МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Издается с февраля 1958 г.
Выходит 6 раз в год

3

1992

им. В. В.

АРХАНГЕЛЬСК

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУЙБЫШЕВА

Главный редактор — акад. **И. С. Мелехов.**
Заместители главного редактора: чл.-кор. **О. М. Соколов,** проф. **Е. С. Романов,** проф. **С. И. Морозов.**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Канд. техн. наук **Н. Г. Багаев,** проф. **Ю. Г. Бутко,** проф. **А. В. Веретенников,** проф. **Е. Д. Гельфанд,** проф. **И. И. Гусев,** проф. **Р. Е. Калитеевский,** проф. **А. Н. Кириллов,** проф. **Н. П. Коваленко,** проф. **Э. Д. Левин,** проф. **Е. Г. Мозолевская,** доц. **О А. Неволин,** проф. **А. Н. Обливин,** проф. **А. Р. Родин,** д-р биол. наук **Л. П. Рысин,** проф. **В. П. Рябчук,** проф. **Е. Д. Сабо,** проф. **В. И. Санев,** канд. с.-х. наук **С. Г. Синицын,** проф. **Н. И. Федоров,** проф. **В. Я. Харитонов,** канд. с.-х. наук **Г. А. Чибисов,** проф. **Г. М. Шутов,** проф. **В. В. Щелкунов,** проф. **А. А. Эльберт.**

Ответственный секретарь **Р. В. Белякова.**

«Лесной журнал» публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство, о передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информации о научной жизни высших учебных заведений, рекламные материалы и объявления. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3

Редакторы Н. П. Бойкова, Л. С. Окулова. Корректор Л. Л. Аксенова.

Сдан в набор 30.04.92. Подписан в печать 19.08.92.
Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отт. 12,775. Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1 150 экз. Заказ 3399. Цена 1 р. 40 к.
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт
им. В. В. Куйбышева

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, наб. В. И. Ленина, 17, тел. 4-13-37.

Типография издательства «Правда Севера», 163002, г. Архангельск, пр. Новгородский, 32

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1992

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*232

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР С УЧАСТИЕМ ЯСЕНЯ В СВЕЖИХ ДУБРАВАХ УКРАИНЫ

М. И. ГОРДИЕНКО, Н. М. СУХОЙ, Б. И. НОВАК, П. Х. ТАРАНЕНКО

Украинская сельскохозяйственная академия

Ясень обыкновенный вводится в культуры на раскорчеванных и нераскорчеванных вырубках, а также на старопахотных землях, где рост его имеет свои особенности. В настоящее время культуры нередко создают на свежих вырубках по частично обработанной почве. При этом сокращаются затраты на выращивание насаждений, поскольку используется естественное возобновление.

Исследованные нами культуры в Шполянском, Сокирянском и Белоцерковском лесничествах произрастают на серых, а в Басалычевском и Ладыжинском на темно-серых лесных суглинках. По сплошь обработанной почве они созданы на свежих раскорчеванных вырубках после годичного использования для выращивания овощей. Частичную обработку почвы полосами шириной 0,7...0,8 м производили вручную мотыгами. В междурядья вводили граб, клен остролистный, берест и липу естественного семенного происхождения. В культурах по сплошь обработанной почве Шполянского лесничества (пробная площадь 1) кулисы из четырех рядов дуба разделены одним рядом ясеня. В Сокирянском лесничестве (пробы 6, 7) кулисы из трех рядов дуба чередовались с двумя рядами ясеня с грабом (по одному сеянцу в ряду). В Басалычевском лесничестве (проба 8) ряд дуба расположен через ряд ясеня с кленом остролистным. Клен почти полностью удален рубками ухода. Размещение посадочных мест в культурах Шполянского лесничества (пробы 1, 3) — 1,5 × 0,7 м, Белоцерковского (проба 10) — 1,75 × 0,70 м, в культурах Сокирянского лесничества по сплошь обработанной почве (проба 6) — 2,0 × 0,5 м, полосами (проба 7) — 2,5 × 0,1 м, во всех остальных случаях 4,0 × 0,5 м. Полнота на пробах 2—5 составляла 0,9, на пробе 8 — 0,7, на остальных — 0,8.

В правобережной лесостепи в частичных культурах с грабом в междурядьях ясень имеет несколько меньшую высоту и диаметр, а на остальных участках — такие же, как и при сплошной обработке почвы. Дуб в культурах на нераскорчеванных и раскорчеванных вырубках растет примерно одинаково (табл. 1).

Высокая интенсивность роста ясеня и дуба в частичных культурах обусловлена наличием подроста, который создает хорошее боковое отенение и предотвращает задернение почвы. Продуктивность культур зависит от их состава и числа деревьев на единице площади. Из пород подгона только деревья липы имеют объем, близкий к ясеню и дубу. Клен остролистный и особенно граб значительно мельче. Объем средних деревьев ясеня в насаждениях с кленом на 21 % и с грабом на 42...54 % меньше, чем у дуба. После рубки липы ясень по объему деревьев не уступает дубу (табл. 2). Поэтому запас одних частичных культур больше, других меньше, чем созданных на сплошь обработанной почве.

Таблица 1

Характеристики культур, созданных по сплошной и частичной обработке почвы

Номер пробной площади	Состав культур в год изучения	Способ обработки почвы	Схема смешения культур	Возраст, лет	Средние высота, м: Ясень	Средние высота, м: Дуб	Средние диаметр, см: Ясень	Средние диаметр, см: Дуб	Число деревьев на 1 га, шт.: всего	Число деревьев на 1 га, шт.: в том числе ясеня	Запас на 1 га, м³
			Шполянское лесничество Черкасской области								
1	8Д2Я	Сплошная	4р.Д1р.Я	37	15,8	15,7	12,5	14,0	1495	485	155
2	5Д3Я2Г	Полосами	2р.Д1р.Я	36	13,6	14,7	13,4	15,0	1367	332	163
3	6Д3Я1К.о	»	2р.Д1р.Я	37	14,8	15,7	14,5	15,2	1312	390	176
4	6Д2Я1Бт1Г	»	3р.Д1р.Я	37	13,7	11,8	17,1	11,5	1817	480	129
5	4Д3Я3Лп	»	3р.Д1р.Я	36	15,4	15,2	12,8	15,3	1307	382	176
			Сокирянское лесничество Черновицкой области								
6	6Д2Я2Г	Сплошная	3р.Д2р.Я, Г	40	17,6	16,9	13,8	13,4	1544	263	174
7	7Д2Я1Г	Полосами	3р.Д2р.Я, Г	40	17,5	16,4	13,7	12,7	1471	203	172
			Басалычевское лесничество Винницкой области								
8	8Д2Я	Сплошная	1р.Д1р.К.о, Я	65	21,5	22,4	24,5	29,4	545	114	374
			Ладыжинское лесничество Винницкой области								
9	4Д2Я4Г	Полосами	2р.Д1р.Я	54	20,4	20,5	16,8	21,1	1335	386	219
			Белоцерковское лесничество Киевской области								
10	7Д3Я	Сплошная	1р.Д1р.Я	63	22,6	23,0	21,5	24,6	714	248	358
11	3Я2Д5Лп	Полосами	1р.Д1р.Я	60	24,0	23,5	26,3	25,9	635	181	272

Таким образом, в правобережной лесостепи ясень в частичных культурах на грабовых вырубках растет хуже, чем дуб. Поэтому при создании культур в таких условиях предпочтение следует отдавать дубу. В западной лесостепи, где атмосферных осадков выпадает на 10...15 % больше, ясень меньше реагирует на присутствие граба и растет с той же интенсивностью, что и дуб (табл. 1 и 2).

На свежей раскорчеванной вырубке Винницкого лесничества созданы культуры с размещением посадочных мест 2,0×0,5 м. Чистые ряды дуба разделены рядом подгона из береста и клена остролистного. В некоторые ряды вместо дуба высажен ясень обыкновенный. На половине этого участка до смыкания культур междурядья использовали под сельскохозяйственные культуры (проба 12, табл. 3). На другой части этой же вырубки созданы частичные культуры дуба с размещением мест 4,0×0,5 м. В междурядьях растут граб, липа, берест, клен и единично ясень естественного происхождения (проба 14).

Таблица 2

Объем деревьев и запас насаждений

Номер пробной площади	Состав древостоя	Возраст, лет	Полнота	Число деревьев на 1 га, шт.	Объем средних деревьев, м³			Запас на 1 га, м³
					ясеня	дуба	пород подгона	
Шполянское лесничество								
2	5Д3Я2Г	36	0,9	1367	0,105	0,150	0,066	168
Ладыжинское лесничество								
9	4Д2Я4Г	54	0,8	1335	0,232	0,358	0,103	219
Шполянское лесничество								
3	6Д3Я1К.о	37	0,9	1212	0,120	0,152	0,105	176
5	4Д3Я3Лп	36	0,9	1307	0,138	0,135	0,132	176
Белоцерковское лесничество								
11	3Я2Д5Лп	60	0,8	635	0,622	0,451	0,411	274

На площадях, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования, и в культурах, междурядья которых использовались с этой же целью, корни ясеня вначале углублялись, а затем развивались в восходящем направлении. В культурах, где междурядья не использовались под огороды, корни ясеня распространены в верхнем 10—15-сантиметровом слое почвы. Еще более поверхностная корневая система у деревьев ясеня естественного семенного происхождения. Она распространена в верхнем 2—12-сантиметровом слое почвы. Самую мощную корневую систему имеют деревья ясеня на участке, где в междурядьях выращивали сельскохозяйственные культуры, самую слабую — деревья ясеня естественного семенного происхождения. В таком же соотношении находится и развитие надземной части (табл. 3). Изменение высоты за последние 5 лет в культурах с использованием междурядий под огороды составило в среднем 247 см, без такого использования — 234 см, в частичных — 176 см. С возрастом интенсивность роста деревьев ясеня в культурах на пахотных землях изменяется.

Культуры в Хлыпновском лесничестве (проба 15) созданы на старопахотных землях. Размещение посадочных мест 1,25 × 0,50 м. Ряды ясеня чередовались с двумя рядами дуба. Естественное насаждение (проба 16) возникло на свежей вырубке. В Ладыжинском лесничестве культуры созданы после длительного сельскохозяйственного пользования (проба 17). Размещение посадочных мест 3,0 × 0,5 м. Ряды ясеня чередовались с рядами дуба. Спустя 18 лет после посадки культур в трехметровые междурядья был введен граб, который к моменту обследования культур сохранился единично. На соседнем участке культуры дуба созданы посевом желудей под мотыгу без подготовки почвы. Размещение посадочных мест 4,0 × 1,0 м. В междурядьях — семенного происхождения граб, ясень, клен остролистный, берест (проба 18). В Краснянском лесничестве культуры выращивали на участке из-под сельскохозяйственного пользования (проба 19) и на свежей раскорчеванной вырубке (проба 20). Размещение посадочных мест 2,5 × 0,5 м. Ясень и дуб в культуры высаживали рядами, расположенными по соседству. Ряды дуба разделяли рядами из клена остролистного и береста, сеянцы которых чередовались по одному.

В культурах на пашне корневая система ясеня после жерднякового возраста также остается поверхностной, в насаждениях естественного происхождения она углубляется. Так, в естественном насаждении Хлыпновского лесничества в верхнем 10-сантиметровом слое почвы корней

Таблица 3

Рост ясеня в насаждениях свежих дубрав

Номер пробной площади	Состав культур в год изучения	Схема смешения культур	Происхождение	Категория лесокультурной площади	Возраст, лет	Полнота	Высота, м		Диаметр, см		Число деревьев на 1 га, шт.		Запас на 1 га, м³
							ясеня	дуба	ясеня	дуба	всего	в том числе ясеня	
				Винницкое лесничество Винницкой области									
12	6Д2Бт1К.о1Я	1р.Д1р.Бк, К.о	Культуры	Свежая вырубка	21	1,0	7,9	8,5	7,4	8,0	3810	900	—
13	6Д2Бт1К.о1Я	1р.Д1р.Бк, К.о	»	»	21	0,9	7,1	7,8	6,1	7,3	3970	840	—
14	3Д1Я2Бт2Лп К.о	10Д	Естественное	»	21	1,0	5,8	6,8	4,0	5,4	4940	1220	—
				Хлыпновское лесничество Черкасской области									
15	8Д2Я	1р.Я2р.Д	Культуры	С.-х. пользование	33	0,8	11,5	16,7	11,0	15,6	1029	382	146
16	5Я4Д1Лп	10Д	Естественное	Свежая вырубка	40	0,8	14,1	13,9	13,1	13,6	1096	536	138
				Ладыжинское лесничество Винницкой области									
17	9Д1Я	1р.Д1р.Я	Культуры	С.-х. пользование	40	0,8	13,1	16,2	9,5	13,8	1266	316	136
18	6Д2Я2Г	10Д	»	Вырубка	39	0,8	14,8	10,8	12,9	11,4	1716	279	139
				Краснянское лесничество Сумской области									
19	10Д IIяр.6Я2К.о2Бт	1р.Я1р.Д1р.Бт, К.о	Культуры	С.-х. пользование	41	0,8	16,0	21,1	12,2	20,7	2180	880	232
20	6Д4Я IIяр.7К.о3Бт	1р.Д1р.Я1р.К.о, Бт	»	Свежая вырубка	41	0,9	18,9	21,0	15,0	21,1	1936	624	255

ясеня меньше (59 %), чем в культурах на пахотных землях (67 % от общей их массы до глубины 1,5 м, табл. 4). Показательно, что у 21-летних деревьев ясеня естественного происхождения корневая система менее развита, чем в культурах на пахотных землях. В 33-летнем естественном насаждении активных корней примерно столько же, сколько в 39-летних культурах на пахотных землях. Следовательно, в конце жерднякового возраста у деревьев ясеня в культурах на пашне интенсивность развития корневой системы уменьшается, а в естественных насаждениях увеличивается. Такое изменение наблюдается и в надземной части. Во всех культурах старше жерднякового возраста, созданных на землях после длительного сельскохозяйственного пользования, высота и диаметр ясеня меньше, чем в культурах на свежих раскорчеванных вырубках и в естественных насаждениях. В Ладыжинском лесничестве среднее изменение высоты за последние 5 лет у ясеня в культурах на свежей вырубке составило 176 см, на пашне 146 см. Значительно больше также масса свежих листьев среднего дерева ясеня в культурах на вырубке (7,0 кг), чем на пашне (3,6 кг).

Характерной особенностью роста ясеня на участках, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования, является большое варьирование размеров деревьев. На пашне число деревьев малого диаметра значительно больше, чем в естественных насаждениях и в культурах на свежих раскорчеванных вырубках. Дифференциация деревьев дуба по толщине и высоте в культурах на пашнях хотя и наблюдается, но выражена значительно меньше, чем у ясеня. В Ладыжинском лесничестве, например, в культурах на пашне деревья ясеня имеют высоту 3,5 ... 15,8 м, дуба — 13,1 ... 17,4 м, в частичных культурах с ясенем естественного семенного происхождения соответственно 10,8 ... 16,2 и 14,0 ... 16,7 м. В культурах на пашне деревьев ясеня меньше (72 %), чем в частичных (96 % от общего их числа).

Влажность почвы на участках после длительного сельскохозяйственного пользования восстанавливается, как известно, в период от 30 до 50 лет, физические свойства — через 60 ... 70 лет. Но, несмотря на улучшение эдафических условий в культурах на пашнях, размеры деревьев ясеня меньше, чем на свежей вырубке. Так, в 40-летних культурах Ладыжинского лесничества на пашне объем среднего дерева ясеня в 1,6 раза, а дуба на 20 % меньше, чем в частичных. Такое же явление наблюдается в культурах Соболевского, Жабокричского лесничества Винницкой области, Зинковецкого и Бахматовецкого лесничеств Хмельницкой области и др. В культурах, созданных на пашне, выживаемость деревьев ясеня также весьма низка. В 40-летних культурах Жабокричского лесничества, например, сохранность деревьев ясеня составляет 12 %, дуба — 32 %, а в упомянутых культурах Ладыжинского лесничества соответственно 7 и 28 %.

При распашке почв нарушаются физические свойства пахотного слоя. Длительное нахождение участка в состоянии залежи не улучшает физических свойств почвы. На пахотном участке ухудшается водопроницаемость и аэрация, вследствие чего жизнь фауны замирает. Даже мыши, обычные спутники лесных природных залежей, начинают избегать культур после сельскохозяйственного пользования. Естественное заселение их подлесочными породами происходит весьма слабо.

Интенсивный рост ясеня до 20—25-летнего возраста в культурах на пахотных землях обусловлен меньшей требовательностью к плодородию почвы в этот период жизни. В дальнейшем требовательность деревьев ясеня к эдафическим условиям повышается и интенсивность их роста снижается. Аналогичное явление наблюдается у сосны, которая в культурах на пахотных землях до 10 ... 12 лет растет хорошо, а затем массово отмирает. На пахотных землях понижение интенсивности

Таблица 4

Распространение физиологически активных корней в насаждениях Хлыновского лесничества (среднее из трех шурфов)

Глубина, см	Культуры на пашне						Естественное насаждение					
	Ясень		Дуб		Процент участия корней		Ясень		Дуб		Процент участия корней	
	г	%	г	%	ясеня	дуба	г	%	г	%	ясеня	дуба
0 ... 10	47,7	67,1	21,0	39,8	69,4	30,6	42,3	58,9	29,3	46,3	59,6	40,4
11 ... 25	6,6	9,3	10,8	20,5	37,9	62,4	13,0	17,7	12,8	20,2	50,4	49,6
26 ... 40	4,8	6,8	5,4	10,2	47,2	52,8	8,4	11,5	12,5	20,0	51,9	48,1
41 ... 60	2,4	3,4	3,6	6,8	40,0	60,0	5,7	7,9	5,2	8,2	52,3	47,8
61 ... 80	3,9	5,5	3,0	5,7	56,6	43,4	0,1	0,1	0,2	0,3	33,3	66,7
81 ... 100	3,0	4,2	3,0	5,7	60,0	50,0	1,0	1,4	1,8	2,8	35,6	64,4
101 ... 125	0,9	1,2	4,5	8,5	16,7	83,3	1,1	1,5	0,9	1,4	55,0	45,0
126 ... 150	1,8	2,5	1,5	2,8	42,2	53,8	0,8	0,9	0,5	0,8	61,5	38,5
Всего	71,1	100	42,8	100	—	—	73,3	100	63,2	100	—	—

роста свойственно породам, которые имеют поверхностную корневую систему (ясень, клен, сосна). Породы с глубинной корневой системой (дуб, липа) лучше растут на площадях, истощенных сельскохозяйственным пользованием.

Плохой рост ясеня после жердняковой возраста, большая дифференциация его деревьев по высоте и диаметру, малая их сохранность понижают продуктивность насаждений на пахотных землях. Поэтому вводить его в культуры на этих площадях нецелесообразно.

Выводы

1. В энергии роста главных пород на серых и темно-серых лесных почвах существенной разницы не наблюдается.

2. На площадях, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования, в первые 10 ... 15 лет ясень растет довольно интенсивно, затем энергия роста понижается, а с конца жердняковой возраста он выпадает из насаждения.

3. На свежих грабовых вырубках и площадях, вышедших из-под длительного сельскохозяйственного пользования, из главных пород предпочтение следует отдавать дубу черешчатому.

Поступила 22 января 1992 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

УДК 630*232 : 674.031.632.26

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА ВЫРУБКАХ ЗОНЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ

С. И. МАРЧЕНКО

Брянский технологический институт

Несмотря на большие объемы лесовосстановительных работ, площадь дубовых лесов в европейской части страны сократилась на 164 тыс. га [4], что тесно связано с недостаточной эффективностью мероприятий по их искусственному восстановлению.

В зоне широколиственных лесов это вызвано обильным естественным возобновлением нежелательных лиственных пород и повсеместным применением несовершенной агротехники, основанной на обработке нераскорчеванных вырубок бороздами и посадке (посеве) в их дно. Для культур дуба, созданных по этой агротехнике, характерны достаточно высокая приживаемость (более 85 %) и массовый отпад растений в процессе формирования молодняков комбинированного происхождения.

Лесокультурный фонд, отводимый под культуры дуба, в зоне широколиственных лесов представлен свежими вырубками в коренных широколиственных, хвойно-широколиственных и производных от них лесных формациях (группы сложных типов леса, произрастающие в эдатопах C_2, C_3, D_2, D_3). Учитывая видовой состав и характер развития травяного покрова, применительно к классификации И. С. Мелехова [2], эти вырубки можно отнести: в эдатопе C_2 — к вейниково-разнотравному, D_2 — к злаково-разнотравному, C_3, D_3 — к крупнотравно-таволговому типам. Но период существования вырубок этих типов краток. На них обильно возобновляются нежелательные лиственные породы, преимущественно вегетативного происхождения, разрастающиеся куртины которых в 6—8-летнем возрасте образуют сомкнувшиеся молодняки с небольшим числом просветов и прогалин.

Облесившиеся вырубки с сомкнувшимися молодняками следует рассматривать не как тип вырубки, а как начало формирования типа леса [2]. Этот этап называют типом возобновления [3].

Перечисленным типам вырубок соответствуют следующие типы возобновления:

вейниково-разнотравному — березово-осиновый тип с преобладанием березы семенного и порослевого происхождения, корнеотпрысковой осины и примеси лещины;

злаково-разнотравному — осиново-широколиственный тип с преобладанием корнеотпрысковой осины, пород спутников дуба (клен, липа, ясень) и подлесочных пород вегетативного происхождения;

крупнотравно-таволговому — осиновый и осиново-липовый типы с преобладанием корнеотпрысковой осины, различным участием липы и примесью ольхи черной, клена остролистного и ясеня обыкновенного.

Эти типы возобновления обладают высокой устойчивостью. В период их развития подавляется травяной покров на вырубках и под пологом формирующихся молодняков гибнет имевшееся на вырубках небольшое количество подроста хвойных пород и семенного дуба.

Преобладающая часть подроста лиственных пород на вырубках появляется в следующие сроки: корневые отпрыски осины — в течение первых 3 лет; подрост березы семенного и вегетативного происхождения — в основном с 3-го по 6-й год после рубки; клена, ольхи черной, ясеня, липы — в первые 5 лет; подлесочные породы — в течение 7-8 лет. Участие различных древесных пород в составе формирующихся молодняков зависит от обилия корневых отпрысков осины, которые первыми заселяют вырубку и могут подавлять подрост других пород.

Бороздная обработка почвы нераскорчеванных вырубок вызывает изменение характера зарастания травами и естественно возобновляющимися лиственными породами только непосредственно по бороздам. В первые 3 года дно борозд слабо зарастает травами и лиственными породами, а по бровкам борозд происходит усиленное семенное возобновление березы и ивы. Образовавшиеся в результате прокладки борозд узкие коридоры шириной около 1 м не могут препятствовать смыканию крон и образованию плотного полога из формирующихся на вырубках естественных молодняков.

