кодов аутентификации / А.Ю. Зубов. – М.: «Гелиос АРВ», 2007.
2. Зубов А.Ю. К теоретико-игровому подходу исследования кодов аутентификации / А.Ю. Зубов // Дискретная математика. – 2008.
3. Зубов, А.Ю. О выборе оптимальной стратегии защиты для кода аутентификации с двумя состояниями источника / А.Ю. Зубов // Дискретная математика. – 2008.
4. Петросян, Л.А. Теория игр / Л.А. Петросян, Н.А. Зенкевич, Е.А. Семина. – М.: Высшая школа, 1998.
5. Симмонс, Г.Дж. Обзор методов аутентификации информации / Г.Дж. Симмонс. – ТИИЭР, 1988, – Т. 76. – № 5. – С. 105–125.
6. Simmons G.J. A game theoretical model of digital message authentication. Congressus Numerantium, Vol. 34 (1982), pp. 413–424.
7. Simmons G.J. Authentication theory/Coding theory. Crypto'84. Lecture Notes in Computer Science Vol.196 (1985), pp. 411–432.
8. Simmons G.J. «A survey of information authentication», in «Contemporary cryptology: the science of information integrity», G.J. Simmons, Ed., IEEE Press (1991), pp. 381–419.

О ВЫБОРЕ НЕВЯЗКИ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ С БУЛЕВЫМИ НЕИЗВЕСТНЫМИ

П.Н. СИТНИКОВ, *сотрудник лаборатории «ТВП», Москва*

Большое количество прикладных задач дискретной математики сводится к решению систем линейных неравенств с булевыми неизвестными. К таким, например, относятся задачи комбинаторики, классификации и распознавания образов, теории кодирования, теории графов, дискретного программирования. В связи с этим является актуальной проблема разработки и исследования генетических эволюционных алгоритмов (ГА), предназначенных для решения некоторых классов возникающих на практике систем линейных неравенств с булевыми неизвестными.

Генетические алгоритмы – адаптивные методы поиска, которые в настоящее время используются для решения задач функциональной оптимизации. Они основаны на генетических процессах живых организмов: биологические популяции развиваются в течение нескольких поколений, подчиняясь законам естественного отбора и по принципу «выживает наиболее приспособленный», сформулированному Чарльзом Дарвином. По сути ГА являются итерационными алгоритмами поиска, осуществляющими направленный перебор по нескольким параллельным направлениям в пространстве допустимых решений рассматриваемой задачи. В отличие от чисто случайного поиска ГА для выбора направления используют оценки близости имеющихся решений оптимальным. Осуществляемый данными алгоритмами направленный перебор можно назвать эволюционным, что связано со сходством операторов, применяемых в ГА, и процессов, происходящих с живыми организмами в природе.

При использовании ГА исходная задача представляется в виде оптимизационной задачи. Множество параметров решаемой задачи кодируется с помощью вектора $x = (x_1, \dots, x_n) \in \Omega_n$ над конечным алфавитом Ω , чаще всего $\Omega = \{0, 1\}$. В теории ГА для вектора x используются термины хромосома, особь, индивидуум; для переменных x_i используется термин

ген. Множество Ω_n представляет собой область допустимых решений, а функция $\Phi(x): \Omega_n \rightarrow R$, где R – множество действительных чисел, называется целевой функцией (ЦФ), или функцией качества. Смысл функции $\Phi(x)$ заключается в том, чтобы решения, имеющие лучшие значения $\Phi(x)$, с большей вероятностью попадали в новую популяцию при работе алгоритма. Целью алгоритма является нахождение экстремума введенной целевой функции, что в случае его отыскания будет соответствовать нахождению искомого решения, которое имеет наилучший показатель качества среди возможных решений задачи. Работа ГА разбивается на однотипные этапы (итерации). При этом на каждом i -м шаге вычислений ГА имеет дело с некоторым множеством векторов $X_i = \{x_1^{(i)}, \dots, x_N^{(i)}\}$, называемым популяцией.

Весь процесс поиска представляет собой последовательную смену популяций

$$X_0 \rightarrow X_1 \rightarrow \dots \rightarrow X_k,$$

происходящую при использовании операторов репродукции, скрещивания и мутации. Оператор репродукции используется для сохранения хромосом с лучшими значениями ЦФ и исключения из популяции хромосом с худшими значениями целевой функции. С помощью оператора скрещивания происходит наследование генетической информации и производится поиск более приспособленных решений. Оператор мутации позволяет изменять значения генов в хромосомах, что делает возможным поиск истинного решения в новых областях пространства решений. Генетический поиск продолжается до тех пор, пока не выполнится какое-либо условие останова, сигнализирующее о необходимости прекращения работы алгоритма или о нахождении решения.

С точки зрения эффективности применения генетических методов особую роль играет выбор целевой функции. Можно выделить три типа возникающих ситуаций.

Первой целью алгоритма является нахождение абсолютного, единственного решения

поставленной задачи. При этом ЦФ задается так, чтобы на этом истинном решении достигался глобальный экстремум функции $\Phi(x)$.

Второй целью алгоритма является нахождение некоторого «приблизительного» допустимого решения. Это может быть связано, например, с необходимостью быстрого поиска исходных данных для некоторого специализированного алгоритма решения задачи. В данном случае условием останова выступает совершение алгоритмом заданного числа итераций, после чего особь, имеющая наилучшее значение ЦФ в последней популяции, объявляется решением.

Третьей целью алгоритма выступает отыскание какого-нибудь субоптимального решения задачи, удовлетворяющего некоторому условию, налагаемому на его качество. В таких случаях условием прекращения работы алгоритма служит присутствие в популяции особи, для которой значение ЦФ перешагнуло заданный порог качества. При этом границы обычно рассчитываются исходя из соображений «близости» к оптимальному решению. Такая постановка характерна для ряда трудноформализуемых задач.

Необходимо заметить, что удачный выбор целевой функции оказывает существенное влияние на результат работы алгоритма. Целевая функция должна идентифицировать решение (попадание в ρ -окрестность решения). При незначительном изменении аргумента должно наблюдаться незначительное изменение значений функции, а в процессе приближения к истинному решению желательным является ее монотонное движение к оптимальному значению. Заметим, что последнее условие обеспечивает «плавность» при движении к истинному решению.

Предположим, что целевая функция может только распознавать истинное решение, а на прочих векторах не позволяет выделить градиент движения к нему. Тогда пусть на первой итерации создана популяция X_1 из S особей. Если среди них нет решения, то их можно считать равноценными. При помощи оператора скрещивания создается популяция X_2 , $|X_2| = S$ и т.д. Можно рассмотреть следующую последовательность переходов: $X_0 \rightarrow X_1 \rightarrow \dots \rightarrow X_k$, так как число векторов в каждой популяции

равно S , то за k итераций просматривается $S \cdot k$ векторов. Положим $|X_2| = S = 2^r$, тогда для получения истинного решения нужно сделать k шагов так, чтобы $S \cdot k = 2^r \cdot k = 2^n$, таким образом $k = 2^{n-r}$. Заметим, что в данном случае генетический алгоритм сводится к тотальному перебору, распараллеленному на S каналов.

Рассмотрим ситуацию, когда целевая функция удовлетворяет обоим вышеперечисленным условиям. На первой итерации рассматривается исходная популяция X_1 , такая, что $|X_1| = S = 2^r$ и делится на особи со значением целевой функции, превышающим некоторое пороговое значение (обозначим данное множество – X_{11}), и те особи, у которых значение целевой функции ниже порогового значения – X_{12} , так что $X_1 = X_{11} \cup X_{12}$. В силу того, что при незначительном изменении значений аргумента происходит незначительное изменение значений функции, в результате скрещивания будут получаться особи с низким значением целевой функции, а значит, при применении оператора пропорциональной репродукции не перейдут в новую популяцию, тогда можно полагать, что репродукция применяется только для X_{11} .

Положим $|X_{11}| = S_1$, $|X_{12}| = S_2$ и $S_1^2 > S$, среди особей отбирается S с лучшими значениями целевой функции, далее применяется оператор скрещивания и так до нахождения минимального значения целевой функции. Заметим, что на первом этапе алгоритма было проанализировано S^2 вариантов решений (S_2 исключено сразу, остальные – с худшими значениями целевой функции из S_1^2), на следующих итерациях данная последовательность действий повторяется. За k итераций анализируется $S^2 k$ особей. Для выявления истинного значения в этом случае необходимо проделать такое количество итераций, которое обеспечит выполнение: $S^2 k = 2^n$, или $k(2^r) = 2^n$, отсюда $k = 2^{n-2r}$.

В настоящее время под термином «генетические алгоритмы» понимается не одна модель, а достаточно широкий класс алгоритмов, подчас мало похожих друг на друга. При разработке ГА, предназначенного для решения систем линейных неравенств с булевыми неизвестными, в качестве базовой используем «классическую» структуру ГА (рисунок).

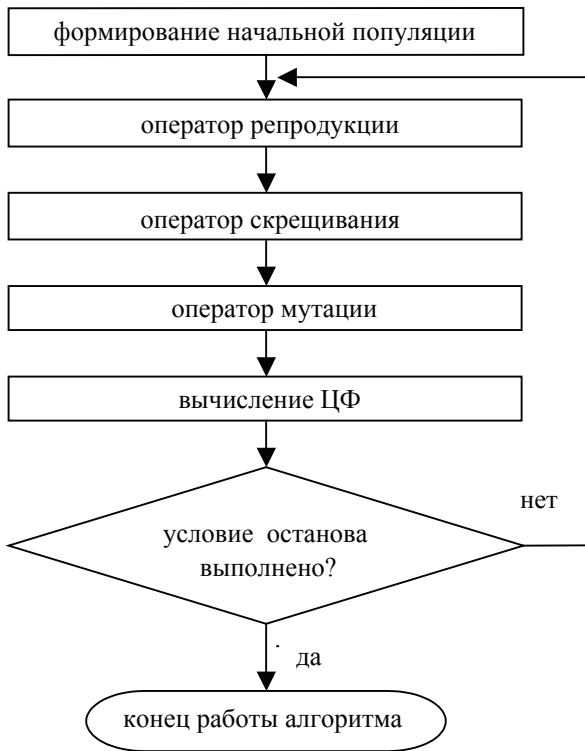


Рисунок. Схема генетического алгоритма

Рассматривается система линейных неравенств вида

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n \nabla_1 b_1 \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + \dots + a_{mn}x_n \nabla_m b_m \end{cases}, \quad (1)$$

где $a_{ij}, b_i \in Z, i, j \in N, x_j \in \{0, 1\}, \nabla_i \in \{\leq, \geq, <, >\}$.

В качестве ЦФ рассмотрим функционал $\Phi(x)$, значения которого равны числу невыполнившихся неравенств при подстановке в качестве аргументов функций системы некоторого двоичного вектора $x = (x_1, \dots, x_n)$. Тогда для истинного решения x^0 выполняется равенство $\Phi(x^0) = 0$, а для ложных решений $\Phi(x^0) > 0$ при $x \neq x^0$. Таким образом, после введения в рассмотрение функционала $\Phi(x)$ задача решения системы (1) сводится к эквивалентной ей задаче минимизации функции многих переменных $\Phi(x)$.

Экспериментальные исследования показывают наличие для функционала $\Phi(x)$ большого количества локальных экстремумов, что не позволяет ГА в большинстве случаев находить истинное решение, поэтому для определения качества вектора x используют невязку системы $\rho(x)$.

Определение 1

Под невязкой i -го неравенства для вектора $x = (x_1, \dots, x_n)$ будем понимать следующую величину

$$\rho_i(x) = \begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i, & \text{если } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i > 0, u \nabla_i \in \{\leq, <\} \\ b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j, & \text{если } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i < 0, u \nabla_i \in \{\geq, >\} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Определение 2

Невязка системы неравенств для вектора x – это сумма невязок всех неравенств

$$\rho(x) = \sum_{i=1}^n \rho_i(x). \quad (2)$$

Использование в качестве оптимизируемой ЦФ невязки системы неравенств $\rho(x)$ позволяет значительно повысить эффективность работы ГА, предназначенного для решения систем вида (1), что связано прежде всего с уменьшением числа локальных минимумов для данного функционала.

На основании экспериментальных исследований предлагается использовать в качестве ЦФ генетического алгоритма, предназначенного для решения систем вида (1), различные варианты невязки $\rho(x)$.

Определение 3

Нормированной невязкой i -ого неравенства системы (1) для вектора $x = (x_1, \dots, x_n)$ назовем следующую величину

$$z_i(x) = \begin{cases} \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2}}, & \text{если } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i > 0, u \nabla_i \in \{\leq, <\} \\ \frac{b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2}}, & \text{если } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i < 0, u \nabla_i \in \{\geq, >\} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Определение 4

Нормированная невязка системы (1) для вектора x

$$z(x) = \sum_{i=1}^n z_i(x). \quad (3)$$

Определение 5

Комбинированной невязкой системы (1) для вектора $x = (x_1, \dots, x_n)$ будем называть величину

$$z_1(x) = z(x) * k_1, \quad (4)$$

где $z(x)$ – нормированная невязка системы вида (1) для вектора x ;

k_1 – коэффициент, равный количеству невыполненных неравенств при подстановке в качестве аргументов функций системы вектора x ;

* – сложение либо умножение в R .

Определение 6

Невязкой с повторением назовем следующую функцию

$$z_1(x) = z(x) + (\max(\rho_i(x) / m), \quad (5)$$

где $\max(\rho_i(x))$ – максимальное значение невязки неравенств для вектора x , $i \in \overline{1, m}$;

m – количество неравенств системы (1).

Возможно последовательное применение в ходе работы ГА нескольких вариантов невязки, например, в качестве базовой ЦФ используется функция вида (2), а если на i -ой итерации ГА популяция X_i локализовалась в некотором булевом гипершаре радиуса $\rho \ll n$, то для ускорения процесса вывода популяции из этой зоны локализации в роли ЦФ выступает невязка вида (5).

Автор не ставил целью акцентировать внимание читателя на результатах экспериментальных исследований в силу громоздкости последних, необходимо лишь отметить, что проведенные эксперименты показывают пригодность предлагаемых в статье вариантов невязки для практического применения.

Предложенные статистики могут быть полезными для специалистов. Выбор одного из вариантов невязки должен осуществляться

на основе определенных характеристик для каждой конкретной задачи.

Библиографический список

1. Анашкина, Н.В. Использование алгоритма Балаша для нахождения решения системы линейных ограничений специального вида / Н.В. Анашкина // Вестник Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. – 2005. № 4(35). – С. 176–180.
2. Батищев, Д.И. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач / Д.И. Батищев. – Воронеж, 1995.
3. Кисляков, А.В. Генетические алгоритмы: операторы скрещивания и мутации / А.В. Кисляков // Информационные технологии. – 2001. – № 1. – С. 29–34.
4. Кисляков, А.В. Самообучающийся генетический алгоритм решения систем булевых уравнений / А.В. Кисляков, В.Г. Никонов // Научный вестник МГТУ ГА. Серия «информатика». – 2001. – № 38. – С. 28–33.
5. Курейчик, В.М. Методы генетического поиска: учеб. пособие, Ч. 1. / В.М. Курейчик. – Таганрог, ТРТУ, 1998. – 118 с.
6. Кисляков, А.В. О применении генетических алгоритмов для решения систем линейных неравенств / А.В. Кисляков, В.Г. Никонов // Труды школы-семинара «Новые информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе» по материалам докладов XXVII международной конференции IT+SE'2000 «New Information technology in Science, Education, Telecommunications and Business». – Запорожье, 2000. – С. 40.
7. Никонов, В.Г. Пороговые представления булевых функций / В.Г. Никонов // Обзорение прикладной и промышленной математики. – 1994. – Т. 1. – Вып. 3. – С. 402–457.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА КОНКУРЕНТНОМ РЫНКЕ

И.В. ТРЕГУБ, доц. Финансовой академии при Правительстве РФ, канд. техн. наук,
А.В. ТРЕГУБ, доц. каф. высшей математики МГУЛ, канд. ф.-м. наук

Известно, что цена в рыночной экономике устанавливается при взаимодействии спроса и предложения. Пересечение графиков спроса и предложения происходит в точке равновесия, а соответствующая этой точке цена называется равновесной.

Анализ факторов, влияющих на спрос и предложение, дает возможность выявить детерминанты, оценить их влияние на спрос и предложение, определить тенденции, характерные для спроса и предложения на кон-

курентном рынке, и построить математические модели, позволяющие прогнозировать развитие экономических систем. Вместе с тем, математические модели спроса и предложения позволяют рассчитать равновесную рыночную цену, знание которой позволяет компаниям, работающим на рынке, оптимизировать свою деятельность.

Данная статья посвящена разработке математических и компьютерных моделей ценообразования на конкурентном рынке на

примере самого динамично развивающегося в последнее время рынка дополнительных услуг сотовой связи.

На сегодняшний день рынок дополнительных услуг сформировался во вполне самостоятельную и мощную индустрию. Он является приоритетным направлением формирования в России информационного общества. Вместе с тем, такая проблема, как отсутствие механизма ценообразования, определяемого специализацией видов услуг в сегментах рынка, ведет к торможению развития рынка.

Комплексное обследование рынка позволяет выявить совокупность наиболее значимых факторов, влияющих на спрос и на предложение, построить математические модели спроса и предложения и разработать модель равновесного ценообразования в рыночной экономике.

Спрос на услуги рассматривается как платежеспособная потребность, т.е. как тот объем услуг, который потребитель готов оплатить при данных ценах.

На предприятиях связи исследование спроса следует проводить по видам предоставляемых услуг: в форме обмена, когда потребление услуг неотделимо от их производства, и в форме предоставления технических средств.

При предоставлении услуг в форме обмена требуется большая квалификация и профессионализм, так как это не только работа с техническими средствами, но и контакт с клиентом. Спрос на эти услуги изобретателен и более требователен с точки зрения качества и доступности.

Такие особенности услуг, как их нематериальность, несохраняемость, оказывают существенное влияние на нестабильность спроса (неравномерность в течение года, месяца, недели, суток). В момент наибольшей нагрузки велика вероятность появления неудовлетворенного спроса, или наоборот, излишних производственных мощностей, рассчитанных на чрезвычайную нагрузку и порождающих непроизводительное использование ресурсов в периоды спада.

На спрос оказывают воздействие *потребительские вкусы*, на которые влия-

ют рекламные и маркетинговые кампании по продвижению услуг, мода и технологические изменения, происходящие на рынке. Расширение функциональных возможностей мобильного аппарата, ведущие к появлению новых моделей со встроенными клавишами вызова дополнительных услуг, облегчает доступ потребителя к услуге, что ведет к увеличению спроса.

Доход потребителей также является важным фактором, влияющим на спрос. Увеличение дохода способствует тому, что для индивида цена услуги начинает играть второстепенную роль по сравнению с удобством ее получения. Например, абонент сотовой сети для получения необходимой ему информации о курсе валют будет пользоваться своим мобильным телефоном, подключенным к соответствующей услуге, вместо того, чтобы получить информацию, покупая газеты или подключаясь к сети Интернет. Если потребитель имеет высокий доход, то удобство и быстрота получения информации будет для него важнее стоимости услуги. С увеличением дохода количество пользователей дополнительными услугами должно возрасти.

Число потребителей, готовых покупать дополнительные услуги сотовой связи, также относится к детерминантам спроса. Это число зависит от количества абонентов операторов сотовой связи. Чем большее количество людей имеют мобильный телефон, тем большее число абонентов смогут воспользоваться дополнительными услугами.

Цены на сопряженные товары или услуги также являются немаловажным фактором, обуславливающим спрос на определенный вид дополнительной услуги сотовой связи. Так, в рассматриваемом выше примере при неизменном уровне дохода потребителя снижение цены газеты или тарифа на Интернет-трафик может снизить количество абонентов, получающих информацию при помощи мобильного телефона.

Ожидания событий, которые могут произойти, также могут повлиять на уровень спроса на дополнительные услуги сотовой связи.

Спрос на дополнительные услуги сотовой связи может быть *потенциальным* и дейс-

твительным. Потенциальный спрос равен числу услуг в денежном или количественном выражении, которое индивид хотел потребить и имел возможность их оплатить, но в силу ряда причин не смог этого сделать. В качестве причин могут выступать технические сбои в работе оборудования оператора или провайдера (например поломка сервера), различные условия, влияющие на качество связи (внешние электромагнитные возмущения среды), а также другие факторы (например отсутствие мобильного телефона в момент потребности в услуге). Величину потенциального спроса можно определить, проводя социологические опросы среди различных групп потребителей. *Действительный спрос* определяется фактическим объемом оказанных услуг.

Предложение показывает объем услуг, т.е. количество информации, которое производитель может передать потребителю по некоторой из возможных в течение определенного периода цене. При этом весь объем передаваемой информации делится на голосовой трафик и дополнительные услуги.

Факторы, влияющие на предложение (*детерминанты предложения*), можно разделить на две основные группы: *внешние* – общеэкономические и социально-политические факторы – и *внутренние*, обусловленные особенностями функционирования конкретного оператора/провайдера услуг.

К *внешним факторам* можно отнести финансовую политику государства (размер налогов на добавленную стоимость и на доход с продаж услуг), цены на ресурсы (тариф на электроэнергию, средний уровень заработной платы в отрасли, цена нового оборудования и программного обеспечения) и на сопряженные товары, устойчивость и совершенство банковской системы (риск возможного банкротства обслуживающего банка), наличие государственных гарантий от возможных потерь, инвестиционную привлекательность отрасли, конкуренцию со стороны других участников рынка, предоставляющих дополнительные услуги сотовой связи.

Внутренние факторы, влияющие на величину предложения – это используемые *технологии* передачи информации и особенности технологии предоставления услуг, за-

висящие от внедрения новейшего оборудования с большой пропускной способностью каналов передачи данных и *структура услуг*, на которую влияет наличие квалифицированных работников и современного программного обеспечения. Кроме того, к внутренним факторам можно отнести *ожидания* производителей дополнительных услуг.

Так, например, построение сетей 3G на основе новой технологии, лицензию на которую уже приобрели ведущие операторы сотовой связи, может затормозить развитие новых сервисов услуг в существующих сетях, т.к. средства компаний-провайдеров услуг могут быть направлены на создание сервисов в пока еще не введенных в эксплуатацию сетях.

Предложение услуги, так же как и спрос на услуги, можно разделить на потенциальное и реализованное.

Потенциальное предложение – это максимальное количество неголосовой информации в единицу времени, которое может передать оператор абоненту. Это количество обуславливается техническими характеристиками оборудования как оператора, так и провайдера сервисов услуг. На потенциальное предложение влияет пропускная способность канала связи, характеристики транспортной сети, мощность и быстродействие процессора, надежность систем контроля, обработки и тарификации запросов.

Реализованное предложение определяется фактическим объемом оказанных услуг. Это количество запросов абонентов, поступивших в систему и обработанных оператором и провайдером. В условиях бесперебойно функционирующих систем величина реализованного предложения в точности совпадает с величиной действительного спроса на услугу. Если запрос на получение услуги, отправленный абонентом оператору, не был обслужен провайдером, то действительный спрос будет выше реализованного предложения.

Выявление и количественное измерение (прямое или опосредованное) влияния факторов на уровень спроса и предложения открывают возможность построения экономико-математических моделей спроса и предложения дополнительных услуг сотовой связи, что, в свою очередь, дает возможность

прогнозирования данных величин. Кроме того, модели спроса и предложения важны для построения модели равновесного рыночного ценообразования.

Очевидно, что не все из представленных факторов равнозначны, различны и способы учета их влияния на объемы спроса и предложения дополнительных услуг сотовой связи. Для включения того или иного фактора в математическую модель в качестве объясняющей переменной необходимо определить, является ли включенная в модель переменная значащей. Процедуру проверки значимости переменной можно осуществить при помощи t -статистики Стьюдента. Для этого осуществляют оценку параметров и их погрешностей начальной модели по имеющим статистическим данным об объекте-оригинале. После этого находят отношение значения коэффициента при переменной к значению погрешности и сравнивают полученное число с $t_{\text{крит}}$ – двухсторонней квантилью распределения Стьюдента для выбранного заранее уровня значимости. Если рассчитанное число оказывается меньше $t_{\text{крит}}$, то переменную исключают из модели.

В данной статье представлены математические модели реализованного предложения и действительного спроса на рынке дополнительных услуг сотовой связи, а также модель ценообразования на конкурентном рынке. Для построения моделей были собраны статистические данные об объеме рынка дополнительных услуг сотовой связи с момента его формирования по настоящее время. Для построения моделей были применены вероятностный подход, методика прогнозирования с применением теории временных рядов, эконометрическое и компьютерное моделирование.

Анализ квартальных данных о количестве дополнительных услуг, оказанных операторами сотовой связи (S_t), показал, что наряду с плавно возрастающей с течением времени составляющей присутствует периодическая компонента с практически не изменяющейся во времени амплитудой колебаний. Это свидетельствует о наличии тренда T_t и сезонной составляющей s_t , причем исходный временной ряд может быть представлен аддитивной моделью.

$$S_t = T_t + s_t.$$

Коэффициенты тренда можно оценить методом наименьших квадратов. Стандартная форма оцененной модели тренда имеет вид

$$T_t = 0,8953 \cdot t^2 + 2,0372 \cdot t - 3,8041 + \hat{\epsilon}_t,$$

Коэффициент детерминации модели близок к единице $R^2 = 0,99$, что свидетельствует о высокой объясняющей способности переменных модели. Об этом же можно сказать, проведя исследование модели с помощью F -теста. $F = 1605 > F_{\text{крит}} = 4,2$. Сезонные компоненты имеют следующие значения

$$s_{1\text{кв.}} = 9,13, s_{2\text{кв.}} = -19,87, s_{3\text{кв.}} = -9,25, s_{4\text{кв.}} = 20,02.$$

Значения сезонных компонент в первом и четвертом кварталах свидетельствуют о положительном отклонении реализованного предложения от трендового значения, в то время как во втором и третьем кварталах наблюдается отрицательное отклонение. Это связано в первую очередь с изменением спроса на дополнительные услуги, который зависит от различных факторов. Так, например, наличие праздников в декабре – марте повышает количество абонентов, пользующихся дополнительными услугами для поздравлений друзей, коллег по работе и т.п. И наоборот, пользователи, находящиеся в летних отпусках, меньше обращаются за услугами посредством мобильного телефона.

Для прогнозирования действительного спроса была построена эконометрическая модель, отражающая зависимость действительного спроса от количества абонентов в сетях сотовых операторов. Стандартная форма оцененной модели имеет вид

$$D = 2,44 \cdot n - 514,09 + \hat{\epsilon}_t,$$

Коэффициент детерминации

$$R^2 = 0,87, F\text{-тест } F = 48,64 > F_{\text{крит}} = 5,59.$$

При помощи рассмотренных выше моделей можно построить прогноз значений реализованного предложения и действительного спроса на будущие периоды. Так, для первого квартала 2008 г. результаты прогноза представлены в таблице

Сравнивая прогнозные значения с эмпирическими данными, можно рассчитать ошибки моделей. Для модели предложения ошибка прогноза равна 0,32 %, для модели спроса – 15,83 %.

Квартал	Прогноз D	Прогноз S	Эмпирическое значение $D = S$	Ошибка прогноза D	Ошибка прогноза S
1 кв.	840,11	817,36	820,02	15,83 %	0,32 %

Для того чтобы модели спроса и предложения можно было применять для анализа ценообразования на конкурентном рынке, необходимо в модели в качестве объясняющей переменной включить цену услуги. Таким образом, требуется составить спецификацию модели, которая позволяет объяснять величину спроса и предложения товара, а также его рыночную цену величиной дохода на душу населения, количеством фирм, оказывающих услуги на рынке, числом потребителей, их ожиданиями. При составлении спецификации следует учесть известные экономические законы, касающиеся спроса, предложения и равновесной цены.

Уровень спроса в текущий период объясняется текущими ценой товара или услуги и располагаемым доходом на душу населения, причем уровень спроса падает с ростом цены на услугу и возрастает с увеличением дохода на душу населения. Большое количество потребителей на рынке обуславливает большой спрос на услугу, ожидания потребителей относительно возможных изменений в будущем могут привести как к увеличению, так и к уменьшению величины спроса.

Текущее предложение объясняется ценой услуги в предшествующем периоде и возрастает с ростом цены. На величину предложения влияют количество поставщиков услуг на рынке и их ожидания относительно будущей конъюнктуры рынка. Увеличение фирм, оказывающих дополнительные услуги на рынке, ведет к увеличению величины предложения. Изменение ожиданий может привести как к росту предложения в случае, если эти ожидания благоприятные, так и к уменьшению предложения, когда руководство предприятия считает, что дальнейшее оказание услуг станет нерентабельным.

В итоге трансляции данных утверждений на математический язык можно составить спецификацию модели, которая выглядит следующим образом

$$\begin{cases} D_t = f(P_t, x_t, n_t, \xi), \\ S_t = f(P_{t-1}, N_t, \zeta), \\ D_t = S_t. \end{cases} \quad (1)$$

В этой модели три эндогенные переменные спрос (D), предложение (S), цена услуги (P), четыре экзогенные переменные доход на душу населения (x), количество потребителей (n), количество фирм, оказывающих дополнительные услуги сотовой связи (N) и две фиктивные переменные, отражающие качественные характеристики потребителей (ξ) и производителей (ζ) – их ожидания будущих событий. Определение вида функции можно осуществить, используя эмпирические данные указанных выше переменных.

В простейшем случае в качестве функциональной зависимости можно выбрать полином первой степени. При этом нужно учесть, что при оценивании коэффициентов модели из одновременных уравнений можно столкнуться с *проблемой идентификации*. Она заключается в выявлении условий, при которых существует возможность для определения параметров модели. Оказывается, что далеко не всякая модель из одновременных уравнений допускает оценивание коэффициентов структурной формы. Например, для простейшей модели спроса-предложения товара или услуги на конкурентном рынке

$$\begin{cases} D_t = a_0 + a_1 \cdot p_t + a_2 \cdot x_t, \\ S_t = b_0 + b_1 \cdot p_t, \\ D_t = S_t, \\ a_1 < 0, a_2 > 0, b_1 > 0. \end{cases}$$

нет даже принципиальной возможности однозначно определить коэффициенты ее первого уравнения (функции спроса). Другими словами, в выборке наблюдаемых значений эндогенных и экзогенных переменных этой модели не хватает информации о коэффициентах первого уравнения, сколь бы обширной эта выборка ни была. В подобной ситуации говорят, что модель (или какое-то ее уравнение) *неидентифицируема*. Следует подчеркнуть, что не существует статистической процедуры, позволяющей вычислять состоятельные оценки коэффициентов такой модели, помочь может лишь изменение ее спецификации. Таким образом, на этапе спецификации модели необ-

ходимо выявить неидентифицируемые уравнения и так изменить спецификацию, чтобы модель стала идентифицируемой.

Методика устранения неидентифицируемых уравнений модели из одновременных уравнений заключается в целенаправленном включении в модель predetermined переменных, при этом если в модели имеется неидентифицируемое уравнение, то predetermined переменные следует включать не в это, а в смежные уравнения. Анализ зависимости спроса и предложения от внешних переменных и определение равновесной цены в модели (1) удобнее выполнять при помощи компьютерного моделирования.

Компьютерное моделирование экономических систем позволяет исследователю изучать структуру и рассчитывать параметры сложных систем, рассматривать процессы, происходящие в них, анализировать эффективность функционирования и строить прогнозы на будущее. Пакет Matlab/Simulink является удобной визуальной средой для создания имитационных моделей динамики сложных экономических систем, среди которых можно выделить рынок товаров и услуг.

Для анализа изменения переменных цена, спрос, предложение во времени используются динамические неравновесные модели рынка. Изучение зависимости спроса и предложения от цены осуществляется для каждого зафиксированного значения всех экзогенных переменных модели.

В начальный момент цена отличается от равновесной. Процесс установления равновесной цены может быть описан дискретной моделью, когда переменные на промежутке времени $t \in [t, t + 1)$ считаются неизменными. Последовательным интервалам времени $t \in [t, t + 1)$ соответствуют значения цены P_t , спроса $D(P_t)$ и предложения $S(P_t)$. Если в дискретной модели динамики цен происходит запаздывание предложения, то равновесная цена определяется из соотношения

$$S(P_t) = D(P_t).$$

В линейном приближении зависимости спроса и предложения от цены могут быть заданы функционально

$$D(P_t) = D_0 - D_1 \cdot P_t, \quad S(P_t) = S_0 + S_1 \cdot P_t,$$

где коэффициенты модели D_0, D_1, S_0, S_1 могут быть оценены, например, двухшаговым методом наименьших квадратов с использованием данных об объекте-оригинале, полученных на основании исследований.

Общий вид блок-схемы компьютерной модели динамики рыночных цен, соответствующий линейному приближению функций спроса и предложения, представлен на рис. 1.

При помощи блоков *Constant*, *Generator*, *Gain* задаются значения цены для построения графиков зависимости функций спроса и предложения от цены. Для этого ключи *Switch* и *Switch1* в модели устанавливаются в верхнее положение. При переводе ключей в нижнее положение начинается процесс имитационного моделирования.

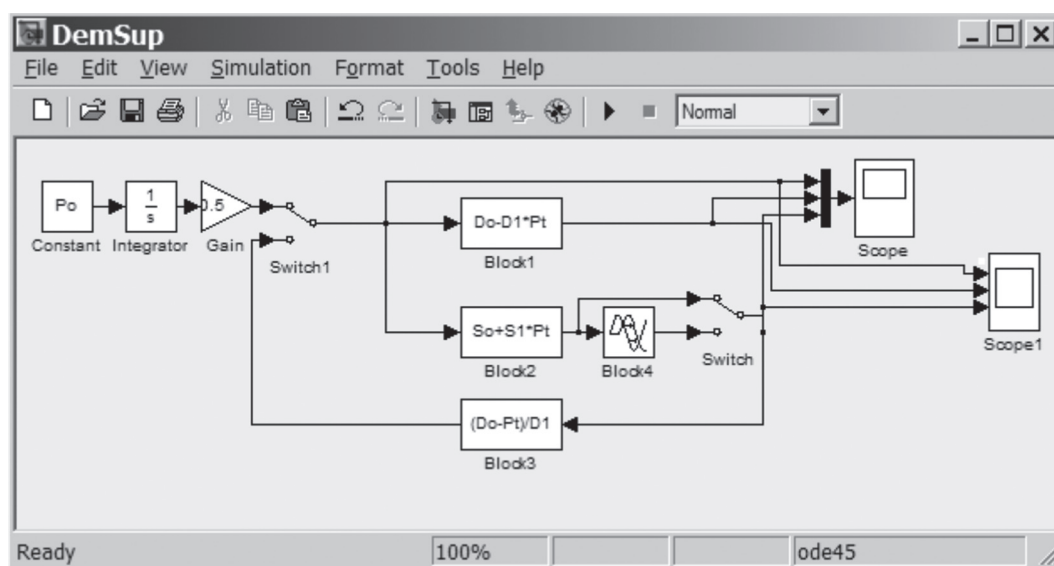


Рис. 1. Блок-схема имитационной модели динамики рыночных цен

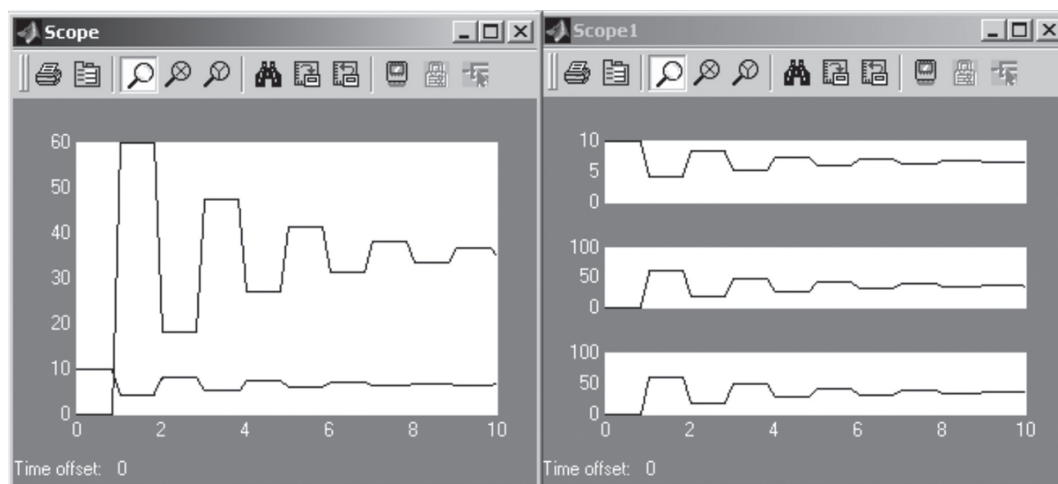


Рис. 2. Изменение цены, спроса и предложения во времени

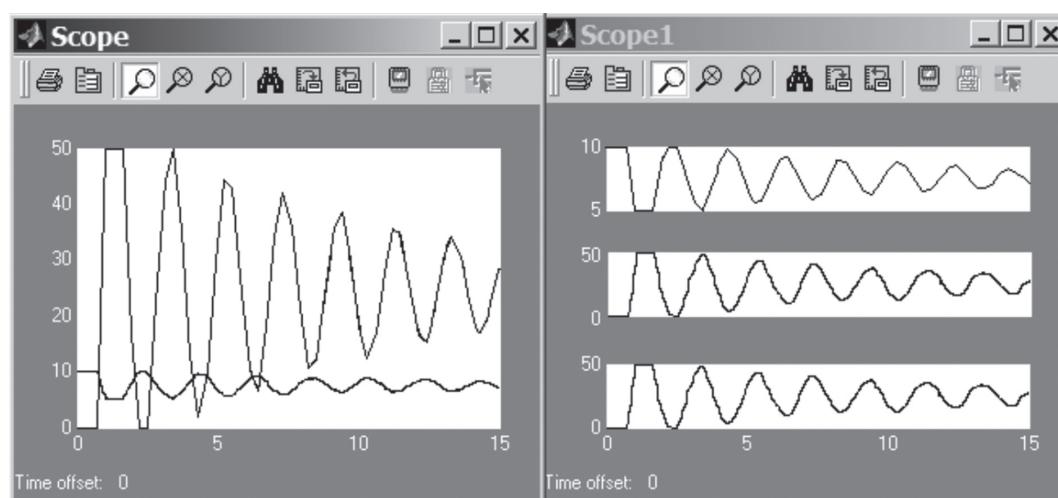


Рис. 3. Увеличение крутизны графика функции спроса и/или предложения приводит к замедлению процесса установления равновесной цены

Спрос моделируется при помощи блока *Block1*, вычисляющего значения функции спроса в зависимости от значения цены на входе в блок. Функция предложения, зависящая от цены и количества товаров и услуг на рынке в модели, состоит из трех блоков. Блок *Block2* вычисляет значения функции предложения в зависимости от значения цены на входе, блок *Block4* имитирует запаздывание поставки товаров и услуг на рынок, количество которых определяется на основе цен предыдущего момента времени. Блок *Block3* имитирует ситуацию на рынке, когда все поставляемые товары и услуги реализуются по цене, диктуемой линией спроса. Обратная функция спроса, реализуемая в блоке 3, по которой вычисляется цена покупки всего товара и услуг, может быть выражена зависимостью

$$D^{-1}(P) = (D_0 - P) / D_1.$$

В результате работы программы определяются равновесные значения рыночных цен на товары и услуги. Отображение результатов моделирования, представленное на рис. 2, осуществляется с помощью блоков Scope и Scope1, которые строят графики изменения спроса, предложения и цены с течением времени.

Для исследования влияния спроса и предложения на формирование равновесной цены необходимо задать значения параметров D_0 , D_1 , S_0 , S_1 . Смещение функции спроса обуславливается изменением значения параметра D_0 в блоках *Block1* и *Block3*, при этом цена движется к новому равновесию.

Влияние предложения на равновесную цену можно проследить, изменяя значение параметра S_0 в блоке *Block2*.

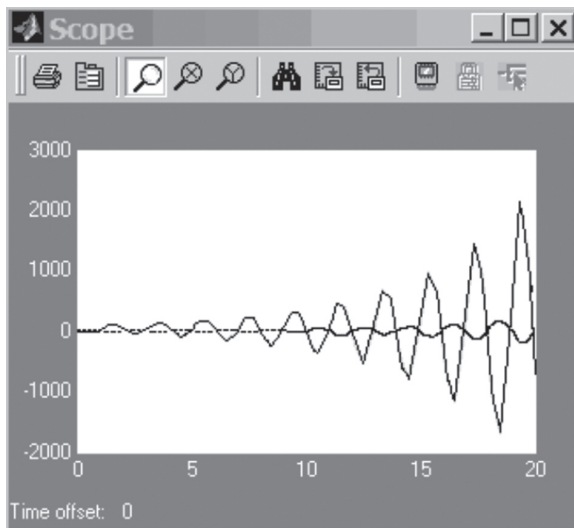


Рис. 4. Отсутствие равновесия на рынке

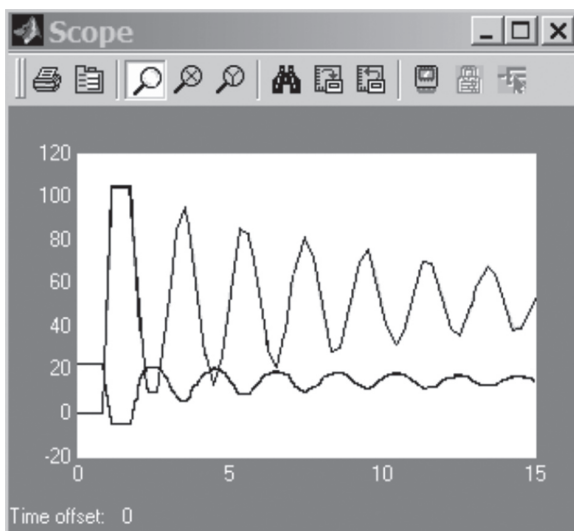


Рис. 5. Установление равновесной цены в случае параболической аппроксимации функции спроса и предложения

Крутизна графика функции спроса, определяемая коэффициентом D_1 , и крутизна графика функции предложения, задаваемая коэффициентом S_1 , также оказывают влияние на формирование равновесной цены. При увеличении S_1 колебания в системе возрастают и процесс перехода цены к равновесному значению замедляется. Соответствующие графики представлены на рис. 3.

При S_1 равном D_1 процесс затухания колебаний прекращается, что свидетельствует об отсутствии равновесия на рынке. При $S_1 > D_1$ система становится неустойчивой. Амплитуда колебаний возрастает, процесс расходится, равновесие не достигается. Соответствующие графики изображены рис. 4.

Следует отметить, что данная ситуация не характерна для реальных экономических систем. Расхождение графиков может быть объяснено неточностью начальных предположений о линейном приближении функций спроса и предложения. Поэтому в случае, когда коэффициенты S_1 и D_1 близки по значению, спрос и предложение нужно аппроксимировать функциями второго порядка. В этом случае колебания спроса и предложения затухают и цена достигает своего равновесного значения, что можно видеть на рис. 5.

Автоматизацию управления экспериментом можно осуществить, используя программный пакет MATLAB. При этом можно проследить движение цены к своему равновесному значению.

Первый режим моделирования – построение зависимости функции спроса и предложения от цены. Второй этап моделирования – симуляции переходного процесса к рыночному равновесию (рис. 6).

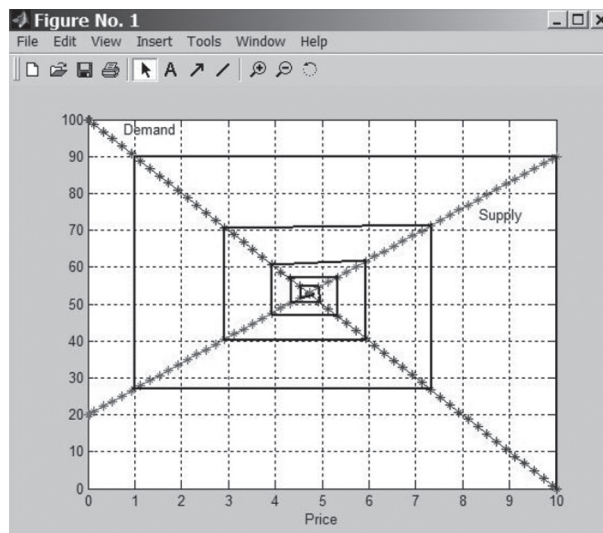


Рис. 6. Движение цены к равновесию

Предложенные в работе модели спроса, предложения и динамики рыночных цен позволяют анализировать процесс установления равновесной цены на товары и услуги на конкурентном рынке. При помощи разработанных моделей можно выявлять степень влияния экзогенных переменных модели на конечный результат, оценивать значения спроса и предложения в будущие периоды, а также прогнозировать значение цены в зависимости от спроса и предложения.

МОНИТОРИНГ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

Е.Г. КОМАРОВ, доц. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ, канд. техн. наук,
О.М. ПОЛЕЩУК, проф. каф. высшей математики МГУЛ, д-р техн. наук

При мониторинге компетентности обучающихся обычно используется информация, которая имеет достаточно разнородный характер. Основная причина этой разнородности состоит в том, что используются числовые и нечисловые характеристики, причем нечисловых характеристик существенно больше. Выводы, полученные в результате проведенного мониторинга, могут быть адекватны реальности тогда и только тогда, когда они не зависят от того, в каких единицах измеряются эти характеристики. То есть эти выводы должны быть инвариантны относительно допустимого преобразования значений характеристик, измеренных в той или иной шкале.

Когда эксперты для измерения качественных характеристик используют порядковые шкалы, то для нахождения агрегирующих показателей достаточно часто используют средние значения балльных экспертных оценок [1–5]. Есть несколько способов вычисления средних значений: среднее арифметическое, среднее геометрическое, среднее гармоническое, среднее квадратичное, мода, медиана. Рассмотрим применение в порядковой шкале среднего арифметического как наиболее часто используемого. Предположим, что два обучающихся получили по одной дисциплине оценки 4, 3, а по другой дисциплине соответственно оценки 4, 5. Как хорошо известно, оценки знаний обучающихся являются элементами порядковой шкалы. Суммы баллов и средние арифметические баллов у обучающихся одинаковые и равны 8 и 4. Отсюда можно сделать вывод, что обучающиеся имеют одинаковые рейтинговые оценки. Поскольку знания измеряются в порядковой шкале, то применим строго возрастающее преобразование этой шкалы Φ : $\Phi(3) = 3$, $\Phi(4) = 4$, $\Phi(5) = 7$. В соответствии с проведенным преобразованием (которое является допустимым) сумма баллов и среднее арифметическое баллов пер-

вого обучающегося остались прежними, а у второго обучающегося стали равняться соответственно 10 и 5. Таким образом, рейтинговая оценка второго обучающегося стала больше, чем первого. Устойчивость результатов после допустимого преобразования нарушается, что говорит о некорректности применения арифметических операций в порядковых и номинальных шкалах [6] и заставляет искать пути ее устранения.