Культуры дуба, созданные посадкой сеянцев и посевом желудей в дно борозд, в первые 10 лет растут крайне медленно, их средняя высота в 5-летнем возрасте колеблется от 0,4 до 0,6 м, в 10-летнем от 0,7 до 1,2 м. Верхний полог формирующихся естественных молодняков имеет гораздо большую среднюю высоту: к 5-летнему возрасту — 2... 4 м, к 10-летнему — 5...7 м. При таком различии в высотах без своевременных осветлений культуры дуба не могут конкурировать с естественным возобновлением нежелательных лиственных пород и чаще всего превращаются в торчки.

Характер зарастания вырубок нежелательными лиственными породами показывает, что 3—5-летние культуры дуба нуждаются в обязательном осветлении. В лесокультурной практике такой уход чаще всего проводят перед передачей культур дуба в покрытую лесом площадь и ограничивают его прокладкой узких, шириной около 2 м, коридоров вдоль рядов культур. Однократные осветления замедляют смыкание крон естественного молодняка на 2-3 года. В связи с медленным ростом культур дуба в первые 10 лет этого явно недостаточно для выхода его в верхний полог формирующегося насаждения. Из-за недостатка света большая часть торчков дуба гибнет, многие растения приобретают форму подлеска и только отдельные деревца и куртины, росшие в просветах и по прогалинам, выходят в первый ярус насаждения. В результате на большей части вырубок из культур дуба сформировались малоценные насаждения мягколиственных пород, имеющие в своем составе единичные деревья и небольшие куртины дуба. Реже встречаются насаждения с главной породой дуб, но с преобладанием в составе мягколиственных пород. Крайне редко, в основном на участках с регулярным сенокошением, произрастают культуры, из которых в дальнейшем сформируются насаждения с преобладанием дуба в составе.

В целом результаты работ по восстановлению коренных дубовых лесов на вырубках комбинированным способом — сочетанием культур дуба и естественного возобновления прочих лиственных пород — нельзя признать эффективными. Это объясняется недостаточной изученностью динамики образования естественных молодняков нежелательных лиственных пород на вырубках, особенностями роста культур дуба в первые годы и несовершенством агротехники, основанной на бороздной обработке почвы нераскорчеванных вырубок. Эти факторы, в сочетании с острой нехваткой рабочей силы и неразработанностью механизированных способов осветлений, предопределили низкую эффективность искусственного выращивания дубовых насаждений.

Современные промышленные технологии лесовосстановления позволяют более качественно готовить лесокультурные площади и обрабатывать почву на них, что обеспечивает возможность активного вмешательства в процесс формирования молодняков комбинированного происхождения на вырубках. В частности, для выращивания молодняков с преобладанием в составе дуба культурного происхождения целесообразны подготовка лесокультурных площадей и обработка почвы по рекомендациям выращивания плантационных культур ели [1] и многократные осветления с использованием кусторезов-осветлителей и измельчителей, катков-осветлителей.

Многократные осветления кусторезами и катками, полностью уничтожающими подрост естественного происхождения в междурядьях, неизбежно приведут к формированию из однопородных культур дуба чистых насаждений с незначительной примесью других лиственных пород. Увеличение участия этих пород, среди которых преобладают скороспелые осина и береза, вызывает снижение качества дубовых насаждений. Наличие в регионе исследований чистых высокопроизводительных искусственных дубовых насаждений свидетельствует, что не следует избегать их выращивания, но и ограничиваться ими нельзя. Для выращивания лесов хвойно-широколиственной формации и создания искусственных насаждений в лесах рекреационного назначения необходимо формировать смешанные насаждения, имеющие заданный оптимальный состав, в котором одним из основных компонентов является дуб черешчатый. Оптимальными для эдатопов C_2 можно считать дубово-сосновые культуры с чередованием 4-5 рядов дуба и 1-2 рядов сосны (смешение пород рядами); для эдатопов C_3 и D_3 — дубово-еловые культуры с чередованием 4-5 рядов дуба и 2-3 рядов ели. В эдатопе D_2 целесообразно создавать чистые культуры дуба; примесь сопутствующих пород появится за счет естественного возобновления. Таким образом, применяя однопородные культуры дуба и комбинированное лесовосстановление, практически невозможно сформировать насаждения оптимального породного состава. Поэтому, наряду с однопородными культурами, на вырубках могут создаваться смешанные елово-дубовые, сосново-дубовые культуры и дубовые с кленом остролистным и липой мелколистной.

Изложенные материалы позволяют утверждать, что для успешного формирования искусственных насаждений с главной породой дуб черешчатый на вырубках зоны широколиственных лесов обязательно активное вмешательство в процесс формирования молодняков многократными осветлениями. Наиболее целесообразен следующий порядок осветлений:

первое, упреждающее, осветление желательно производить через 3-4 года после посадки (посева) культур по всей ширине междурядных (межкулисных) промежутков; защиту культур от заморозков и необходимый подгон будет обеспечивать подрост более поздних сроков появления и вторичного происхождения;

второе — перед переводом культур в покрытую лесом площадь (в 7—9-летнем их возрасте); подгон культурам будут обеспечивать сохранившиеся экземпляры лиственных пород и подрост вторичного происхождения;

третье — после перевода культур в покрытую лесом площадь, если дуб не выходит к 12—15-летнему возрасту в первый ярус формирующегося молодняка.

Необходимо учитывать, что в смешанных культурах 10 лет дуб растет медленнее хвойных и других лиственных пород, а к моменту смыкания их крон начинает испытывать угнетающее воздействие. Для повышения конкурентоспособности дуба целесообразно применять ку-

лисный тип смешения, в котором 3—5-рядные кулисы дуба будут чередоваться с одним или двумя рядами второй главной или сопутствующей породы; между кулисами дуба и рядами других пород могут вводиться буферные ряды подлесочных пород.

В однопородных и смешанных культурах допустимо сближение до 1-2 м рядов парами и наличие более широких междурядных (межкулисных) промежутков, но среднее расстояние между рядами не должно превышать 3-4 м. Для обеспечения достаточного участия дуба в составе формирующихся смешанных насаждений в первоначальном составе лесных культур его не должно быть менее 50 %.

Экономические расчеты показывают, что для создания 1 га культур дуба по предлагаемой технологии ориентировочно потребуется от 2,4 до 3,7 маш.-см. и от 4,6 до 4,9 чел.-дн., причем эти трудозатраты включают операции по предварительному провешиванию лесокультурной площади для обеспечения прямолинейности рядов.

В заключение необходимо отметить, что успешное выращивание искусственных насаждений дуба черешчатого на вырубках зоны широколиственных лесов возможно только при активном вмешательстве в процессы формирования молодняков путем многократных осветлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны) / Под ред. И. В. Шутова.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 248 с. [2]. Мелехов И. С., Корконосова Л. И., Чертовской В. Г. Руководство по изучению типов концентрированных вырубок.— М.: АН СССР, 1962.— 113 с. [3]. Обыденников В. И., Кожухов Н. И. Типы вырубок и возобновление леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 176 с. [4]. О государственной программе лесовосстановления // Лесн. хоз-во.— 1990.— № 9.— С. 6—10.

Поступила 21 января 1992 г.

УДК 630*187

ТИП-ЭТАП КАК ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ ЕДИНИЦА В ДИНАМИЧЕСКОЙ ТИПОЛОГИИ

В. С. ПИСАНОВ

Дарвинский государственный заповедник

Идея типов леса появилась давно. Стремление разобраться в многообразии лесов и попытаться их систематизировать возникло из потребностей практики в рациональной организации лесного хозяйства. В настоящее время всеми признается, что лесное хозяйство должно опираться на типологическую основу, только тогда оно будет грамотным и рациональным.

На I лесотипологическом совещании в 1950 г. наиболее приемлемой была признана типология В. Н. Сукачева, построенная на принципах биогеоценотического подхода к сложной природе леса. Эта типология создавалась и развивалась на основе изучения процессов в естественных лесах. Она предполагала и динамичность биогеоценозов, но применительно лишь к естественным лесам с присущей им способностью к саморегуляции. Такие леса могли в течение жизни нескольких поколений сохранять однотипность, поэтому при их изучении фактор времени (в масштабах, скажем, жизни одного поколения леса) не играл существенной роли в динамике леса. И. С. Мелехов [5] отмечает, что в то время типы леса изучались в статике и описывались на участках со

спелыми сомкнутыми древостоями. Динамика же естественных лесов изучалась применительно к их пространственному распределению.

Современные леса, испытывающие разнообразные антропогенные воздействия, в той или иной мере утрачивают естественную способность к саморегуляции. В них происходят процессы адаптации к изменившимся условиям, поэтому закономерные устойчивые связи, присущие естественным лесам, сменяются иными, менее устойчивыми и трудно предсказуемыми. Эти леса могут развиваться довольно специфично в зависимости от характера и масштаба антропогенного воздействия, что вызывает пестроту, трудно объяснимую с позиции статического подхода. Поэтому естественно стремление лесной науки найти приемлемую классификацию современных антропогенных лесов.

Важную роль в решении возникшей проблемы призвано сыграть новое направление в лесной типологии, разработанное акад. И. С. Мелеховым,— динамическая типология леса [1—5]. Это направление учитывает в полной мере специфику быстро меняющихся современных антропогенных лесов. И. С. Мелехов [4] определяет тип леса как «динамическую систему на биогеоценозном (экосистемном) уровне; тип леса характеризуется общностью морфологии, происхождения и развития лесного сообщества, общими особенностями лесорастительных условий и тенденций дальнейшего развития леса».

Главной качественной особенностью типа леса считается его динамичность. Если при статическом подходе к естественным лесам с их способностью сохранять однотипность в течение длительного времени достаточно было охарактеризовать признаки сформировавшихся (спелых) насаждений, то динамическая типология описывает весь процесс развития антропогенных лесов. Выделяются этапы, предшествующие формированию леса (типы вырубок и гарей), формирующегося типа леса, включая промежуточные и переходные типы, сложившегося (спелого), возможные последующие этапы с переходом в новый тип или без него.

Для типологической характеристики современных лесов вводится понятие «этапа», или «типа-этапа». Отличается ли оно от принятой в существующей типологии элементарной таксономической единицы — типа леса? И. С. Мелехов указывает, что разделение этапов и типов ни в коей мере не нарушает их единства. Этап, являясь синонимом типа леса, характеризуется большей динамичностью и применяется к конкретному временному интервалу (этапу) в жизни антропогенных лесов. Это понятие помогает внести ясность в кажущуюся пестроту современных очень динамичных лесов, акцентировав внимание на учете фактора времени.

Наши исследования выполнены в Дарвинском госзаповеднике на побережье Рыбинского водохранилища. Изучая леса, испытывающие влияние мощного антропогенного фактора — водохранилища, мы убедились в первостепенной важности учета временнóго фактора. Чем продолжительнее период между предыдущим и последующим типологическим описанием, тем больше вероятность выпустить из анализа один или несколько этапов жизни данного типа леса. В ходе исследований на лесных стационарах (76 пробных площадей) накоплены многолетние фактические данные, позволившие раскрыть динамику разных типов леса за период от 15 до 40 лет. Среди изучаемых лесов преобладают приспевающие и спелые, т. е. наиболее устойчивые с позиций статического подхода. И оказалось, что даже в таком возрасте и за такой небольшой для жизни леса период происходят довольно существенные изменения.

Под влиянием водохранилища коренным образом изменился гидрологический режим почв, что вызвало быструю реакцию живого напоч-

венного покрова как индикатора почвенно-гидрологических условий. Изменения в древостое — более устойчивом компоненте типа леса — за короткий временной период, конечно, не могут совпасть с тенденцией и скоростью изменения напочвенного покрова. Это обстоятельство очень затрудняет работу при лесоустройстве. Таксаторов удивляет такое несоответствие между картиной напочвенного покрова и состоянием древостоя. Пытаясь действовать по инструкции, хотя и согласованной по возможности с заповедником, они не могут порой определить, к какому типу отнести, например, черничник зеленомошно-сфагновый (в моховом покрове 80 % сфагнов), древостой которого имеет I класс бонитета, поскольку в инструкции заболачивающиеся леса относятся к III—IV классам. И таких несоответствий очень много. Поэтому лесоустройством, как правило, не учитывается реальная картина очень динамичных и быстро меняющихся лесов. Эти материалы оказываются непригодными для научного анализа изменений в антропогенных лесах, в чем мы неоднократно убеждались, сравнивая результаты последовательных лесоустройств. Поэтому на разных совещаниях в системе заповедников неоднократно ставился вопрос об организации лесоустроительных партий, специализирующихся на заповедных лесах, разработке соответствующей методики устройства последних.

Самым надежным методом познания процессов в очень динамичных лесах являются многолетние стационарные исследования. На II Всесоюзном совещании по лесной типологии в 1973 г. было обращено внимание на важность дальнейшего расширения таких работ, создание сети постоянных лесотипологических пробных площадей в разных регионах для проведения комплексных исследований и использования их в качестве природных эталонов основных типов леса. Заповедные территории являются наиболее подходящей базой для таких исследований.

В качестве иллюстрации быстротечных изменений в лесах, испытывающих влияние водохранилища, приведем схему динамики типов-этапов сосновых лесов зеленомошной группы (см. рисунок).

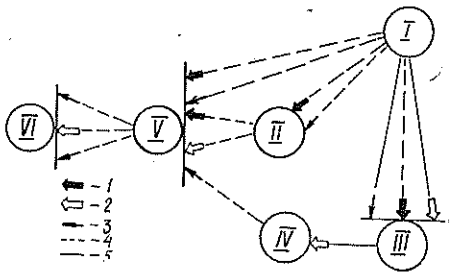


Схема динамики типов-этапов сосновых лесов: *I* — сосняк лишайниково-зеленомошный; *II* — сосняк-зеленомошник чистый; *III* — сосняк-брусничник зеленомошный; *IV* — сосняк ягодниковый зеленомошный; *V* — сосняк-черничник зеленомошный; *VI* — сосняк-черничник заболачивающийся; *1* — скорость динамики относительно ускоренная; *2* — ускоренная; *3* — очень ускоренная; *4* — тенденция смены сосны елью в новом поколении; *5* — возобновление не выражено

Как следует из рисунка, ни один из исследованных типов не сохранил устойчивости за изученный период. Все изменения направлены в сторону увлажнения почвы. По их скорости выделены типы-этапы относительно ускоренного (40-летний период наблюдения), ускоренного (30-летний) и очень ускоренного (15-летний) формирования нового типа леса. В большинстве типов хорошо выражена тенденция смены сосны елью в новом поколении. Класс бонитета насаждения, которым чаще оперируют таксаторы, при преобладающей тенденции к снижению, в некоторых случаях повышается, что вполне объяснимо. Это может быть связано с происхождением данного типа. Например, лишайниково-зеленомошный сосняк, который сформировался на старопахотных землях, имеет высокий бонитет с тенденцией к его снижению, а транс-

формировавшийся из лишайникового типа — низкий бонитет с тенденцией к повышению. Иногда это связано с особенностями местоположения участка: при выраженном рельефе дренаж улучшается, что способствует росту деревьев.

Представленная схема динамики свидетельствует о высокой скорости изменений, происходящих в лесу. Их невозможно изучить без использования методов динамической типологии. Лесоустройство, оперирующее простыми схемами, не в состоянии учесть все тонкости динамики лесов. Поэтому со временем остро встанет вопрос о новой методике таксации антропогенных лесов, именно с позиций динамической типологии. А пока это направление находится в стадии изучения и отработки, необходимо расширять сеть типологических стационаров в разных регионах страны и, учитывая неоднозначность и специфичность происходящих в антропогенных лесах процессов, создавать региональные типологические схемы, используя принципы динамического подхода.

Динамическая типология, сохраняя преемственность биогеоценотического направления и принятую в нем элементарную таксономическую единицу — тип леса, расширяет границы применения типологии В. Н. Сукачева и позволяет характеризовать современные, быстро меняющиеся антропогенные леса, процессы в которых не вписываются в рамки прежнего статического подхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Мелехов И. С. Динамическая типология леса // Лесн. хоз-во.— 1968.— № 3.— С. 15—20. [2]. Мелехов И. С. Вопросы динамической типологии леса // Сб. тр. / МЛТИ.— 1968.— Вып. 23.— С. 204—220. [3]. Мелехов И. С. Пути рационального использования лесной типологии // Лесн. хоз-во.— 1976.— № 7.— С. 17—21. [4]. Мелехов И. С. Лесная типология.— М.: МЛТИ, 1976.— 73 с. [5]. Мелехов И. С. Лесоведение.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 406 с.

Поступила 24 июля 1991 г.

УДК 616.89-008.446 : 551.4

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ЭСТЕТИКИ ЛАНДШАФТА

И. А. МАРКЕВИЧ, А. А. ШУЖМОВ

Валаамский музей-заповедник

Развитию культурного и нравственного потенциала общества способствует организация познавательно-воспитательных экскурсий в заповедниках и национальных парках. Здесь, помимо экологических познаний, туристы получают эстетическое воспитание, учатся чувственному восприятию окружения. Оно весьма индивидуально, поэтому надо учить население ценить красоту как природный ресурс.

Первоначальную объективную эстетическую оценку природно-территориальных комплексов (ПТК) должны давать эксперты-искусствоведы и эксперты ландшафтной архитектуры, ориентируясь на общедоступный уровень восприятия.

Любой природный геокомплекс служит нам источником информации, передаваемой через людей и предметы. В сознании человека информация, получаемая от обозрения ПТК, состоит из отдельных образов, «кадров», которые, накладываясь друг на друга, создают общее впечатление.

Турист, двигаясь по маршруту, в своем сознании творит образ воспринимаемых пейзажей на основе их реальных качеств, которые можно объективно измерить и сосчитать.

Длительность восприятия отдельных кадров называют «экспозицией кадра», имеющей существенное значение для оценки пространства с точки зрения его однообразия и разнообразия. И в данном случае не обойтись без понятий фактического и оптимального восприятия.

Фактическая длительность восприятия — это время, в течение которого турист обозревает кадр при осмотре маршрута; оно зависит от скорости движения.

В эмоциональном (эстетическом) аспекте формируется оптимальное время, т. е. среднее время, необходимое рекреанту для усвоения зрительной информации, содержащейся в обозреваемом пейзаже.

Далеко не всегда фактическое время совпадает с оптимальным. Вынужденная необходимость видеть слишком долго один ПТК, который уже осознан и оценен мозгом,— причина той отрицательной реакции отдыхающих, которую называют чувством монотонности.

На оптимальное время влияют: количество сменяемых кадров на пешеходных трассах, усложнение облика пейзажей, степень их детализации и красочности; степень новизны ландшафтных участков для туристов, поскольку психологически при обозрении нового требуется больше времени на его опознание и оценку; уровень значимости, неожиданности, различимости элементов ПТК.

По А. Молю, «ценность сообщения связана с его неожиданностью, непредвиденностью, оригинальностью» [6]. Тогда мера количества получаемой информации определяется тем, что прибавляет нечто новое к имеющемуся представлению. Плотность информации — темп, в котором ее воспринимают рекреанты, играет ключевую роль. Но даже в пределах ощутимой нормы плотности информация должна быть вразумительной: упорядоченной и легко распознаваемой.

Длительность оптимального времени, а следовательно, и эстетичности маршрутов движения устанавливают исходя из известного правила Мюллера. Оно «определяет число совместно наблюдаемых объектов, которые воспринимаются самостоятельными единицами, как 7 ± 2. Если же их в поле зрения попадает больше, сознание воспринимает некое неопределенное множество. Чтобы преодолеть ощущение хаотичности, мы подсознательно стремимся расчленить множество на упорядоченные группы, число которых доступно восприятию. Чрезмерная многочисленность элементов и сложность их сочетания ведут к тому, что структуры объекта не укладываются в предельный объем восприятия, что и порождает ощущение пестроты, перегруженности формы» [3]. Недостаточный на определенном маршруте набор объектов, как сказано, вызывает ощущение монотонности.

В элементарном ландшафте (ПТК) выделяется множество единиц-объектов. И если они понимаются как составные части общей обозреваемой в движении картины, их можно определить как элементы пейзажа. А при рассмотрении пейзажей наблюдатель отмечает их отдельные компоненты — признаки.

Приняв скорость движения пешеходов в лесопарке 1 км/ч, Н. М. Тюльпанов установил, что ландшафт должен меняться через 50 м [6]. Л. В. Крестьяншина и др. считают, что смена типов ландшафта в пределах 70 ... 180 м достаточна, чтобы при прогулке разглядеть все прелести одного вида (пейзажа) и спокойно переключиться на созерцание следующего [4]. При рекреационном планировании в США [2] принимают во внимание ежечасовую сменность при скорости движения 4 мили в час (более 6,5 км/ч). Наконец, Ю. С. Васильев и В. А. Кукушкин, ссылаясь на рекомендации ЦНИПИГрадостроительства (1971), разработали балльную оценку эстетичности «частоты смены ландшафтов на побережье (количество урочищ, выходящих на берег на 1 км пути)» для различных вариантов водного отдыха [1].

На основании данных названных авторов и натурных исследований согласно правилу Мюллера нами разработаны графики рекомендуемой частоты смены пейзажей в пространстве и во времени при разных скоростях движения, интегрированно представленные в табл. 1. Поскольку найденные зависимости устанавливали по оптимальному (эмоциональному) времени, то они отражают меру эстетичности маршрута движения рекреантов, выраженную в баллах.

Таблица 1

Оценка эстетичности, балл	Характер движения					
	Прогулки		Умеренная ходьба		Гребля на лодке	
	Протяженность, м	Время, мин	Протяженность, м	Время, мин	Протяженность, м	Время, мин
3	50	1,5	90	1,3	200	12,0
4	100	3,0	180	2,7	300	18,0
3	180	5,4	330	5,0	400	24,0
2	300	9,0	550	8,2	500	30,0
1	450	13,5	800	12,0	600	40,0
0	800	24,0	1330	20,0	1000	60,0

Для наиболее часто применяемых на Валаамском архипелаге вариантов характера движения (медленные прогулки, осмотр объектов при умеренном темпе движения и гребля на лодках) максимальной оценке эстетичности трасс отвечает протяженность однотипных пейзажей соответственно 100, 180 и 300 м при времени смены кадров 3,0; 2,7 и 18 мин. При катании на лодках отдыхающие рассматривают значительно большее количество компонентов пейзажа: берега, наземную и водную растительность, отражение в воде, панораму и линию горизонта, поэтому ощущение монотонности здесь наступает намного позже.