Для оценивания качественных характеристик и для описания количественных характеристик эксперты достаточно часто используют *вербальные* шкалы. Значениями вербальных шкал являются слова, выражающие степень интенсивности проявления характеристик. Эти слова называются уровнями или градациями вербальных шкал. Например, для оценивания знаний обучающихся используется вербальная шкала «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Будем рассматривать только те вербальные шкалы, на которых можно определить линейный порядок, то есть отношение «меньше – больше».

Определение множеств уровней вербальных шкал и количественных значений проявлений качественных характеристик в рамках этих уровней являются одними из основных задач экспертного оценивания [7]. С целью применения известных математических моделей обработки информации уровням вербальных шкал в соответствие ставятся числовые баллы. В результате такой процедуры вербальная шкала отображается на вербально-числовую шкалу. Определение значений баллов, поставленных в соответствие уровням вербальных шкал, является отдельной задачей, от решения которой зависит устойчивость полученных результатов, поэтому использование конкретных значений в рамках той или иной задачи требует обоснования. Например, оценки «2», «3», «4», «5», поставленные в соответствие вербальным

значениям «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично», образуют в совокупности вербально-числовую шкалу. Конечно, не стоит забывать, что числа, поставленные в соответствие вербальным уровням качественной характеристики, являются элементами порядковой шкалы и на них распространяются все ограничения, связанные с порядковой шкалой, о которых говорилось ранее.

Однако если в рамках конкретной задачи обосновано использование определенной вербально-числовой шкалы, в реальных условиях ее использования эксперты испытывают существенные трудности в связи со скачкообразными переходами от одного уровня к другому, не позволяющими уловить и оценить промежуточные состояния оцениваемого признака. Для оценивания промежуточных состояний применяется процесс искусственного размывания числовых баллов, соответствующих уровням вербальных шкал. Например, в учебном процессе при оценивании, без ограничения общности, «хороших» знаний учащихся нередко используется не только оценка 4, но и целый диапазон оценок [3,5, 4,5]. Подобный процесс размывания баллов моделирует плавность оценочной деятельности экспертов, но не облегчает процесс описания реальных объектов с оценками, расположенными вблизи границ размытых областей.

Устранить этот недостаток позволяют лингвистические шкалы [8–9], которые ставят в соответствие лингвистическим значениям характеристики нечеткие множества или их функции принадлежности. Подобное соответствие разрешает проблему скачкообразных переходов от одного уровня к другому вблизи границ, поскольку значения функций принадлежности плавно меняются в диапазоне от 0 до 1.

Построение лингвистической шкалы для качественных характеристик происходит достаточно сложно. Если вербально-числовая шкала для качественной характеристики является набором вербальных уровней с поставленным в соответствие ему набором чисел (элементов порядковой шкалы), то лингвистическая шкала представляет собой набор

вербальных уровней с поставленным ему в соответствие набором нечетких множеств, заданных на некотором универсальном множестве. Поскольку качественные характеристики не поддаются объективному (техническому) измерению, то для них нельзя однозначно определить универсальные множества, как для количественных характеристик. Определение универсального множества производится в рамках каждой качественной характеристики и требований каждой конкретной задачи.

Таким образом, целесообразными значениями лингвистических шкал для качественных характеристик являются нечеткие множества. В теории нечетких множеств вербальные уровни и соответствующие им нечеткие множества называют лингвистическими (нечеткими) значениями характеристик.

Определение лингвистических значений характеристик (на основе теории нечетких множеств) обеспечивает возможность оперирования не со значениями самих характеристик, несопоставимых между собой по сути и содержанию (оцененных в разных шкалах и имеющих разные размерности), а с безразмерными величинами – значениями функций принадлежности.

Мониторинг качественных показателей обучающихся

Прежде чем приступать к непосредственному описанию модели мониторинга знаний и компетентности обучающихся, остановимся на содержательной и компетентностной моделях специалиста. Исходя из анализа содержания таблиц 1 и 2, где эти модели представлены, можно сделать вывод, что все характеристики являются качественными, а поэтому к ним применимы все рассуждения, приведенные выше.

Рассмотрим совокупность N обучающихся, у которых оцениваются проявления качественных характеристик $X_j, j=1, k$, которыми являются показатели успеваемости (знаниевая грамотность), показатели интеллекта и логичности мышления (функциональная грамотность), показатели творческого подхода к обучению (креативная и корпоративная грамотности) и показатели социальной грамотности.

Вербальноструктурированная содержательная модель специалиста

Характеристические признаки	Высококвалифицированный специалист-технократ	Компетентный специалист
Основное назначение (содержательная парадигма).	Компетентный в конкретной предметной области технический специалист, способный качественно выполнять различные виды профессионального труда.	Творческая личность, способная самостоятельно добывать знания и на их основе порождать новое информационное содержание (специалист с наработанным индивидуальным стилем профессиональной деятельности).
Характер знаний, умений и навыков.	Владеет необходимым объемом профессионально важных систематизированных знаний, умений и навыков, предназначенных для использования при выполнении как репродуктивных, так и продуктивных видов профессиональной деятельности.	Способен выполнять творческие формы профессиональной деятельности, владеет необходимым для этого набором высших психических функций, включающих в себя помимо научно-технической еще и социализированную и эмоционально-волевыми составляющие.
Характер активизируемых мыслительных механизмов и функциональных систем головного мозга.	Активность уже существующих психологических механизмов с целью накопления «готовых» (известных) знаний, умений и навыков с опорой на память.	Активность и расширение целенаправленно формируемых систем головного мозга, связанных с самообразованием (креативных схем, когнитивных карт, психотехнологических структур) и саморазвитием (рефрейминга, импринтинга и психологических мутаций).
Тип мыслительной деятельности.	Предметно-логическое (конвергентное) мышление.	Внелогическое (дивергентное) мышление в «зоне ближайшего развития».
Вид образовательной системы.	Традиционная (классическая) педагогическая технология (знаниевое образование).	Нетрадиционная (гуманизированная) (личностно-развивающее образование).

Табличная содержательная модель специалиста

Базовые компетенции	Ключевые компетенции	Основные типы интеллекта	Репрезентативные индексы	Учебно-воспитательные средства
Умение учиться	<i>Знаниевая грамотность</i>	Формально-логический	Индекс интеллектуальности	<i>Ментально-структурированные лекции</i>
	<i>Функциональная грамотность</i>			<i>Управляемые семинары</i>
Умение делать	<i>Креативная грамотность</i>	Процедурно-созидательный	Индекс творческого потенциала	<i>Адресные семинары</i>
	<i>Корпоративная грамотность</i>			<i>Тематические эвросеминары</i>
Умение жить	<i>Социальная грамотность</i>	Социально-этический	Индекс жизненной силы	<i>Контрольно-обучающие тренинги</i>

В совокупности все эти характеристики оказывают существенное влияние на характеристику Y – успешность освоения профессиональным полем деятельности. Характеристика Y оценивается в рамках шкалы: Y_1 = «предельно неуспешно», Y_2 = «неуспешно», Y_3 = «средне успешно», Y_4 = «относительно успешно», Y_5 = «предельно успешно».

Пусть $X_{lj}, l=1, m_j$ – уровни вербальных шкал, применяемых для оценивания соответственно характеристик $X_j, j=1, k$. Уровни расположены в порядке возрастания

интенсивности проявления этих характеристик. Построим $k + 1$ ПОСП с названиями $Y, X_j, j=1, k$, терм-множествами соответственно $Y_i, i=1, 5, X_{lj}, l=1, m_j, j=1, k$ и функциями принадлежности $\mu_i(x), i=1, 5, \mu_{lj}(x), l=1, m_j, j=1, k$ [10]. В качестве универсальных множеств всех ПОСП выбирается $U = [0, 1]$. Будем называть оценками обучающихся нечеткие числа $\tilde{X}_{lj}, l=1, m_j, j=1, k$ или их функции принадлежности $\mu_{lj}(x), l=1, m_j, j=1, k$. Обозначим через \tilde{X}_j^n и $\mu_j^n(x) \equiv (a_{j1}^n, a_{j2}^n, a_{jL}^n, a_{jR}^n), n=1, N, j=1, k$, оценку n -го обучающегося в

рамках характеристики X_j , a_{j1}^n , a_{j2}^n – абсциссы вершин верхнего основания трапеции, которая является графиком функции $\mu_j^n(x)$, a_{jL}^n , a_{jR}^n – длины соответственно левого и правого крыльев трапеции. Нечеткое число \tilde{X}_j^n с функцией принадлежности $\mu_j^n(x)$ равно одному из нечетких чисел $\tilde{X}_{jl}^n, l=1, m_j, j=1, k$. Обозначим весовые коэффициенты оцениваемых характеристик через $\omega_j, j=1, k$,

$$\sum_{j=1}^k \omega_j = 1.$$

Для определения $\omega_j, j=1, k$ предлагается использовать шкалу Фишберна [11], согласно которой весовые коэффициенты характеристик, ранжированных по мере убывания их значимости (в рамках определенного критерия), находятся по формуле

$$\omega_j = \frac{2(k-j+1)}{k(k+1)}, j=1, k.$$

Обозначим через $\delta_j, j=1, k$ функцию, которая принимает значение 1, если рост характеристики $X_j, j=1, k$ сопровождается ростом Y , и принимает значение -1, если рост характеристики $X_j, j=1, k$ сопровождается уменьшением Y .

Нечеткая рейтинговая оценка n -го обучающегося, $n=1, N$ в рамках характеристик $X_j, j=1, k$ определяется в виде нечеткого числа

$$\tilde{A}_n = \frac{\omega_1 \delta_1}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} \otimes \tilde{X}_1^n \oplus \dots \oplus \frac{\omega_k \delta_k}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} \otimes \tilde{X}_k^n$$

с функцией принадлежности

$$\mu_n(x) \equiv \left(\frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{j1}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j}, \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{j2}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j}, \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{jL}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j}, \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{jR}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} \right), n=1, N.$$

Определим доверительный интервал для четкой рейтинговой оценки y_n , характеризующей проявления характеристик $X_j, j=1, k$ у n -го обучающегося, $n=1, N$. При уровне доверия $\mu_n(y_n) \geq \alpha, 0 < \alpha < 1$ рейтинговая оценка лежит в интервале

$$\frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{j1}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} - (1-\alpha) \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{jL}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} \leq$$

$$\leq y_n \leq \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{j2}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} + (1-\alpha) \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{jR}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j}.$$

Дефазифицируем нечеткое число $\tilde{A}_n, n=1, N$, по методу центра тяжести:

$$A_n = \frac{\int_0^1 x \mu_n(x) dx}{\int_0^1 \mu_n(x) dx}.$$

Число $A_n, n=1, N$ называется точечной рейтинговой оценкой проявления качественных характеристик $X_j, j=1, k$ у n -го обучающегося $n=1, N$.

Для распознавания успешности будущей профессиональной деятельности обучающихся необходимо идентифицировать нечеткое число с функцией принадлежности $\mu_n(x), n=1, N$ с одним из термов ПОСП с названием Y (с одним из нечетких чисел $\tilde{Y}_i, i=1, 5$ с функциями принадлежности $\mu_i(x), i=1, 5$). Для этого вычислим идентификационные показатели

$$\beta_n^i = \frac{\int_0^1 \min(\mu_i(x), \mu_n(x)) dx}{\int_0^1 \max(\mu_i(x), \mu_n(x)) dx}, i=1, 5, n=1, N.$$

Если $\beta_n^p = \max \beta_n^i$, то успешность будущей профессиональной деятельности n -го обучающегося определяется p -м уровнем шкалы $Y_1 =$ «предельно неуспешно», $Y_2 =$ «неуспешно», $Y_3 =$ «средне успешно», $Y_4 =$ «относительно успешно», $Y_5 =$ «предельно успешно», $p=1, 5$.

Обозначим соответственно через A_n^1, A_n^2 рейтинговые оценки n -го обучающегося за периоды 1 и 2. В зависимости от соотношений между A_n^1, A_n^2 делаются следующие выводы: если $A_n^1 > A_n^2$, то успешность будущей профессиональной деятельности n -го обучающегося ухудшилось; если $A_n^1 < A_n^2$, то успешность будущей профессиональной деятельности n -го обучающегося улучшилось; если $A_n^1 = A_n^2$, то успешность будущей профессиональной деятельности n -го обучающегося осталась без изменений.

Основная проблема при мониторинге компетентности обучающихся состоит в том, что она определяется разнородными характеристиками, для которых не всегда корректны

арифметические операции и, следовательно, традиционные рейтинговые модели.

В статье предлагается новый подход к определению многокритериальных рейтинговых оценок обучающихся, который позволяет оперировать не со значениями самих характеристик, несопоставимых между собой по сути и содержанию (оцененных в разных шкалах и имеющих разные размерности), а с безразмерными абстрактными величинами – значениями их функций принадлежности.

На основе этого подхода в работе определены не только точечные рейтинговые оценки, но и интервальные рейтинговые оценки с заданным уровнем доверия. При этом не используются методы теории вероятностей, что снимает обсуждение корректности их тотального применения при учете неопределенности разных типов.

Возможность определения нечетких рейтинговых оценок компетентности обучающихся позволяет оценить успешность их будущей профессиональной деятельности и выработать управляющие рекомендации, направленные на ее повышение.

Библиографический список

1. Пфанцгаль, И. Теория измерений. Пер. с англ. / И. Пфанцгаль. – М.: Мир, 1976. – 166 с.
2. Смоляк, С.А., Титаренко Б.П. Устойчивые методы оценивания: Статистическая обработка неоднородных совокупностей / С.А. Смоляк, Б.П. Титаренко. – М.: Статистика, 1980. – 208 с.
3. Джини, К. Средние величины / К. Джини. – М.: Статистика, 1970. – 556 с.
4. Мартынова, Т. Рейтинговая система оценки знаний при изучении общетехнических дисциплин / Т. Мартынова, В. Надеяев и др. // Высшее образование в России. – 1997. – №2. – С. 103–107.
5. Панин, М. Морфология рейтинга / М. Панин // Высшее образование в России. – 1998. – № 1. – С. 90–94.
6. Рыжов, А.П. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости / А.П. Рыжов. – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 116 с.
7. Литвак, Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений / Б.Г. Литвак. – М.: Патент, 1996. – 271 с.
8. Домрачев, В.Г. Определение оптимального множества значений лингвистических шкал для экспертного оценивания качества программных средств / В.Г. Домрачев, О.М. Полещук, И.В. Ретинская // Телематика – 2003. Труды Всероссийской научно-методической конференции. – С-Пб., 2003. – Т.1. – С. 255–257.
9. Рыжов, А.П. Степень нечеткости лингвистической шкалы и ее свойства // Нечеткие системы поддержки принятия решений / А.П. Рыжов; под общ. ред. А.Н. Аверкина. – Калинин.: Изд-во Калининского госуниверситета, 1988. – С. 82–92.
10. Полещук, О.М. Методы представления экспертной информации в виде совокупности терм-множеств полных ортогональных семантических пространств / О.М. Полещук // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2002. – № 5 (25). – С. 198–216.
11. Фишберн, П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ РЕЙТИНГОВЫХ ОЦЕНОК КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

В.Г. ДОМРАЧЕВ, *проф. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ, д-р техн. наук*,
 О.М. ПОЛЕЩУК, *проф. каф. высшей математики МГУЛ, д-р техн. наук*,
 Е.Г. КОМАРОВ, *доц. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ, канд. техн. наук*,
 И.И. АРТЕМЬЕВ, *асп каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ*

Одна из отличительных особенностей настоящего времени состоит в том, что на рынке труда все больше котируются не просто высококвалифицированные специалисты, а грамотные творческие личности, которые способны не только профессионально выполнять обязанности, но и сами добывать знания и на их основе порождать новые.

Вторая отличительная особенность современного рынка образовательных услуг заключается в том, что потребность в

узко профильных специалистах изменяется в сторону увеличения творческих личностей. В странах с новой экономикой свыше 50 % прироста рабочих мест предназначается для «компетентных работников».

Третья особенность является следствием углубленной интеграции и дифференциации как естественного, так и гуманитарного направлений науки в развивающемся обществе. Специалист должен обладать широким кругозором и быть достаточно компетентным

хотя бы в сопряженных с его основной профессией областях знаний.

Четвертая особенность – специалист должен гармонично сочетать специальные знания, творческие способности и профессионально значимые личностные качества.

Пятая особенность рынка образовательных услуг заключается во всесторонней компьютеризации интеллектуального труда.

Базовая парадигма высшего образования заключается в переходе от обучения в формате *teaching* (с акцентом на обучение под руководством преподавателя) к формату *learning* (с акцентом на самостоятельное обучение). В рамках этой парадигмы человек учится всю жизнь.

Основой подготовки современных специалистов с мыслительной грамотностью является содержательное преобразование традиционной для высшей школы технологии обучения в сторону ее большей гуманизации, гуманитаризации и гармонизации, когда обучающийся рассматривается не как объект педагогических воздействий преподавателя, а как активно действующий субъект учебного процесса.

Под *гуманизацией* высшего технического образования понимают «очеловечивание» как учебного содержания, так и самого процесса подготовки специалистов. Учебно-воспитательные средства в этом случае рассматриваются как гуманизированное средство целенаправленного формирования компетенций и сомасштабных им профессионально значимых личностных качеств. Учебный материал становится «проекцией» не только предметной области, но и «проекцией» логики интеллектуальных и психофизических возможностей обучающихся.

Под *гуманитаризацией* высшего технического образования понимают преодоление тенденций к его технократизации. По отношению к гуманизации гуманитаризация является вспомогательным средством, способствующим более глубокому анализу поставленных конечных целей. При этом обобщенная категория «образование» представляется в виде двух составляющих лексической формулы: образование = воспитание + обучение, где составляющей «воспитание» предается первостепенное значение. В соот-

ветствии с этим воспитание специалистов осуществляется через учебный процесс и главным образом посредством обучения технике и техническому творчеству.

Под *гармонизацией* высшего технического образования понимают органическое внедрение психолого-педагогических составляющих в содержательную структуру изучаемой предметной области. При этом функциональное объединение технического, педагогического и психического осуществляется поэтапно особым (ментально-структурированным) способом. Благодаря этому в учебных процедурах реализуются наиболее благоприятные условия для возникновения различных синергетических эффектов. Такой прием позволяет уже в процессе обучения эффективно нарабатывать так называемые внелогические знания, которые напрямую связаны с формированием ряда высших психических функций, обслуживающих творческие формы той или иной профессиональной деятельности.

Тенденции развития высшего образования основываются на следующих принципах:

- переход от поточного метода обучения к индивидуализированной подготовке специалистов с использованием автоматизированных средств;
- перенос центра тяжести учебного процесса на различные виды программируемой преподавателем самостоятельной работы студентов;
- превращение преподавателя в консультанта-советника (супервизора);
- внедрение современных методов управления учебным процессом на основе использования прямых и обратных информационных связей, обеспечивающих возможность постоянного контроля и самоконтроля;
- переход от традиционных форм итоговой оценки качества знаний и внедрение системы комплексного контроля ключевых компетенций и профессионально значимых личностных качеств.

В соответствии с Болонской декларацией, к которой Россия присоединилась в 2003 г., все страны-участницы обязались в течение 10 лет привести свои образовательные системы в соответствие некоторому единому образовательному стандарту. При этом вво-

дится двухступенчатое высшее образование (бакалавриат и магистратура). Первая ступень ориентируется на приобретение компетенций исполнительского типа, а вторая – на формирование компетенций, связанных с развитием творческих способностей.

Производство знаний и торговля ими (индустрия образования) в новых экономических условиях становятся признаком качества деятельности высших учебных заведений, выпускающих «компетентных работников».

Прогностические цели образования определяются образовательным стандартом и отражаются в портрете или модели специалиста. Содержательная модель студента-выпускника является не только средством изучения педагогических явлений и процессов, но и средством управления подготовкой специалистов.

В соответствии с требованиями Болонской декларации определяются три базовые компетенции, которыми должен обладать компетентный специалист:

- умение учиться;
- умение делать;
- умение жить.

Помимо базовых компетенций специалисты обладают рядом ключевых (переносимых) компетенций и компетенций, которыми характеризуются специалисты разной специализации.

В соответствии с международным проектом EUR–ASE – «Стандарты и процедуры аккредитации инженерных программ» под ключевыми компетенциями понимают академические знания, а под профессионально значимыми личностными качествами – личностные характеристики.

В отличие от понятия «квалификация» (умение выполнять узко специализированный вид деятельности), категория «компетентность» более широкая, допускающая возможность использования и внелогического опыта прошлого. Она в большей степени отражает процедурные знания («знаю как»), нежели декларативные («знаю что»).

Под ключевыми компетенциями понимают:

- знаниевую грамотность (культура обучения – способность воспринимать, понимать и самостоятельно приобретать знания);

- функциональную грамотность (культура профессиональной деятельности – умение грамотно применять знания);

- креативную грамотность (культура творчества – технологические навыки порождения нового, продуктивное мышление и инновационная деятельность);

- корпоративную грамотность (культура корпоративного познания, саморазвития и группового развития – умение принимать организационно-экономические и управленческие решения, умение доводить общее дело до конца);

- социальную грамотность (культура ситуационного поведения и духовно-нравственного, межличностного общения).

Под профессионально значимыми личностными качествами понимают:

- трудоспособность;
- математическую интеллектуальность;
- эвристичность;
- вербальность;
- социальность.

Проблемы подготовки компетентных специалистов состоят в следующем.

Традиционными методами научить творчеству практически невозможно, так как творческая деятельность опирается в основном на так называемые внелогические знания, которые, как известно, с трудом передаются из поколения в поколение. В соответствии с этим внелогические знания должны приобретаться (нарабатываться посредством тренинга) самостоятельно и каждый раз как заново.

Формировать профессионально значимые личностные качества технических специалистов (чем в прежнее время занимались различные общественные организации) в настоящее время могут только преподаватели. В этой ситуации требуется совершенствование как содержательной, так и организационной структуры учебного процесса. Под совершенствованием понимают разработку учебно-воспитательных средств не в терминах предметной области, а ментально структурированных, позволяющих формировать ключевые компетенции и профессионально значимые качества, поддаваться формализации и управлению с использованием средств вычислительной техники. При выполнении самостоятельных работ необходимо использовать проектный подход,

при котором преподаватель выступает в качестве супервизора. При этом целесообразно использовать автоматизированные обучающие системы управления, которые одновременно являются рабочими системами для решения профессиональных производственных задач.

Технология подготовки должна опираться на объективно существующие закономерности работы функциональных систем головного мозга и модели мыслительной деятельности, которые связаны с пятью основными высшими психическими функциями: восприятием, запоминанием, осмыслением, преобразованием и воспроизведением осваиваемой учебной информации.

В рамках предлагаемого учебного процесса для оценки студентов и определения качества учебного материала (задач) используются значения следующих параметров:

- ключевые компетенции;
- профессионально-значимые личностные качества;
- семантические характеристики учебного материала (задачи);
- степень наработанности;
- количественные характеристики учебного материала (задачи).

И наборы весовых коэффициентов:

- значимости содержательных уровней по каждому семестру;
- весовые коэффициенты пересчета;
- коэффициенты значимости лекции (задачи).

Параметр **ключевые компетенции** состоит из пяти показателей, каждый из которых имеет номинальное и текущее значение. Номинальное значение представляет собой требуемое значение данного показателя, которого должен достичь студент по окончании учебного семестра. Текущее значение изменяется после каждой решенной задачи и после каждой прослушанной лекции, если выставлен соответствующий коэффициент значимости данной лекции неравное нулю.

В параметр **ключевые компетенции** входят следующие показатели:

- знаниевая грамотность;
- функциональная грамотность;
- креативная грамотность;
- корпоративная грамотность;

– социально-экономическая грамотность.

Знаниевая грамотность показывает степень овладения базовыми знаниями, определяет фундаментальность.

Функциональная грамотность показывает степень овладения базовыми умениями решать определенный круг задач, определяет профессионализм.

Креативная грамотность показывает степень овладения умением преодолевать определенный уровень неопределенности в решаемых задачах, определяет творческую.

Корпоративная грамотность показывает, насколько объемно и комплексно студент подходит к решению задач, определяет методичность и самонаучаемость.

Социально-экономическая грамотность показывает умение решать задачи в изменяющихся условиях и возникающих неопределенностях по ходу решения, определяет общеинженерную культуру и эмоционально-волевую стабильность.

Параметр **профессионально-значимые личностные качества** также состоит из пяти показателей, которые также имеют номинальное и текущее значение:

- трудоспособность;
- материальный интеллект;
- эвристичность;
- вербальный интеллект;
- социальность.

Из вышесказанного следует, что компетенция обучающихся определяется достаточно разнородными характеристиками, что создает существенные трудности при определении ее итоговой (рейтинговой) оценки.

Авторами статьи разработана модель, которая позволяет привести разнородные характеристики к некоторому единому виду, после чего, корректно оперируя с ними, находить устойчивые рейтинговые оценки компетенции обучающихся.

Рассмотрим совокупность N обучающихся, у которых оцениваются проявления качественных характеристик $X_j, j=1, k$.

Пусть $X_{jl}, l=1, m_j$ – уровни вербальных шкал, применяемых для оценивания соответственно характеристик $X_j, j=1, k$. Уровни расположены в порядке возрастания интенсивности

ти проявления этих характеристик. Построим ПОСП с названиями $X_j, j=1, k$, терм-множествами соответственно $X_{lj}, l=1, m_j, j=1, k$ и функциями принадлежности $\mu_{lj}(x), l=1, m_j, j=1, k$ [1]. В качестве универсальных множеств всех ПОСП выбирается $U = [0, 1]$. Будем называть оценками обучающихся нечеткие числа $\tilde{X}_{lj}, l=1, m_j, j=1, k$ или их функции принадлежности $\mu_{lj}(x), l=1, m_j, j=1, k$. Обозначим через \tilde{X}_j^n и $\mu_j^n(x) \equiv (a_{j1}^n, a_{j2}^n, a_{jL}^n, a_{jR}^n), n=1, N, j=1, k$, оценку n -го обучающегося в рамках характеристики X_j, a_{j1}^n, a_{j2}^n – абсциссы вершин верхнего основания трапеции, которая является графиком функции $\mu_j^n(x), a_{jL}^n, a_{jR}^n$ – длины соответственно левого и правого крыльев трапеции. Нечеткое число \tilde{X}_j^n с функцией принадлежности $\mu_j^n(x)$ равно одному из нечетких чисел $\tilde{X}_{lj}, l=1, m_j, j=1, k$. Обозначим весовые коэффициенты оцениваемых характеристик через $\omega_j, j=1, k$,

$$\sum_{j=1}^k \omega_j = 1.$$

Для определения $\omega_j, j=1, k$ предлагается использовать шкалу Фишберна [2], согласно которой весовые коэффициенты характеристик, ранжированных по мере убывания их значимости (в рамках определенного критерия), находятся по формуле

$$\omega_j = \frac{2(k-j+1)}{k(k+1)}, j=1, k.$$

Обозначим через $\delta_j, j=1, k$ функцию, которая принимает значение 1, если рост характеристики $X_j, j=1, k$ сопровождается ростом Y , и принимает значение -1, если рост характеристики $X_j, j=1, k$ сопровождается уменьшением Y .

Нечеткая рейтинговая оценка n -го обучающегося, $n=1, N$ в рамках характеристик $X_j, j=1, k$ определяется в виде нечеткого числа

$$\tilde{A}_n = \frac{\omega_1 \delta_1}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} \otimes \tilde{X}_1^n \oplus \dots \oplus \frac{\omega_k \delta_k}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} \otimes \tilde{X}_k^n$$

с функцией принадлежности

$$\mu_n(x) \equiv \left(\frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{j1}^n, \sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{j2}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j, \sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j}, \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{jL}^n, \sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{jR}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j, \sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} \right), n=1, N.$$

Определим доверительный интервал для четкой рейтинговой оценки y_n , характеризующей проявления характеристик $X_j, j=1, k$ у n -го обучающегося, $n=1, N$. При уровне доверия $\mu_n(y_n) \geq \alpha, 0 < \alpha < 1$ рейтинговая оценка лежит в интервале

$$\frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{j1}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} - (1-\alpha) \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{jL}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} \leq \leq y_n \leq \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{j2}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j} + (1-\alpha) \frac{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j a_{jR}^n}{\sum_{j=1}^k \omega_j \delta_j}.$$

Дефазифицируем нечеткое число $\tilde{A}_n, n=1, N$, по методу центра тяжести

$$A_n = \frac{\int_0^1 x \mu_n(x) dx}{\int_0^1 \mu_n(x) dx}.$$

Число $A_n, n=1, N$ называется точечной рейтинговой оценкой проявления качественных характеристик $X_j, j=1, k$ у n -го обучающегося $n=1, N$.

Таким образом, в статье проведен анализ современной парадигмы высшего профессионального образования, тенденций развития рынка труда и рынка образовательных услуг.

Дано описание модели компетентного специалиста, способного решать задачи не только в ограниченной предметной области, но и в смежных областях, что позволяет адаптироваться к быстро меняющимся условиям производства. Разработана модель рейтингового оценивания компетентности обучающихся, которая позволяет оперировать с разнородными характеристиками, описанными выше, и определять устойчивые рейтинговые оценки.

Библиографический список

1. Полешук, О.М. Методы представления экспертной информации в виде совокупности термножеств полных ортогональных семантических пространств / О.М. Полешук // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2002. – № 5(25). – С. 198–216.
2. Фишберн, П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

ПОЗИЦИЯ ЛИЦА, ПРИНИМАЮЩЕГО РЕШЕНИЯ, И ЕЕ РОЛЬ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

В.Я. ВИЛИСОВ, доц., директор департамента разработок ООО «Энергия ИТ», канд. техн. наук

Современные производственные предприятия все чаще оснащаются высокопроизводительными корпоративными информационными системами (КИС). Подобные системы позволяют обрабатывать большие потоки данных и представлять их по запросам потребителей практически в любом виде. Однако принятие управленческих решений на предприятии остается неотъемлемой прерогативой менеджеров различных уровней (лиц, принимающих решения – далее ЛПР). В настоящее время высокая скорость обработки и представления данных в КИС все чаще вступает в противоречие с ограниченными возможностями обработки данных ЛПР и слабой структуризацией процедур принятия решений. Возникает необходимость в создании эффективного интерфейса КИС-ЛПР [1]. Данная статья посвящена отдельным аспектам структуризации и формального представления ЛПР как звена системы управления предприятием. И в частности рассмотрена такая системно важная составляющая ЛПР, как его позиция.

В специальной литературе термин «позиция ЛПР» встречается достаточно часто, однако он не имеет четкого определения и обычно используется в том или ином контексте. Под позицией обычно понимают положение объекта в некоторой системе координат. Позицией ЛПР будем считать положение вектора его характеристик в пространстве элементов процедуры выбора решений [3, 4]. Для адекватного представления ЛПР в виде формализованной модели важно знать реальное текущее значение его позиции, что обеспечивает повышение эффективности интеграции ЛПР в современные системы управления предприятием.

Термин «позиция» [5, 6] косвенно связан с группой критериев принятия решений в условиях неопределенности (критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица). Впишем ЛПР в эту «систему координат», учитывая те трактовки позиции, которые приведены выше. Будем

считать, что в число моделей, описывающих действие ЛПР, входит стандартный набор моделей исследования операций: математическое программирование, игры, марковские процессы и т. п. Окружение, в котором действует ЛПР, обычно включает систему управления, в которую входит и сам ЛПР, объект управления и внешнюю среду. ЛПР должен входить в коалиции действий (выбирающие решения) и в коалиции интересов (преследующие цели) [3, 5]. Выбирать решения он должен из некоторого множества альтернатив непосредственно или через реализацию некоторых стратегий (решающих правил). Его решения приводят управляемый объект к одному из множества возможных исходов. Обычно существует функция платежей, которая определяет систему предпочтений ЛПР в тех или иных исходах. Внешняя среда предоставляет ЛПР информацию (полную или неполную) о состоянии объекта, которая также влияет на платежи при исходах (входит в функцию платежей). Кроме того, ЛПР должен придерживаться некоторого принципа оптимальности, позволяющего ему принимать решения. Так, при использовании ЛПР в качестве модели выбора решения матричной антагонистической игры этим принципом является принцип максимина, обеспечивающий устойчивое состояние обеим сторонам.

Таким образом, ЛПР может быть описан набором свойств, каждое из которых для конкретного типа модели принимает определенное значение. Так, ЛПР должен входить в одну из коалиций действия, интересов, должен иметь некоторый набор решений (или стратегий). По его решениям управляемый объект переходит к тому или иному исходу, на множестве которых определена некоторая функция платежей (как система измерений эффекта, отклика на принятые решения), при выборе решения ЛПР должен использовать тот или иной принцип оптимальности. Вектор значений по всем этим координатам и будем считать формализованным пред-

ставлением позиции ЛПР. В зависимости от контекста решаемой задачи и типа модели некоторые из этих координат могут отсутствовать или объединяться с другими (например коалиции интересов и действий могут совпадать). Значение позиции по каждой из координат может быть выбрано самим ЛПР осознанно или случайно или же кем-то задано ему директивно. Но как бы то ни было, ЛПР всегда находится на той или иной позиции, которая существенно влияет на принимаемые им решения.

Знать фактическое текущее значение позиции ЛПР представляется важным для построения модели выбора решений, более точно соответствующей текущей позиции ЛПР, что обеспечит большую степень адекватности решений, принятых с помощью модели, тем решениям, которые в той же ситуации принял бы ЛПР. Практически весь приведенный в литературе [2–6] формализм преследует цели как можно более правдоподобного описания действий ЛПР для того, чтобы по возможности заменить его моделью. Однако прямая схема построения модели выбора решений ЛПР часто оказывается неадекватной в силу отсутствия обратных связей, подстроек такой модели. Адаптивный подход [1], основанный на подключении контура обратной связи для коррекции тех или иных элементов модели принятия решений в соответствии с текущей позицией ЛПР, позволяет строить более жизнеспособные модели, пригодные для постоянного практического использования, выбирать более подходящий структурно класс моделей.

Если управляемый объект представляет интерес не только лично для ЛПР, но и для внешнего наблюдателя (например собственника, государства и т.п.), которому небезразлично, каким позициям ЛПР соответствуют принятые им решения, то в случае несовпадения желаемых и фактических позиций ЛПР возможна их коррекция или замена ЛПР другим. То есть мониторинг позиции ЛПР может представлять самостоятельный интерес.

Если при управлении некоторым объектом ЛПР действует в «ручном» режиме (вне какой-либо формализованной схемы),

то о его позиции можно говорить лишь на качественном уровне. В тех случаях, когда ЛПР принимает решения на основе формализованных схем, включающих оптимизационные модели, возможна оценка его позиции по тем или иным координатам. В рамках методологии адаптивного принятия решений на базе моделей исследования операций разработан ряд подходов и технологий [1], позволяющих оценить реальную функцию платежей ЛПР, его персональные характеристики как звена принятия решений, его принадлежность к той или иной коалиции интересов, выявить, какого из принципов оптимальности придерживается ЛПР при выборе решения. Далее показан подход к определению того принципа оптимальности, которым фактически руководствуется ЛПР при выборе решений. Позицией ЛПР в широком смысле будем называть тот полный вектор свойств ЛПР, который перечислен выше, под позицией ЛПР в узком смысле (далее – просто позицией ЛПР) будем понимать лишь принцип оптимальности, которого придерживается ЛПР.

Эффект от выявления позиции ЛПР может быть представлен в следующем виде. Если круг ситуаций принятия решений достаточно разнообразен, но есть основания полагать, что в каждой из них ЛПР действует с единой позиции, то позиция может быть выявлена в простых ситуациях, на основании чего критерий принятия решений в сложных ситуациях будет выбран с меньшей вероятностью ошибки.

Рассмотрим в качестве такой простой ситуации выбор из дискретного множества альтернатив при дискретных состояниях и для платежей в нормальной (табличной или матричной) форме в контексте задачи выбора решений на участке входного контроля комплектующих (материалов, ингредиентов) производственного предприятия. ЛПР по контрольной выборке принимает решение о приемке или отбраковке партии. Необходимо по наблюдениям за его решениями и располагая некоторыми числовыми характеристиками модели определить, каким принципом оптимальности он руководствуется при выборе решений. Для этой задачи коалиция действия

состоит только из ЛПР, коалиций интересов две, обе включают по одному элементу: одна состоит из ЛПР, вторая – это поставщики комплектующих.

Если кроме таблицы платежей, определенной на декартовом произведении множества состояний и множества альтернатив, нет других данных, то эта задача относится к классу задач выбора решений в условиях неопределенности, а значит, ее (в прямой постановке) можно решать одним из рассмотренных в предыдущем разделе способов – алгоритмами, заложенными в критериях Вальда, Сэвиджа, Лапласа, Гурвица, Ходжи-Лемана и других аналогичных [6]. Среди них наибольший интерес представляет критерий Гурвица, в котором используется минимум дополнительной априорной информации (только параметр λ), а вариации λ отражают спектр позиций ЛПР от крайнего оптимизма ($\lambda = 0$) до крайнего пессимизма ($\lambda = 1$). Таким образом, параметр λ можно считать скалярным отображением позиции ЛПР. Знание λ позволит для других, более сложных по структуре моделей, подобрать критерий, адекватный позиции ЛПР.

Рассмотрим, как можно оценить позицию ЛПР (параметр λ) по наблюдениям за реализациями процесса выбора ЛПР решений.

На участок входного контроля производства электронных приборов поступают комплектующие изделия от поставщика. Из партии изделий делается контрольная выборка. Для каждого изделия выборки производится измерение некоторой характеристики (или группы характеристик). В результате измерения определяется параметр, характеризующий выборку (такой, например, как среднее значение по выборке).

Пусть существуют четыре возможных состояния: s_1 – параметр вне границ допустимой области; s_4 – параметр в ε -окрестности номинального значения (субноминальной области); s_2 – параметр вне субноминальной, но в пределах допустимой области, причем он меньше номинального значения; s_3 – аналогично состоянию s_2 , но параметр больше номинального значения. Возможные решения заключаются в следующем: d_1 – забраковать

партию изделий; d_3 – принять и направить в производство; d_2 – провести контроль для всех изделий из партии и после этого годные направить в производство.

Пусть ЛПР (контролер) принимает решения $d \in \{d_1, d_2, d_3\}$, не прибегая к каким-либо формализованным процедурам, а лишь полагаясь на свой опыт и интуицию. Платежи, имеющие смысл выигрыша, известны и представлены в нормальной форме (таблица).

Пусть также для рассматриваемого периода взаимодействия с поставщиком известно распределение вероятностей на множестве состояний: $\bar{q} = [0,1 \ 0,2 \ 0,2 \ 0,5]^T$.

Используя приведенную информацию о характеристиках процесса выбора решений и тот или иной критерий (Вальда, Лапласа, Байеса, оптимистический), можно получить оптимальные (в смысле этого критерия) решения.

Решение. Целевая функция, на основе которой строится критерий Гурвица, имеет следующий параметрический вид [6]:

$$L(i, \lambda) = \lambda \min_j a_{ij} + (1 - \lambda) \max_j a_{ij}, \quad (1)$$

тогда оптимальное значение целевой функции и соответствующее оптимальное решение будут иметь следующий параметрический вид

$$V(\lambda) = L^*(\lambda) = \max_i L(i, \lambda) = \max_i (\lambda \min_j a_{ij} + (1 - \lambda) \max_j a_{ij}) \quad (2)$$

$$d^*(\lambda) = \arg \max_i L(i, \lambda). \quad (3)$$

Функции $V(\lambda)$ и $d^*(\lambda)$ для данных рассматриваемого примера приведены на рис. 1.

Функция $d^*(\lambda)$ представляет собой графическую форму параметризованного критерия Гурвица, в соответствии с которым отрезок от 0 до 1 разбит на три интервала, каждый из которых соответствует одному из трех решений: d_1, d_2, d_3 .

Т а б л и ц а

Таблица платежей

d	S			
	s_1	s_2	s_3	s_4
d_1	5	5	5	5
d_2	4	7	6	8
d_3	0	6	7	10

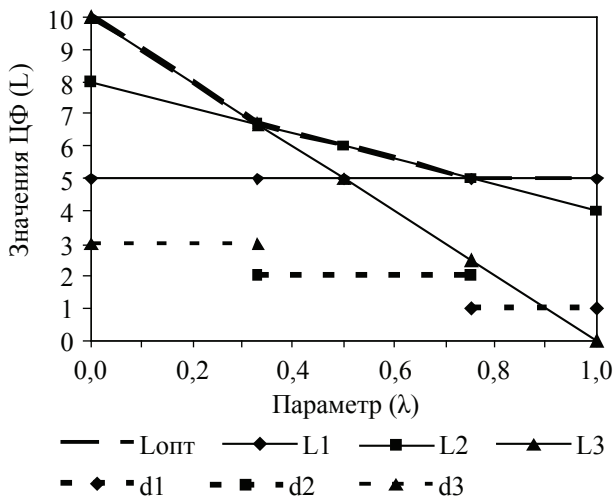


Рис. 1. Параметрические зависимости целевой функции и решения

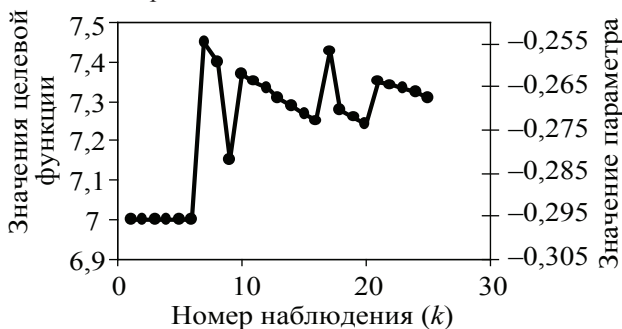


Рис. 2. Реализация значений целевой функции

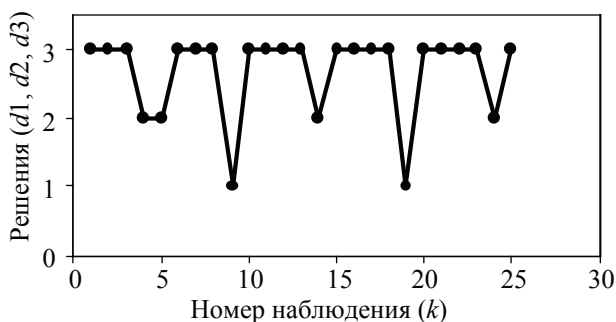


Рис. 3. Реализация решений

Если текущее состояние наблюдаемо, то измеренное его значение \tilde{s}_j в общем случае является случайным (эквивалентно воздействию шума измерений ε на исходное состояние s_j). При этом доступными для наблюдений будут решения \tilde{d} , принимаемые на каждом шаге (при возникновении каждой новой ситуации, требующей принятия решения) и платеж \tilde{L} , полученный после реализации решения.

Пусть реализации этих измерений для рассматриваемой задачи имеют вид, приведенный на рис. 2 (шкала параметра λ про-

ставлена на основании зависимости $L^*(\lambda)$, приведенной на рис. 1) и рис. 3. Тогда выявление позиции ЛПР заключается в оценивании по \tilde{d} (см. рис. 3) параметра λ .

Воспользуемся для этого взаимно обратной функцией $\lambda(L^*)$, которая однозначна для $\lambda \in [0; 0,75]$ и многозначна для $\lambda \in [0,75; 1]$. При этом по \tilde{d} вычислим ожидаемый эффект \bar{L}_k для всего интервала наблюдения ($k = 1, N$)

$$L_N = \sum_{i=1}^3 \bar{a}_i^T \bar{q} \bar{p}_i = (\bar{q})^T \sum_{i=1}^3 \bar{a}_i \bar{p}_i, \quad (4)$$

где \bar{p}_i – вероятность (частота) принятия ЛПР решения d_i ;

\bar{a}_i – i -я строка табл. 1 (платежной матрицы);

\bar{q} – вектор вероятностей состояний;

T – символ транспонирования.

Вычисления по формуле (4) с учетом того, что $\bar{q} = [0,1 \ 0,2 \ 0,2 \ 0,5]^T$, дают $L_N = 7,3$, что, принимая во внимание зависимость $L^*(\lambda)$, позволяет считать, что показатель позиции ЛПР составляет $\lambda = 0,27$.

Если измеряется и эффект L^* на каждом шаге (рис. 2), то можно непосредственно по этим измерениям вычислить его среднее значение L_N за N наблюдений, которое для рассматриваемого примера также составит $L_N = 7,3$.

На оси λ в интервале $[0; 1]$ отметим точки, характерные для некоторых критериев:

- оптимистическому критерию соответствует точка $\lambda = 0$;

- критерию Лапласа-Байеса соответствует точка $\lambda = 0,24$, т.е. случаю наличия полной информации о распределении вероятностей на множестве состояний;

- критерию Сэвиджа соответствует интервал $\lambda \in [0,33; 0,75]$, приводящий к выбору d_2 ;

- критерию Вальда соответствует интервал $\lambda \in [0,75; 1]$.

Таким образом, выявленная позиция ЛПР, которой соответствует значение параметра $\lambda = 0,27$, наиболее близка позиции ЛПР, принимаемому решению в условиях статистической определенности ($\lambda = 0,24$). Т.е. выявлен один из четырех критериев, наиболее адекватный позиции ЛПР.

В общем виде поэтапный алгоритм распознавания позиции ЛПР представим следующим образом:

1. Определить дискретное множество состояний природы s_j , $j = 1, n$ и дискретное множество альтернативных вариантов решений d_i , $i = 1, m$. Определить матрицу платежей на декартовом произведении этих двух множеств $A = \|a_{ij}\|_{mn}$.

2. Построить функцию $L^*(\lambda)$ и обратную ей $\lambda(L^*)$.

3. По статистике принятия ЛПР «хороших» решений, т.е. по выборке наблюдений d_k^* , $k=1, N$ и с учетом платежной матрицы A , вычислить среднее значение оптимального дохода (платежа) по формуле (4) L_N .

4. Подставив величину L_N в $\lambda(L^*)$, вычислить значение λ , соответствующее позиции ЛПР. При этом решение может быть и не единственным. Полученное значение λ следует интерпретировать таким образом: чем ближе оно к единице, тем ближе позиция ЛПР к позиции крайнего пессимизма (критерий Вальда), а чем ближе к нулю, тем ближе к позиции крайнего оптимизма (оптимистический критерий).