Вполне понятно, что когда при пешем движении на маршрутах встречаются водоемы, скальные обнажения, архитектурные и инженерные объекты, оптимальная протяженность рассматриваемых пейзажей увеличивается.

В работе К. И. Эрингиса и А.-Р.-А. Будрюнаса правило Мюллера скорректировано для обозрения пейзажей исходя из формализации значений световой чувствительности глаза человека. На основе установленных закономерностей была определена «зависимость оценки эстетичности от численности объектов» [7]. Исходя из этого исследования нами для условий Валаама разработаны шкалы эстетической оценки извилистости трассы и вертикальной расчлененности рельефа (табл. 2). Максимальную оценку эстетичности при умеренном темпе ходьбы име-

Таблица 2

Оценка эстетичности, балл	Число изменения признака		Расстояние между поворотами маршрута и изгибами рельефа, м	
	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее
1	1	1	1000	1000
2	2...3	2,5	330...500	400
3	4...6	5	170...250	200
4	7...13	10	80...140	100
3	14...27	20	30...70	50

ет извилистость дорог и «изгибистость» рельефа на расстоянии 100 м между конечными пунктами трасс с идентичными характеристиками при варьировании от 80 до 140 м, что соответствует в среднем 10 изменениям указанных параметров на 1 км пути. Во внимание принимается минимальный угол поворота маршрута 15°, а изменение продольного уклона 5°.

Эстетической оценке сначала экспертов ландшафтной архитектуры, а затем и населения могут также подлежать: величественность, аттрактивность, мозаичность, просматриваемость и цветовое разнообразие, ярусность древостоев, привлекательность напочвенного покрова, масштабность и конфигурация открытых пространств (рисунок ПТК), живописность кулис, солитеров, рощ деревьев на открытых пространствах, вид и глубина панорам, ажурность их переднего плана, выразительность рельефа, обилие и вписанность архитектурных объектов и т. д.

Установленные зависимости могут служить ориентирами в деятельности проектировщиков, паркостроителей и работников заповедников, национальных парков и лесопарков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Васильев Ю. С., Кукушкин В. А. Использование водоемов и рек в целях рекреации.— Л.: Гидрометеоиздат, 1988.— 230 с. [2]. Забелина Н. М. Национальный парк.— М.: Мысль, 1987.— 172 с. [3]. Иконников А. В. Художественный язык архитектуры.— М.: Искусство, 1985.— 175 с. [4]. Крестьяншина Л. В., Арно Г. И., Васильев Я. В. Формирование лесопарковых ландшафтов.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1981.— 44 с. [5]. Моль А. Теория информации и эстетическое восприятие.— М.: Мир, 1966.— 351 с. [6]. Тюльпанов Н. М. Лесопарковое хозяйство.— Л.: Стройиздат, 1975.— 161 с. [7]. Эрингис К. И., Будрюнас А.-Р.-А. Сущность и методика детального эколого-эстетического исследования пейзажей // Экология и эстетика ландшафта.— Вильнюс: Минтис, 1975.— С. 107—160.

Поступила 11 декабря 1990 г.

УДК 676.11.082.1 : 631.811.98

ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПРЕДПОСАДОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕЯНЦЕВ ЕЛИ БИОПРЕПАРАТОМ НА ОСНОВЕ ЧЕРНОГО СУЛЬФАТНОГО ЩЕЛОКА

Л. Г. ПОПОВА, А. А. ЮРИНОВА, А. И. КИПРИАНОВ, А. Е. ЕГОРОВ

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)
Территориальное производственное объединение Ленлес

Исследования, выполненные нами ранее, показали, что предпосадочная обработка сеянцев ели и сосны биопродуктами на основе черных сульфатных щелоков способствует повышению приживаемости и качества посадочного материала [1]. В этих опытах испытанные продукты использовали в виде водных растворов двух концентраций для намачивания корневой системы сеянцев. Известно, что эффективность действия рострегулирующих препаратов при таком способе применения зависит от их концентрации и продолжительности обработки. Нами исследовано влияние указанных факторов на рострегулирующую активность биопрепарата на основе черного сульфатного щелока с целью установить оптимальный режим предпосадочной обработки сеянцев ели.

Испытания проведены в лабораторных и полевых условиях. В первом случае исследовано влияние концентрации препарата на рост про-

ростков ели, во втором — продолжительности обработки на приживаемость и рост саженцев. В качестве препарата испытан полуупаренный лиственный черный щелок (ЛЧЩ) Котласского ЦБК как наиболее эффективный, экономичный и, следовательно, перспективный для лесного хозяйства биопрепарат. Щелок, использованный в лабораторных опытах, имел плотность 1198 кг/м^3, pH 12, содержал 32 % сухого остатка, в том числе 18 % органических веществ и 14 % минеральных. Проростки ели европейской (*Picea excelsa* L.) выращивали из семян в течение 20 дн. с использованием стола Якобсена. Одинаковые по высоте и длине главного корня проростки помещали в растворы препарата концентрацией 10^{-1} ... 10^{-6} % (в пересчете на содержание органических веществ) и в воду (контрольные) для доращивания в течение 4 недель. Повторность опыта трехкратная, в каждом варианте размер выборки составлял 120 ... 150 шт. Для оценки эффективности действия препарата сравнивали средние биометрические показатели опытных и контрольных проростков. Данные измерений обрабатывали методом вариационной статистики [2].

Результаты лабораторных опытов показали, что оптимальная концентрация препарата находится в диапазоне 10^{-3} ... 10^{-5} %. Раствор концентрацией 10^{-1} % ингибировал рост проростков (растения погибли), а при концентрации 10^{-2} и 10^{-6} % биометрические показатели находились на уровне контроля. В вариантах с концентрацией 10^{-3} ... 10^{-5} % статистически достоверное удлинение главного корня проростков составило 12 ... 43 %, гипокотиля 8 ... 12 %, семядоли 8 ... 9 %. При этом растворы концентрацией 10^{-3} и 10^{-4} % стимулировали рост всех органов проростков, раствор концентрацией 10^{-5} % активизировал рост корней и семядоли, но ингибировал рост гипокотиля (табл. 1).

Полевые опыты проведены в Лодейнопольском КЛПХ ТПО Ленлес в течение 1987—1989 гг. Исследовано действие растворов полуупаренного ЛЧЩ, среднюю пробу которого ежегодно отбирали на Котласском ЦБК. Плотность испытанных щелоков составляла 1175 ... 1222 кг/м^3, pH 12,0 ... 12,2, содержание сухих веществ 29 ... 36 %, в том числе органических 15 ... 19 %, минеральных 14 ... 17 %. В 1987 г. использовали растворы щелока концентрацией 10^{-3} % и 10^{-4} %, продолжительность обработки корневой системы сеянцев составляла 2 ч. Указанные концентрации приняты за оптимальные на основании результатов лабораторных опытов и полевых испытаний 1986 г. [1]. В 1988 и 1989 гг. испытан раствор концентрацией 10^{-3} % как показавший лучшие результаты в 1987 г. В опытах 1988 г. применяли кратковремен-

Таблица 1

Препарат	Концентрация раствора, %	Длина главного корня		Длина гипокотиля		Длина семядоли		Биомасса 100 проростков	
		мм	%	мм	%	мм	%	г	%
ЛЧЩ	10^{-2}	39,2 ± 1,2	108	44,3 ± 0,6	100	16,9 ± 0,2	104	3,0788	115
	10^{-3}	48,3 ± 1,4	133	49,8 ± 0,6	112	17,6 ± 0,2	109	3,1104	116
	10^{-4}	40,9 ± 1,0	112	47,9 ± 0,5	108	17,6 ± 0,2	109	3,1088	116
	10^{-5}	51,9 ± 1,6	143	41,6 ± 0,5	94	17,5 ± 0,2	108	2,9978	112
	10^{-6}	38,7 ± 1,4	106	44,0 ± 0,8	99	16,9 ± 0,2	104	3,0440	113
Вода (контроль)	—	36,4 ± 1,4	100	44,4 ± 0,7	100	16,2 ± 0,2	100	2,6835	100

ную обработку корней (обмакивание), в 1989 г. продолжительность обработки составляла 10 ч.

В качестве посадочного материала использовали двухлетние сеянцы ели, выращенные в посевном отделении питомника. Перед посадкой в школьное отделение корневую систему сеянцев опытных растений намачивали в растворах препарата в течение указанного времени. Контролем во всех опытах служили растения, корни которых кратко-

Таблица 2

Препарат	Концентрация раствора, %	Продолжительность обработки, ч	Приживаемость, %	Прирост в высоту, см	Диаметр стволика, мм	Число побегов, шт.	Биомасса, г			Соотношение надземной и подземной биомасс
							корневой системы	стволика	хвои	
ЛЧЩ	10^{-3}	Обмакивание	68	1,3	3,6±0,1	17,2 ± 0,4	0,63 ± 0,03	0,79 ± 0,03	1,10 ± 0,06	3,0 : 1,0
Вода (контроль)	—	»	67	0,3	3,0±0,1	13,0 ± 0,4	0,43 ± 0,02	0,63 ± 0,03	0,70 ± 0,04	3,1 : 1,0
ЛЧЩ	10^{-3}	2	99	2,1	3,9±0,2	18,6 ± 0,7	1,44 ± 0,11	1,28 ± 0,08	1,98 ± 0,12	2,3 : 1,0
	10^{-4}	2	94	1,9	3,5±0,1	17,5 ± 0,7	0,58 ± 0,05	0,98 ± 0,06	1,08 ± 0,05	3,5 : 1,0
Вода (контроль)	—	Обмакивание	95	0,3	3,1±1,0	8,8 ± 0,5	0,49 ± 0,04	0,70 ± 0,02	0,84 ± 0,04	3,1 : 1,0
ЛЧЩ	10^{-3}	10	58	5,1	3,6±0,1	19,3 ± 0,1	0,60 ± 0,02	0,93 ± 0,04	0,96 ± 0,04	3,1 : 1,0
Вода (контроль)	—	Обмакивание	41	0,7	3,2±0,1	10,9 ± 0,1	0,41 ± 0,02	0,74 ± 0,03	0,70 ± 0,03	3,5 : 1,0

временно обрабатывали водой (путем обмакивания) по технологии леспромхоза. Посадку производили машинным способом. Высаживали ежегодно от 29 до 33 тыс. сеянцев, из них 12...23 тыс. шт. обрабатывали щелоком. Перед обработкой отбирали и измеряли по три сотни опытных и контрольных растений одинаковых размеров для дальнейшего наблюдения за их ростом. Измеренные растения высотой 16... 17 см, диаметром стволика 2...3 мм высаживали в разных местах участка, при этом снижалась ошибка опыта, связанная с местоположением. В конце сезона вегетации определяли приживаемость саженцев (из всех высаженных растений), производили их биометрические замеры. Результаты испытаний обрабатывали методом дисперсионного анализа.

Полевые опыты показали (табл. 2), что обработка корневой системы сеянцев растворами ЛЧЩ способствует повышению приживаемости и улучшению биометрических показателей саженцев, но в разной степени в зависимости от продолжительности. Так, при кратковременном намачивании опытные растения превышали контроль по приросту в высоту в 4 раза, диаметру стволика на 20 %, числу побегов на 30 %, биомассе корней, стволика и хвои на 46, 25 и 57 % соответственно. Увеличение в этом и последующих опытах статистически достоверно. Обработка раствором оптимальной концентрации (10^{-3} %) в течение 2 ч обеспечила значительное возрастание всех биометрических показателей: прироста в высоту в 7 раз, диаметра стволика на 26 %, числа побегов в 2, биомассы основных органов в 2—3 раза. В варианте с 10-часовой обработкой увеличение прироста в высоту и числа побегов было таким же, как в предыдущем варианте, и составило по отношению к контролю 730 и 180 % соответственно. Биомасса корней, стволика и хвои опытных саженцев также превышала контроль (на 46, 26 и 37 %), но в меньшей степени, чем при 2-часовой обработке. Продолжительность намачивания корневой системы оказала значительное влияние на приживаемость саженцев. Так, если при кратковременном намачивании она оставалась на уровне контроля, при 2-часовом увеличивалась на 4 %, то при 10-часовом — на 17 %. Следует отметить существенные колебания приживаемости по годам. В 1987 г. она составила 94...99 %, в 1988 г.— 67...68 %, в 1989 г.— 41...58 %. Большой отпад высаженных растений, наблюдавшийся в 1988 и 1989 гг., связан, по-видимому, с неблагоприятными погодными условиями в период посадки (длительное отсутствие осадков при относительно высокой температуре). Предварительная обработка сеянцев препаратом активизировала ростовые процессы, в том числе корневой системы, что способствовало лучшей приживаемости опытных растений по сравнению с контрольными.

Таким образом, результаты лабораторных и полевых испытаний показали, что препарат на основе черного сульфатного щелока проявляет наибольшую рострегулирующую активность при использовании его в виде раствора концентрацией 10^{-3} % для намачивания корневой системы сеянцев ели в течение 2...10 ч. Очевидно, вполне достаточно 2-часовое намачивание. Обработанные таким образом растения к концу первого года роста в школьном отделении имеют высокую приживаемость, наиболее развитую корневую систему, соотношение надземной и подземной биомасс близко к оптимальному. Все это должно сказаться положительно на дальнейшем их росте и развитии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Влияние препаратов на основе сульфатных черных щелоков на приживаемость и рост саженцев ели и сосны / Л. Г. Попова, А. А. Юринова, М. В. Кузьмина и др. // Лесн. журн.— 1990.— № 3.— С. 16—21.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2].

Дворецкий М. Л. Пособие по вариационной статистике.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 101 с.

Поступила 16 марта 1992 г.

УДК 630*562 : 630*533

ОБЩАЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ СВЯЗИ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ПО ЗАПАСУ С ПОЛНОТОЙ ДРЕВОСТОЕВ

В. К. ХЛЮСТОВ

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

Проведенные ранее исследования [4] закономерностей изменения текущего прироста Z_M сосняков Казахского мелкосопочника позволили установить ряд взаимосвязей этого показателя с другими. Особую практическую и теоретическую значимость имеет зависимость прироста от полноты древостоев, остающаяся наиболее дискуссионной в теории производительности древостоев. В настоящее время эта зависимость оценивается довольно однозначно, указывая на формирование наибольшего прироста в сомкнутых древостоях.

Нами сделана попытка выявить общую закономерность изменения Z_M с полнотой. Для решения этого вопроса закладывали пробные площади на участках леса разной полноты, древостои которых охватывают весь диапазон классов возраста и бонитета в различных лесорастительных регионах Северного Казахстана.

На каждой пробной площади определяли местоположение деревьев в пределах квадратов, на которые разбивали участок. Общее число деревьев, включенных в пробные площади, составило: в сосняках Казахского мелкосопочника — 8037, в ленточных борах Прииртышья — 5438, в островных борах Кустанайской области — 5994 шт. У всех деревьев на пробных площадях измеряли диаметр на высоте груди с точностью 0,1 см, а также радиальный прирост на кернах древесины за последние 10 лет.

Сканирование по плану лесонасаждений учетных площадок размером от 10 × 10 до 40 × 40 м (в зависимости от густоты древостоя) позволило получить данные о полноте и текущем приросте по сумме площадей сечения для каждого микроучастка. Всего в статистический анализ было включено около 1,5 тыс. площадок.

Величину Z_M устанавливали через процент текущего прироста по запасу по формуле Ю. М. Руденко

$$P_M = P_G + P_{HF} - \frac{nP_G P_{HF}}{100},$$

где P_M, P_G, P_{HF} — процент текущего прироста соответственно по запасу, сумме площадей сечения наличного древостоя и видовой высоте;

n — число лет в периоде осреднения прироста,

и запас наличного древостоя [1].

Величина P_{HF}, учитывающая характер изменения ширины годичных слоев по длине ствола и снижение темпа роста древостоя в высоту с возрастом, довольно точно отражается в региональных таблицах хода роста.

Так, располагая достоверными данными о приросте по запасу и сумме площадей сечения на каждой площадке, выполняли статистиче-

ский анализ рассматриваемой взаимосвязи. Соблюдение такого методического подхода позволило соблюсти одно из основных требований полевого опыта — принцип единственного различия лишь по полноте.

Исследования, проведенные в сосняках Казахского мелкосопочника [4], позволили обосновать правомерность использования парного анализа связи Z_M с полнотой и в других регионах республики.

В табл. 1 приведены статистические показатели тесноты связи текущего прироста по запасу (м³/га) с полнотой древостоев ленточных боров Прииртышья, островных боров Кустанайской области и сосняков Казахского мелкосопочника.

Таблица 1

Возраст, лет / Класс бонитета	Пределы полноты	$r \pm m_r$	$\eta \pm m_\eta$	t	F	$F_{05/01}$
Ленточные боры Прииртышья						
35/IV	0,4 ... 0,9	0,945 ± 0,020	0,996 ± 0,012	14,5	1,3	2,3/3,3
42/V	0,2 ... 0,5	0,934 ± 0,017	0,946 ± 0,014	18,8	1,9	2,1/2,8
52/II	0,5 ... 1,1	0,883 ± 0,033	0,917 ± 0,024	12,1	1,5	2,1/2,9
57/II	0,5 ... 0,9	0,963 ± 0,011	0,973 ± 0,008	22,3	1,3	2,1/3,0
58/IV	0,5 ... 1,1	0,932 ± 0,022	0,949 ± 0,017	14,3	0,9	2,2/3,1
72/II	0,5 ... 1,1	0,877 ± 0,026	0,892 ± 0,026	13,5	0,7	2,1/2,8
78/III	0,3 ... 0,9	0,936 ± 0,014	0,944 ± 0,012	22,3	1,0	2,0/2,7
100/IV	0,5 ... 1,0	0,921 ± 0,025	0,933 ± 0,210	13,4	0,5	2,2/3,1
112/V	0,5 ... 1,0	0,899 ± 0,030	0,930 ± 0,021	12,6	1,6	2,1/3,0
118/IV	0,4 ... 1,0	0,836 ± 0,046	0,860 ± 0,040	9,5	0,5	2,1/2,9
118/III	0,3 ... 1,0	0,720 ± 0,058	0,775 ± 0,048	8,4	1,4	2,0/2,7
121/II	0,3 ... 0,7	0,904 ± 0,028	0,947 ± 0,016	13,1	2,8	2,1/3,0
Островные боры Кустанайской области						
37/I	0,6 ... 1,4	0,935 ± 0,028	0,963 ± 0,016	10,9	0,8	2,5/3,7
34/III	0,8 ... 1,3	0,968 ± 0,013	0,977 ± 0,009	16,6	0,4	2,5/3,7
34/II	0,7 ... 1,4	0,982 ± 0,010	0,997 ± 0,001	16,4	1,3	3,0/5,0
35/I	0,6 ... 1,3	0,814 ± 0,084	0,891 ± 0,051	5,2	0,4	2,7/4,1
42/II	0,8 ... 1,4	0,915 ± 0,043	0,945 ± 0,028	7,8	2,2	2,8/4,5
83/II	0,5 ... 1,3	0,942 ± 0,012	0,949 ± 0,011	24,1	1,1	2,0/2,7
84/IV	0,6 ... 1,2	0,892 ± 0,023	0,914 ± 0,018	16,8	2,0	2,0/2,7
117/II	0,4 ... 1,2	0,880 ± 0,030	0,894 ± 0,028	13,2	0,5	2,1/2,8
Казахский мелкосопочник						
37/III	0,4 ... 1,3	0,894 ± 0,020	0,911 ± 0,017	18,7	1,9	2,0/2,6
45/IV	0,6 ... 1,1	0,927 ± 0,019	0,943 ± 0,015	18,6	1,4	2,1/2,9
75/III	0,4 ... 1,2	0,816 ± 0,035	0,825 ± 0,033	13,2	0,4	2,0/2,6
94/IV	0,6 ... 1,2	0,732 ± 0,080	0,785 ± 0,066	6,9	0,6	2,3/3,3
98/III	0,3 ... 0,9	0,914 ± 0,018	0,932 ± 0,014	19,8	2,2	2,0/2,7
102/V	0,7 ... 1,0	0,871 ± 0,025	0,886 ± 0,023	16,4	1,1	2,0/2,6
105/III	0,4 ... 1,3	0,701 ± 0,043	0,741 ± 0,038	11,4	2,0	2,0/2,6
135/IV	0,5 ... 1,0	0,904 ± 0,023	0,914 ± 0,020	16,3	0,6	2,1/2,8
137/V	0,3 ... 1,2	0,729 ± 0,039	0,760 ± 0,035	12,6	1,7	2,0/2,6

Табулированные значения статистических показателей свидетельствуют о высокозначимой тесноте связи Z_M с полнотой древостоев, проявляющейся в линейном виде на всех стадиях онтогенеза ($F < F_{01}$).

Результаты регрессионного анализа показали, что исследуемая взаимосвязь наиболее точно аппроксимируется степенным уравнением

$$Z_M = a\Pi^{\beta},$$

где a — константа начального роста, равная приросту при полноте 1,0;

β — константа равновесия, определяющая направление линии регрессии;

Π — полнота древостоя.

Применительно к биологическим объектам указанная зависимость довольно подробно описана Д. Гексли [5], а к древесным породам — Г. Томазиусом [6] и В. В. Кузьмичевым [2].

Помимо корреляционного и регрессионного анализов было осуществлено статистическое сравнение линий регрессии текущего прироста по запасу [3].

Значения статистических показателей линий регрессии в 85 % случаев указали на совпадение анализируемых трендов по дисперсиям ($F < F_{01}$), угловым коэффициентам ($t < t_{01}$) и непосредственному их наложению друг на друга ($t < t_{05}$).

Более того, для каждого региона, относящегося по лесотаксационному районированию к отдельному району, показаны пределы колебаний константы равновесия, средняя величина и характеризующие ее статистические показатели (табл. 2).

Таблица 2

Регион	lim β	$\beta \pm m_\beta$	σ	C, %	P, %
Казахский мелкосопочник (Кокчетавская, Целиноградская области)	0,66 ... 0,88	0,774 ± 0,036	0,108	14,02	4,65
Ленточные боры Приртышья (Павлодарская, Семипалатинская области)	0,62 ... 0,91	0,784 ± 0,030	0,104	13,26	3,83
Островные боры Кустанайской области	0,61 ... 0,97	0,792 ± 0,048	0,154	19,44	6,06

Использование в уравнениях коэффициента прироста K_Z констант β, имеющих предельные значения (0,774 и 0,792), при установлении отклонений по коэффициентам прироста, соответствующим полноте 0,4, позволило получить величины K_Z, равные соответственно 0,492 и 0,484. Отклонение составило 1,6 % при допустимой ошибке определения прироста ± 10 %. Вместе с тем был выполнен статистический анализ существенности различий между средними показателями β, результаты которого приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сравниваемые лесорастительные регионы	t-критерий Стьюдента	
	t	t_{05}
Казахский мелкосопочник — ленточные боры Приртышья	0,212	2,09
Казахский мелкосопочник — островные боры Кустанайской области	0,322	2,11
Ленточные боры Приртышья — островные боры Кустанайской области	0,150	2,09

Судя по табулированным значениям ($t < t_{05}$), различие коэффициентов β по лесорастительным регионам на 5 %-м уровне значимости несущественно.