Информация о позиции ЛПР, выявленная с помощью изложенного алгоритма, позволяет судить о том, насколько осторожным является отношение ЛПР к среде принятия решений.

Знание фактической позиции ЛПР позволяет выбрать для автоматизированного управления производственными бизнес-процессами более адекватную модель для решения других аналогичных задач принятия решений в КИС. Так, если значение показателя позиции близко к крайнему пессимизму, то в качестве принципа оптимальности следует использовать принцип гарантированного результата (критерий Вальда), а основной формой моделей при выборе альтернатив являются антагонистические матричные игры. Их использование позволяет получить максимальный гарантированный результат при крайне осторожном поведении.

Если же окажется, что позиция ЛПР наиболее близка критерию Байеса-Лапла-

са, то в качестве базового класса моделей принятия решений следует использовать аппарат байесовских решений, который не предполагает осторожного поведения, а с привлечением дополнительной априорной и текущей информации о состояниях природы позволяет выбирать оптимальные решения, имеющие, как правило, большие значения целевой функции, чем при гарантированном результате.

В случае если позиция ЛПР крайне оптимистична, то можно выбирать решения в предположении, что «природа» крайне благосклонна. В этой позиции принятые решения обеспечивают наибольшие значения целевой функции.

Таким образом, выявление позиции ЛПР является важным моментом в адекватном использовании оптимизационных моделей в составе средств современных систем управления предприятиями.

Вторым важным аспектом практического использования показателя позиции является мониторинг текущей позиции ЛПР. Например, если директивно известно, что ЛПР должен принимать очень осторожные решения, а выявленное значение показателя говорит, что менеджер действует с позиции крайнего оптимизма, то у руководства предприятия есть основания скорректировать (если это возможно) установки ЛПР либо заменить его другими.

Библиографический список

1. Вилисов, В.Я. Методы выбора экономических решений / В.Я. Вилисов. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 228 с.
2. Ярушкина, Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем / Н.Г. Ярушкина. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.
3. Оуэн, Г. Теория игр / Г. Оуэн. – М.: Мир, 1971. – 232 с.
4. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
5. Воробьев, Н.Н. Теория игр для экономистов и кибернетиков / Н.Н. Воробьев. – М.: Наука, 1985. – 496 с.
6. Таха, Х.А. Введение в исследование операций / Х.А. Таха: пер. с англ. – М.: Изд. дом Вильямс, 2005. – 912 с.

АДАПТИВНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ЗАПАСАМИ ДЕФИЦИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА

В.Я. ВИЛИСОВ, доц., директор департамента разработок ООО «Энергия ИТ», канд. техн. наук

Задача производственных предприятий заключается в выпуске продукции в срок и в объеме, определяемом спросом и/или планом выпуска. Неотъемлемой частью современного предприятия является система планирования и управления или корпоративная информационная система (КИС), оснащенная необходимыми программными средствами и интерфейсом. В число основных функций КИС входит планирование и управление запасами (материалы, комплектующие, сборочные единицы, готовая продукция) и производством (рабочая сила, оборудование), а также контроль за этой деятельностью посредством сбора и обработки соответствующих данных. Хорошая КИС должна обеспечивать менеджмент предприятия данными по степени их информативности и объему, достаточными для ответов на вопросы: каким будет ассортимент и объем произведенной продукции, какова в этом случае себестоимость продукции, сколько имеется в наличии ресурсов (запасов и мощностей), какова потребность в дополнительных ресурсах, ожидаемый эффект деятельности предприятия (прибыль и/или иные показатели).

Планирование и управление обычно имеет несколько уровней с различными временными горизонтами [1, 2]. Перечисленные вопросы в разной степени детализации решаются на всех уровнях, однако рассматриваемые в статье задачи управления запасами дефицитных материалов обычно относятся к оперативному горизонту планирования (от одного дня до месяца). Уровень детализации на этом уровне очень высок, поскольку такие планы имеют дело с конкретными комплектующими, рабочими центрами и заказами. Планы этого (оперативного) уровня пересматриваются и корректируются ежедневно.

Сравнивая планы различных уровней, можно констатировать следующее. На широких горизонтах планирования (бизнес-план, план производства) погрешности планов, а значит и эффективность работы предприятия,

обычно обусловлены объективными причинами (ограниченная точность прогноза, укрупненный характер показателей и т.п.). На более узких горизонтах планирования прогнозы становятся более точными, показатели – более детальными, что приводит к увеличению того объема данных (обычно хранящихся в учетной системе КИС), который может быть учтен в процедурах планирования, а значит и соответствующий план потенциально должен быть более эффективным (точным, надежным).

Однако на узких горизонтах планирования факторы возросшего потока данных и ограниченного ресурса времени, как правило, не позволяют достичь потенциальной эффективности. Именно здесь в реальных производственных системах и возникает противоречие между потребностью обработки большого объема данных в сжатые сроки и реальными возможностями человеко-машинных систем по синтезу эффективных оперативных планов. На практике в сжатые сроки менеджер может обработать лишь незначительную часть существующих актуальных данных, что приводит к снижению реальной эффективности плана по отношению к ее потенциальному уровню.

Ряд современных технологий управления [2, 3] направлен на снижение неопределенности планирования того или иного уровня управления. Так, управление цепочками поставок нацелено на повышение точности прогноза сроков поставки ингредиентов, а технология ASP (Advanced Planning and Scheduling) направлена на компенсацию неопределенности на более узких горизонтах планирования.

Предложенный в статье подход является частью разработанной автором методологии, имеющей целью повышение эффективности планирования и оперативного управления производственными процессами современных предприятий за счет компенсации ограниченных возможностей ме-

неджмента (лиц, принимающих решения) на уровнях управления с узким горизонтом планирования путем использования технических возможностей современных КИС и методов экономико-математического моделирования.

Отношение к запасам материалов, к способам их организации существенно зависит от применяемых стратегий производства. Понятие стратегия производства относится к способу планирования/управления запасами готовой продукции и комплектующих. Выделяют четыре стратегии, которые применяются либо в «чистом» виде, либо (что чаще) в различных сочетаниях. Главной характеристикой, на основе которой стратегии производства отличаются друг от друга, является период поставки, представляющий собой время от поступления заказа клиента до реальной поставки заказанной продукции. Для разных стратегий производства период поставки имеет не только различную продолжительность, но и различную структуру. Приведем существенные особенности каждой из этих стратегий.

1. Производство на склад, при котором планирование производства осуществляется на основе прогноза спроса, центральным элементом управления запасами является готовая продукция. Эта стратегия обеспечивает самый короткий период поставки. Предприятие производит конечную продукцию безотносительно к конкретным заказам клиентов, помещает ее на склад готовой продукции, а затем старается ее реализовать. Период поставки состоит из времени приема заказа клиента, комплектации заказа и его отгрузки. При таком подходе клиент может заказать только тот товар, который имеется на складе в момент обращения. Этот тип производства хорош для поставки стандартных видов продукции, не требующих учета специфических пожеланий клиентов, а также в тех случаях, когда покупатель не согласен на задержки в поставке товара. Обычно уровень запаса на складе поддерживается в широком ассортименте и в достаточном количестве, что позволяет удовлетворить потребности многих потенциальных покупателей. Классические представители этой стратегии – предприятия пищевой отрасли, производители бытовой электроники, компьютерных комплектующих, некоторых видов стройматериалов и т.п.

2. Сборка под заказ, при которой на основе прогноза спроса планируется изготовление узлов, используемых в большинстве наименований готовой продукции. При этом производство готовой продукции осуществляется только под конкретный заказ клиента и в центре внимания оказывается управление запасами узлов, деталей и комплектующих, из которых производится окончательная сборка. В этом случае период поставки складывается из времени, необходимого для сборки, и времени приема, комплектации и отгрузки заказа (т.е. по сравнению с предыдущей стратегией ко времени обработки заказа добавляется время сборки). Создавая относительно небольшой запас сборочных единиц, производитель может обеспечить сборку практически неограниченного числа модификаций готового изделия. В результате клиенты получают преимущества, имея возможность выбора при сравнительно небольшом времени ожидания. Наиболее типичные представители этой стратегии – компании, занимающиеся сборкой компьютеров, производители мебели (для некоторых групп продукции), дорожной техники, некоторые приборостроительные компании и т.п.

3. Производство под заказ, при котором выпуск конечной продукции планируется только под конкретный заказ клиента. Закупка материалов производится под прогноз спроса и частично под заказ. При этом основной акцент в управлении запасами смещается в сторону планирования наиболее часто используемых материалов. При этой стратегии могут использоваться и заранее изготовленные детали, но большинство составляющих производится или закупается под конкретный заказ. Поэтому по сравнению со сборкой под заказ период поставки еще более увеличивается и уже включает не только время сборки и обработки заказа, но и производство необходимых для выполнения заказа узлов и комплектующих. При хорошо поставленной системе управления предприятием запасы компании в основном представляют собой запасы сырья и материалов. Типичные представители этой стратегии – производители мебели, упаковки, пластиковых окон, полиграфические комбинаты и т.п.

4. Разработка под заказ, при которой не только производство конечной продукции и всех необходимых компонентов, но и закупка материалов, а также разработка изделия и подготовка конструкторско-технологической документации планируются только под конкретный заказ клиента. При этом, как правило, никакие складские запасы не создаются до тех пор, пока соответствующие материалы не будут запланированы в производство. Период поставки достаточно велик, поскольку включает время на разработку продукта и закупку необходимого сырья. Эта стратегия – самая выгодная для предприятия. Типичные представители этой стратегии – предприятия аэрокосмической отрасли, крупные оборонные заводы, судостроительные и т.п.

Вторая и третья стратегии предъявляют наиболее жесткие требования к методам планирования и управления, а также к системам управления. В большинстве случаев для каждого из таких предприятий требуется индивидуальное построение алгоритмов и процедур планирования.

Для производителя идеальной является четвертая стратегия, не требующая запасов и больших оборотных средств, а для покупателя – первая, обеспечивающая максимально быструю поставку и не требующая больших оборотных средств для предоплаты. С учетом этого в реальной практике производители диверсифицируют стратегии производства, обеспечивая разные группы покупателей.

Рассматриваемый в статье подход в большей степени ориентирован на второй и третий типы стратегий (сборка и производство под заказ), т.к. именно при них сроки поставки определены до момента полной определенности в наличии необходимых материалов и комплектующих, в то время как для стратегии производства на склад отсутствие отдельных ингредиентов не столь критично для производства в целом. Для разработки под заказ дефицит маловероятен, т.к. обычно срок поставки ингредиентов не лимитирует сроки отгрузки готовой продукции.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. На складе товар может храниться в объеме, кратном дискретным порциям, например стандартным боксам, поддонам. То есть можно хранить

$1, 2, \dots, m$ порций товара. Затраты на хранение каждой порции товара известны и равны v денежным единицам. Потребность в товаре может составлять соответственно $1, 2, \dots, n$ порций товара. Потери, связанные с дефицитом одной порции товара, составляют z единиц. Расчет потребности проводится в дискретные моменты времени, например ежедневно, ежесменно, еженедельно. Необходимо определить, сколько порций товара следует иметь на складе.

Среди всех типов материалов, необходимых в производстве, будем рассматривать лишь ту группу, в состав которой входят материалы, критические для запуска изделий в производство. При их отсутствии запуск изделия откладывается до пополнения соответствующих запасов. Опытный менеджер склада всегда имеет гарантированный запас этих материалов и поддерживает его уровень с учетом случайного характера потенциального спроса.

В таком виде задача структурно может интерпретироваться как игровая [4], где первый игрок (И1) – менеджер склада, а И2 – внешняя среда, потребляющая товар со склада. При известных затратах и потерях v, z строится матрица потерь для И1, тогда решив матричную игру, найдем оптимальную стратегию И1, т.е. количество единиц товара, которое следует иметь на складе на очередной рабочий период. И хотя здесь нет в явном виде противника, использование игрового подхода позволит получить очень осторожное решение, обеспечивающее максимум гарантированного результата, т.е. как если бы спрос на товар носил злонамеренный характер.

Особенностью действий опытного менеджера склада, действующего полагаясь исключительно на свой опыт и интуицию, является то, что он учитывает не только перечисленные виды затрат и/или потерь, но и большое количество других трудно измеримых или слабо формализуемых факторов. Т.е. его фактическая целевая функция носит многокритериальный характер. Тем не менее, структурно задача может быть представлена упомянутой антагонистической матричной игрой (АМИ).

Однако на практике сколько-нибудь обоснованно априори заполнить платежную матрицу игры $A = \|a_{ij}\|_{mn}$ не представляется возможным. Поэтому воспользуемся адаптивным подходом [5], который позволяет по ряду наблюдений за принимаемыми И1 решениями и измерением реакции производства на них построить оценки платежной матрицы. А после достаточной точности настройки матрицы (модели платежей) можно выбирать и придерживаться оптимальной (смешанной) стратегии.

Решение АМИ представляется в виде пары оптимальных смешанных стратегий соответственно для И1 и И2: $\bar{p} = [p_1 p_2 \dots p_m]^T$; $\bar{q} = [q_1 q_2 \dots q_n]^T$ и цены игры $V = \bar{p}^T A \bar{q}$, где T – символ транспонирования матрицы или вектора. Для компонентов векторов \bar{p} и \bar{q} должно выполняться условие нормировки

$$\sum_{i=1}^m p_i = 1; \sum_{j=1}^n q_j = 1.$$

Задача поиска решения АМИ при известной платежной матрице названа прямой АМИ (ПАМИ), а восстановление платежной матрицы по наблюдениям – обратной АМИ (ОАМИ).

Схема решения ОАМИ заключается в том, что на любом k -м ($k=1, K$) шаге имеется возможность наблюдать тройку $\bar{p}_k, \bar{q}_k, V_k$, где \bar{p}_k выбирается ЛПР, \bar{q}_k является выбором И2, который доступен только для наблюдения, а текущий выигрыш V_k измеряется (оценивается) ЛПР. По совокупности этих наблюдений необходимо оценить платежную матрицу A . Будем считать также, что величина выигрыша становится известной ЛПР не после каждого хода (выбора) игроков, а с некоторым запаздыванием, т.е. выигрыш можно рассматривать как некоторую усредненную (или интегрированную) по совокупности ходов реакцию среды.

В данном случае обобщенным показателем выигрыша принято накопленное стоимостное выражение задержки запуска изделий в производство, обусловленное ожиданием пополнения запасов дефицитной позиции. Этот показатель отражает степень ухудшения такого важного показателя производства, как период поставки.

Рассмотрим кратко процедуру восстановления элементов платежной матрицы A по

наблюдениям. Для произвольного (k -го) измерения справедливо следующее соотношение:

$$V_k = \bar{p}_k^T A \bar{q}_k + \varepsilon_k,$$

откуда выражение для невязки [6] имеет вид

$$\varepsilon_k = V_k - \bar{p}_k^T A \bar{q}_k,$$

где V_k – измеренное значение выигрыша первого игрока на k -м шаге;

ε_k – случайная составляющая (невязка), обусловленная как неточностью измерений, так и качеством модели игры (матрицы A).

В соответствии с методом наименьших квадратов (МНК) [6] критерий оптимальности оценок, вычисляемых по K наблюдениям, имеет следующий вид

$$\sum_{k=1}^K (V_k - \bar{p}_k^T A \bar{q}_k)^2 \rightarrow \min_A.$$

В соотношении для невязки скалярное произведение $\bar{p}_k^T A \bar{q}_k$ (или $\bar{q}_k^T A \bar{p}_k$) для удобства преобразовано к виду

$$\bar{p}_k^T A \bar{q}_k = \bar{q}_k^T A \bar{p}_k = \bar{q}_k^T \begin{bmatrix} \bar{p}_k^T & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \bar{p}_k^T & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \bar{p}_k^T \end{bmatrix} \bar{a} = \bar{r}_k^T \bar{a}.$$

Здесь матрица A преобразована в вектор \bar{a} , где $\bar{a} = [\bar{a}_1^T \bar{a}_2^T \dots \bar{a}_n^T]^T$, где для всех $j=1, n$ – $\bar{a}_j = [a_{1j} \ a_{2j} \ \dots \ a_{mj}]^T$. Вектор $\bar{r}_k = [q_k^{(1)} \bar{p}_k^T \ q_k^{(2)} \bar{p}_k^T \ \dots \ q_k^{(n)} \bar{p}_k^T]$, где $q_k^{(i)}$ – i -й компонент вектора \bar{q}_k , $i=1, n$. С учетом таких обозначений выигрыш И1 на k -м шаге примет вид $V_k = \bar{r}_k^T \bar{a} + \varepsilon_k$.

Для K шагов эти уравнения можно представить в векторной форме следующим образом

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \dots \\ V_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{r}_1^T \\ \bar{r}_2^T \\ \dots \\ \bar{r}_K^T \end{bmatrix} \bar{a} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_K \end{bmatrix}, \text{ или, иначе, } \bar{V} = R \bar{a} + \bar{\varepsilon}.$$

Отсюда в соответствии с критерием оптимальности МНК-оценок синтезирован алгоритм восстановления элементов платежной матрицы в рекуррентной (калмановской) форме

$$\hat{a}_{K+1} = \hat{a}_K + Q_K \bar{r}_{K+1} [\bar{r}_{K+1}^T Q_K \bar{r}_{K+1} + 1]^{-1} \times \\ \times [V_{K+1} - \bar{r}_{K+1}^T \hat{a}_K], \quad (1)$$

$$Q_{K+1} = [Q_K^{-1} + \bar{r}_{K+1} \bar{r}_{K+1}^T]^{-1} = \\ = Q_K - Q_K \bar{r}_{K+1} [\bar{r}_{K+1}^T Q_K \bar{r}_{K+1} + 1]^{-1} \bar{r}_{K+1}^T Q_K, \quad (2)$$

где $Q_K = (R_K^T R_K)^{-1}$.

Алгоритм (1, 2) позволяет ЛПР накапливать положительный опыт принятия решений путем пошаговой подстройки элементов платежной матрицы. А принятые (в рамках ПАМИ) на основе этой матрицы решения (стратегия \bar{p}) будут основываться на этом опыте.

Приведенный алгоритм восстановления параметров платежной матрицы позволяет, с одной стороны, накапливать позитивный опыт менеджера склада, отражающий векторный характер эффекта, а с другой – использовать полученную модель для выработки в дальнейшем управляющих воздей-

ствий в рамках КИС предприятия. При этом управления на основе модели будут носить согласованный (с предпочтениями ЛПР) характер.

Библиографический список

1. Питеркин, С.В. Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем / С.В. Питеркин, И.А. Оладов. – М.: Альпина Бизнес– Букс, 2006. – 368 с.
2. Гаврилов, Д.А. Управление производством на базе стандартов MRP II / Д.А. Гаврилов. – СПб.: Питер, 2005. – 416 с.
3. Колесников, С.Н. Стратегия бизнеса / С.Н. Колесников. – М.: Статус-кво, 2000. – 168 с.
4. Оуэн, Г. Теория игр / Г. Оуэн. – М.: Мир, 1971. – 232 с.
5. Вилисов, В.Я. Методы выбора экономических решений / В.Я. Вилисов. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 228 с.
6. Себер, Дж. Линейный регрессионный анализ / Дж. Себер. – М.: Мир, 1980. – 456 с.

ВЫБОР ПОДХОДА К ФИЛЬТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА

А.Г. ЦАРЕВ, *асп. каф. электроники и микропроцессорной техники МГУЛ*

Один из первых вопросов, с которым сталкивается разработчик системы персонализации – это выбор подхода к фильтрации информации (ПФИ). Анализ публикаций по рассматриваемой тематике не выявил обоснованного ответа на вопрос: «Какой из подходов целесообразно использовать для персонализации интернет-магазина?». Важность этого вопроса исходит из его очередности: выбор ПФИ является первым этапом при разработке методики персонализации. Однако, несмотря на значимость этого вопроса, авторы оставляют его без должного внимания, а часто и вовсе опускают. Восполнению этого пробела и посвящена работа.

В настоящее время выделяют два основных ПФИ [1, 2, 6]: контентный и совместный. Они преследуют одну и ту же цель: сформировать информационное пространство запрашиваемых пользователями страниц в соответствии с их потребностями, но используют разные исходные данные.

Контентный ПФИ использует характеристики текстового наполнения страниц,

содержащихся в профиле пользователя, для которого осуществляется персонализация данных, то есть для конечного пользователя. Совместный ПФИ использует характеристики страниц, содержащихся в профилях других пользователей, схожих по интересам с конечным, не учитывая их текстового наполнения.

При выборе ПФИ необходимо руководствоваться типом сайта [1] и особенностями его аудитории. Пользователи интернет-магазина могут преследовать различные цели, но в данной работе рассматриваются только те из них, цель которых заключается в удовлетворении потребности в товарах и (или) информации о них. Таких пользователей принято называть целевыми. Потребности целевых пользователей (далее пользователей) можно выявить двумя способами: спросить напрямую, используя опросы и анкеты, или посредством неявных методов сбора данных [1] (в литературе есть косвенное [3] или пассивное наблюдение [4]).

Как показывает практика, большинство пользователей пытается избежать излишнего взаимодействия с интерфейсом интернет-магазина, поэтому прямой опрос выглядит менее предпочтительным. Неявное наблюдение, напротив, не обременяет пользователя вводом какой-либо информации и ведет сбор данных скрытно и незаметно для него. При этом просмотр страницы пользователем свидетельствует о его заинтересованности в информации и сужает область потребности до каких-то характерных особенностей или свойств предоставляемого контента.

Наиболее четкое представление о потребности дает анализ карточек товаров – страниц, основное место которых занимает описание товара. По ним можно восстановить свойства интересующей пользователя продукции.

Исходя из указанных допущений можно сделать следующие выводы о применимости рассматриваемых ПФИ:

– контентный целесообразно применять для пользователей, нуждающихся в однородных по какому-либо свойству товарах, например в товарах одного производителя;

– совместный, напротив, наиболее эффективен для пользователей, нуждающихся в неоднородных по какому-либо свойству товарах, например в товарах из разных тематических разделов;

Так какой же ПФИ должен лежать в основе системы персонализации данных интернет-магазина? Ответ очевиден: тот, посредством которого будут удовлетворены потребности как можно большей части аудитории. Чтобы конкретней ответить на этот вопрос, проведем исследование, цель которого состоит в сравнении долей пользователей с однородными и неоднородными потребностями. Если на сайте явное большинство пользователей (не менее 95 %) будет иметь однородную потребность, то очевидным будет использование контентного ПФИ, если неоднородную потребность, то совместного ПФИ, а если явного большинства не будет, то комбинированный ПФИ [5], сочетающий возможности контентного и совместного подходов.

Для обеспечения универсальности результатов исследования были выбраны наиболее доступные для анализа и распространенные в большинстве интернет-магазинов свойства товаров:

– **функциональное назначение**, по этому свойству чаще всего составляются каталоги продукции;

– **фирма-производитель**, имеет место при наличии товаров разных производителей и также применяется для классификации товаров.

В качестве информационной базы был выбран интернет-магазин www.krug.ru, соответствующий по форме организации каталога современным сайтам электронной коммерции и имеющий систему персонализации с интегрированным в нее модулем сбора пользовательских данных. На момент исследования в нем насчитывалось 1083 товара от 85 производителей, классифицированных по 18 группам функционального назначения.

В исследовании учитывались только те пользовательские сессии (сессия – совокупность просмотренных пользователем страниц за одно посещение сайта), в которых были зафиксированы переходы на два и более различных товара. Повторные просмотры и перезагрузки карточек товаров по понятным причинам не учитывались. Для каждой сессии было подсчитано количество отличающихся идентификаторов свойств товаров и по нему производилась оценка однородности потребностей: если в сессии встретилось только одно значение идентификатора, то потребность однородна, более одного – неоднородна.

Т а б л и ц а

Распределение долей сессий с однородными и неоднородными потребностями

Доля сессий	Свойства	
	функциональное назначение	фирма-производитель
Неоднородные потребности	28,82 %	61,49 %
Однородные потребности	71,18 %	38,51 %

Всего в исследовании было обработано 5385 сессий, удовлетворяющих вышеуказанному условию. Анализ параметров рассматриваемых совокупностей (отличающихся идентификаторов свойств товаров в сессиях) опущен, так как выходит за рамки решаемой задачи.

В таблице представлены доли сессий с однородными и неоднородными потребностями по свойствам «функциональное назначение» и «фирма-производитель».

Из представленных диаграмм видно, что ни сессии с однородной потребностью, ни сессии с неоднородной потребностью не имеют явного большинства. Поэтому применение в интернет-магазине одного из двух основных ПФИ – это скорее вынужденный и неэффективный шаг. Чтобы обеспечить высокую точность персонализации для наибольшей части аудитории, необходимо использовать комбинированный подход. Он может быть эффективен для пользователей с однородными и неоднородными потребностями и обеспечит максимальный охват целевой аудитории. Кроме того, комбинирование подходов позволяет исключить некоторые недостатки, присущие каждому из подходов в отдельности.

Узкие рекомендации. Проблема характерна для контентного подхода и состоит в том, что пользователю предлагаются только те страницы, чьи характеристики схожи с содержащимися в его профиле.

Разреженность. Проблема характерна для совместной фильтрации и заключается

в том, что количество имеющихся на сайте страниц намного превышает количество просмотренных (востребованных).

В результате проведенного исследования было выяснено, что в основе системы персонализации интернет-магазина должны лежать комбинированный ПФИ. В перспективе автором планируется использование комбинированного подхода в качестве основы для разработки методики персонализации, учитывающей запросы пользователей поисковых систем.

Библиографический список

1. Зайцев, И.Б. Адаптивные гипермедиаиздания, интегрированные в интернет: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Зайцев Илья Борисович. – М.: РГБ, 2005. – С. 29, 32, 40–41.
2. Новичихин, А.В. К вопросу об эффективности и проблемах при построении моделей оптимизации Web-сайтов / А.В. Новичихин // Материалы VI Всероссийской объединенной конференции IST/IMS-2003. – Воронеж, ВГУ, 2003.
3. Наблюдение за пользователями/исследования на месте URL: <http://webmascon.com/topics/development/22a.userobservation.asp> 25.12.2007
4. Царев, А.Г. Счетчик пользовательских данных для системы персонализации интернет-магазина / А.Г. Царев // Инновации в условиях развития информационно-коммуникационных технологий: Материалы научно-практической конференции – М.: МИЭМ, 2007. – С. 331–333.
5. Adomavicius Gediminas. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 17, No. 6
6. Herlocker J., Konstan J., Borchers A., and Riedl J. An algorithmic framework for performing collaborative filtering. // In Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, pages 230-237, 1999.

РАЗРАБОТКА ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ШКАЛ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ

М.В. АНТОШИНА, МГУЛ,

И.В. АНТОШИНА, МГУЛ, канд. техн. наук

Перед пользователем всегда остро стоит проблема выбора программных средств (ПС) из множества существующих аналогов. Большое распространение получили ПС, относящиеся к классу инженерных графичес-

ких редакторов, которые с успехом использует множество предприятий.

Для оценки качества инженерных графических редакторов была составлена иерархическая система характеристик качества

Оптимальные шкалы для классов характеристик качества

(ХК) на основе стандарта ISO/IEC 9126:1991 «Информационные технологии. Оценка продукции программного обеспечения. Характеристики качества и инструкции по их применению» [2].

Следует отметить, что лингвистические шкалы для оценки ХК инженерных графических редакторов в литературе не описаны. Очевидно, что для каждой ХК можно предложить несколько лингвистических шкал, поэтому возникает задача выбора среди них оптимальной. Целью данной работы является разработка оптимальных лингвистических шкал для всех ХК инженерных графических редакторов.

В [1] был предложен метод, используемый для разработки таких шкал. В соответствии с этим методом для каждой ХК составляется множество шкал с различным числом градаций. Затем проводится экспертный опрос, в ходе которого оцениваются ХК нескольких инженерных графических редакторов во всех предложенных шкалах.

По результатам опроса для каждой ХК рассчитывается согласованность суждений экспертов и информативность уровней шкалы по следующим формулам

$$\text{Согл}_k = \min_j \frac{\sum_{i=1}^n \text{Площадь}(\mu_{ij}^k \cap \mu_{cpi}^k)}{n \times \text{Площадь}(\mu_{cpi}^k)}, \quad j=1, l, \quad k=1, m,$$

где Согл_k – согласованность суждений экспертов;

μ_{ij}^k – функция принадлежности, соответствующая нечеткому значению характеристики j -го продукта, выбранному i -м экспертом при оценивании по k -й шкале;

l – число оцениваемых продуктов;

μ_{cpi}^k – функция принадлежности нечеткой итоговой оценки характеристики j -го продукта, который оценивается по k -й шкале, \tilde{a}_j^k , которая рассчитывается по формуле

$$\tilde{a}_j^k = \frac{\tilde{a}_{1j}^k \oplus \tilde{a}_{2j}^k \oplus \dots \oplus \tilde{a}_{nj}^k}{n},$$

где \tilde{a}_{ij}^k – нечеткое значение характеристики j -го продукта, выбранное i -м экспертом при оценивании по k -й шкале.

Класс ХК	Оптимальная шкала
Возможностные	Отсутствие возможности
	Наличие возможности
Полнотные	Представлены малым числом
	Представлены средним числом
	Представлены большим числом
Количественные	Чрезмерное количество
	Малое количество
	Не так много, как хотелось бы
	Достаточно большое количество
Точностные	Исчерпывающее количество
	Малая точность
	Средняя точность
Наличностные	Большая точность
	Отсутствие
Правильностные	Наличие
	Неправильное составление
Вероятностные	Правильное составление
	Малая вероятность
Скоростные	Большая вероятность
	Очень медленно
	Средняя скорость
Стандартностные	Быстро
	Нестандартный
Удобственные	Стандартный
	Крайне неудобный
	Неудобный
	Более или менее удобный
	Удобный
Объемные	Очень удобный
	Очень большой
	Большой
	Средний
Сложностные	Маленький
	Очень маленький
	Сложно
	Не очень сложно
Размерные	Просто
	Очень просто
	Очень большой
	Очень маленький
Системные	Большой
	Маленький
	Средний
Системные	Большая занятость
	Средняя занятость
	Малая занятость

$$I^k = \min_i \frac{\text{Площадь}(\mu_i^k)}{\sum_{i=1}^f \text{Площадь}(\mu_i^k)}, \quad i = \overline{1, f}, \quad k = \overline{1, m},$$

где I^k – информативность уровней шкалы;

f – число уровней шкалы;

μ_i^k – функция принадлежности, соответствующая i -му уровню k -й шкалы.

Оптимальная лингвистическая шкала выбирается из условий максимальности согласованности суждений экспертов и максимальности информативности уровней шкалы. Если в результате будет получено несколько решений, то оптимальной будет шкала с большим числом уровней

$$\begin{cases} \text{Согл}_k \rightarrow \max, \\ I^k \rightarrow \max, \\ f \rightarrow \max. \end{cases}$$

При выборе оптимальной шкалы для каждой отдельно взятой ХК инженерных графических редакторов были получены результаты, которые позволили объединить их в классы. Причем для всех ХК конкретного класса оптимальная шкала едина. Приведем перечень полученных классов.

Возможностные характеристики – определяют возможность выполнения какой-либо функции или действия.

Полнотные – полноту содержания элементов ПС.

Количественные – количество каких-либо функций и элементов ПС.

Точностные – точность графических построений.

Наличностные – наличие элементов ПС.

Правильностные – правильность оформления документации.

Вероятностные – вероятность возникновения того или иного события.

Скоростные – скорость какого-либо процесса.

Стандартостные – стандартность элементов ПС.

Удобственные – удобство использования ПС.

Объемные – необходимый объем ресурсов для выполнения поставленных задач.

Сложностные – сложность тестирования ПС при его модификации.

Размерные – размер элементов ПС.

Системные – полноту занятости ресурсов ПК при функционировании ПС (таблица).

В итоге были получены следующие результаты: во-первых, оптимальные лингвистические шкалы для всех ХК инженерных графических редакторов, во-вторых, на основании этих шкал была получена классификация ХК. Причем конкретный класс характеристик можно сопоставить с конкретной лингвистической шкалой. Это позволит при дальнейшей модификации ПС, с появлением новых ХК, отнести их к одному из предложенных классов и автоматически определить оптимальную лингвистическую шкалу.

Библиографический список

1. Антошина, И.В. Формализованный подход к выбору оптимальной лингвистической шкалы / И.В. Антошина, М.В. Антошина, В.Г. Домрачев и др. // Инновации в условиях развития информационно-коммуникационных технологий: материалы научно-практической конференции. – 2007. – С. 366–369.
2. ISO/IEC 9126:1991. Information technology – Software product evaluation – Quality characteristics and guidelines for their use.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕШАННОЙ КОНВЕКЦИИ НА ОСНОВЕ ВИХРЕВОГО ПОДХОДА

В.В. АФАНАСЬЕВА, ассистент каф. прикладной математики МГУЛ

Рассматривается моделирование смешанной конвекции около горизонтального цилиндра. Задача о взаимодействии вязкой теплопроводной жидкости с телами различной формы многопараметрическая, поэтому применение математического моделирования

и вычислительного эксперимента как инструмента исследования данной задачи в настоящее время является актуальным. Большое количество теоретических, экспериментальных и численных работ посвящено исследованию ближнего и дальнего следа за плохообтекае-

мыми телами вообще и за круговым цилиндром в частности.

Данная работа является продолжением исследования смешанной конвекции при обтекании цилиндра [1, 2] и посвящена рассмотрению вихревого подхода, применяемого для численного расчета процесса смешанной конвекции около горизонтального цилиндра. Автором предложено использовать вихревой подход для учета действия гравитационных сил.

Данный метод позволяет определить структуру пространственного распределения гидродинамических характеристик и учесть влияние возмущений, возникающих в потоках. Нелинейные возмущения, которые возникают, например, из-за неустойчивости Кельвина-Гельмгольца и трансформируются в вихревые структуры, оказывают сильное воздействие на гидродинамику и тепломассоперенос. Особенно ярко это проявляется при использовании струй, взаимодействующих с преградой, которые нашли широкое практическое применение.

Математическая постановка задачи

Рассматривается двумерная задача ламинарного обтекания нагретого цилиндра плоской струей жидкости в поле действия силы тяжести \bar{g} . На горизонтальный изотермический цилиндр, диаметром D , с постоянной температурой на поверхности $T_{ст}$, из сопла шириной H натекает струя жидкости с постоянной температурой на срезе сопла $T_{ж}$ ($T_{ст} > T_{ж}$). Расстояние от среза сопла до цилиндра равно величине z . Профиль скорости на срезе сопла прямоугольный. Скорость истечения жидкости из сопла V – малая дозвуковая. Угол между вектором ускорения свободного падения и вектором скорости на срезе сопла – γ .

В основу модели положены нестационарные уравнения сохранения энергии (1) и Навье-Стокса (2–4) в приближении Буссинеска с переходом к функции тока (Ψ) и функции завихренности (ω).

Задача решалась в преобразованной полярной системе координат $(\bar{\xi}, \bar{\varphi})$, стягивающей бесконечную область в область конечных размеров. Преобразование радиальной координаты осуществлялось в соответствии

с соотношением $\xi = e^{-kr}$, где $k = \text{const}$ – параметр преобразования координат.

Безразмерные переменные (отмечены чертой сверху) введены следующим образом:

$$\bar{\tau} = \frac{V}{D} \tau; \quad \bar{\Psi} = \frac{\Psi}{VD}; \quad \bar{\omega} = \frac{D}{V} \omega;$$

$$\bar{V}_r = \frac{V_r}{V}; \quad \bar{V}_\varphi = \frac{V_\varphi}{V}; \quad \bar{T} = \frac{T - T_{ж}}{\Delta T},$$

где $\Delta T = T_{ст} - T_{ж}$.

Определяющие параметры задачи: число Рейнольдса $Re = VD/\nu$, число Грасгофа $Gr = g\beta\Delta TD^3/\nu^2$ (число Ричардсона $Ri = Gr/Re^2$), число Прандтля $Pr = \nu/a$, отношение ширины сопла к диаметру цилиндра – H/D и отношение расстояния от среза сопла до цилиндра к ширине сопла – z/H , угол между вектором ускорения свободного падения и вектором скорости на срезе сопла – γ .

Таким образом, уравнения примут вид:

уравнение переноса энергии

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{\tau}} - k \bar{\xi} \bar{V}_r \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{\xi}} - \frac{k}{\ln \bar{\xi}} \bar{V}_\varphi \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{\varphi}} = \frac{1}{Re Pr \ln \bar{\xi}} \left[\bar{\xi} \frac{\partial}{\partial \bar{\xi}} \left(\bar{\xi} \ln \bar{\xi} \cdot \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{\xi}} \right) + \frac{1}{\ln \bar{\xi}} \frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial \bar{\varphi}^2} \right], \quad (1)$$

уравнение переноса импульса

$$\frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \bar{\tau}} - k \bar{\xi} \bar{V}_r \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \bar{\xi}} - k \frac{\bar{V}_\varphi}{\ln \bar{\xi}} \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \bar{\varphi}} = \frac{1}{Re \ln \bar{\xi}} \left[\bar{\xi} \frac{\partial}{\partial \bar{\xi}} \left(\bar{\xi} \ln \bar{\xi} \cdot \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \bar{\xi}} \right) + \frac{1}{\ln \bar{\xi}} \frac{\partial^2 \bar{\omega}}{\partial \bar{\varphi}^2} \right] - \frac{Gr}{Re^2} \frac{k}{\ln \bar{\xi}} \times$$

$$\times \left[\frac{\partial}{\partial \bar{\varphi}} (\bar{T} \cos(\bar{\varphi} - \gamma)) + \bar{\xi} \frac{\partial}{\partial \bar{\xi}} (\ln \bar{\xi} \cdot \bar{T} \cdot \sin(\bar{\varphi} - \gamma)) \right], \quad (2)$$

где

$$\bar{V}_r = -\frac{k}{\ln \bar{\xi}} \frac{\partial \bar{\Psi}}{\partial \bar{\varphi}}, \quad \bar{V}_\varphi = k \bar{\xi} \frac{\partial \bar{\Psi}}{\partial \bar{\xi}}. \quad (3)$$

– радиальная и тангенциальная составляющие скорости соответственно.

Уравнение, связывающее функцию завихренности с функцией тока

$$\bar{\omega} = -\frac{k^2}{\ln \bar{\xi}} \left[\bar{\xi} \frac{\partial}{\partial \bar{\xi}} \left(\bar{\xi} \ln \bar{\xi} \cdot \frac{\partial \bar{\Psi}}{\partial \bar{\xi}} \right) + \frac{1}{\ln \bar{\xi}} \frac{\partial^2 \bar{\Psi}}{\partial \bar{\varphi}^2} \right]. \quad (4)$$

Граничные условия:

На поверхности цилиндра $\bar{T} = \bar{T}_{ст} = 1$; $\bar{\Psi} = 0$; $\bar{V}_r = 0$; $\bar{V}_\varphi = 0$; на внешних стенках сопла $\bar{T} = T_{ж} = 0$; $\bar{\Psi} = \text{const}$; $\bar{V}_r = 0$; $\bar{V}_\varphi = 0$ – условия прилипания и постоянства температуры.

На срезе сопла – безвихревое течение и равномерное распределение скорости, $\bar{T} = \bar{T}_ж = 0$; $\bar{\Psi} = -z/D \cdot \sin\varphi$ (в физическом эксперименте подобные условия можно получить с помощью сопла Витушинского), граничные условия для $\bar{\omega}$ получаются из уравнения (4).

На внешней границе – условия полной проницаемости $\partial\bar{T}/\partial\bar{\xi} = 0$; $\partial\bar{\omega}/\partial\bar{\xi} = 0$; $\partial\bar{V}_r/\partial\bar{\xi} = 0$; $\partial\bar{V}_\varphi/\partial\bar{\xi} = 0$.

Начальные условия: на поверхности цилиндра $\bar{T} = \bar{T}_{ст} = 1$; во всей расчетной области $\bar{T} = \bar{T}_ж = 0$; на срезе сопла задано равномерное распределение скорости, в остальной расчетной области задано течение, соответствующее безотрывному обтеканию цилиндра струей идеальной жидкости конечной ширины.

Метод численного решения

Метод «вихрей в ячейке» [3] совмещает некоторые из лучших черт лагранжева и эйлерова подходов. Лагранжевы частицы (дискретные точечные вихри), представляющие элементы жидкости, движутся в фиксированной эйлеровой сетке, которая в свою очередь используется для описания переменных поля.

В этом методе интегрируется уравнение траектории движения каждого дискретного вихря, то есть скорости вычисляются по значениям функции тока, которая в отличие от метода дискретных вихрей определяется не путем суммирования (наложения, суперпозиции) вкладов от отдельных дискретных вихрей, а из решения уравнения для функции тока с использованием сеточной функции завихренности, определенной путем осреднения вкладов дискретных вихрей по ячейкам сетки.

Точечные дискретные вихри генерируются на поверхности цилиндра и кромках сопла. Каждый дискретный вихрь характеризуется координатами местоположения (x_p) и циркуляцией (Γ_p) .

Уравнение (2) представим в виде трех частей.

1) Конвективная часть

$$\frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \tau} - k \bar{\xi} \bar{V}_r \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \bar{\xi}} - k \frac{\bar{V}_\varphi}{\ln \bar{\xi}} \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \varphi} \text{ или } \frac{D \bar{\omega}}{D \tau}, \quad (5)$$

аппроксимировалась вихревыми элементами, положения и циркуляции которых определялись согласно уравнениям

$$\frac{dx_p}{d\tau} = u_p(x_p); \quad (6)$$

$$\frac{d\Gamma_p}{d\tau} = 0. \quad (7)$$

2) Диффузионная часть

$$\frac{1}{\text{Re}} \frac{k^2}{\ln \bar{\xi}} \left[\bar{\xi} \frac{\partial}{\partial \bar{\xi}} \left(\bar{\xi} \ln \bar{\xi} \cdot \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \bar{\xi}} \right) + \frac{1}{\ln \bar{\xi}} \frac{\partial^2 \bar{\omega}}{\partial \varphi^2} \right], \quad (8)$$

которая моделировалась с применением «диффузионной» скорости [4]

$$\bar{V}_r^{dif} = \frac{1}{\text{Re}} k \bar{\xi} \cdot \frac{1}{\omega} \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \bar{\xi}}; \quad \bar{V}_\varphi^{dif} = \frac{1}{\text{Re}} \frac{k}{\ln \bar{\xi}} \cdot \frac{1}{\omega} \frac{\partial \bar{\omega}}{\partial \varphi}. \quad (9)$$

3) Часть, учитывающая влияние сил плавучести,

$$-\frac{\text{Gr}}{\text{Re}^2} \frac{k}{\ln \bar{\xi}} \left[\frac{\partial}{\partial \varphi} (\bar{T} \cos(\varphi - \gamma)) + \bar{\xi} \frac{\partial}{\partial \bar{\xi}} (\ln \bar{\xi} \cdot \bar{T} \sin(\varphi - \gamma)) \right]; \quad (10)$$

заменялась генерацией «тепловых» вихрей в узлах сетки.

Для перехода от системы дифференциальных уравнений и краевых условий к соответствующим конечно-разностным соотношениям рассматриваемая область изменения безразмерных координат $(\bar{\xi}, \varphi)$ была заменена равномерной сеткой узловых точек с номерами i, j , которые изменялись в диапазонах: $0 \leq i \leq n - 1, 0 \leq j \leq m - 1$. Сетка задавалась как $n(l) \times m$, где n и m – количество всех узлов в радиальном и тангенциальном направлениях соответственно, а l – количество узлов, приходящихся на сопло в радиальном направлении. Для того, чтобы на расстояние от сопла до цилиндра (z) приходилось целое количество шагов сетки, параметр преобразования координат k выбирался следующим образом: $k = -D/z \cdot \ln(l/n)$.

Безразмерный шаг между узловыми точками в радиальном направлении $\Delta \bar{\xi} = \bar{\xi}_0/n$, где $\bar{\xi}_0 = e^{-k/2}$, а в тангенциальном направлении $\Delta \varphi = 2\pi/(m - 1)$.

Величина шага по времени $\Delta \tau$ зависела от номера временного слоя и определялась из условий практической устойчивости [5]. Аппроксимация конечными разностями дифференциального уравнения (1) проводилась по модифицированной явной схеме, ориентированной «против потока», с компенсацией погрешности первого порядка [5].

Локальное число Нуссельта определялось согласно выражению

$$Nu = k \xi_0 \frac{\partial \bar{T}}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\xi_0},$$

которое аппроксимировалось по трехточечной схеме второго порядка.

Интенсивность вихря в узловых точках (рис. 1б) определялась следующим образом

$$\omega_q = \sum_p \frac{S_q \Gamma_p}{S^2}, \quad q=1,2,3,4. \quad (11)$$

Циркуляция каждого дискретного вихря определялась по формуле

$$\Gamma_p = (\omega_{\Gamma p} - \omega_{\Sigma w}) S, \quad (12)$$

где $\omega_{\Gamma p}$ – завихренность на границе определялась из уравнения (4); для цилиндра она определялась согласно выражению

$$\omega_{\Gamma p} = -k^2 \xi_0^2 \cdot 2\Psi_1 / \Delta \xi^2,$$

S – площадь ячейки, внутри которой находится рассматриваемый вихрь,

$$S = \sum_{q=1}^4 S_q,$$

$\omega_{\Sigma w}$ – завихренность, генерируемая отсоединенными вихрями, которые находятся в той же ячейке, определяется согласно уравнению (11).

После учета вкладов всех дискретных вихрей (11) завихренность оказывалась определенной во всех узлах сетки, и функция тока могла быть найдена из уравнения (4), которое решалось методом установления по неявной схеме с использованием продольно-поперечных прогонок.