Статистический анализ сходства констант позволил объединить все значения β в одну совокупность и рекомендовать единую для сосняков Казахстана зависимость коэффициентов прироста по запасу от полноты древостоев, описываемую уравнением вида

$$K_Z = П^{0,784 \pm 0,021}.$$

Преимущество его использования по сравнению с уравнением параболы заключается в том, что независимо от суммы площадей сечений (G), принятой за эталон полноты 1,0, значения коэффициентов прироста постоянны в пределах ступени полноты (табл. 4).

Таблица 4

Эталон полноты от G сомкнутых насаждений	Коэффициент прироста при полноте древостоев						
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Расчет по формуле $K_Z = П^{0,784}$							
0,7	1,00	0,92	0,84	0,76	0,67	0,58	0,49
1,0	1,00	0,92	0,84	0,76	0,67	0,58	0,49
1,3	1,00	0,92	0,84	0,76	0,67	0,58	0,49
Расчет по формуле $K_Z = (1,48 - 0,48П)П$*							
0,7	1,00	0,92	0,85	0,76	0,67	0,58	0,49
1,0	1,00	0,94	0,88	0,80	0,72	0,62	0,53
1,3	1,00	0,96	0,92	0,86	0,77	0,68	0,59

* Уравнение получено для сосняков Казахского мелкосопочника IV класса бонитета.

О достоверности выявленной закономерности довольно убедительно свидетельствуют незначительные отклонения K_Z, рассчитанные по уравнению, от результатов, полученных разными исследователями в различных лесорастительных регионах (табл. 5).

Для непосредственного расчета текущего прироста по запасу достаточно значение регионального норматива Z_M при полноте 1,0 ум-

Таблица 5

Автор (регион исследований)	Древесная порода	Отклонение, %, при полноте					
		0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
В. В. Антанайтис, П. Ю. Якас (Литва)	Сосна Ель	0,3 —1,6	0,9 —2,9	1,9 —3,5	3,4 —3,7	5,6 —3,2	8,8 —1,7
В. Г. Рубцов, Е. Н. Мартынов, Г. В. Филиппов (Карельский перешеек)	Сосна	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ю. И. Сигунов (европейская часть РСФСР)	Сосна	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
В. В. Гончарук (Приангарье)	Сосна	—0,3	—0,5	—0,9	—1,4	—1,9	—2,4
Р. С. Разин (Ленинградская область)	Ель	—0,6	—1,2	—1,8	—3,1	—3,4	—4,3
Н. М. Науменко (европейская часть РСФСР, водоохранная зона)	Сосна Ель	— 2,7 0,1	—6,0 0,2	—7,2 —0,5	—8,0 —0,5	— —0,4	— —0,2
В. С. Писанов (Дарвинский заповедник)	Сосна	0,0	0,0	0,1	0,7	—1,9	—4,7
В. Ертельд (Германия)	Сосна	0,0	0,0	0,0	0,1	—	—
Р. О. Куртис (США)	Дугласова пихта	—1,6	—2,8	—2,5	—0,7	—	—

ножить на установленное по уравнению K_z при заданной полноте древостоя.

Итак, статистический анализ закономерности связи коэффициентов текущего прироста запаса наличных древостоев с полнотой, а также сопоставление полученной модели с результатами разных исследователей позволяет рекомендовать эту модель для практического использования не только в сосняках Казахстана, но и в более широких масштабах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Антанайтис В. В., Жадейкис Р. С. Стандартизация в области древесного прироста.— Каунас: ЛитСХА, 1977.— 104 с. [2]. Кузьмичев В. В. Закономерности роста древостоев.— Новосибирск: Наука, 1977.— 158 с. [3]. Урбах В. Ю. Биометрические методы.— М.: Наука, 1974.— 415 с. [4]. Хлюстов В. К. Текущий прирост сосняков Казахского мелкосопочника // Рациональные способы формирования насаждений и рубок главного пользования в лесах Казахстана.— Алма-Ата: Кайнар, 1983.— С. 155—176. [5]. Huxlen I. S. Problems of relative growth.— London, 1932.— 196 p. [6]. Thomasius H. Untersuchungen über die Brauchbarkeit einiger Wack Stumsgrossen von Baumen und Beständen für die guantitative Standortsbeurleiteilung // Archiv. Forstwesen.— 1963.— Bd. 12, H. 12.— S. 1267—1323.

Поступила 9 декабря 1991 г.

УДК 581.132 : 630*114.445

ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ СУБСТРАТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ВСХОДОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

А. В. ВЕРЕТЕННИКОВ, ЭМАД ЭЛЬ ДИН ТАВФИК

Воронежский лесотехнический институт

Прорастание семян и формирование проростков или всходов — наиболее критический этап в жизни древесных растений [1, 2, 4, 5]. Всходы весьма чувствительны к различным внешним воздействиям, вызывающим серьезные нарушения хода физиолого-биохимических процессов и структур клеточных органелл, а нередко и их распад. Одним из неблагоприятных внешних факторов, влияющих на жизнедеятельность, рост и развитие всходов древесных растений, является засоление почвы. Воздействие этого фактора на фотосинтез проростков древесных пород практически не изучено, что и предопределило задачу настоящего исследования.

Опыты ставили в песчаных культурах лаборатории кафедры ботаники и дендрологии ВЛТИ. Исследовали всходы акации белой, ясеня зеленого и сосны обыкновенной в возрасте от 2 до 42 сут. Представлены следующие варианты: 1 — контроль, полив питательным раствором Кнопа половинной концентрации; 2—4 — опытные варианты, полив раствором Вант-Гоффа в концентрации соответственно 0,025, 0,05 и 0,1 моль/л. Освещенность над растениями поддерживали на уровне 5,0 ... 5,5 клк.

Интенсивность процесса фотосинтеза различных частей всходов устанавливали радиометрическим методом с использованием меченой по углероду CO_2 [3]. Радиоактивность порошков различных фотосинтезирующих частей всходов подсчитывали на радиометрической установке малого фона УМФ-1500. Освещенность при определении потенциальной скорости фотосинтеза (ПСФ) поддерживали на уровне 5,5 клк.

Результаты определений ПСФ семядолей всходов исследованных древесных пород представлены в табл. 1.

Таблица 1

Возраст, всходов, сут	Вариант	ПСФ семядолей всходов, мг CO_2/(г · ч)					
		Акация белая		Ясень зеленый		Сосна обыкновенная	
		$M \pm m$	t	$M \pm m$	t	$M \pm m$	t
2	1	11,7 ± 0,9	—	42,2 ± 1,9	—	48,9 ± 1,2	—
	2	8,7 ± 0,1	3,3	47,6 ± 2,2	1,9	42,3 ± 1,2	4,0
	3	6,9 ± 0,1	5,3	68,0 ± 1,2	11,9	43,1 ± 3,2	1,7
	4	5,5 ± 0,3	6,5	71,3 ± 1,1	13,8	35,2 ± 1,1	8,7
4	1	25,9 ± 1,0	—	40,6 ± 0,3	—	57,7 ± 0,6	—
	2	12,7 ± 0,6	11,3	57,8 ± 2,0	8,6	56,9 ± 1,2	0,6
	3	10,8 ± 0,2	14,8	77,8 ± 1,9	19,2	30,8 ± 1,8	14,3
	4	8,1 ± 0,4	16,4	76,6 ± 1,5	23,4	17,1 ± 1,0	35,9
7	1	61,4 ± 2,4	—	66,7 ± 2,1	—	75,2 ± 0,5	—
	2	49,5 ± 1,9	3,9	58,8 ± 2,8	2,2	74,2 ± 0,2	1,8
	3	36,2 ± 1,1	3,5	53,3 ± 2,1	4,5	61,0 ± 0,6	17,8
	4	24,7 ± 0,3	15,0	47,5 ± 2,3	6,1	32,0 ± 1,2	32,2
14	1	53,4 ± 2,8	—	73,3 ± 1,5	—	52,5 ± 0,4	—
	2	41,6 ± 1,2	3,9	72,1 ± 0,1	0,8	58,6 ± 2,0	3,1
	3	37,7 ± 1,3	5,1	88,0 ± 2,6	4,9	55,7 ± 2,4	1,3
	4	27,2 ± 1,7	7,9	86,2 ± 0,8	7,6	31,5 ± 2,2	9,5
21	1	82,5 ± 2,5	—	65,5 ± 0,9	—	40,9 ± 0,4	—
	2	63,3 ± 1,7	6,4	58,1 ± 1,9	3,5	35,8 ± 1,9	2,6
	3	54,4 ± 0,8	10,7	59,5 ± 3,0	1,9	53,2 ± 0,3	23,7
	4	42,4 ± 0,9	15,1	56,2 ± 0,2	9,8	26,7 ± 3,0	4,7
28	1	142,8 ± 2,1	—	80,0 ± 2,0	—	59,1 ± 0,2	—
	2	115,8 ± 1,9	9,3	102,6 ± 1,8	8,4	64,1 ± 1,5	3,4
	3	83,6 ± 2,9	16,4	111,3 ± 0,9	14,2	74,2 ± 0,8	18,6
	4	70,3 ± 2,2	23,6	86,5 ± 2,3	2,2	51,6 ± 0,8	9,6
35	1	75,5 ± 2,8	—	45,5 ± 0,9	—	60,3 ± 1,0	—
	2	51,8 ± 1,4	7,5	51,5 ± 1,5	3,4	73,0 ± 1,7	6,3
	3	42,3 ± 0,7	11,3	65,3 ± 1,3	12,9	68,3 ± 1,6	4,2
	4	37,2 ± 1,3	12,2	65,3 ± 0,7	17,8	43,5 ± 2,8	5,7
42	1	74,3 ± 1,1	—	66,1 ± 0,4	—	42,5 ± 0,8	—
	2	53,7 ± 0,5	16,7	71,4 ± 2,0	2,6	44,2 ± 0,6	1,7
	3	34,3 ± 2,1	16,7	74,6 ± 2,4	3,5	44,3 ± 0,8	1,6
	4	28,5 ± 1,5	24,0	75,4 ± 2,6	3,6	41,6 ± 1,5	0,5

Как видим, засоление субстрата, независимо от концентрации раствора, вызвало достоверное снижение ПСФ у семядолей всходов акации белой и повышение, за редким исключением, у ясеня зеленого. ПСФ сосны обыкновенной в первые три недели опыта была достоверно большей в контроле, в последующем в вариантах 2 и 3, что свидетельствует об эффекте привыкания к засолению.

ПСФ всходов акации белой и ясеня зеленого достигала максимума на 28-е сутки и была выше, чем более постоянная фотосинтетическая активность семядолей всходов сосны обыкновенной. Абсолютный максимум ПСФ наблюдался у всходов акации белой и ясеня зеленого.

Подобная закономерность в значениях ПСФ проявилась и у первичных листьев (табл. 2), что свидетельствует о сходной реакции различных по происхождению фотосинтетических органов всходов на засоление. Этот вывод подтвердился и при изучении ПСФ переходных листьев всходов акации белой и ясеня зеленого (табл. 3). Повышение ПСФ листьев всходов ясеня зеленого и снижение у акации белой в абсолютном большинстве случаев оказались достоверными.

Экспериментальные материалы показывают, что всходы исследованных древесных растений по-разному реагировали на засоление субстрата. У ясеня зеленого фотосинтетическая активность повышалась, у акации белой — снижалась. Сосна обыкновенная занимала промежуточное

Таблица 2

Возраст всходов, сут	Вариант	ПСФ первичных листьев, мг CO_2/(г · ч)					
		Акация белая		Ясень зеленый		Сосна обыкновенная	
		$M \pm m$	t	$M \pm m$	t	$M \pm m$	t
14	1	47,4 ± 0,8	—	88,2 ± 1,9	—	—	—
	2	44,7 ± 0,5	2,8	102,6 ± 1,5	5,8	—	—
	3	—	—	125,9 ± 1,3	16,0	—	—
	4	—	—	84,2 ± 1,7	1,6	—	—
21	1	134,4 ± 3,3	—	115,3 ± 2,9	—	—	—
	2	89,6 ± 1,3	12,7	95,2 ± 1,6	6,1	—	—
	3	68,1 ± 2,5	16,0	82,3 ± 0,9	10,9	—	—
	4	—	—	75,1 ± 2,5	10,6	—	—
28	1	189,3 ± 6,4	—	135,3 ± 0,3	—	57,6 ± 0,5	—
	2	141,0 ± 3,1	6,8	147,4 ± 1,7	6,9	50,2 ± 2,9	2,5
	3	127,8 ± 2,5	8,9	139,1 ± 1,5	2,4	46,4 ± 2,2	4,9
	4	87,6 ± 1,9	15,3	126,4 ± 2,3	3,9	49,2 ± 1,4	5,8
35	1	87,3 ± 2,5	—	66,4 ± 1,6	—	58,7 ± 1,2	—
	2	69,4 ± 1,6	6,0	76,3 ± 2,6	3,3	65,2 ± 0,8	4,5
	3	64,0 ± 1,3	8,2	94,0 ± 2,5	9,4	63,0 ± 0,9	2,8
	4	—	—	102,6 ± 1,3	18,1	48,3 ± 0,9	6,7
42	1	88,0 ± 4,2	—	66,1 ± 0,4	—	33,3 ± 0,9	—
	2	65,2 ± 1,8	4,9	71,4 ± 2,0	2,6	40,5 ± 1,0	5,3
	3	—	—	74,6 ± 2,4	3,5	41,1 ± 0,5	7,5
	4	—	—	75,4 ± 2,6	3,6	30,3 ± 0,5	2,8

Таблица 3

Возраст всходов, сут	Вариант	ПСФ переходных листьев, мг CO_2/(г · ч)			
		Акация белая		Ясень зеленый	
		$M \pm m$	t	$M \pm m$	t
21	1	90,1 ± 1,6	—	83,2 ± 1,1	—
	2	48,8 ± 1,6	18,3	84,1 ± 1,3	0,5
	3	45,4 ± 0,9	24,4	59,0 ± 1,8	11,5
	4	—	—	46,6 ± 1,5	20,0
28	1	145,8 ± 1,8	—	145,2 ± 1,6	—
	2	126,1 ± 2,5	6,3	167,4 ± 1,9	8,8
	3	110,2 ± 3,6	8,9	164,2 ± 2,1	7,1
	4	74,7 ± 1,7	28,3	89,4 ± 1,5	25,7
35	1	74,8 ± 1,9	—	68,0 ± 1,2	—
	2	65,7 ± 0,6	4,5	71,1 ± 1,8	1,5
	3	62,4 ± 1,5	5,0	102,4 ± 2,3	13,5
	4	50,1 ± 1,9	9,0	104,0 ± 1,8	1,8
42	1	76,9 ± 1,5	—	80,5 ± 0,5	—
	2	68,8 ± 0,9	4,6	77,1 ± 0,6	4,2
	3	59,3 ± 1,3	9,0	59,4 ± 1,4	14,1
	4	—	—	62,6 ± 0,5	24,5

положение. Следовательно, всходы ясеня зеленого следует отнести к наиболее, акации белой — к наименее солевыносливым. Широкие производственные испытания в целом подтверждают эти выводы [6, 7].

Следует также отметить, что засоление субстрата вызвало ускоренное старение всходов акации белой. Из всех исследованных фотосинтетических частей семядоли всходов этой древесной породы оказались более устойчивы к засолению, чем первичные и переходные листья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Веретенников А. В. Фотосинтез древесных растений.— Воронеж: ВГУ, 1980.— 80 с. [2]. Веретенников А. В. Физиология растений с основами биохимии.— Воронеж: ВГУ, 1987.— 256 с. [3]. Вознесенский В. Л., Семихатова

О. А., Заленский О. В. Методы изучения фотосинтеза и дыхания растений.— М.; Л.: Наука, 1965.— 305 с. [4]. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений.— М.: Лесн. пром-сть, 1963.— 627 с. [5]. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 463 с. [6]. Мигунова Е. С. Лесонасаждения на засоленных почвах.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 142 с. [7]. Смирнов И. А. Солевыносливость древесных растений.— Красноярск: КрГУ, 1981.— 216 с.

Поступила 21 февраля 1992 г.

УДК 630*181.36

КОРНЕВЫЕ СИСТЕМЫ БУКА ЛЕСНОГО В УСЛОВИЯХ УКРАИНСКИХ КАРПАТ

М. И. КАЛИНИН, В. К. ТИУНЧИК

Львовский лесотехнический институт

Оценка успешности роста и продуцирования лесных насаждений включает в себя, наряду с изучением показателей надземной части лесообразующих пород, изучение особенностей роста корневых систем.

С этой целью выполнены исследования в высокополнотных древостоях 18-, 22- и 40-летнего возраста в условиях буково-пихтовой сурамени Украинских Карпат. В каждом древостое отбирали по 3 модельных дерева (табл. 1), корневые системы которых препарировали от земли полной раскопкой с последующим биометрическим анализом по методике М. И. Калинина*.

Таблица 1

Характеристика модельных деревьев бука лесного

Возраст, лет	Группа роста деревьев	Высота, м	Диаметр на высоте 1,3 м, см
18	Лучшие	5,6	9,0
	Средние	4,7	5,1
	Отстающие	3,4	2,9
22	Лучшие	8,5	10,7
	Средние	6,5	6,4
	Отстающие	3,7	3,4
40	Лучшие	21,3	22,4
	Средние	20,1	16,3
	Отстающие	13,5	9,0

Исследования морфологических характеристик корней показали, что с увеличением возраста общая протяженность и масса их возрастают (табл. 2). Из таблицы видна также бóльшая протяженность корней горизонтальной ориентации (99,4 ... 99,9 %).

По массе преобладают корни первого и второго порядков. В 18-летнем древостое относительное содержание корней этих порядков для групп лучшего роста составляет 80,4 %, среднего — 87,3 %, отстающих в росте — 96,6 %. Для 22-летнего древостоя эти показатели составляют соответственно 71,6; 71,8 и 84,2 %, для 40-летнего — 88,5; 68,6 и 97,0 %.

В отличие от массы протяженность корней распределяется несколько по-иному. В 18—22-летней возрастной группе она наибольшая у

* Калинин М. И. Моделирование лесных насаждений.— Львов: Выща шк., 1978.— 207 с.

Таблица 2

Распределение протяженности и массы корней бука лесного в зависимости от их пространственной ориентации

Возраст, лет	Состав	Группа роста деревьев	Протяженность корней, м	Из них, %		Масса корней, кг	Из них, %	
				горизонтальных	вертикальных		горизонтальных	косовертикальных
18	8Е1П1Б	Лучшие	237,9	99,9	0,1	12,9	65,9	34,1
		Средние	109,9	99,7	0,3	3,2	53,7	46,3
		Отстающие	56,9	99,4	0,6	0,9	44,4	55,6
22	5Е5Бк, ед.П	Лучшие	519,6	99,9	0,1	13,1	72,1	27,9
		Средние	211,2	99,7	0,3	4,2	62,9	37,1
		Отстающие	61,7	99,5	0,5	1,3	53,3	46,7
40	7Е2Бк1Яв+Б	Лучшие	585,2	99,9	0,1	33,9	39,8	60,2
		Средние	225,1	99,9	0,1	17,8	47,5	52,5
		Отстающие	71,0	99,5	0,5	4,7	77,3	22,7

корней второго и третьего порядка, относительное участие которых составляет 55,3...81,8 %. В 40-летнем древостое наибольшую протяженность имеют корни третьего и четвертого порядка (52,7...79,4 %). Это говорит о том, что с увеличением возраста происходит интенсивное формирование физиологически активных (тонких) корней, роль которых в среднем возрасте повышается.

Для определения количественных соотношений между отдельными фракциями нами было выделено пять фракций толщины корней диаметром до 2, 2...4, 4...6, 6...10 и более 10 мм.

Относительное участие массы всасывающих корней (диаметром до 2 мм) у бука лесного в 18-летнем возрасте может быть значительным и достигать 45,5 %. В 22-летних насаждениях этот показатель ниже и в среднем составляет 17 %, в 40-летних — всего 0,3...1,6 %.

В общей массе корней велика доля скелетных (диаметром более 10 мм). Так, в 18-летнем древостое они занимают по группам роста соответственно 47,2; 40,7 и 50,8 %; в 22-летнем — 65,7; 42,2 и 38,7 %; в 40-летнем — 84,4; 87,2 и 93,0 %. Как видим, с возрастом масса скелетных корней увеличивается.

Тонкие или всасывающие корни, доля которых в общей массе относительно невелика, имеют значительно бóльшую протяженность. Их процент в общей протяженности составляет у деревьев бука 18-летнего возраста 36,5...68,6; 22-летнего — 43,4...72,1; 40-летнего — 56,0...76,4. Следовательно, с возрастом увеличивается количество физиологически активных корней.

В 40-летнем древостое, до первой половины длины корней бука, наблюдается увеличение коэффициентов формы в среднем в 2 раза, по сравнению с 18—22-летними древостоями (табл. 3). Это свидетельствует о повышении полнодревесности корней бука с возрастом, что соответственно отражается на показателях видовых чисел. Для корней деревьев 18-летнего возраста они составили 0,0713; 22-летнего — 0,0618, 40-летнего — 0,1587.

С повышением возраста разветвленность корней бука интенсивно увеличивается. В 18-летних насаждениях коэффициент ветвистости корней бука в исследованных условиях составил 7,05; в 22-летних — 8,80; в 40-летних — 33,75. Это положение играет важную роль в повышении устойчивости деревьев бука к 40-летнему возрасту.