Затем определялось поле скоростей в узлах сетки и для каждого дискретного вихря определялась его скорость согласно выражению

$$u_p = \sum_{q=1}^4 \frac{U_q S_q}{S}, \quad (13)$$

также определялись «диффузионные» скорости

$$u_p^{dif} = \sum_{q=1}^4 \frac{U_q^{dif} S_q}{S}, \quad (14)$$

где U_q и U_q^{dif} – вектора скоростей, которые определяются из уравнений (3) и (9) соответственно, эти уравнения аппроксимировались центральными конечными разностями второго порядка.

$$V_{rij} = -\frac{k}{\ln \xi_i} \cdot \frac{\Psi_{j+1} - \Psi_{j-1}}{2\Delta\varphi}; \quad V_{\varphi ij} = k \xi_i \cdot \frac{\Psi_{i+1} - \Psi_{i-1}}{2\Delta\xi},$$

$$V_r^{dif} = \frac{1}{Re} \cdot k \xi_i \cdot \frac{1}{\omega_{ij}} \cdot \frac{\omega_{i+1} - \omega_{i-1}}{2\Delta\xi};$$

$$V_\varphi^{dif} = \frac{1}{Re} \cdot \frac{k}{\ln \xi_i} \cdot \frac{1}{\omega_{ij}} \cdot \frac{\omega_{j+1} - \omega_{j-1}}{2\Delta\varphi}.$$

Затем интегрированием по времени уравнения траекторий вихрей (6) определялись их новые положения

$$x_p(\tau + \Delta\tau) = x_p(\tau) + u_p(\tau)\Delta\tau + u_p^{dif}(\tau)\Delta\tau. \quad (15)$$

Далее для учета влияния сил плавучести предложено в тепловом пограничном слое (область, где $\bar{T} > 0,05$) генерировать «тепловые» вихри, причем координаты «тепловых» вихрей соответствуют координатам узлов сетки, а циркуляция определялась по формуле

$$\Gamma_p = \left(-\frac{Gr}{Re^2} \frac{k}{\ln \xi} \left[\frac{\partial}{\partial \varphi} (\bar{T} \cos(\varphi - \gamma)) + \bar{\xi} \frac{\partial}{\partial \xi} (\ln \bar{\xi} \cdot \bar{T} \sin(\varphi - \gamma)) \right] \right) \times S \times \Delta\tau. \quad (16)$$

В уравнении (16) производные аппроксимировались центральными разностями второго порядка.

На основе рассмотренного метода расчета разработан комплекс программ под Windows для проведения вычислительных экспериментов для исследования взаимодействия плоской струи вязкой теплопроводной несжимаемой жидкости с горизонтальным круговым цилиндром. Текст программы написан на языке программирования C++. Время расчета одного варианта задачи на персональном компьютере в среднем составляло от 2 до 6 часов.

Тестирование программы проводилось в два этапа. Первый этап состоял в качественном сопоставлении результатов расчетов с известными данными для обтекания цилиндра [6]. Надо отметить, что вихревые структуры, полученные в вычислительном эксперименте, качественно согласуются с данными физического эксперимента.

Второй этап заключался в количественном сопоставлении результатов расчетов с данными лабораторных экспериментов для случая обтекания изотермически нагретого цилиндра неограниченным потоком [7] и плоской струей. При моделировании обтекания цилиндра неограниченным потоком $Re = 188$; $Gr = 28600$; $Pr = 0,7$ на сетках: 60×37 и 80×73 локальное число Нуссельта отличалось на 3–5 % от данных лабораторных экспериментов.

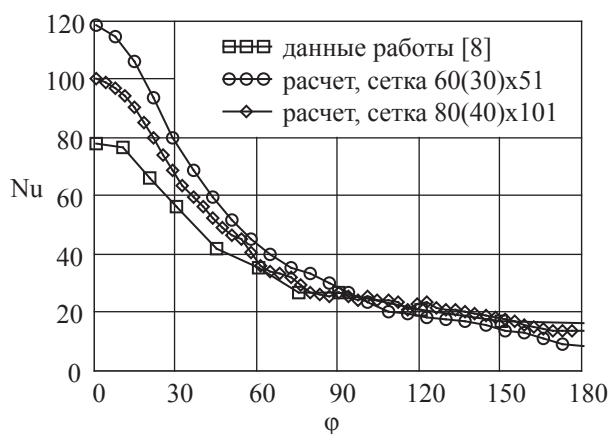


Рисунок. Распределение локального числа Нуссельта при обтекании цилиндра плоской струей: для $Re = 4072$; $Gr = 2,5 \times 10^6$; $Pr = 0,7$ на сетках: $60(30) \times 51$ и $80(40) \times 101$

Тестовые расчеты совпадающей смешанной конвекции при обтекании цилиндра неограниченным потоком и плоской струей (рисунок), а также расчеты естественной конвекции около горизонтального цилиндра показали, что имели место внутренняя сходимость при измельчении сетки и удовлетворительное согласование результатов расчетов с известными экспериментальными данными.

Расчеты, проведенные при использовании метода «вихрей в ячейках», показали, что когерентные вихревые структуры влияют на мгновенное распределение температуры вблизи поверхности цилиндра. Распределение локального числа Нуссельта на поверхности цилиндра имеет нестационарный характер и зависит от положения вихревых структур струи, которые в свою очередь порождают вниз по течению вихревые структуры на поверхности цилиндра.

В работе описаны математическая модель и метод численного решения задачи о взаимодействии плоской струи вязкой несжимаемой теплопроводной жидкости с горизонтальным круговым изотермическим цилиндром. Предложено использовать вихревой подход для учета гравитационных сил путем генерации дискретных вихрей в тепловом пограничном слое.

Показано, что метод расчета, базирующийся на вихревом подходе, позволяет корректно моделировать движение вязкой теплопроводной жидкости вблизи поверхности

цилиндра для случая обтекания цилиндра бесконечным потоком и плоской струей.

Данные тестовых расчетов хорошо согласуются с известными экспериментальными данными. Показано, что разработанный метод расчета позволяет отслеживать поведение вихревых структур, имеющих место в физическом эксперименте. Нестационарное развитие вихревых структур приводит к тому, что характеристики теплообмена зависят от времени, причем колебания температуры от сопла достигают преграды. Данный метод позволяет исследовать вихревые структуры в слое смешения и их влияния на характеристики теплообмена.

Таким образом, можно утверждать, что рассмотренный метод дает вполне надежные результаты, согласующиеся с известными данными физических экспериментов, и разработанная программа для проведения вычислительных экспериментов пригодна для исследования смешанной конвекции около горизонтального цилиндра.

Библиографический список

1. Афанасьев, А.В. Исследование локального и среднего теплообмена при взаимодействии плоской струи жидкости с горизонтальным цилиндром в режиме ламинарной смешанной конвекции / А.В. Афанасьев, В.В. Афанасьева // Проблемы газодинамики и теплообмена в энергетических установках: сб. науч. тр. – Т. 1. – М.: Изд-во МЭИ, 2007. – С. 62–65.
2. Афанасьев, А.В. Математическое моделирование смешанной конвекции при струйном обтекании горизонтального цилиндра / А.В. Афанасьев, В.В. Афанасьева // Инженерная физика – № 4. – М.: Изд-во Научтехлитиздат, 2007. – С. 16–20.
3. Пейре, Р. Вычислительные методы в задачах механики жидкости / Р. Пейре, Т.Д. Тейлор. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 352 с.
4. Дынникова, Г.Я. Лагранжев подход к решению нестационарных уравнений Навье-Стокса / Г.Я. Дынникова // Доклады РАН. – 2004, Т. 399. – № 1. – С. 42–46.
5. Купцова, В.С. Численные методы исследования процессов тепло- и массопереноса: учеб. пособие, Ч. 2 / В.С. Купцова. – М.: МЛТИ, 1976. – 78 с.
6. Ван-Дайк, М. Альбом течений жидкости и газа / М. Ван-Дайк – М.: Мир, 1986. – 184 с.
7. Хроменко, А.В. Гидродинамика и теплообмен горизонтального цилиндра при ламинарной смешанной конвекции: дис. ... канд. техн. наук : 05.14.05 / Андреев Владимирович Хроменко. – М., 1990. – 252 с.

Гиниятуллин Р.Х. РОЛЬ ЛИСТВЕННИЦЫ СУКАЧЕВА В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.

В работе представлены материалы по оценке относительного жизненного состояния и аккумуляции металлов различными органами лиственницы Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) в условиях Стерлитамакского промышленного центра и в зоне условного контроля.

Ключевые слова: лиственница Сукачева, Mn, Cu, загрязнение.

Giniyatullin R.H. ROLE OF SUKACHEV LARCH LARIX SUKACZEWII DYL. UNDER CONDITIONS OF INDUSTRIAL POLLUTION.

Dates on the general state of stands and metal accumulation by various overground organs of Sukachev larch *Larix sukaczewii* Dyl. under Conditions of Sterlitamak Industrial Center and zone of control are presented.

Прокошева К.Ю., Итешина Н.М. ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНОГО ПАРКА «УСТЬ-БЕЛЬСК» УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ.

Природный парк «Усть-Бельск» – уникальный рекреационный объект в Удмуртии, который относится к наиболее крупным особо охраняемым природным территориям республики. В данной публикации дана эколого-лесоводственная оценка парка и рассмотрено функциональное зонирование, основанное на природоохранных функциях парка.

Ключевые слова: природный парк, зона, ландшафт.

Prokosheva K.Y., Iteshina N.M. ENVIRONMENTALIST-FORESTRY GENERAL IS THE NATURAL PARK «YST-BELSK» IN UDMURTIYA.

Yst-Belsk is a unique recreational place in Udmurtiya and belongs to the largest protected natural territories of the republic. In the publication the general environmentalist-forestry and functional zoning of the park territory is given.

Хисамов Р.Р., Зарипов И.А., Кулагин А.А. ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ПОСЕВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР БАШКОРТОСТАНА.

Исследовалась эффективность и особенности применения полезащитных лесополос при возделывании различных сельскохозяйственных культур. Показана положительная роль лесных насаждений в повышении продуктивности, урожайности и устойчивости культурных растений.

Ключевые слова: полезащитное лесоразведение, продуктивность, эффективное природопользование.

Khisamov R.R., Zaripov I.A., Kulagin A.A. INCREASE OF ECOLOGICAL EFFICIENCY OF WOOD PLANTINGS IN PREURALS REGION OF BASHKORTOSTAN ON CROPS OF AGRICULTURAL CULTURES.

The efficiency and features of agricultural forest stands application was investigated at cultivation of various agricultural cultures. The positive role of wood plantings in increase of efficiency, productivity and stability of cultural plants is shown.

Мошкина Е.В. СОДЕРЖАНИЕ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В ПОЧВАХ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ КАРЕЛИИ.

При изучении содержания свободных аминокислот в почвах хвойных лесов Карелии установлены закономерности накопления отдельных аминокислот в профиле почв. Выявлены

зависимости состава аминокислотного пула от генезиса почв, возраста и типа насаждений, а также степени увлажнения и трофности почв. В условиях Карелии, при низком уровне содержания общего азота в почвах, азот свободных аминокислот является источником и ближайшим резервом азотного питания для растений.

Ключевые слова: аминокислоты, почва, ельник, сосняк.

Moshkina E.V. THE CONTENTS of FREE AMINO ACID In GROUND CONIFEROUS WOOD KARELYA.

At study of the contents of free amino acid in ground coniferous wood Kareliya is installed regularities of the accumulation of separate amino acid in profile of ground. The Revealed dependencies of the composition of amino acid of the pool from genesis of ground, age and type of the plantings, as well as degree of the moistening of ground. In condition Kareliya, under low level of the contents of the general nitrogen in ground, nitrogen of free amino acid is a source and nearest reserve of the nitric feeding for plants.

Максименко М.Ф. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АССОРТИМЕНТА ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ В РУССКИХ РЕГУЛЯРНЫХ ПАРКАХ.

Рассматривается освоение цветочного ассортимента в русских регулярных садах конца XVII – первой половины XVIII века. На основании литературных и архивных материалов определяется основной ассортимент луковичных растений, а также летников и многолетников. Даются характеристики цветочного оформления. Этот период определяется как начало отечественного цветоводства.

Ключевые слова: царские сады, древесная растительность, цветники.

Maksimenko M.F. DIFFERENT FLOWERS IN RUSSIAN REGULAR PARKS.

Mastering different flowers for Russian regular parks at the end 17th century till the first half 18th century. Using literature and archives it is defined the main set of bulbous plants, annuals and perennials. Characteristics of the flowering design are given. That period is determined as the beginning of the native floriculture.

Тимохин А.Ю. ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ЛЕСОЗАГОТОВКАХ.

В статье рассмотрены повреждения элементов леса в процессе лесозаготовок. Описаны факторы, которые оказывают влияние на дальнейшее произрастание деревьев.

Ключевые слова: лесозаготовка, трелевка, рубка, элементы леса.

Timokhin A.U. FOREST PLANT ENVIRONMENT CHANGE UNDER MECHANIZED LOGGING OPERATIONS.

Injuries to forest elements in course of logging operations are examined in the article. Factors which have influence on further growth of trees are described.

Пискунов М.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОХОДОВ ТРЕЛЕВОЧНЫХ ТРАКТОРОВ ПО ВОЛОКАМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ МАШИН НА ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТАХ.

В работе рассмотрены положения, позволяющие моделировать распределение проходов трелевочных тракторов по длине пасечных и магистральных волоков при различных природно-производственных факторах. Обозначены особенности построения таких распределений для систем машин, предназначенных для сортиментной и хлыстовой технологии. Представлены примеры распределений проходов трелевочных тракторов для различных систем машин.

Ключевые слова: почво-грунт, трелевочный трактор, лесосека, волок.

Piskunov M.A. MODELING OF SKIDDING VEHICLE PASSES DISTRIBUTION ON SKID TRAILS FOR VARIOUS HARVESTING SYSTEMS.

The paper is concerned with various aspects of modeling vehicles passages on skid trails under the different factors. The features are allocated to define parameters of passages distribution for various harvesting systems. The examples of vehicle passages distribution for skidding different forms of wood: whole trees, tree length, assortments are shown.

Котов А.А. ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ МАШИНЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО УХОДА ЗА ЛЕСНЫМИ КУЛЬТУРАМИ КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ.

Выполнено теоретическое обоснование технологической схемы машины для химического ухода за лесными культурами контактным способом, приведены ее некоторые параметры.

Ключевые слова: лесные культуры, химический уход, шарнир.

Kotov A.A. SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGICAL SCHEME OF MACHINE FOR CHEMICAL TREATMENT THE FOREST CULTURES IN THE CONTACT METHOD

A theoretical substantiation of technological scheme of machine for chemical treatment the forest cultures in the contact method have been fulfilled, with some of its parameters been presented.

Котов А.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ ЖИДКОСТИ ПРИ ПИТАНИИ РАБОЧЕГО ОРГАНА МАШИНЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО УХОДА ЗА ЛЕСНЫМИ КУЛЬТУРАМИ.

Теоретически исследована возможность потерь пестицида при различных способах питания рабочего органа машины для химухода за лесными культурами, выполненного в виде вращающегося барабана. Получены некоторые параметры контактора с учетом исключения потерь препарата.

Ключевые слова: гербициды, барабан, распыление, препарат.

Kotov A.A. RESEARCH OF LOSSES OF THE LIQUID AT A DELIVERY OF WORKING ORGAN OF THE MACHINE FOR CHEMICAL TREATMENT THE FOREST CULTURES.

The opportunity of losses of pesticide is theoretically investigated at several of methods of a delivery of a working organ of the machine for chemical treatment the forest cultures, when the working organ is fulfilled as rotating drum. Some parameters of a contactor are received in view of exception of losses of a preparation.

Слинченков А.Н., Редькин А.К. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПОСЛЕ РАБОТЫ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ МАШИН.

В статье рассматриваются лесосечные отходы, которые образуются рядом со стоянкой, где работает многооперационная машина. Предлагаются последовательность выполнения и формулы для проведения расчетов количества лесосечных отходов, пригодных для дальнейшей переработки в энергетических целях.

Ключевые слова: лесосечные отходы, полевые работы, волок.

Slinchenkov A. N., Redkin A. C. THE DEVELOPMENT OF METHODS TO EVALUATE LOGGING WASTES VOLUMES LEFT AFTER THE WORK OF THE MULTIOPERATED MACHINES.

The article deals with the logging wastes left near the place where the multioperated machine works. The sequence of the execution and formula for moking calculations of the economic availability index of logging wastes for using it in bioenergetics. The data which amount of the logging wastes useful for the further treatment in enegetics are offered.

Смирнов М.Ю., Бакулина И.Р. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОГРУЗКИ И ВЫГРУЗКИ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НАВЕСНЫМИ ГИДРОМАНИПУЛЯТОРАМИ.

Приведены результаты экспериментальных исследований продолжительности погрузки и выгрузки сортиментов навесными гидроманипуляторами. Предложены математические модели продолжительности циклов погрузки и выгрузки сортиментов.

Ключевые слова: цикл погрузки, выгрузки, лесоматериалы, сортименты.

Smirnov M.J., Bakulina I.R. RESULTS OF EXPERIMENTS OF LOADING AND UNLOADING TIMES THE TIMBERING BY THE OUTBOARD HYDROMANIPULATOR.

Results of experiments of loading and unloading times the timbering by the outboard hydromanipulator are presented. Mathematical models of loading and unloading cycle times of timbering are offered.

Якимович С.Б., Тетерина М.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СИНХРОНИЗАЦИИ ОБРАБАТЫВАЮЩЕ-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ «ХАРВЕСТЕР-ФОРВАДЕР».

Статья содержит методику в виде матрицы планирования и результаты экспериментальных исследований, посвященных анализу факторов технологического процесса заготовки древесины системой «харвестер – форвадер», оказывающих влияние на синхронизацию системы.

Ключевые слова: харвестер, форвадер, отклик, статистическая оценка.

Yakimovich S.B., Teterina M.A. THE EXPERIMENTAL ESTIMATION TO SYNCHRONIZING PROCESSING-TRANSPORT SYSTEM «HARVESTER – FORVADER».

The paper includes methodic in the view of experimental design and results of experimental research, devoted to analyzes of harvesting with “harvester – forwarder” system technological process factors, having influence to system synchronization.

Назаренко А.С., Дац Ф.А. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕК-МАШИНА-СРЕДА НА НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИКИ ДЖОН ДИР В УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ.

Повышение эффективности технической эксплуатации парка лесозаготовительных зарубежных машин в условиях РФ – важная задача, стоящая перед отраслью. Прогнозирование отказов, управление отказами, влияние внешних и внутренних факторов и возможность их устранения. Выбор оптимальных структур ТО и Р, а также введение новейших технологий по средствам анализа и диагностики.

Ключевые слова: оператор, надежность, трактор, отказы.

Nazarenko A.S., Dac F.A. THE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE SYSTEM PERSONS-MACHINE-AMBIENCE ON RELIABILITY OF THE TECHNOLOGY JOHN DIR IN CONDITION VOLOGODSKOY AREA.

Increasing to efficiency to technical usage parka лесозаготовительных of the foreign machines in condition of the Russian Federation – a most most important problem, costing before branch. The Forecasting refusal, management refusal, influence external and internal factor and possibility of their removal. The Choice of the optimum structures of the technical maintenance and repair, as well as introduction the most latest technology on facility of the analysis and diagnosticses.

Прохоров В.Ю., Михалин П.А. РЕМОНТ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ МАШИН ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

В статье рассматриваются вопросы работоспособности турбокомпрессоров в технологических и транспортных машинах лесного комплекса. Предлагается заменить стандартные бронзовые подшипники скольжения на углерод-углеродные композиционные материалы в парах трения «вал ротора турбины – подшипник» и «средний корпус – подшипник».

Ключевые слова: турбокомпрессор, турбина, подшипник, лесные машины.

Prohorov V.J., Mihalyn P.A. REPAIR OF WOOD COMPLEX MACHINES TURBOCOMPRESSORS WITH USE OF ALTERNATIVE MATERIALS.

In article questions of serviceability of turbocompressors in technological and transport machines of a wood complex are considered. It is offered to replace standard bronze bearings of sliding with carbon – carbon composite materials in pairs friction «a shaft of a rotor the turbine – bearing» and «the average case – bearing».

Прохоров В.Ю., Родионов А.И. УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МАШИН ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА.

Ремонт транспортных и технологических машин является одной из основных составляющих технической эксплуатации. Ремонтное производство должно быть в достаточной степени обеспечено необходимыми запасными частями. Их недостаток является серьезным фактором снижения работоспособности, поэтому применение новых материалов является актуальным для улучшения технической готовности техники. Предлагается использование углерод-углеродных композиционных материалов для изготовления подвижных сопряжений в машинах лесного комплекса.

Ключевые слова: ремонт, надежность, пироуглерод, графит, пеки.

Prohoroff V.J., Rodionoff A.I. The CARBON-CARBON COMPOSITE MATERIAL FOR MOBILE CONNECTIONS of MACHINES of the WOOD COMPLEX.

Repair of transport and technological machines is one of the basic components of technical operation. Repair manufacture should be sufficiently provided with necessary spare parts. Their lack is the serious factor of decrease in serviceability, therefore application of new materials is actual for improvement of technical readiness of technical equipment. In given article use of carbon – carbon composite materials for manufacturing mobile interfaces in machines of a wood complex is offered.

Бурмистрова О.Н. АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПРИ РЕМОНТАХ И СОДЕРЖАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ РЕСПУБЛИКИ КОМИ.

В работе обобщены методы и средства измерений при строительстве дорог, которые могут быть использованы при контроле качества при ремонте и содержании дорог. Отмечено, что наиболее сложной является проблема выбора оптимального объема измеряемых параметров, а также допусков к ним, что является экономической задачей.

Ключевые слова: ремонт дорог, методы измерений, квадратическое отклонение.

Burmistrova O.N. ANALYSIS OF THE EQUIPMENT SUPPLY FOR MEASURING HIGHWAYS PARAMETERS DURING THEIR REPAIRING AND MAINTAINING (CASE STUDY OF THE KOMI REPUBLIC).

Measuring methods and their equipment for highways constructing suitable for checking quality of highways repairing and maintaining are outlined in the article. It's marked that the problem of choosing optimum volume of measuring parameters and their tolerances is most complicated in this field, as well as is the economical challenge.

Казначеева Н.И. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТА ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В ПЛОТАХ.

Получены формулы для расчета энергосберегающих режимов движения плотов в результате построения стационарного функционала энергии, затрачиваемой при доставке лесопродукта из пункта производства к потребителю.

Ключевые слова: хлысты, лесоматериалы, лесосплав, транспортная задача.

Kaznacheeva N.I. INCREASE OF EFFICIENCY OF TRANSPORT OF FOREST PRODUCTION IN RAFTS.

Formulas for calculation of effective modes of movement of rafts are received as a result of construction stationary functional energy of transportation of wood.

Нахаев З.Н., Сушков А.С. ВЫБОР КРАТЧАЙШИХ СЕТЕВЫХ РАССТОЯНИЙ ПЕРЕВОЗОК ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПО ЛЕСОВОЗНЫМ АВТОДОРОГАМ.

В статье рассмотрены организационные принципы управления транспортно-технологическими связями лесных предприятий на основе логистики.

Ключевые слова: товарообмен, смежные производственные процессы, грузооборот.

Nahaev Z.N., Sushkov A.S. CHOICE OF THE SHORTEST NETWORK DISTANCES OF TRANSPORTATION OF FOREST PRODUCTS ON CARRY-WOOD TO MOTORWAYS.

In article organizational principles of management transport – are considered by technological connections of the wood enterprises on the basis of logistic.

Грачев А.Н., Валеев И.А., Сафин Р.Г., Кайнов П.А., Башкиров В.Н. ТЕРМИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ.

Разработана математическая модель процесса пиролиза древесины и экспериментальный стенд, на котором получены кинетические кривые температуры и массы, зависимости продолжительности пиролиза, выхода древесного угля и толщины зоны термического разложения от различных факторов.

Ключевые слова: утилизация отходов, пиролиз, парогазовая смесь.

Grachev A.N., Valeev I.A., Safin R.G., Kainov P.A., Bashkirov V.N. THERMAL RECYCLING OF WASTE OF ENTERPRISES WOOD PROCESSING OF BRANCH.