Площадь проекций корневых систем деревьев значительно больше площади проекций крон. С возрастом эта разность у деревьев всех групп роста увеличивается (табл. 4). Характерно, что во всех возраст-

Таблица 3

Коэффициенты формы скелетных корней первого порядка

Возраст, лет	Относительная длина корня	Коэффициент формы корней $M \pm m$, %	Возраст, лет	Относительная длина корня	Коэффициент формы корней $M \pm m$, %
18	0,1	32,8 ± 2,9	22	0,7	11,2 ± 8,5
	0,2	24,3 ± 2,2		0,9	8,9 ± 5,7
	0,5	18,2 ± 1,7	40	0,1	72,0 ± 3,6
	0,7	9,6 ± 1,1		0,2	48,5 ± 4,1
	0,9	6,9 ± 6,7		0,5	24,6 ± 2,7
22	0,1	31,6 ± 3,6		0,7	12,5 ± 1,7
	0,2	20,2 ± 2,1		0,9	1,2 ± 0,4
	0,5	10,7 ± 7,0			

Таблица 4

Площади питания модельных деревьев бука лесного

Возраст, лет	Группа роста деревьев	Площадь питания $S_п$ одного дерева, м²	Площадь проекции кроны $S_к$ одного дерева, м²	$K = S_п/S_к$
18	Лучшие	16,20	13,20	1,2
	Средние	11,60	6,60	1,8
	Отстающие	2,83	1,53	1,8
22	Лучшие	21,90	13,50	1,6
	Средние	12,83	5,00	2,6
	Отстающие	8,40	2,80	3,0
40	Лучшие	32,51	11,00	2,7
	Средние	21,19	4,60	4,6
	Отстающие	10,51	1,90	5,5

ных периодах этот показатель наибольший у деревьев слабого роста. Данное положение свидетельствует о том, что в процессе дифференциации деревьев отрицательное взаимовлияние корневых систем выражено меньше, чем в надземной части деревьев.

С повышением возраста бука лесного объем почвы, занимаемый его корневыми системами, увеличивается у всех исследованных групп роста (табл. 5). Так, если у 18-летних деревьев лучшего роста объем корневого питания составляет 3,46 м³, то у 40-летних 13,65 м³, т. е. в 4 раза больше.

Показатели интенсивности корненаселенности объема питания деревьев бука неодинаковы для насаждений различного возраста и деревьев разных групп (табл. 5). Они свидетельствуют о том, что у деревьев лучшего роста резервы освоения занятого объема почвы за счет образования в нем новых корней значительно больше, чем у отстающих в росте. Данное положение в сочетании с разницей объема почвы, освоенной деревьями разных групп роста, еще раз указывает на потенциальные ресурсы биологической устойчивости деревьев лучшего роста.

Исследования особенностей накопления и распределения фитомассы бука лесного по частям дерева показали, что в 18-летнем возрасте наибольшую фитомассу имеет ствол (43,9 ... 59,6 %), наименьшую — листья (3,9 ... 10,0 %). В 22-летнем возрасте на долю ствола также приходится в среднем 50 % общей фитомассы, а на долю листьев 3,3 ... 4,0 %.

С увеличением возраста насаждений процент стволовой массы бука повышается и к 40 годам достигает 76,7. Масса корней при этом

Таблица 5

Объемы питания модельных деревьев бука лесного

Возраст, лет	Группа роста деревьев	Объем питания одного дерева, м³	Среднегодовой прирост объема питания, м³	Интенсивность корненаселенности объема питания
18	Лучшие	3,46	0,192	6,1
	Средние	1,51	0,085	13,1
	Отстающие	0,24	0,013	24,5
22	Лучшие	5,11	0,232	10,7
	Средние	2,10	0,096	12,3
	Отстающие	0,95	0,043	17,7
40	Лучшие	13,65	0,341	1,1
	Средние	6,43	0,161	0,6
	Отстающие	2,49	0,062	2,6

уменьшается. В 18-летнем древостое относительное содержание массы корней составляет 20,7...21,8 %, в 40-летнем только 10,2...13,8 %. На долю листьев в 40-летнем возрасте приходится 1,2...2,6 %.

Из приведенных данных видно, что у бука лесного в молодом возрасте наиболее интенсивно происходит накопление ассимиляционного аппарата, корней и в некоторой степени ветвей, а в старшем возрасте стволовой древесины.

Поступила 17 декабря 1991 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*375 : 519.872

ОБОСНОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ВАЛОЧНО-ПАКЕТИРУЮЩИХ МАШИН С СОВМЕЩЕННЫМИ ФУНКЦИЯМИ

С. Б. ЯКИМОВИЧ, О. А. ШУЛЕПОВА

Марийский политехнический институт

Одним из направлений интенсификации лесозаготовительного производства может быть преобразование цикличности поступления и обработки предмета труда в непрерывные потоки. При поэтапной реализации этот процесс протекает с меньшими материальными затратами. Например, при первоначальном обеспечении непрерывности поступления предмета труда и сохранении цикличности его обработки потребуется реконструкция лишь подающей части лесозаготовительной машины. Это связано с меньшими материальными затратами и одновременным повышением производительности при совмещении транспортных (подающих) и технологических (обрабатывающих) операций. В отрасли известны примеры, когда совмещаются процессы перемещения хлыста, отмер длины, распиловка при продольной подаче, когда подача происходит непрерывно, а обработка — циклично. При переходе на поперечную подачу (слешеры) наблюдается непрерывность как подачи, так и обработки хлыстов.

В условиях лесосеки, для валочно-пакетирующих машин (ВПМ), такой подход реализуется совмещением транспортной (надвигание машины на стоящие деревья) и технологической (наводка манипулятора, срезание дерева, перенос его и укладка) функций. Исключение затрат времени на перемещение машин с одной рабочей позиции к другой приводит к повышению производительности на 17 . . . 30 % по сравнению с известной технологией работы ВПМ для лесосек с различными таксационными характеристиками. Пример конструктивного решения ВПМ, функционирующей по изложенной технологии в совмещенном режиме, представлен в [1]. Подобная машина может создаваться на базе ВПМ ЛП-19А при внесении некоторых изменений в конструкцию захватно-срезающего устройства и систему управления гидроприводом. Возможное применение ВПМ совмещенного режима вызывает необходимость обоснования скорости ее перемещения при неизменной скорости обработки дерева (времени цикла), определяемой техническими данными существующих машин. Очевидно, скорость перемещения ВПМ должна соответствовать условию ее функционирования без вынужденных остановок в ожидании освобождения манипулятора для обслуживания следующего дерева.

Скорость перемещения машины определяет интервалы времени между поступлениями деревьев в зону манипулятора, которые, в свою очередь, зависят также от частоты размещения деревьев на ленте, наличия неровностей и других изменений почвенно-грунтовых условий в процессе перемещения.

Стохастическая природа перечисленных величин и их влияние на интервалы времени могут быть выражены через законы распределения интервалов между окончаниями обработки деревьев манипулятором.

В связи с этим технологический процесс ВПМ с совмещенными функциями целесообразно моделировать на основе теории массового обслуживания.

При разработке математической модели валочно-пакетирующих машин, например ЛП-19А, вводятся следующие допущения:

1) совмещенные функции (транспортная — надвигание ВПМ на деревья, технологическая — наводка манипулятора, срезание дерева, перенос его и укладка, возврат манипулятора и наведение захватно-срезающего устройства) рассматриваются отдельно;

2) технологической функции ставится в соответствие узел обслуживания (манипулятор и поворотная платформа) с интенсивностью обработки деревьев μ;

3) транспортной функции соответствует поток деревьев, поступающий в зону манипулятора с интенсивностью λ при движении базы ВПМ;

4) емкости блока ожидания и источника, генерирующего деревья, поступающие в обработку, бесконечны (число деревьев на лесосеке позволяет принять это допущение).

Технологическая функция количественно определяется временем обработки дерева $t_{обр}$, которое является стохастической величиной и может подчиняться закону Эрланга [3] (нормальному, по экспериментальному определению авторов). Транспортную функцию характеризуют интервалы времени между поступлениями деревьев в зону действия манипулятора, которые для естественных лесных массивов [2, 5] подчиняются экспоненциальному закону распределения.

На основании изложенного функционирование ВПМ совмещенного типа как системы СМО наиболее точно описывает модель вида [4]

$$(M/G/1) : (GD/\infty/\infty),$$

где M — распределение моментов поступления деревьев в зону обслуживания манипулятора по экспоненциальному закону;

G — распределение времени цикла ВПМ по произвольному закону;

1 — один канал обслуживания;

GD — дисциплина очереди произвольная (первым пришел — первым обслуживаешься, случайный отбор заявок);

∞, ∞ — число деревьев в системе, очереди и обработке и емкость источника, генерирующего деревья, поступающие в обработку.

Схема приведенной системы представлена на рис. 1.

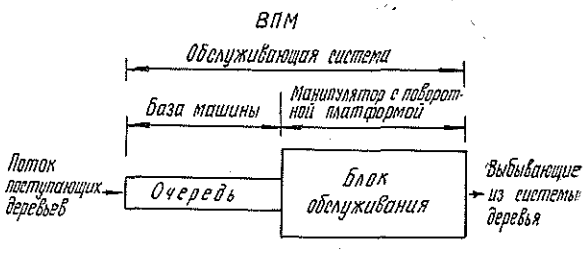


Рис. 1. Система массового обслуживания ВПМ с совмещенными функциями

При выполнении условий стационарности и использовании выбранной модели для расчетов операционных характеристик применима формула Поллачека — Хинчина, основанная на дискретной цепи Маркова [4] и имеющая вид

$$L_s = \frac{\lambda \bar{t} + \lambda^2 (\bar{t}^2 + \mathrm{var}\,(t))}{1 - \lambda \bar{t}}, \qquad (1)$$

где L_s — среднее число деревьев в системе, шт.;
λ — интенсивность входного потока деревьев, шт./с;
t — среднее время обработки дерева (время цикла), с;
var (t) — дисперсия времени обработки дерева, с^2.

По найденному выражению L_s определяют:
среднее число деревьев в очереди на обработку L_q, шт.:

$$L_q = L_s - \lambda \bar{t}; \qquad (2)$$

среднюю продолжительность нахождения дерева в системе W_s, с:

$$W_s = L_s / \lambda; \qquad (3)$$

среднюю продолжительность пребывания дерева в очереди W_q, с:

$$W_q = L_q / \lambda. \qquad (4)$$

На основании выражений (1) — (4) и законов распределения входящего и выходящего потоков деревьев задача нахождения скорости перемещения ВПМ, зависящей от ситуации на лесосеке (густота размещения деревьев на ленте, почвенно-грунтовые условия, объемы обрабатываемых деревьев и др.) и обеспечивающей непрерывное перемещение машины, трансформируется в задачу определения скорости, при которой число деревьев в очереди принимало бы значение, меньшее единицы, а время ожидания в очереди приближалось к нулю. Очевидно, что скорость перемещения ВПМ $v_п$ является управляемой переменной по отношению к интенсивности λ потока поступивших в зону манипулятора деревьев. Управлять величиной λ можно также изменяя вылет манипулятора R. Однако использование этого способа маловероятно, ибо в отраслевой науке выполнен достаточный объем работ по определению оптимального вылета на основе экономических и экологических (лесохозяйственных) критериев. Величина λ как интенсивность поступления деревьев в единицу времени выражается через значения других случайных величин (объем хлыста, запас на единице площади) и размерно-скоростных характеристик ВПМ (скорость перемещения, вылет) по формуле

$$\lambda = 2R\xi v_п q / V, \qquad (5)$$

где R — максимальный вылет манипулятора, м;
ξ — коэффициент использования максимального вылета манипулятора;
$v_п$ — скорость перемещения ВПМ, м/с;
q — запас древесины на единице площади (1 м^2), м^3;
V — средний объем хлыста, м^3.

На основе приведенных выражений разработана прикладная программа, реализованная для ЕС ЭВМ на языке Фортран. Некоторые результаты обоснования скорости перемещения ВПМ ЛП-19А приведены на рис. 2, 3. По результатам наблюдений за работой ВПМ ЛП-19А в Волжском лесокомбинате интенсивность обработки деревьев μ при расчетах принята равной 0,021 шт./с. Эта величина соответствует времени цикла 47,5 с.

Анализ графиков позволяет сделать вывод о необходимости использования бортовой ЭВМ с соответствующими периферийными устройствами для оценки и выработки решений по текущей ситуации, ибо, например, при изменении запаса от 250 до 150 м^3 на 1 га и вылете манипулятора 8 м, среднем объеме хлыста 0,3 м^3, скорость перемещения ВПМ, обеспечивающая режим работы с совмещенными функциями

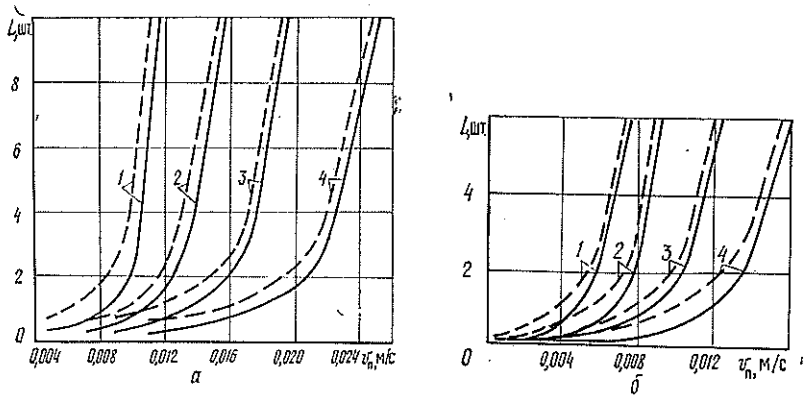


Рис. 2. Графики зависимости числа деревьев в очереди L_q (сплошные линии) и в системе L_s (штриховые) от скорости перемещения ВПМ $v_п$: *а* — вылет манипулятора 8 м; *б* — 10 м; *1* — $V = 0{,}2$ м³; $q = 220$ м³; *2, 3, 4* — $V = 0{,}3$ м³; q — соответственно 250, 200 и 150 м³

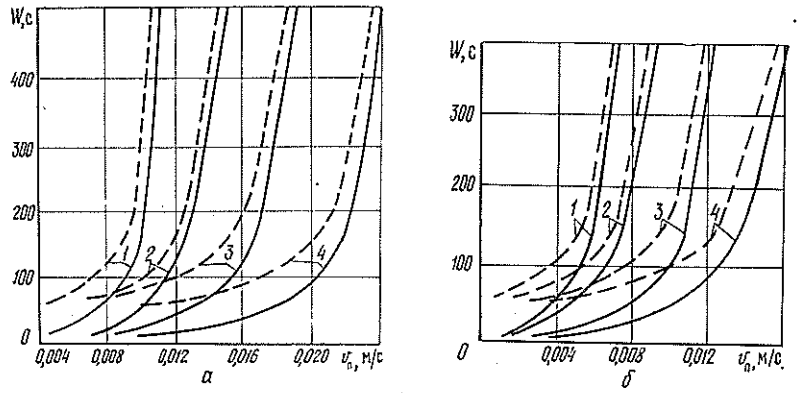


Рис. 3. Графики зависимости времени ожидания деревьев в очереди W_q (сплошные линии) и в системе W_s (сплошные) от скорости перемещения ВПМ $v_п$. Обозначения см. на рис. 2.

($W_q \to 0$, $L_q \to 1$), увеличится в 1,5—2,0 раза. В простейшем случае возможен вариант функционирования ВПМ на минимальной из всех допустимых значений скорости перемещения. Однако подобный подход приводит к недоиспользованию возможной производительности ВПМ с совмещенными функциями.

Следует также отметить, что по результатам статистической обработки наблюдений [5] время цикла $t_ц$ на заготовку одного дерева при функционировании ВПМ с разделенными во времени функциями (технологической и транспортной) по традиционной технологии складывается из двух составляющих:

$$t_ц = t_{обр} + t_п,$$

где $t_{обр}$ — средняя арифметическая оценка времени обработки одного дерева при стоянке на рабочей позиции, $t_{обр} = 47{,}5$ с;

$t_п$ — средняя арифметическая оценка времени перемещения ВПМ с одной рабочей позиции на другую, приходящегося на одно дерево, $t_п = 14{,}3$ с.

Режим совмещения технологической и транспортной функций исключает время $t_п$ из $t_ц$ (перемещение ВПМ происходит в процессе

обработки дерева) и, следовательно, снижает $t_ц$ до $t_{обр} = 47{,}5$ с. Уменьшение составляет 23 %. Пропорционально проценту снижения $t_ц$ возрастает производительность ВПМ по сравнению с традиционной технологией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 1542484 СССР, МКИ А 01 G 23/08. Лесозаготовительная машина / С. Б. Якимович, Р. Х. Мубаракшин, С. Л. Шулепов, Г. З. Зулкарова (СССР).— № 4424163/23—15; Заявлено 11.05.88; Опубл. 15.02.90 // Открытия. Изобретения.— 1990.— № 6.— С. 15. [2]. Маркеленков В. Г. К моделированию потока деревьев, подлежащих валке // Сб. науч. тр. / ЦНИИМЭ.— Химки, 1974.— № 144.— С. 38—45. [3]. Редькин А. К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок.— М.: Лесн. пром-сть, 1988.— 256 с. [4]. Таха Х. Введение в исследование операций: В 2 т. / Пер. с англ.— М.: Мир, 1985.— Т. 2.— 496 с. [5]. Якимович С. Б., Шулепов С. Л. Определение характеристик потока деревьев при непрерывном режиме работы валочно-пакетирующих машин // Лесн. журн.— 1990.— № 6.— С. 49—52.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 22 января 1992 г.

УДК 630*383

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПРОФИЛЯ И ПЛАНА ЛЕСНЫХ ДОРОГ

Н. И. БИБЛЮК, Н. М. БОРИС, Н. И. ГЕРИС, Е. Н. ЛИТВИНЧУК

Львовский лесотехнический институт
ЛЗП Техремсервис

Геометрические характеристики микропрофиля и плана являются основными параметрами, формирующими воздействие дороги на транспортное средство при его движении. Микропрофиль дороги оценивается уклонами и соответствующими им длинами участков дороги (длинами уклонов), а план — углами поворота, расстояниями между кривыми, радиусами и длинами кривых [2, 5].

Для получения вероятностных моделей микропрофиля и плана горных лесных дорог, а также определения их характеристик геодезическими методами замерены 20 волоков и усов общей протяженностью 32,6 км [3] и обработаны рабочие проекты 15 веток и магистралей протяженностью 52,4 км.

В результате анализа установлено, что для трелевочных волоков и лесовозных усов средние арифметические значения уклонов a_i и длин уклонов a_l, а также их средние квадратические отклонения (σ_i и σ_l) изменяются в широких пределах: $a_i = -200 \ldots +150$ ‰, $\sigma_i = 50 \ldots 220$ ‰, $a_l = 20 \ldots 100$ м, $\sigma_l = 10 \ldots 70$ м. Относительная погрешность определения уклонов составляет в среднем 4,1 %, длин уклонов — 7,8 %. Параметры веток и магистралей лежат в пределах: $a_i = -70 \ldots +40$ ‰, $\sigma_i = 30 \ldots 70$ ‰, $a_l = 90 \ldots 280$ м, $\sigma_l = 60 \ldots 220$ м.

Из приведенных на рис. 1 кривых видно, что распределения уклонов горных лесных дорог подчиняются нормальному закону, длин волоков и усов — закону Пуассона (Вейбулла), длин веток и магистралей — показательному закону.

В ходе исследований выявлено, что параметры плана лесных дорог варьируются в следующих пределах. Средние арифметические значения и их средние квадратические отклонения соответственно для углов поворота Θ, радиусов кривых R, длин кривых K и расстояний L

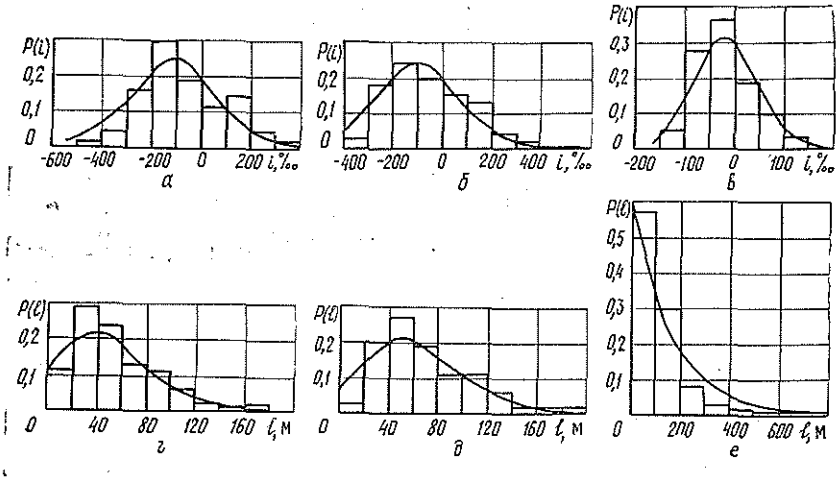


Рис. 1. Распределение уклонов (*а, б, в*) и их длин (*г, д, е*) для трелевочных волоков (*а, г*), лесовозных усов (*б, д*), веток и магистралей (*в, е*)

между кривыми составили: $a_\Theta = 9 \ldots 42$ град, $\sigma_\Theta = 5 \ldots 39$ град, $a_R = 48 \ldots 400$ м, $\sigma_R = 27 \ldots 216$ м; $a_K = 13 \ldots 112$ м, $\sigma_K = 2 \ldots 37$ м; $a_L = 13 \ldots 155$ м, $\sigma_L = 12 \ldots 91$ м. При этом относительная погрешность определения параметров для углов поворота составляет в среднем 14,7 %, радиусов кривых — 14,4 %, длин кривых 7,7 %, расстояний между закруглениями 12,9 %.

Для всех типов горных лесных дорог распределения углов поворота, радиусов кривых и расстояний между закруглениями хорошо описываются показательным законом (рис. 2), а длины кривых — законом Пуассона.

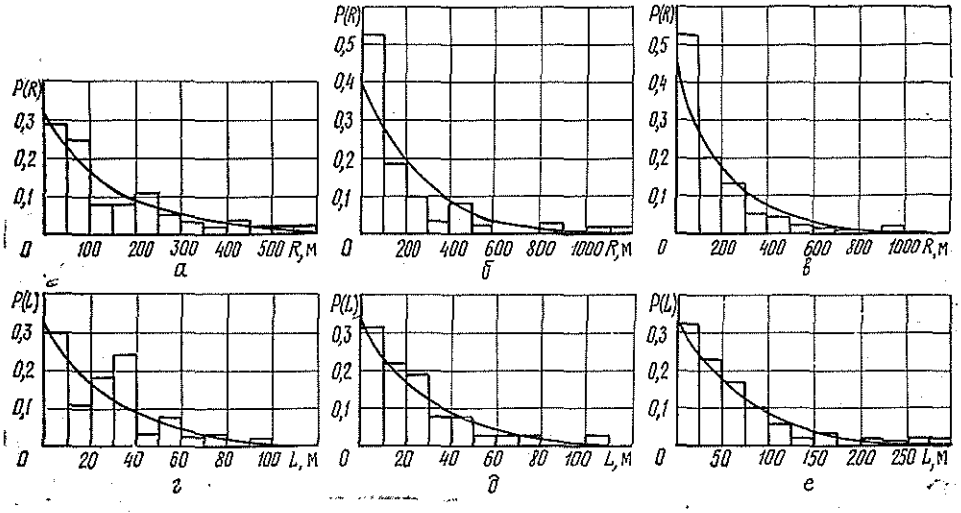


Рис. 2. Распределение радиусов (*а, б, в*) и расстояний между закруглениями (*г, д, е*) для трелевочных волоков (*а, г*), лесовозных усов (*б, д*), веток и магистралей (*в, е*)

Длина кривой является вспомогательной величиной, пропорциональной радиусу. Зависимость между ними имеет вид:

для трелевочных волоков

$$K = 17{,}1 + 0{,}259R - 0{,}543 \cdot 10^{-3} R^2 + 0{,}3559 \cdot 10^{-6} R^3;$$

для лесовозных магистралей

$$K = 32{,}3 + 0{,}151R - 1{,}507 \cdot 10^{-5} R^2 - 0{,}6011 \cdot 10^{-7} R^3.$$

Усредненные параметры микропрофиля и плана исследованных лесных дорог помещены в таблице.

Параметры дорог	Волоки и усы	Ветки и магистрали	Параметры дорог	Волоки и усы	Ветки и магистрали
Микропрофиль:			План:		
уклон, ‰			радиус кривой, м		
a_i	—66	—20	a_R	74	193
σ_i	106	57	σ_R	51	174
длина уклона, м			расстояние между кривыми, м		
a_l	61	129	a_L	39	73
σ_l	37	106	σ_L	23	69

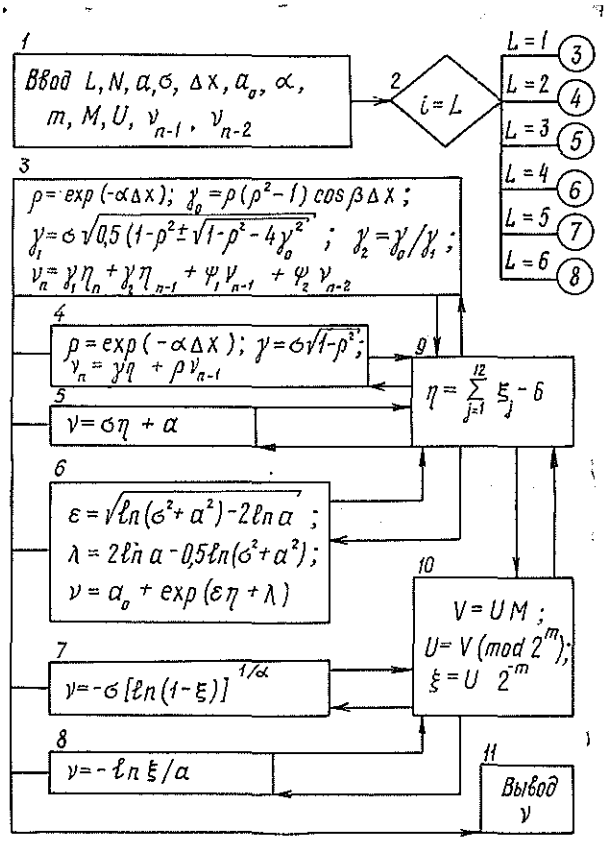


Рис. 3. Алгоритм расчета реализаций случайных функций профиля и плана по корреляционным функциям ($L = 1$; 2) и нормальному ($L = 3$), логнормальному ($L = 4$), Вейбулла ($L = 5$) и показательному ($L = 6$) законам распределения

Воспроизведение случайных процессов в соответствии с заданными законами распределения обычно производится методом статистических испытаний [4]. Реализации профиля по заданным корреляционным функциям удобно формировать с помощью алгоритмов дискретного моделирования [6].

Для моделирования реализаций случайных функций профиля и плана лесных дорог нами составлены алгоритм (рис. 3) и программа на языке Фортран. Программа предусматривает вычисление случайных значений профиля по корреляционным функциям [3, 5], а также получение случайных чисел, распределенных по нормальному, логнормальному (уклоны), Вейбулла (длины уклонов) и показательному (радиусы кривых, расстояния между закруглениями) законам. При этом входящие в расчетные выражения нормально распределенные числа η определяются по одному из приближенных функциональных соотношений, а случайные числа ξ с равномерным распределением в интервале (0; 1) — при помощи метода вычетов, легко реализуемого на ЭВМ [1]. На рис. 3 обозначения a_0, α, m и M соответствуют специально подобранным целым постоянным, начальные значения ν_{n-1} и ν_{n-2} принимаются равными нулю, а число $U = 1$.

Вероятностные реализации случайных функций профиля и плана предназначены для использования в качестве входных воздействий при имитации на ЭВМ движения транспортного средства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Айвазян С. А., Енюков И. Е., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных.— М.: Финансы и статистика, 1983.— 471 с. [2]. Безбородова Г. Б., Галушко В. Г. Моделирование движения автомобиля.— Киев. Вища шк., 1978.— 168 с. [3]. Библюк Н. И., Литвинчук Е. Н. Статистическая оценка параметров микропрофиля трелевочных волоков // Лесное хозяйство, лесная, бумажная и деревообрабатывающая промышленность: Сб. науч. тр.— Киев: Будивельник, 1990.— С. 50—53. [4]. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте.— Киев: Вища шк., 1976.— 232 с. [5]. Костогрыз С. Г., Ковтун И. П. Статистические характеристики продольных профилей лесовозных автомобильных дорог // Лесн. журн.— 1974.— № 4.— С. 58—63.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Фурунжиев Р. И. Автоматизированное проектирование колебательных систем.— Минск: Вышейш. шк., 1977.— 452 с.

Поступила 2 декабря 1991 г.

УДК 630*305

К ОБОСНОВАНИЮ ОЧЕРЕДНОСТИ ОСВОЕНИЯ ЛЕСОСЕК

С. М. ГОРДЕЕВ, Г. А. ИВАНОВ

Марийский политехнический институт

Объемы рубок леса для каждого лесозаготовительного предприятия (ЛЗП), имеющего закрепленную лесосырьевую базу и лесосечный фонд долговременного пользования, определяются планом рубок, который разрабатывают на основе материалов лесоустройства. Планы рубок составляют как документы краткосрочного проектирования с периодичностью 5—10 лет, учитывая принадлежность участков лесосырьевой базы к соответствующим группам и типам лесов.

При разработке плана рубок преследуется цель — определение рационального размещения будущих лесосек на территории лесосырьевой базы по времени, сезонам и способам освоения, размерам и срокам примыкания лесосек.

Ее достижение связано с рядом трудностей. Ввиду того, что сейчас лесозаготовительная отрасль не располагает научно обоснованной ме-

тодикой планирования, эффективность принимаемых планов рубок в основном зависит от опыта и интуиции проектировщиков и работников леспромхозов.

Поэтому разработка методов для выбора оптимального варианта плана рубок и установления очередности освоения лесосек с учетом срока примыкания, минимальной протяженности лесовозных дорог и использования лесотранспортных средств является весьма актуальной.

В порядке постановки данная проблема обсуждалась в работах [1, 5], но в них не рассматривались математические аспекты решения этой задачи, очевидно, из-за трудоемкости вычислений. Оснащение лесных предприятий современными персональными ЭВМ позволяет по-новому взглянуть на эту проблему. При наличии соответствующего методического и программного обеспечения составление перспективных планов рубок леса в условиях ЛЗП значительно упрощается, а многовариантное машинное решение гарантирует оптимальность и точность конечного результата.

На последовательность освоения лесосек оказывают влияние их взаимное расположение и срок примыкания каждой лесосеки $t_п$. На рис. 1, *а, б* показан порядок освоения шести ($N = 6$) лесосек с различным расположением относительно друг друга и приведены варианты очередности их освоения в виде графов перехода. Для простоты рассуждений считаем, что каждый год вырубается одна лесосека и на лесосеках имеются равные запасы леса.

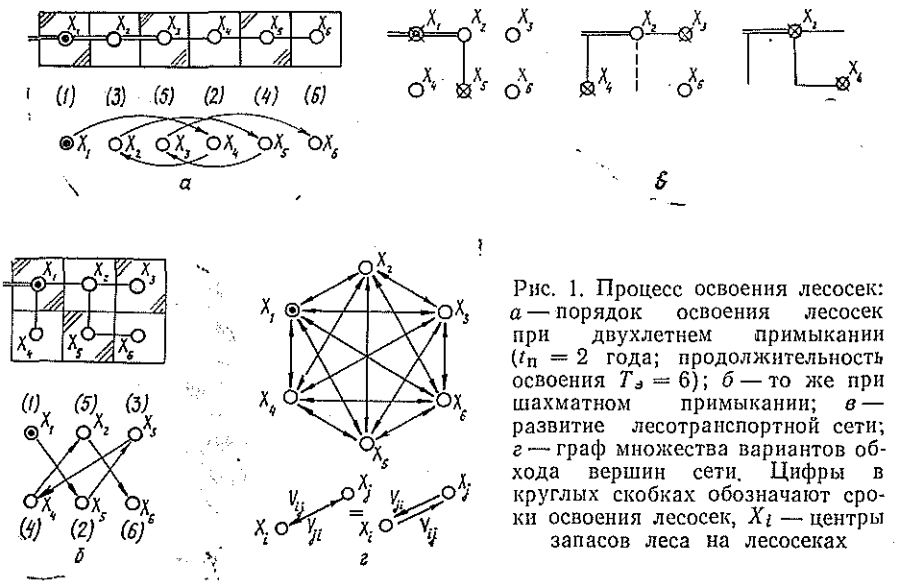


Рис. 1. Процесс освоения лесосек: *а* — порядок освоения лесосек при двухлетнем примыкании ($t_п = 2$ года; продолжительность освоения $T_э = 6$); *б* — то же при шахматном примыкании; *в* — развитие лесотранспортной сети; *г* — граф множества вариантов обхода вершин сети. Цифры в круглых скобках обозначают сроки освоения лесосек, X_i — центры запасов леса на лесосеках

Проиллюстрируем процесс развития лесотранспортной сети, связывающей лесосеки с запасами леса q_i, во времени (рис. 1, *в*). Рассмотрим вариант транспортного освоения (см. рис. 1, *б*) и примем следующие допущения: путь низшей категории со сроком службы $T_у = 1$ год при наращивании грузооборота более $3q_i$ трансформируются в путь высшей категории; продолжительность освоения лесосек $T_э = 3$ года; интенсивность освоения $N_t = 2$ лесосеки в год, $t_п = 1$. На рис. 1, *в* наглядно видно, что на третьем году работы для освоения лесосеки X_5 выполняется повторное строительство пути на участке $X_5 — X_6$.

С методологической точки зрения проблема определения очередности освоения лесосек может быть сведена к новой модификации из-

вестной задачи о коммивояжере [4] с характерными ограничениями и нулевыми переменными. Рассмотрим замкнутый симметричный граф с вершинами $X_1, X_2, \ldots, X_N$, представляющий множество вариантов обхода вершин по одному разу, и попытаемся найти гамильтонов контур из условия минимума суммарного веса образующих его дуг при исходной вершине $X_N(X_1)$ (рис. 1, *г*). Пусть x_{ij} — двоичная переменная, C_{ij} — суммарные затраты. При этом выполняются следующие условия: $x_{ij} = 1$ $(i, j = 1, 2, \ldots, N)$, если контур содержит дугу $V_{ij}(X_i, X_j)$ и $x_{ij} = 0$ $(i, j = 1, 2, \ldots, N)$ — в противном случае.

Дуги графа на рис. 1, *г*, исходящие из пункта примыкания X_1, отображают процесс прокладки транспортных путей до промежуточных вершин $X_2 - X_6$ и перемещение до них лесотранспортных средств в холостом режиме. Дуги, соединяющие промежуточные вершины, означают процесс перехода между ними через исходный пункт X_1. Например, дуга $V_{24}(X_2, X_4)$ включает перевозку запаса леса q_2 из вершины X_2 в пункт примыкания X_1, затем строительство путей и холостое перемещение лесотранспортных средств до вершины X_4. Дуги, заканчивающие цикл в исходной вершине X_1, отображают процесс вывозки леса из промежуточных вершин в пункт примыкания.

Представим задачу коммивояжера в математической форме:

$$\min F = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} C_{ij} x_{ij}. \tag{1}$$

При «выезде» из вершины

$$\sum_{i=1}^{N} x_{ij} = 1 \; (j = 1, 2, \ldots, N); \tag{2}$$

при «приезде»

$$\sum_{j=1}^{N} x_{ij} = 0 \; (i = 1, 2, \ldots, N). \tag{3}$$

$C_{ij} = \infty$, если нет связи между i и j.

Величина C_{ij} опреляется как сумма трех видов затрат:

$$C_{ij} = C^1_{ij} + C^2_{ij} + C^3_{ij},$$

где C^1_{ij} — затраты на заготовку q_i запаса леса в i-й лесосеке,

$$C^1_{ij} = \sum_{i \in N} A_i q_i \sum_{t=1}^{T_э} x_{it};$$

C^2_{ij} — затраты на перебазирование машин и оборудования из i-й лесосеки до следующих лесосек,

$$C^2_{ij} = \sum_{i \in N}^{T_э} C_i q_i x_{it};$$

C^3_{ij} — затраты на ремонт и содержание в исправном состоянии транспортных путей на участке от i-й точки до точки X_N,

$$C^3_{ij} = \sum_{i \in N} S_i q_i \left[N - 1 + \sum_{k=1}^{T_э} (z_{ik} - v_{ik}) \right];$$

$$z_{ik} = \prod_{t=1}^{T_э} (1 - x_{it}); \quad v_{ik} = \prod_{t=1}^{T_э} \left(1 - x_{i(N+1-t)}\right).$$

Решение уравнений (1) — (3) должно выполняться при следующих ограничениях:

$$1-\sum_{t=1}^{T_э} x_{it} \leqslant z_{ik} \leqslant 1-\sum_{t=1}^{T_э} x_{it}/T_э; \tag{4}$$

$$1-\sum_{t=1}^{T_э} x_{i(N+1-t)} \leqslant v_{ik} \leqslant 1-\sum_{t=1}^{T_э} x_{i(N+1-t)}/T_э; \tag{5}$$

$$\sum_{j \in u_i} x_{jt}/|u_i| \leqslant x_{it} \leqslant \sum_{j \in u_i} x_{jt} \text{ при } \forall t,\ \forall i \in D; \tag{6}$$

$$\sum_{t=1}^{T_э} x_{it} \leqslant 1 \text{ при } \forall i \in N; \tag{7}$$

$$\sum_{t=T_э}^{T_э-t_{ij}-1} (x_{it}-x_{jt}) \text{ при } \forall T_э = 1,\ N \text{ и } \forall (i,\ j) \in B; \tag{8}$$

$$q_t \leqslant \sum_{i \in N} q_{it} x_{it} \leqslant Q_t. \tag{9}$$

В выражениях (1) — (9) приняты обозначения: A_i — затраты на заготовку 1 м³ леса на i-й лесосеке; C_i — удельные затраты (на 1 м³) на перебазирование машин и оборудования; S_i — удельные усредненные затраты на ремонт и содержание дорог, связывающих вершину X_N с i-й лесосекой; u_i — множество вершин, связанных транспортными путями с i-й вершиной; D — множество вершин i, для которых $u_i \neq 0$; B — множество пар $(i,\ j)$, которые являются соседними, $i,\ j \in N$; t_{ij} — срок примыкания для соседних лесосек $(i,\ j) \in B$; q_t, Q_t — минимальный и максимальный объемы заготовки леса в t-м году, q_i — запас леса на i-й лесосеке, предполагаем $N \cap D = 0$; x_{it} — булевая переменная (если в t-м году производится заготовка леса на i-й лесосеке, то $x_{it} = 1$, а в остальных случаях $x_{it} = 0$; $\forall$ — квантор общности («для всех»); Π — произведение; $\cap$ — пересечение.

Условие $C_{ij} = \infty$ исключает возможность появления в оптимальном решении переменной $x_{ii} = 1$, не имеющей смысла. Выражение (2) предусматривает, что гамильтонов цикл включает только один «выезд»

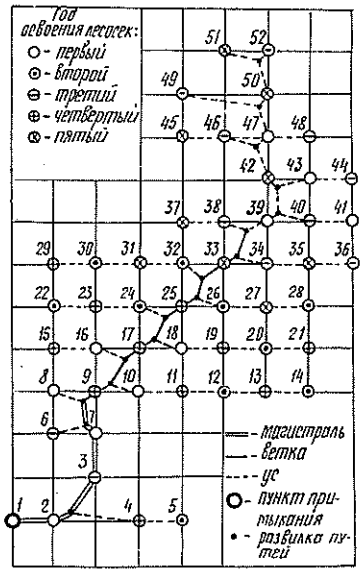


Рис. 2. Динамика освоения лесосек (*1 — 52* — порядковые номера лесосек)

из каждой вершины, соответственно (3) требует одного «приезда» в любую вершину.

В выражениях (4) и (5) накладываются ограничения соответственно переменным z_{ik} и v_k [3], а (6) служит для контроля за сроками примыкания лесосек. Уравнение (7) подчеркивает, что каждая лесосека за весь срок освоения лесосырьевой базы может быть вырублена только один раз, а (8) — что из каждой пары лесосек (i, j) в течение срока их примыкания может быть вырублена только одна лесосека, (9) ограничивает годовые объемы заготовки леса.

Для вычисления реальных задач обоснования очередности освоения лесосек и разработки плана рубок на перспективу нами составлены алгоритм и программы на языке Фортран, реализуемые на ЭВМ ЕС-1033 и ПЭВМ типа IBM PC AT/XT и входящие в программный комплекс для оптимизации лесосечно-транспортного процесса [2]. Это позволило решить несколько задач по поиску лучших вариантов размещения и освоения лесосек в природно-производственных условиях ЛХТПО «Марилес». На рис. 2 показан оптимальный вариант освоения лесосек, расположенных на территории лесосырьевой базы Волжского ЛК. Решение получено при следующих исходных условиях: $N = 52$ шт.; $T_э = 5$ лет; $t_п = 2$ года; $N_t = 10—11$ лесосек в год; допускается шахматное примыкание лесосек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Виногоров Г. К. Лесосечные работы.— М.: Лесн. пром-сть, 1972.— 238 с. [2]. Гордеев С. М., Иванов Г. А., Третьяков В. В. Система автоматизированного проектирования процесса лесосечно-транспортного освоения лесосырьевой базы.— Йошкар-Ола: МарПИ, 1989.— 4 с. [3]. Исследование операций. Методологические основы и математические методы.— М.: Мир, 1984.— С. 712. [4]. Кофман А., Анри-Лабордер А. Методы и модели исследования операций.— М.: Мир, 1974.— 431 с. [5]. Нестеров В. Г. Общее лесоводство.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1954.— 655 с.

Поступила 12 мая 1991 г.

УДК 621.43

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А. Т. ГЕРАСИМОВ

Инженерно-строительный институт (г. Санкт-Петербург)

В настоящее время в лесной промышленности все больше используется автотранспорт с дизельными силовыми установками. Древесина перевозится автопоездами с лесоперевалочных баз непосредственно потребителю, который находится в городской черте. В странах с высокоразвитой промышленностью и высоким уровнем автомобилизации проблема защиты атмосферного воздуха от токсичных выбросов выросла до уровня неотложных социальных проблем. Автомобильный транспорт, наряду с промышленностью, является главным виновником значительного загрязнения атмосферы. В США доля токсичных веществ, выбрасываемых в атмосферу автомобилями, составляет 60 %, в странах Европы 30 . . . 40 % [13].

При неудержимом росте автомобильного транспорта выхлопные газы становятся основными загрязнителями атмосферы городов, где сосредоточена бóльшая часть автомобилей. Опасность воздействия выхлопных газов увеличивается вследствие того, что вредные их компоненты выбрасываются непосредственно в атмосферу, окружающую лю-

дей на заселенных территориях, где естественный обмен воздуха ограничен. Насчитывается свыше 1000 наименований компонентов выхлопных газов [3].

В группу токсичных веществ входят окись углерода CO, многочисленная группа углеводородов, альдегиды, окислы азота, сажа. Особую группу составляют канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в том числе активный бенз[а]пирен (БП), являющийся своего рода индикатором присутствия в смеси других канцерогенов. В образцах воздуха, отобранных в 14 районах США, было обнаружено свыше трех десятков ПАУ [11].

Наибольшую опасность для человека представляют углеводородные соединения канцерогенной группы. Попадая в дыхательные пути человека, ПАУ постепенно накапливается до критических концентраций и стимулируют образование злокачественных опухолей. Обычно сравнивают доли токсичности выхлопных газов автомобилей с дизельными двигателями, вносимые окислами азота, сажей, окисью углерода, углеводородами, иногда бенз[а]пиреном. Однако необходимо учитывать, что БП составляет в среднем 10,1 % от суммы канцерогенных ПАУ, содержащихся в продуктах сгорания [12], и что мутагенная активность многих ПАУ более высока по сравнению с БП [16]. Между выходом БП и ПАУ с продуктами сгорания существует пропорциональная зависимость, при этом канцерогенная опасность с учетом всех ПАУ возрастает по сравнению с БП в 5—20 раз.

В некоторых средах, включая воздух, воду, а также ряд продуктов питания, обнаружены нитрозосоединения [5—8]. Доказано, что они, как и ПАУ, обладают канцерогенной активностью [2, 6—8]. Наиболее распространены такие нитрозосоединения, как нитроздиметиламин (НДМА) и нитроздиэтиламин (НДЭА). Есть мнение, что их предшественниками являются нитраты, нитриты и оксиды азота [6, 7, 10].

Имеющиеся в литературе данные экспериментальных исследований состава выхлопных газов автомобилей дают полную картину изменений концентраций основных токсичных веществ окиси углерода, окислов азота, углеводородов, сажи, образующихся при разных режимах работы двигателей. Аналогичных данных о выходе токсичных веществ канцерогенной группы практически нет. Не исследовано также образование нитрозосоединений. Видимо, это во многом объясняется, с одной стороны, сложностью отбора и подготовки к анализу проб, с другой — ограниченным числом организаций (в Таллинне, Санкт-Петербурге, Алма-Ате, Москве, Киеве), в которых имеются высокочувствительные приборы для анализа проб на содержание канцерогенных веществ, а также отработанные методики их анализа.

Экспериментальные исследования четырехтактных безнаддувных дизельных двигателей Ярославского моторного завода с объемным смесеобразованием и неразделенной камерой сгорания, размерности $S/D = 14/13$, с номинальной частотой вращения коленчатого вала 2100 об/мин показывают, что на всех режимах работы двигателя в выхлопных газах присутствуют канцерогенные компоненты БП, НДМА, НДЭА. На рис. 1, *а, б* приведены кривые зависимости выброса дизельным двигателем ЯМЗ-238 токсичных веществ от изменения нагрузки, на рис. 2 — от частоты вращения коленчатого вала.