The mathematical model of process of pyrolysis of wood and the experimental stand is developed. Received kinetic curve temperatures and yields, dependences of duration of pyrolysis, an output of charcoal and thickness of a zone of thermal decomposition from various factors.

Бунаков П.Ю., Стариков А.В., Бакулин И.А., Старикова А.А., Харин В.Н. МНОГОАСПЕКТНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА В КОНЦЕПЦИИ БЕЗОШИБОЧНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА КОРПУСНОЙ МЕБЕЛИ.

В статье обосновывается необходимость перехода к многоаспектному представлению проектов мебельного изделия при проектировании комплексной САПР. Приводятся информационные представления отдельных аспектов математической модели мебельного изделия, а также их формализованные описания. Рассматривается параллельное проектирование мебельных изделий при реализации новых подходов к построению САПР на основе концепции безошибочного проектирования и производства изделий корпусной мебели.

Ключевые слова: корпусная мебель, ОСАМ, САПР, конструкция.

Bunakov P.J., Starikov A.V., Bakulin I.A., Starikova A.A., Kharin V.N. MULTIDIMENSIONAL REPRESENTATION of the PROJECT In the CONCEPT of CORRECT DESIGNING And MANUFACTURES of CASE FURNITURE.

In clause the necessity of transition to multidimensional representation of the projects of a furniture product is proved at designing CAD/CAM/CAE/PDM-system. The information representations of separate aspects of mathematical model of a furniture product, and also their formalized descriptions are resulted. The parallel designing of furniture products is considered at realization of the new approaches to construction CAD/CAM/CAE/PDM-system on the basis of the concept of correct designing and manufacture of products of case furniture.

Торопов А.С. Микрюкова Е.В. СПОСОБ РАСКРОЯ ХЛЫСТОВ, ПОРАЖЕННЫХ СЕРДЦЕВИННОЙ ГНИЛЬЮ.

Рациональная раскряжевка хлыстов, сердцевинная гниль, комбинированный пиловочник, продольный раскрой комбинированного пиловочника на пилопродукцию.

Ключевые слова: комбинированный пиловочник, раскряжевка хлыстов, напенная гниль.

Toropov A.S., Mikryukova E.V. METHOD OF CONVERSION OF TRUNKS, INCLUSIVES HEARTWOOD ROT

Rational buck of trunks, heartwood rot, combined sawlog, conversion of combined sawlog on carvings woods.

Титунин А.А., Каравайков В.М. ПОТЕНЦИАЛ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ И ЗАДАЧИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

В статье рассмотрено современное состояние лесопромышленного комплекса Костромской области, дан анализ проблем эффективности деревообрабатывающей промышленности на основе организации ресурсосбережения.

Ключевые слова: древесные ресурсы, расчетная лесосека, фанера, лесозаготовка.

Titunin A.A., Karawaikov V.M. POTENTIAL OF A TIMBER INDUSTRY COMPLEX OF THE KOSTROMA REGION AND TASKS OF INCREASE OF EFFICIENCY WOODWORKING INDUSTRY.

In article the modern condition of a timber industry complex of the Kostroma region is considered, the analysis of problems of efficiency woodworking industry is given on the basis of organization of the savings of resources.

Рябков В.М. МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ.

Модели принятия решений при автоматизированном проектировании и производстве древесных плит на основе решения задач оптимизации управления с учетом ограничений на стоимостные затраты, надежность функционирования, уровень автоматизации.

Ключевые слова: анализ, синтез, оптимизация, технологическое проектирование.

Ryabkov V.M. DECISION MAKING MODELS IN AUTOMATED ENGINEERING AND WOOD-BASED PANELS PRODUCTION.

Decision models in automated engineering and wood-based panels production in terms of solving problems of optimization control, taking into account limitation of costs, operational reliability and level of automation.

Азаров В.И., Кононов Г.Н., Берсенева Е.С. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО БУМАЖНЫХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, И МЕТОДЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ.

Представлены основные свойства декоративных бумаг и условия проведения процесса пропитки.

Ключевые слова: пропитывание, декоративная бумага, декоративный слой.

Azarov V.I., Kononov G.N., Berseneva E.S. THE FACTORS, INFLUENCING ON QUALITY OF PAPER FACING MATERIALS, AND METHODS OF THEIR REGULATION.

The basic properties of decorative papers and conditions of carrying out of process of impregnation are submitted.

Сидоров В.И., Котенева И.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА РЕАКЦИЙ МЕЖДУ ФОСФОР- И КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ МОДИФИЦИРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ.

Установлено, что между фосфор- и кремнийорганическими соединениями возможно химическое взаимодействие. С помощью данных ИК-спектроскопии и элементного анализа предложена схема взаимодействия между ДМФ и ПМСН; целлюлозы, модифицированной ДМФ и ПМСН.

Ключевые слова: модифицирование, силилирование, целлюлоза древесины.

Sidorov V.I., Koteneva I.V. RESEARCH of CHARACTER of REACTIONS BETWEEN ORGANOPHOSPHORIC and ORGANOSILICON CONNECTIONS AT CONSECUTIVE MODIFYING WOOD.

Is established, that between organophosphoric and organosilicon connections probably chemical interaction. By means of data of IR-spectroscopy and the element analysis the scheme of interaction between DMF and PMSN is offered; the cellulose modified DMF and PMSN.

Угрюмов С.А., Цветков В.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОИЗВОДСТВУ КОСТРОПЛИТ.

Предложена модификация фенолформальдегидного олигомера дисперсией ПВА с целью повышения адгезионных свойств к костре льна и улучшения качественных характеристик костроплит на основе основных положений теории смачивания адгезивов. Представлены результаты определения краевых углов смачивания и поверхностного натяжения модифицированных клеевых составов. Определено рациональное количество добавляемого модификатора.

Ключевые слова: угол смачивания, костра льна, субстрат, олигомер.

Ugryumov S.A., Tsvetkov V.E. RESEARCH OF UPDATING OF UREA FORMALDEGYDE BINDING FOR POLYVINYLACETATE DISPERSION WITH REFERENCE TO MANUFACTURE OF PLATES ON A BASIS FIRES OF FLAX.

The updating formaldehyde oligomer for polyvinylacetate dispersion is offered with the purpose of increase of connection to particles fires of flax and improvement of the qualitative characteristics plates on the basis of the basic rules of the theory of wetting of adhesiv. The results of definition of regional corners of wetting and superficial tension modified of glue are submitted. The rational quantity of the added modifier is determined.

Кибякова С.И., Белозеров И.Л. АНАЛИЗ РЫНКА ЛЕСНОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРАНАХ АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОГО РЕГИОНА.

Целью данной статьи является углубленное исследование состояния экспорта лесной продукции на Дальнем Востоке. Основными импортерами древесины здесь являются Китай, Япония и Корея, на долю которых приходится соответственно 60, 30 и 10 % от всех объемов. Поставка осуществляется в основном в виде круглых лесоматериалов. Но в последние годы наблюдается тенденция к сокращению вывоза необработанных лесоматериалов, что создает предпосылки для углубленной переработки древесины на предприятиях Дальнего Востока и экспорта уже готовой пилопродукции.

Ключевые слова: запасы древесины, доля экспорта, АТЭС.

Kibyakova S.I., Belozеров I.L. THE ANALYSIS MARKET TO TIMBER PRODUCT IN COUNTRY ASIATIC-PACIFIC REGION.

The purpose of this article is the profound research of available of export forest production on the Far East. China, Japan and Korea are the main countries, that import our wood, the volume

of timber compiles 60, 30 and 10 % accordingly. As rule the timber deliver in the view of round forest products. However at the last years there is tendency for reducing of volumes timber without manufacturing, therefore the woodworking plants of the Far East must be ready to process timber and prepare for export only ready lumber and another production from wood.

Клейнхоф И.А. РАЗВИТИЕ КОРПОРАТИВНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ЛЕСАМИ И ЛЕСНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ.

Рассматриваются вопросы корпоратизации управления лесами и лесным хозяйством в развитых странах мира и оцениваются перспективы использования лучшей зарубежной практики в условиях России.

Ключевые слова: глобализация, корпоративный, коммуникации, лесная политика.

Kleinhof I.A. COLLABORATIVE AND PARTICIPATORY PROCESSES AS A NEW INSTITUTIONAL FORMS OF GOVERNANCE IN FORESTRY.

The basic argument of this paper is that participatory process and collaboration are generating new forms of emergent governance institutions as applied to the forestry.

Алексеев И.А. ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ СПРОС И ЕМКОСТЬ РЫНКА МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ (МАФ).

Приведены результаты маркетингового исследования рынка малых архитектурных форм с расчетом емкости регионального рынка МАФ для Москвы и Московской области.

Ключевые слова: респондент, емкость рынка, доход, потребительский спрос.

Alekseev I.A. THE DEMAND AND CAPACITY OF THE MARKET OF SMALL ARCHITECTURE FORMS.

An analysis of the market of small architecture forms has been made including calculations of regional market capacity as applied to Moscow and Moscow region.

Аляутдинов М.Р. ВНЕДРЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПО ОПЕРАТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ НА МАЛЫХ И СРЕДНИХ МЕБЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.

В статье описывается необходимость внедрения на мебельном предприятии экспертной системы принятия решений, которая существенно уменьшит документооборот, а также предложит наиболее оптимальные варианты решений в той или иной производственной ситуации.

Ключевые слова: экспертная система, база знаний, блок логического вывода.

Alyautdinov M.R. INTRODUCING THE EXPERT SYSTEM ON OPERATIVE MANAGEMENT PRODUCTION ON SMALL AND AVERAGE ENTERPRISE ON PRODUCTION OF FURNITURE.

The article describes a necessity of the implantation on furniture factory the Expert System. It will strongly reduce circulation of documents, and also offer optimal candidate solution about production process.

Кожемяко Н.П. СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ И КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.

В статье дана оценка развития целлюлозно-бумажной промышленности России. Проведен анализ производства, экспорта и импорта продукции ЦБП. Дана оценка концентрации производства. Выявлены проблемы развития ЦБП России.

Ключевые слова: бумагоделательная машина, бумага, картон, целлюлоза.

Kozhemyako N.P. THE DEVELOPMENT AND CONCENTRATION OF CELLULOSE-PAPER INDUSTRIAL IN RUSSIA.

This publication is about development CPI in Russia. In this text gave analysis paper production, export and import, gave situation in concentration of the paper industrial and gave analysis of problem of the development of the CPI in Russia.

Бурков В.Д., Потапов В.Т., Потапов Т.В., Удалов М.Е., Мамедов А.М. ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ.

В работе описан волоконно-оптический датчик напряженности электрического поля на основе кристалла со структурой силленита на основе линейного электрооптического эффекта Поккельса. Чувствительность датчика составляет $0,1 \text{ В/см/Гц}^{0,5}$ и время отклика 10^{-7} с.

Ключевые слова: волоконно-оптический датчик, силленит, электрооптический эффект.

Burkov V.D., Potapov V.T., Potapov T.V., Udalov M.E., Mamedov A.M. ELECTRIC FIELD FIBER-OPTIC SENSOR.

Fiber optic sensor for measurement of strength electric field is using silicate and germanate bismuth crystals as sensing element is described. The function of this sensing elements based on the linear electro optic Pockels effect. The sensor has sensibility about $0,1 \text{ V/sm/Hz}^{0,5}$ and time rise 10^{-7} sec.

Замятин А.А., Иванов Г.А., Маковецкий А.А. КВАРЦ-ПОЛИМЕРНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА ДЛЯ МЕДИЦИНЫ.

Получены и исследованы образцы кварц-полимерных оптических волокон, пригодных для использования в лазерной медицине. Вторичное защитное покрытие нанесено фильерным способом из расплавов термопластичных материалов непосредственно на вытяжной установке в процессе вытяжки волокон.

Ключевые слова: оптические волокна, кварц-полимерные, лазерные методы.

Zamyatin A.A., Ivanov G.A., Makovetskii A.A. SILICA – POLYMERIC OPTICAL FIBERS FOR LASER MEDICINE.

Laboratory in-line technology drawing of optical fibers, coated by termoplastic materials (polyamid, polytetrafluoroethylene) is worked out. Samples of silica – polymeric optical fibers for use in laser medicine are received and explored.

Чернышов А.В. СИСТЕМА ПРОГРАММИРОВАНИЯ И КРОССИРОВКИ РАБОЧЕГО МЕСТА КОНТРОЛЯ БОРТОВОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ.

Описаны назначение и требования к системе программирования и кроссировки бортовой телеметрической аппаратуры и реализация такой системы для аппаратуры «Орбита-IVMO».

Ключевые слова: бортовая телеметрическая аппаратура, кроссировка, блок.

Chernyshov A.V. SYSTEM OF PROGRAMM AND CROSSING FOR TEST WORKPLACE OF ONBOARD TELEMETRY EQUIPMENT.

Described a destination and demands unto programming and crossing system of onboard telemetry equipment and realization such system for «Orbita-IVMO» equipment.

Чернышов А.В. ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ОТКАЗОВ РАБОЧЕГО МЕСТА КОНТРОЛЯ БОРТОВОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ.

Рассматриваются задачи системы анализа отказов бортовой телеметрической аппаратуры и проблемы ее реализации.

Ключевые слова: система анализа отказов, частота отказов, БТА.

Chernyshov A.V. PROBLEM OF FAILURE PARSING SYSTEM CREATION FOR TEST WORKPLACE OF ONBOARD TELEMETRY EQUIPMENT.

Goals of failure parsing system onboard telemetry system and problem of its implementation examined.

Маклаков С.М. БАЗА КАЛИБРОВОЧНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПРОВОДИМОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА.

В данной работе предложен метод уменьшения ошибок при изучении характеристик взаимодействия электромагнитных волн СВЧ диапазона и фрагментов растительного покрова с помощью сверхширокополосной волноводной системы путем создания базы калибровочных данных (БКД). Априорные данные базы калибровочных данных могут быть использованы в качестве справочной информации для грубой качественной оценки характеристик взаимодействия электромагнитных волн с элементами растительного покрова. Результаты калибровочных измерений совместно с априорными данными должны быть использованы для более точной интерпретации экспериментальных данных.

Ключевые слова: база калибровочных данных, экспериментальные исследования, калибровочные измерения.

Maklakov S.M. BASE CALIBRATION DATA FOR STUDYING CHARACTERISTICS OF ELECTROMAGNETIC CONDUCTIVITY OF A VEGETATIVE COVER.

In the given work the method of reduction of mistakes is offered at studying characteristics of interaction of electromagnetic waves of the microwave of a range and fragments of a vegetative cover by means of superbroadband wave-propagating system by creation of base calibration data (BKD). The aprioristic given bases calibration data can be used as the help information for rough quality standard of characteristics of interaction of electromagnetic waves with elements of a vegetative cover. Results calibration measurements together with aprioristic data should be used for more exact interpretation of experimental data.

Зубов А.Ю. МОЖЕТ ЛИ КОМБИНАЦИЯ АКТИВНЫХ АТАК ПРИВЕСТИ К БОЛЬШЕМУ УЩЕРБУ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ЧЕМ КАЖДАЯ ИЗ АТАК В ОТДЕЛЬНОСТИ?

Приводится класс кодов аутентификации, для которых вероятность успеха комбинации атак превосходит вероятности успеха каждой из атак в отдельности.

Ключевые слова: коды аутентификации, вероятность успеха, активная атака.

Zubov A.U. CAN COMBINATION OF THE ACTIVE ATTACKS TO BRING ABOUT GREATER DAMAGE FOR SYSTEM OF PROTECTION TO INFORMATION, THAN EACH OF ATTACKS SEPARATELY?

Happens to the class of the codes to authentications, for which probability of the success to combinations of the attacks exceeds probability of the success each of attacks separately.

Ситников П.Н. О ВЫБОРЕ НЕВЯЗКИ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ РЕШЕНИЯ СИТЕМ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ С БУЛЕВЫМИ НЕИЗВЕСТНЫМИ.

С точки зрения эффективности применения генетических методов особую роль играет выбор целевой функции (ЦФ). Традиционно в качестве оптимизируемой ЦФ в генетических алгоритмах, предназначенных для решения систем линейных неравенств, используется невязка системы неравенств. В статье рассматриваются модифицированные варианты невязки, применение которых возможно наряду с «классическим» вариантом.

Ключевые слова: булевы неизвестные, генетические алгоритмы, варианты невязки.

Sitnikov P.N. ABOUT CHOOSE OF THE SYSTEM DISPARITY IN THE GENETIC ALGORITHM USED FOR SOLVING LINEAR INEQUALITY SYSTEMS WITH BOOLEAN INDETERMINATES.

The choice of objective function plays particular part in respect to effectiveness of genetic methods. Usually the system disparity is considered as the objective function in the genetic algorithm used for solving linear inequality systems. In the article, modify variants of the system disparity, which can use along with «classic» variant, are considered.

Трегуб И.В., Трегуб А.В. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА КОНКУРЕНТНОМ РЫНКЕ.

В статье построены математические и компьютерные модели ценообразования, основанные на равновесии совокупного спроса и предложения услуг на конкурентном рынке на примере одного из быстро растущих сегментов рынка телекоммуникаций – рынка дополнительных услуг сотовой связи. Выявлены детерминанты спроса и предложения дополнительных услуг сотовой связи как важные составляющие в моделях ценообразования, построены математические модели спроса и предложения.

Ключевые слова: ценообразование, услуги сотовой связи, конкурентный рынок.

Tregub I.V., Tregub A.V. THE MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELS OF PRICING IN THE COMPETITIVE MARKET.

In article the mathematical and computer models of pricing based on balance of a cumulative supply and demand of services in the competitive market on an example of one quickly growing segments of the market of telecommunications – the market of additional services of cellular communication are constructed. Determinants of a supply and demand of additional services of cellular communication as the important pricings making in models are revealed, mathematical models of a supply and demand are constructed.

Комаров Е.Г., Полещук О.М., МОНИТОРИНГ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ.

В статье предлагается модель определения рейтинговых оценок обучающихся, которая используется для анализа динамики их компетентности. Разработанная модель позволяет корректно оперировать не значениями характеристик, а безразмерными абстрактными величинами – значениями их функций принадлежности.

Ключевые слова: рейтинговая оценка, компетентность, лингвистическая переменная.

Komarov E.G., Poleschuk O.M. MONITORING TO COMPETENCIES TRAINING WITH USE LINGUISTICAL VARIABLE.

In article is offered model of the determination estimation training, which is used for analysis speakers to their competencies. The Designed model allows correct to handle not with importances of the features, but with non-dimensional abstract value – importances their function accesories.

Домрачев В.Г., Полещук О.М., Комаров Е.Г., Артемьев И.И. ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ РЕЙТИНГОВЫХ ОЦЕНОК КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ.

Проведен анализ современной парадигмы высшего профессионального образования, тенденций развития рынка труда и рынка образовательных услуг. Дано описание модели компетентного специалиста, способного решать задачи не только в ограниченной предметной области, но и в смежных областях, что позволяет адаптироваться к быстро меняющимся условиям производства. Разработана модель рейтингового оценивания компетентности обучающихся.

Ключевые слова: гуманизация, гуманитаризация, гармонизация, ключевые компетенции.

Domrachev V.G., Poleschuk O.M., Komarov E.G., Artemiev I.I. ABOUT DETERMINATION REYTINGOVYH ESTIMATION to COMPETENCIES TRAINING.

In article is organized profound analysis of the modern paradigm of the high vocational training, trend of the development market labour and market of the educational services. It Is Given description to models of the competent specialist, capable to solve the problems not only in limited application domain, but also in adjacent area that allows be adapted to quickly changing condition production. The Designed model of the estimation to competencies training.

Вилисов В.Я. ПОЗИЦИЯ ЛИЦА, ПРИНИМАЮЩЕГО РЕШЕНИЯ, И ЕЕ РОЛЬ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ.

В процедурах принятия решений, использующих в своей основе модели исследования операций, важным является выбор формы, модели, адекватно описывающей объект управления и реальные цели (предпочтения) лица, принимающего решение (ЛПР). В статье предлагается подход к идентификации фактической позиции ЛПР по данным наблюдения за решениями, принятыми им в системе управления предприятием и при известной структуре платежей.

Ключевые слова: объект управления; лицо, принимающее решение (ЛПР).

Vilisov V.Ya. THE POSITION OF DECISION MAKER AND ITS ROLE IN MANAGEMENT SYSTEM.

In the procedures of decision making, built on the basis of operation research models, it's important to choose the model, which is adequate to the object and position of decision maker. In the article the author suggests the approach to identification the position of decision maker by his decisions and known structure of payments.

Вилисов В.Я. АДАПТИВНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ЗАПАСАМИ ДЕФИЦИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА.

Задача эффективного управления запасами критических дефицитных позиций материалов в производстве является актуальной и в рамках автоматизированного управления предприятиями. В статье предложен алгоритм построения модели управления запасами, согласованной с предпочтениями ЛПР, на основе адаптивной процедуры.

Ключевые слова: критические дефицитные позиции, модели управления запасами.

Vilisov V.Ya. ADAPTIVE APPROACH FOR INVENTORY CONTROL OF MANUFACTURING CRITICAL MATERIALS.

The questions for effective inventory control of critical material positions are very important for manufacturing management. In the article presents the adaptive algorithm of design the inventory control model that is concord with decision maker.

Царев А.Г. ВЫБОР ПОДХОДА К ФИЛЬТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА.

Решается вопрос выбора подхода к фильтрации информации для системы персонализации Интернет-магазина на основе исследования однородности потребностей пользователей.

Ключевые слова: системы персонализации Интернет-магазина, потребности пользователей.

Tsarev A.G. ABOUT GATHERING USERS DATA IN THE SYSTEM OF ONLINE SHOP PERSONIFICATION.

The question of the choice of the approach to filtering of information for system online shop personification is decided on bas of the research of homogeneity of users needs.

Антошина М.В., Антошина И.В. РАЗРАБОТКА ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ШКАЛ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ РЕДАКТОРОВ.

Были разработаны оптимальные лингвистические шкалы для характеристик качества инженерных графических редакторов. Характеристики качества были классифицированы таким образом, что каждому классу соответствует оптимальная лингвистическая шкала.

Ключевые слова: лингвистические шкалы, инженерных графических редакторов.

Antoshina M.V, Antoshina I.V. DEVELOPING LINGUISTIC SCALES BASED ON CLASSIFICATION OF QUALITY CHARACTERISTICS FOR ENGINEERING GRAPHICAL EDITORS.

Optimal linguistic scales for quality characteristics of engineering graphical editors were developed. Quality characteristics were classified so, that every class has its own optimal linguistic scale.

Афанасьева В.В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СМЕШАННОЙ КОНВЕКЦИИ НА ОСНОВЕ ВИХРЕВОГО ПОДХОДА.

Работа посвящена математическому моделированию обтекания горизонтального цилиндра вязкой несжимаемой теплопроводной жидкостью в режиме смешанной конвекции. Подробно описан предложенный новый метод расчета смешанной конвекции. Показано удовлетворительное согласование результатов расчетов с известными данными.

Ключевые слова: смешанная конвекция, вихревой подход, цилиндр.

Afanasyeva V.V. MATHEMATICAL MODELLING OF COMBINED CONVECTION BASED ON THE VORTEX METHOD.

The work is devoted to mathematical modeling of impinging horizontal cylinder by viscous incompressible thermal conductive fluid at the case of combined convection. New suggested method analysis of combined convection is described particular. Good coincidences with the experimental data have been achieved.