Работа дизельного двигателя во всем диапазоне нагрузок характеризуется относительно небольшими выбросами окиси углерода и углеводородов и значительными выбросами окислов азота и сажи по сравнению с карбюраторными двигателями.

С увеличением нагрузки на двигатель в цилиндр поступает большое количество топлива, что способствует неравномерности макрораспределения его по объему камеры сгорания. Степень концентрации са-

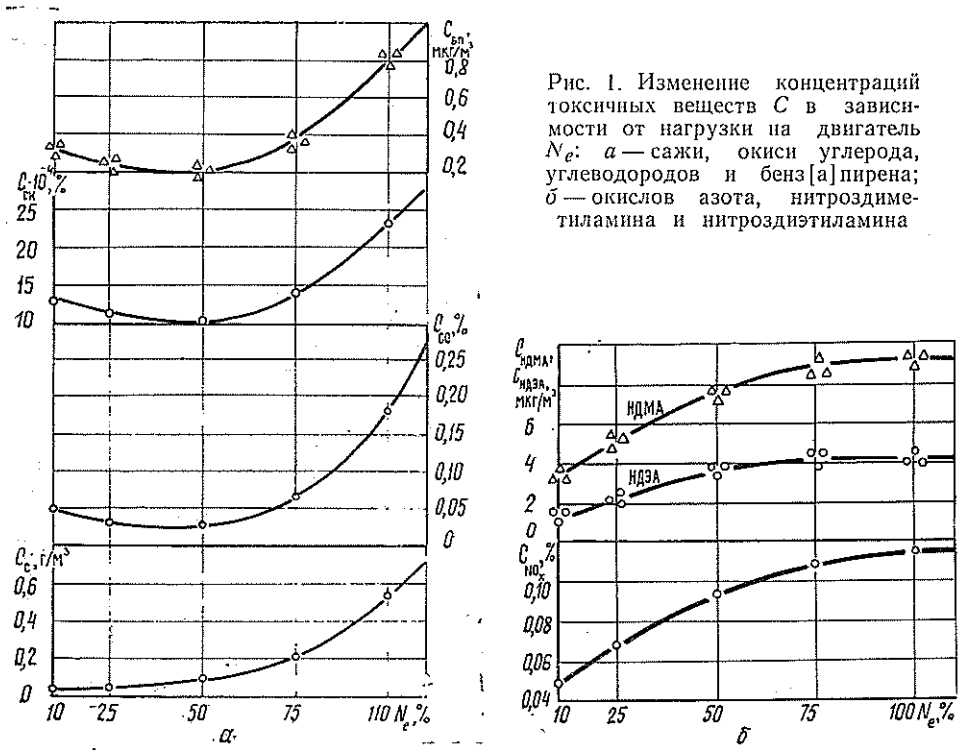


Рис. 1. Изменение концентраций токсичных веществ C в зависимости от нагрузки на двигатель N_e: *а* — сажи, окиси углерода, углеводородов и бенз[а]пирена; *б* — окислов азота, нитроздиметиламина и нитроздиэтиламина

жи C_c повышается от минимального значения при малых нагрузках до максимального при наибольших (см. рис. 1, *а*). Несмотря на достаточное число работ по исследованию образования сажи, нет единой теории и общепринятых представлений о химическом механизме и физико-химической природе этого процесса. Однако установлено, что в его основе лежит термическое разложение углеводородов в газовой фазе. Источником образования сажи в цилиндре двигателя, по принятому в настоящее время мнению, является крекирование молекул топлива, которое происходит одновременно с его окислением. В работе [14] утверждается, что коэффициент избытка воздуха является основным параметром, влияющим на образование сажи, так как он контролирует баланс между реакциями окисления и крекинга. В диффузионном пламени, доминирующем в дизельном двигателе, крекинг топлива в обогащенных зонах пламени сильнее влияет на образование сажи. Температура и давление определяют скорость реакции крекинга и тем самым — содержание сажи.

Одновременно с образованием сажи происходит ее выгорание. На интенсивность этого процесса наибольшее влияние оказывает температура газовой среды. С повышением температуры газов происходит, с одной стороны, более сильное выгорание сажи, с другой — интенсивный крекинг топлива и, следовательно, образуется больше сажи.

С незначительным увеличением нагрузки на двигатель концентрация окиси углерода C_{CO} несколько снижается (см. рис. 1, *а*). Это объясняется уменьшением количества альдегидов, являющихся исходными компонентами реакций образования CO в стадии распространения голубого пламени. Альдегиды образуются на стадии воспламенения топлива при наличии большого количества кислорода, поэтому максимум их концентраций приходится на пуск двигателя и работу без нагрузки. На мощностных режимах альдегиды практически отсутствуют.

С увеличением нагрузки начинает действовать другой фактор — образование сажи в цилиндре двигателя, окисление которой до CO_2 идет через образование CO. Кроме того, увеличивается вероятность диссоциации двуокиси углерода [9]. Наибольший выброс CO происходит при максимальной нагрузке на двигатель.

Выброс углеводородов связан с неполнотой сгорания топлива. На холостом ходу и малых нагрузках при низкой температуре в цилиндре двигателя концентрация углеводородов C_{CH} несколько повышена. При увеличении нагрузки до 50 % концентрация несколько снижается. Это объясняется улучшением условий смесеобразования и возрастанием температуры в цилиндре двигателя. Наибольшее увеличение выброса углеводородов наблюдается при низких коэффициентах избытка воздуха, т. е. в случае локального недостатка кислорода в зоне горения. Если нагрузка превышает 75 %, концентрация углеводородов C_{CH} резко возрастает и достигает наибольшего значения при максимальной нагрузке на двигатель (см. рис. 1, *а*).

В целом по направлению увеличения или уменьшения концентрации бенз[а]пирена $C_{бп}$ в выхлопных газах (см. рис. 1, *а*) можно сделать вывод, что выход БП качественно отражает процесс горения топливо-воздушной смеси в цилиндре двигателя. При улучшении условий смесеобразования и более полном сгорании топлива концентрации БП минимальны. Наибольших значений они достигают при максимальных нагрузках на двигатель, когда значительно ухудшаются условия смесеобразования, а максимальная цикловая подача топлива способствует неравномерному макрораспределению его по объему камеры сгорания. Этот вывод подтверждается изменением концентрации углеводородов, окиси углерода и сажи.

Концентрация окислов азота в выхлопных газах повышается с увеличением нагрузки на двигатель (см. рис. 1, *б*). Монотонность кривой C_{NO_x} с асимптотическим приближением к максимальному значению объясняется повышением температуры в цилиндре двигателя, а также влиянием диссоциации NO и уменьшением концентрации кислорода в продуктах сгорания [9].

Акад. Я. Б. Зельдовичем доказана термическая природа реакции образования окиси азота [4]. Оно зависит от количества кислорода и азота в исходных продуктах и теплоты сгорания, скорость реакции определяется температурным фактором.

Образование ПАУ, обладающих канцерогенной активностью, объясняется, во-первых, сгоранием топлива в локальных зонах камеры сгорания, состав смеси в которых отличен от стехиометрического, во-вторых — наличием температурных зон в камере сгорания, способствующих их образованию [1, 15, 17].

В целом направление увеличения или уменьшения концентраций нитрозосоединений $C_{ндма}$ и $C_{ндэа}$ (рис. 1, *б*) качественно совпадает с выходом окислов азота в выхлопных газах двигателя. Концентрации НДМА и НДЭА повышаются с ростом нагрузки на двигатель (НДЭА в меньшей степени, чем НДМА). Механизм образования нитрозосоединений еще недостаточно изучен, но можно предполагать, что в цилиндре двигателя окислы азота при определенных условиях соединяются с аминной группой, которая образуется при цепном распаде углеводородного топлива.

Из рис. 2 видно, что увеличение частоты вращения коленчатого вала, с одной стороны, приводит к интенсификации смесеобразования, а следовательно, и к сокращению числа зон с дефицитом кислорода, с другой — к уменьшению времени горения. В связи с этим частота вращения оказывает неоднозначное влияние на концентрацию ток-

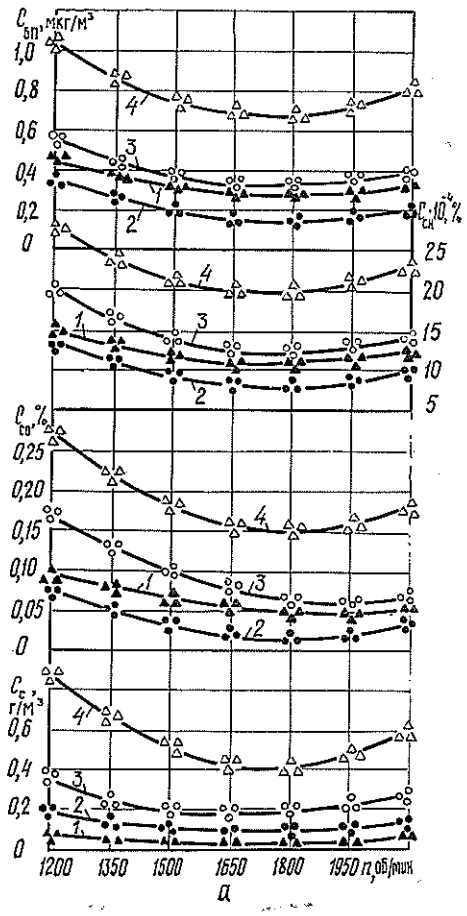


Рис. 2. Изменение концентраций токсичных веществ C в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя n (сажа, окись углерода, углеводороды и бенз[а]пирен); *1—4* — нагрузка соответственно 10, 50, 75 и 100 %

сичных компонентов в выхлопных газах двигателя. Концентрация сажи максимальна на малых оборотах коленчатого вала и при нагрузке 100 % (кривая *4* C_c на рис. 2). С увеличением числа оборотов происходит интенсификация смесеобразования и концентрация сажи уменьшается. При частоте вращения более 1700 об/мин концентрация сажи увеличивается, так как уменьшается время процесса горения образовавшихся частиц твердого углерода. При снижении нагрузки на двигатель влияние частоты вращения уменьшается (кривые *3* C_c, *2* C_c, *1* C_c на рис. 2). Такое же изменение концентрации характерно для окиси углерода, углеводородов и БП.

Концентрации окислов азота практически не изменились от частоты вращения коленчатого вала. Это можно объяснить тем, что некоторое уменьшение температуры в цилиндре двигателя при снижении частоты вращения компенсируется большим временем на процесс образования и некоторым увеличением коэффициента избытка воздуха. Концентрации нитрозосоединений также не зависят от числа оборотов вала.

Выводы

1. Уменьшение или увеличение концентрации БП качественно совпадает с улучшением или ухудшением условий смесеобразования и полнотой сгорания топлива в цилиндре двигателя. Следовательно, основным условием, обеспечивающим низкий уровень выброса канцеро-

генных ПАУ с выхлопными газами автомобилей, является полнота сгорания топлива.

2. На всех режимах работы дизельного двигателя присутствуют канцерогенные нитрозосоединения НДМА и НДЭА. В целом направление увеличения или уменьшения их концентраций качественно совпадает с выходом окислов азота в выхлопных газах автомобиля. Этим подтверждается мнение, что окислы азота являются предшественниками образования нитрозосоединений НДМА и НДЭА в дизельных двигателях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Влияние фаз процесса сгорания в дизеле на содержание канцегоренных компонентов в отработавших газах / А. П. Кратко, М. М. Вихерт, Ю. Г. Грудский и др. // Автомобильная пром-сть.— 1977.— № 6. [2]. Вредные вещества в промышленности. Органические вещества: Справочник / Под ред. И. В. Лазарева и Э. Н. Левиной.— Изд. 7-е, перераб. и доп.— Л.: Химия, 1976.— 623 с. [3]. Жуховицкий А. А., Туркельтауб Н. М. Газовая хроматография.— М.: Гостоптехиздат, 1962.— 440 с. [4]. Зельдович Я. Б., Садовников П. Я., Франк-Каменецкий Д. А. Окисление азота при горении.— М.; Л.: АН СССР, 1947.— 148 с. [5]. Канн Ю. М. Обнаружение и количественное определение летучих с водяным паром N-нитрозосоединений в пищевых продуктах.: Методич. рекомендации / Талл. ПИ.— Таллин, 1983.— 21 с. [6]. Канцерогенные N-нитрозосоединения — действие, синтез, определение // Материалы Симпозиума.— Таллин, 1975.— 122 с. [7]. Канцерогенные N-нитрозосоединения и их предшественники — образование и определение в окружающей среде // Материалы Симпозиума.— Таллин, 1981.— 88 с. [8]. Канцерогенные N-нитрозосоединения и их предшественники — образование и определение в окружающей среде // Тезисы Симпозиума.— Таллин, 1987.— С. 31—39. [9]. Малов Р. В. и др. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды.— М.: Транспорт, 1982.— 200 с. [10]. Сигал И. Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива.— Л.: Недра, 1977.— 224 с. [11]. Хмельницкий Р. А., Бродский Е. С. Масс-спектрометрия загрязнений окружающей среды.— М.: Химия, 1990.— 184 с. [12]. Цирульников Л. В., Соколова И. Я. Влияние методов снижения оксидов азота на концентрации ПАУ при сжигании газа и мазута в топках котлов // Оксиды азота в продуктах сгорания и их преобразование в атмосфере.— Киев: Наукова думка, 1987.— С. 60—64. [13]. Якубовский Ю. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды.— М.: Транспорт, 1979.— 198 с. [14]. Bryzik W., Smith C. O. Relationships between exhaust smoke emissions and operating varibles in diesel engines.— SAE Preprint, 1977.— N 770718. [15]. Huhn W. Russbildung bei der dieselmotorischen Verbrennung und Möglichkeiten ihrer Verminderung // MTZ.— 1970.— N 3. [16]. Pott F., Steinhoff D. Prüfung von PAH und PAH-haltigen Emissionen und Immissionen im Subkutantest // VDI—Ber.— 1980.— N 5.— P. 317—322. [17]. Zaghini N., Magnilini S., Arteconi M. Polinuclear aromatic hydrocarbons in vehicle exhaust gas.— SAE Preprint, 1973.— N 730836.

Поступила 11 марта 1992 г.

УДК 630*36

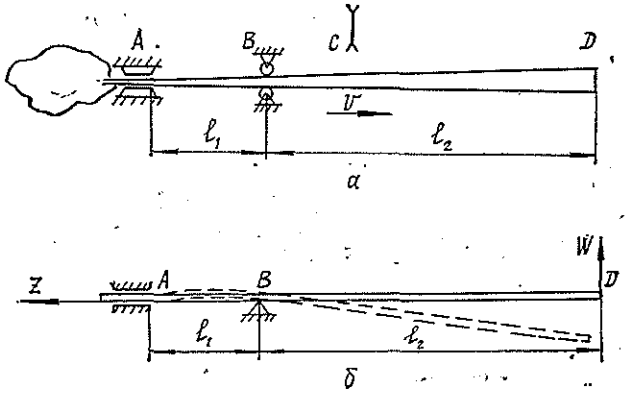
ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ДИНАМИЧНОСТИ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ХЛЫСТА В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ

В. С. ВИХРЕНКО, И. В. ТУРЛАЙ, Н. Г. ХОХРЯКОВ

Белорусский технологический институт

Сучкорезно-раскряжевочные машины (СРМ) позволяют полностью механизировать достаточно трудоемкие процессы очистки стволов деревьев от сучьев и раскряжевки хлыстов на сортименты. Одна из принципиальных схем СРМ показана на рисунке *а*.

С опорой *А* фактически представляющей собой скользящую заделку, совмещены сучкорезные ножи, а с опорой *В* — ведущий и прижимной вальцы подающего механизма. Дерево подается в СРМ комлем вперед и протягивается через сучкорезную головку вальцами подачи



со скоростью v. На небольшом расстоянии от вальцов механизма подачи расположен пильный аппарат C. Для расчета устройств A и B необходимо знать силовое воздействие на них со стороны обрабатываемого дерева. Обычно для выполнения технических расчетов используют статические значения реакций, умноженные на коэффициент динамичности.

Целью настоящей работы является оценка величины коэффициента динамичности.

Рассмотрим упрощенную расчетную схему хлыста как балки на двух опорах с консольным концом (рисунок *б*).

Начало координат выберем на свободном конце недеформированной балки в точке D, ось z направим влево вдоль оси балки. Рассмотрим вертикальные смещения $w(z, t)$ различных сечений балки в зависимости от времени t.

Поперечные колебания балки описываются дифференциальным уравнением в частных производных [1—3]:

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2}\left(EI\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right)+\rho F\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}=-\rho F g, \qquad (1)$$

где E — модуль упругости древесины;

$I=\pi d^4/64$ — момент инерции поперечного сечения бревна, которое принимаем в виде круга диаметром d;

ρ — объемная плотность древесины;

F — площадь сечения;

g — ускорение свободного падения.

В процесс работы СРМ правый конец ствола выдвигается со скоростью v, поэтому $l_2=vt$. После достижения требуемой длины L подача прекращается, бревно отпиливается пильным аппаратом. С учетом выдвижения правого конца ствола дифференциальное уравнение (1) должно быть дополнено условиями на границах, одна из которых (левая) смещается вдоль ствола. Решение таких задач связано со значительными трудностями.

Чтобы выработать подход к интегрированию дифференциального уравнения при подвижной границе, предварительно оценим период колебаний балки при фиксированных значениях l_1 и l_2. Поскольку $l_1\simeq 1$ м, а $l_2=6\ldots 10$ м ($l_2\gg l_1$), то вертикальные смещения балки на участке AB ничтожно малы по сравнению с участком BD. Силами инерции, действующими на участке AB, можно пренебречь. Это означает, что поведение ствола на участке AB можно рассматривать как квазистатическое и решать дифференциальное уравнение (1) только для участка BD. Учет участка AB в рассматриваемом приближении эквивалентен усилению шарнирной опоры B угловой упругой связью с коэффициентом

жесткости C_Θ или замене опоры B в расчетной схеме на упругую заделку. В первом приближении можно пренебречь сбегом ствола и моделировать его балкой с постоянным круговым сечением.

Для определения коэффициента жесткости C_Θ рассмотрим участок балки AB и, прилагая на его правом конце крутящий момент M_B, традиционными методами сопротивления материалов (например, методом начальных параметров) найдем связь между углом поворота Θ_B сечения B и приложенным моментом в виде линейной зависимости $M_B = C_\Theta \Theta_B$. Расчет приведет к следующей формуле:

$$C_\Theta = 4EI/l_1. \tag{2}$$

Уравнение частот консольной балки с упругой заделкой, согласно [1], запишем в виде

$$\frac{1}{\operatorname{ch} \alpha_i l_2} = -\cos \alpha_i l_2 + \lambda l_2 \alpha_i (\sin \alpha_i l_2 - \operatorname{th} \alpha_i l_2 \cos \alpha_i l_2), \tag{3}$$

где α_i — параметр, имеющий размерность обратной длины и связанный с i-й собственной частотой K_i колебаний балки зависимостью

$$\alpha_i^2 = K_i^2 \rho F/(EI); \tag{4}$$

$\lambda = l_1/(4 l_2)$ — безразмерный малый параметр ($\lambda \ll 1$).

При $\lambda = 0$ выражение (3) переходит в уравнение частот консольной балки с жесткой заделкой. Для поиска частот колебаний балки с упругой заделкой пользуемся разложением (3) в ряд около значений $y_i = \bar{\alpha}_i l_2$ ($\bar{\alpha}_i$ соответствует i-й собственной частоте балки с жесткой заделкой, $i = 1, 2, 3 \ldots$). Согласно уравнения частот y_i удовлетворяют соотношениям

$$\cos y_i = -\operatorname{ch}^{-1} y_i; \quad \sin y_i = (-1)^{i+1} \operatorname{th} y_i. \tag{5}$$

Полагая $\alpha_i l_2 = \tilde{y}_i = y_i + \Delta y_i$ и ограничиваясь линейными по Δy_i членами при разложении (3) в ряд, а также используя соотношения (5), получаем выражение для нахождения величин Δy_i, которые определяют изменение частот собственных колебаний балки, обусловленное упругостью заделки:

$$\Delta y_i \simeq -\frac{\lambda y_i \operatorname{th} y_i}{1 + \lambda \operatorname{th} y_i (1 + y_i \operatorname{th} y_i)}. \tag{6}$$

Учитывая, что $y_1 = 1{,}875$, $y_2 = 4{,}694$ [2], находим $\Delta y_1 = -0{,}068$, $\Delta y_2 = -0{,}158$ при $l_1 = 1$ м, $l_2 = 6$ м и $\Delta y_1 = -0{,}044$, $\Delta y_2 = -0{,}103$ при $l_2 = 10$ м. С увеличением индекса i разность частот растет и Δy уже нельзя рассматривать как малую величину. Однако в условиях нашей задачи важно оценить низшую частоту колебаний балки. В соответствии с (4)

$$K_i = \alpha_i^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho F}} = \left(\frac{y_i + \Delta y_i}{l_2}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho F}} = \left(\frac{y_i + \Delta y_i}{2 l_2}\right)^2 d \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \tag{7}$$

Принимая для свежесрубленной хвойной древесины $E = 1{,}2 \cdot 10^{10}$ Па и $\rho = 800$ кг/м^3, при $d = 0{,}3$ м для l_2, равного 6 и 10 м, имеем собственную частоту колебаний K_1 и период колебаний T, соответственно равные 26,4 рад/с, 0,24 с и 9,74 рад/с, 0,64 с.

Считая технически реальную скорость подачи хлыста вдоль оси $v = 4$ м/с, находим, что время его выдвижения в первом случае равно 1,5 с, а во втором — 2,5 с. Поэтому можно ввести малый параметр как отношение четверти периода колебаний хлыста и времени его выдвижения

$$\tau = \frac{Tv}{4l_2} = \frac{\pi v l_2}{2\tilde{y}_1^2}\sqrt{\frac{\rho F}{EI}}. \tag{8}$$

Для двух рассматриваемых случаев он составит соответственно 0,04 и 0,064.

С физической точки зрения наличие малого параметра τ означает, что в процессе выдвижения ствола силы тяжести успевают придать его оси форму, которая мало отличается от статически равновесной при любом значении длины консоли $l_2 = vt$. Это позволяет разработать процедуру решения неоднородного уравнения (1) с учетом движения левой границы.

Идея состоит в том, что в качестве основного приближения принимается статически равновесная форма оси балки с длиной, зависящей от времени. Последующие приближения строятся по аналогичной схеме для уравнений вида (1), у которых правая часть формируется в зависимости от младших приближений. Прежде чем перейти к конкретному построению решения, отметим, что малые изменения Δy_1, вычисленные согласно (6), указывают на высокую жесткость заделки. Поэтому можно пренебречь податливостью балки и рассматривать ее как жесткую. Принимаем следующие граничные условия:

$$\left(\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right)\Big|_{z=0} = 0; \quad \left(\frac{\partial^3 w}{\partial z^3}\right)\Big|_{z=0} = 0;$$
$$w\,|_{z=l_2} = 0; \quad \left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)\Big|_{z=l_2} = 0; \quad l_2 = vt. \tag{9}$$

Решение уравнения (1) при граничных (9) и начальных условиях

$$w(0,\ 0) = 0; \quad \dot{w}(0,\ 0) = 0 \tag{10}$$

запишем в виде

$$w(z,\ t) = u(z,\ l_2) + w_1(z,\ t). \tag{11}$$

Здесь $u(z,\ l_2)$ — уравнение упругой оси консольной балки длиной l_2.

Согласно [3], имеем

$$u(z,\ l_2) = -\frac{\rho F g l_2^4}{24EI}\left[3 - 4\frac{z}{l_2} + \left(\frac{z}{l_2}\right)^4\right];$$
$$z \leqslant l_2 = vt. \tag{12}$$

Здесь $w_1(z,\ t)$ — поправка квазистатического решения (12).

Приведем (1) к безразмерному виду, разделив его на правую часть:

$$\frac{EI}{\rho F g}\frac{\partial^4 w}{\partial z^4} + \frac{1}{g}\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -1. \tag{13}$$

Если в (13) опустить вторую производную по времени, то оно будет определять уравнение упругой оси (12). Поэтому после подстановки (12) в (13) получим

$$\frac{EI}{\rho F g}\frac{\partial^4 w_1}{\partial z^4} + \frac{1}{g}\frac{\partial^2 w_1}{\partial t^2} = -\frac{v^2}{g}\frac{\partial^2 u}{\partial l_2^2}. \tag{14}$$

Вычисляя производную от u и подставляя в (14), выводим дифференциальное уравнение для поправки первого порядка:

$$\frac{EI}{\rho F g}\frac{\partial^4 w_1}{\partial z^4} + \frac{1}{g}\frac{\partial^2 w_1}{\partial z^2} = \frac{3\rho F l_2^2 v^2}{2EI}\left(1 - \frac{2}{3}\frac{z}{l_2}\right). \tag{15}$$

Поскольку u удовлетворяет сформулированным для w граничным условиям, то и w_1 должно удовлетворять тем же условиям. Входящий в правую часть уравнения (15) безразмерный параметр

$$\beta = \frac{3\rho F l_2^2 v^2}{2EI} = 24\frac{\rho l_2^2 v^2}{Ed^2} = \frac{6\tilde{y}_1^4}{\pi^2}\tau^2 \tag{16}$$

несомненно является малым, пропорциональным квадрату τ. Так, $\beta = 0{,}01$ при $l_2 = 6$ м и $\beta = 0{,}028$ при $l_2 = 10$ м. Поскольку правая часть (15) мала по сравнению с (13), ясно, что и $w_1 \ll u$ — и отношение $w_1/u \sim \tau^2$.

Правую часть (15) можно рассматривать как трапецеидальную распределенную нагрузку с предельными интенсивностями

$$q_1 = -\frac{1}{3}\rho F g\beta; \quad q_2 = -\rho F g\beta. \tag{17}$$

Поэтому поправка $w_1(z, t)$, в свою очередь, может быть представлена суммой квазистатического решения $u_1(z, l_2)$ и поправки второго порядка $w_2(z, t)$:

$$w_1(z, t) = u_1(z, l_2) + w_2(z, t);$$
$$z \leqslant l_2 = vt. \tag{18}$$

В этом случае, согласно [3], следует принять

$$u_1(z, l_2) = -\frac{l_2^4}{120EI}\left[11q_1 + 4q_2 - 5(3q_1 + q_2)\frac{z}{l_2} + \right.$$
$$\left. + 5q_1\frac{z^4}{l_2^4} + (q_2 - q_1)\frac{z^5}{l^5}\right]. \tag{19}$$

После использования (17) находим

$$u_1(z, l_2) = \frac{\beta\rho g F l_2^4}{360EI}\left(23 - 30\frac{z}{l_2} + 5\frac{t^4}{l_2^4} + \frac{z^5}{l_2^5}\right), \tag{20}$$

а для $w_2(z, t)$ получаем дифференциальное уравнение

$$\frac{EI}{\rho F g}\frac{\partial^4 w_2}{\partial z^4} + \frac{1}{g}\frac{\partial^2 w_2}{\partial t^2} = -\frac{23}{45}\beta^2\left(1 - \frac{15}{23}\frac{z}{l_2} + \frac{1}{69}\frac{z^5}{l_2^5}\right). \tag{21}$$

Очевидно, что w_2 удовлетворяет тем же начальным условиям что w и w_1. Его решение может быть построено по аналогии с (18):

$$w_2(z, t) = u_2(z, l_2) + w_3(z, t), \tag{22}$$

причем u_2 определяется видом правой части (21), в которую входит квадрат малого параметра β. Вследствие этого

$$w(z, t) = u(z, l_2) + u_1(z, l_2) + u_2(z, l_2) + \ldots;$$
$$l_2 = vt \tag{23}$$

является фактически разложением по степеням малого параметра β. Поскольку $\beta \sim \tau^2$, то разложение (23) будет быстро сходиться при $\tau \sim 0{,}5$. При $\beta \leqslant 0{,}1$ можно ограничиться первым приближением:

$$w(z, t) = u(z, vt) + u_1(z, vt). \tag{24}$$

Слагаемые $u(z, vt)$ и $u_1(z, vt)$ имеют противоположные знаки. Это означает, что ось балки в процессе выдвижения, естественно, не успевает занять положение, соответствующее ее статическому состоянию.

Решение (24) справедливо на промежутке времени, в течение которого происходит выдвижение балки. После прекращения движения балки вдоль своей оси возникают колебания относительно состояния

статического равновесия. Начальное отклонение от этого состояния определяется функцией $u_1(z, l_2 = L)$, а начальная скорость

$$\dot{w}(z, 0) = \frac{\partial}{\partial t}[u(z, vt) + u_1(z, vt)]\Big|_{vt=L} \simeq -\frac{\rho F g L^3 v}{6EI}\left[1 - \left(\frac{z}{L}\right)^3\right]. \quad (25)$$

Производная от $u_1(z, vt)$ опущена ввиду ее малости. При необходимости построения более точных решений начальное состояние будет определяться суммой $u_j(z, L)$ и ее производной по времени с учетом членов до требуемого порядка по параметру β.

Решение уравнения (1) при граничных (9) и начальных (20), (25) условиях в соответствии с теорией линейных неоднородных дифференциальных уравнений будем искать в форме

$$w(z, t) = u(z, L) + \overline{w}(z, t), \quad (26)$$

где $\overline{w}(z, t)$ — решение уравнения (1) при нулевой правой части;
$u(z, L)$ — частное решение неоднородного уравнения.

Согласно [2], запишем

$$\overline{w}(z, t) = \sum_{i=1}^{\infty} C_i w_i(z) \sin(K_i t + \delta_i), \quad (27)$$

где $w_i(z) = K_2(\alpha_i L) K_3(\alpha_i z) - K_1(\alpha_i L) K_4(\alpha_i z)$;
K_j — функция Крылова ($j = 1, 2, 3, 4$);
$\alpha_1 = 1,875 L$; $\alpha_2 = 4,694 L$; $\alpha_i \simeq \frac{2i-1}{2}\pi L$ при $i \geqslant 3$;
$K_i = \alpha_i^2 \sqrt{EI/(\rho F)}$.

Решения (26), (27) удовлетворяют уравнению (1) и граничным условиям, а произвольные постоянные C_i и δ_i могут быть найдены по начальным условиям. Пользуясь взаимной ортогональностью собственных форм $w_i(z)$, получаем

$$C_i \sin\delta_i = \frac{1}{Q_i}\int_0^L [u_1(z, L) - u(z, L)]\, w_i(z)\, dz;$$

$$C_i \cos\delta_i = \frac{1}{Q_i}\int_0^L \dot{w}(z, 0)\, w_i(z)\, dz; \quad (28)$$

$$Q_i \int_0^L w_i^2(z)\, dz.$$

Интегрирование (28) может быть выполнено явно, но это связано с громоздкими вычислениями. Поэтому произведем приближенную оценку. Для этого определим кинетическую и потенциальную энергии балки в начальный момент:

$$T_0 = \int_0^L \frac{1}{2}\rho F \dot{w}^2(z, 0)\, dz = \frac{\rho^3 F^3 g^2 L^7 v^2}{112(EI)^2} = \frac{1}{168}\beta\frac{(\rho F g)^2 L^5}{EI}; \quad (29)$$

$$\Pi_0 = \int_0^L \rho g F[u(z, L) + u_1(z, L)]\, dz + \int_0^L \frac{EI}{2}\left[\frac{\partial^2}{\partial z^2}(u(z, L) + u_1(z, L))\right]^2 dz = \int_0^L \left[\rho g F u(z, L) + \frac{1}{2}EI\left(\frac{\partial^2 u(z, L)}{\partial z^2}\right)^2\right] dz + \frac{1}{240}\beta\frac{(\beta F g)^2 L^5}{EI} + \frac{23}{1890}\beta^2\frac{(\rho F g)^2 L^5}{EI}. \quad (30)$$

При вычислении потенциальной энергии выделено слагаемое, содержащее только $u(z, L)$ и соответствующее потенциальной энергии деформированной балки в состоянии статического равновесия. Поскольку для колебаний относительно положения равновесия существенна только разность потенциальных энергий текущего состояния и состояния статического равновесия, то в (30) вычислена именно эта разность. Последним слагаемым, пропорциональным β^2 можно пренебречь, тогда

$$\Delta\Pi_0 = \frac{1}{140}\beta\frac{(\rho Fg)^2L^5}{EI}; \tag{31}$$

$$T_0 + \Delta\Pi_0 = \frac{17}{1680}\beta\frac{(\rho Fg)^2L^5}{EI} = \frac{17}{7}\Delta\Pi_0. \tag{32}$$

Полагая, что в крайних положениях отклонение оси балки от равновесного состояния пропорционально u_1, то для коэффициента пропорциональности запишем

$$\Delta\Pi = K_u\Delta\Pi_0 = T_0 + \Delta\Pi_0; \quad K_u = \frac{17}{7} \simeq 2{,}43. \tag{33}$$

Поэтому амплитуду колебаний примем равной $K_u u_1$.

Для искомого коэффициента динамичности по изгибающему моменту на опоре B имеем

$$K_м = 1 + K_u\left[\left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial z^2}\right)/\left(\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right)\right]_{|z=L}. \tag{34}$$

После использования (12), (20) и (33) можно принять $K_м = 1 + (68/63)\beta = 1 + 1{,}1\beta$.

Коэффициент динамичности по поперечной силе

$$K_Q = 1 \pm K_u\left[\left(\frac{\partial^3 u_1}{\partial z^3}\right)/\left(\frac{\partial^3 u}{\partial z^3}\right)\right]_{|z=L} \tag{35}$$

оценивается величиной $K_Q \approx 1 + (17/14)\beta \simeq 1 + 1{,}2\beta$.

Учитывая, что даже при больших значениях L коэффициент β мал (при $L = 10$ м $\beta = 0{,}028$), приходим к выводу, что изгиб ствола при скоростях продольной подачи, не превышающих 4...5 м/с, происходит почти статически.

Наличие сбега приводит к некоторому увеличению периода колебаний хлыста и соответственно коэффициента динамичности. Поэтому его следует принять равным 1,2...1,3. Расчет коэффициента динамичности по предложенной выше схеме при учете сбега связан с более громоздкими вычислениями, но принципиальных изменений не требует.

Предложенный подход к интегрированию дифференциального уравнения движения хлыста, по нашему мнению, может быть использован и при рассмотрении работы других машин и оборудования, обрабатывающих хлысты, длинномерные лесоматериалы, трубы и т. п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Ананьев И. В. Справочник по расчету собственных колебаний упругих систем.— М.; Л.: ГИТЛЛ, 1976.— 223 с. [2]. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний.— М.: Высш. шк., 1980.— 408 с. [3]. Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Справочник по сопротивлению материалов.— Киев: Наук. думка, 1988.— 736 с.

Поступила 16 декабря 1991 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

УДК 625.312.001.24

РАСЧЕТ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ ПРИ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКЕ

Б. В. УВАРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Стыковые соединения, а также неравномерный износ рельсов и колес создают неровности на поверхности качения, вызывающие колебания движущихся масс и динамические силы, воздействующие на путь. Динамика подвижного состава неоднократно рассматривалась ранее [3]. Представляет интерес решение задачи о взаимодействии пути и подвижного состава в процессе движения.

Рассмотрим рельс как балку на упругих опорах, по которой движется система из подрессоренной и неподрессоренной масс. Принятая расчетная схема показана на рис. 1, *а*, где обозначено:

$m_п$, $m_н$ — подрессоренная и неподрессоренная массы;

k — коэффициент жесткости рессор;

m_0 — сосредоточенная масса рельса, шпалы и балласта (присоединенная масса) в расчете на одну шпалу;

k_0 — коэффициент жесткости упругой опоры;

μ_0 — коэффициент диссипативного сопротивления основания пути.

Направление движения со скоростью v показано на рис. 1 стрелкой.

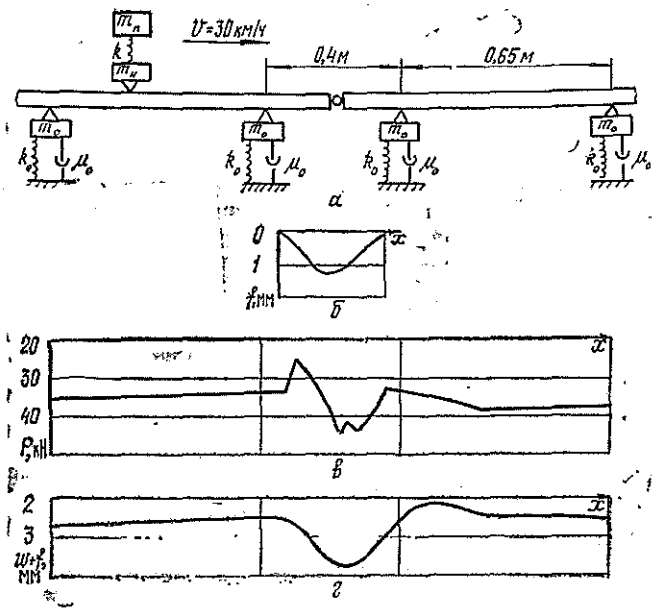


Рис. 1.

Кроме того, обозначим:

a_ν ($\nu = 1, 2, 3 \ldots$) — расстояние от начала рельса до упругих опор (осей шпал);

l_1, l_2 — длина рассматриваемых отрезков рельсов, примыкающих к стыковому соединению;
$y(t)$ — вертикальное перемещение подрессоренной массы;
$w(x, t)$ — прогиб балки;
$f(x)$ — величина неровности, обусловленная неравномерным износом рельсов или остаточными осадками шпал;
$R_\nu(t)$ — реакция на рельс со стороны ν-й шпалы;
$P(t)$ — усилие, передающееся на рельс от движущегося колеса;
x — координата по оси балки;
t — время.

Положительными считаются перемещения, направленные вниз. Для колебаний подрессоренной массы имеем уравнение

$$m_п \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + k[y(t) - w(vt, t) - f(vt)] - m_п g = 0. \quad (1)$$

Нагрузку на рельс $P(t)$ можно найти по формуле

$$P(t) = k[y(t) - w(vt, t) - f(vt)] - m_н \frac{d^2[w(vt, t) + f(vt)]}{dt^2} + m_н g. \quad (2)$$

Для упругой линии прогиба балки имеем

$$w(x, t) = w_0(t) + x\varphi_0(t) + (x - l)\varphi_l(t)U(x - l) + \frac{1}{6EI}P(t)(x - vt)^3 U(x - vt) - \frac{1}{6EI}\sum_\nu R_\nu(t)(x - a_\nu)^3 U(x - a_\nu), \quad (3)$$

где $w_0(t)$, $\varphi_0(t)$ — прогиб и угол поворота сечения на левом конце балки;
$\varphi_l(t)$ — скачок угла поворота сечения балки в стыковом соединении;
EI — жесткость балки;
U — единичная функция.

Для реакций опор справедливо равенство

$$R_\nu(t) = m_0 \frac{d^2 w(a_\nu, t)}{dt^2} + \mu_0 \frac{dw(a_\nu, t)}{dt} + k_0 w(a_\nu, t). \quad (4)$$

Требуемое совместное решение уравнений (1) — (4) аналитически выполнить затруднительно. Задача может быть решена итерационным способом на сетке узлов по координате t. Примем постоянный шаг Δt. Идея состоит в том, чтобы, считая нагрузку и реакцию опор неизменными на малом промежутке Δt, методом итераций найти динамическую силу $P(t)$, при которой перемещение неподрессоренной массы, согласно уравнению (2), равно упругому прогибу балки (3).

Обозначим $D = \frac{k_0}{m_0} - \frac{\mu_0^2}{4m^2}$, $\varepsilon = e^{-\frac{\mu_0}{2m_0}\Delta t}$. Считая на промежутке Δt реакции опор R_ν постоянными, можно решить дифференциальное уравнение (4). В результате получим осадки упругих опор w_ν, соответствующие концу рассматриваемого интервала времени:

$$w_\nu = AR_\nu + \left(B + \frac{\mu_0}{m_0}C\right)w_\nu^н + C\frac{dw_\nu^н}{dt}, \quad (5)$$

где $w_\nu^н$, $\frac{dw_\nu^н}{dt}$ — осадка и ее производная по времени на начало промежутка Δt;

A, B, C — постоянные величины (зависящие только от Δt), которые, в зависимости от знака D, определяются следующими формулами:

при $D < 0$; $\Theta = \sqrt{-D}$

$$A = \frac{1}{m_0\Theta\left(\frac{\mu_0^2}{4m_0} - \Theta^2\right)}\left[\varepsilon\left(\frac{\mu_0}{2m_0}\operatorname{sh}\Theta\Delta t + \Theta\operatorname{ch}\Theta\Delta t\right) - \Theta\right];$$

$$B = \frac{\varepsilon}{\Theta}\left(\Theta\operatorname{ch}\Theta\Delta t - \frac{\mu_0}{2m_0}\operatorname{sh}\Theta\Delta t\right);$$

$$C = \varepsilon/\Theta;$$

при $D > 0$; $\Theta = \sqrt{D}$

$$A = \frac{1}{m_0\Theta\left(\frac{\mu_0^2}{4m_0^2} + \Theta^2\right)}\left[\varepsilon\left(\frac{\mu_0}{2m_0}\sin\Theta\Delta t + \Theta\cos\Theta\Delta t\right) - \Theta\right];$$

$$B = \frac{\varepsilon}{\Theta}\left(\Theta\cos\Theta\Delta t - \frac{\mu_0}{2m_0}\sin\Theta\Delta t\right);$$

$$C = \varepsilon/\Theta.$$

Приравнивая прогиб балки (3) при $x = a_\nu$ осадке упругих опор (5), получаем систему линейных алгебраических уравнений с неизвестными R_ν, w_0, φ_0, φ_l. Для определения w_0 и φ_0 к системе надо добавить два уравнения, получаемые из условий равновесия:

$$\Sigma R_\nu = P;$$

$$\sum_\nu R_\nu a_\nu = Pvt,$$

где P — нагрузка на рельс, принятая постоянной на промежутке Δt.

Для нахождения φ_l требуется еще одно уравнение. Его можно получить, если известны свойства стыковых соединений. Имеются данные [1], что для лесовозных УЖД между изгибающим моментом в стыковом соединении M и величиной φ_l справедливо соотношение:

$$M = G\varphi_l,$$

где G — коэффициент пропорциональности, для которого есть экспериментальные оценки.

Требуемое уравнение имеет вид

$$\sum_\nu R_\nu (l_1 - a_\nu)\, U(l_1 - a_\nu) + G\varphi_l = P(l_1 - vt)\, U(l_1 - vt).$$

Считая $P(t)$ известной, можно систему уравнений последовательно решать для каждого шага Δt. Величины $w_\nu^{\text{н}}$ и $\frac{dw_\nu^{\text{н}}}{dt}$ принимаются по предыдущему шагу, а в начальный момент они равны нулю. Формула для $\frac{dw_\nu}{dt}$ получается из (5) дифференцированием по Δt.

Аналогично из уравнений (1) и (2) отыскиваются y и w на рассматриваемый момент времени:

$$y(t) = [w^{\text{н}}(t) + f^{\text{н}}(vt)](1 - \cos b\Delta t) + \frac{q}{b^2}(1 - \cos b\Delta t) +$$

$$+ y^{\text{н}}(t)\cos b\Delta t + \frac{dy^{\text{н}}(t)}{dt}\frac{1}{b}\sin b\Delta t; \qquad (6)$$

$$w(t) = -\frac{P(t)}{m_н}\left[\frac{a^2-b^2}{a^4}(1-\cos a\Delta t) + \frac{b^2\Delta t^2}{2a^2} + \frac{g\Delta t^2}{2} + \right.$$

$$+\frac{ky^н(t)}{m_н a^2}(1-\cos a\Delta t) + \frac{k}{m_н a^2}\frac{dy^н(t)}{dt}\left(\Delta t - \frac{1}{a}\sin a\Delta t\right)\Big] +$$

$$+[w^н(t) + f^н(vt)]\left(\frac{b^2}{a^2} + \frac{a^2-b^2}{a^2}\cos a\Delta t\right) +$$

$$+\left[\frac{dw^н(t)}{dt} + \frac{df^н(vt)}{dt}\right]\left(\frac{a^2-b^2}{a^3}\sin a\Delta t + \frac{b^2}{a^3}\Delta t\right) - f^н(vt), \qquad (7)$$

где $b = \sqrt{k/m_н}$; $a = \sqrt{k/m_п + b^2}$,

а верхними индексами «н» отмечены величины, соответствующие началу рассматриваемого промежутка времени Δt. На первом шаге их значения равны нулю, а на последующих берутся по предыдущему результату. Производные находятся дифференцированием формул (6) и (7) по Δt. Для неровностей $f(x)$ и ее производной $\frac{df(x)}{dx}$ должны быть заданы аналитические выражения.

Предлагается следующий порядок вычислений. Задается приближенное значение силы $P(t)$ на рассматриваемый момент времени. На первом шаге лучше всего принять $P(0) = (m_н + m_п)g$, а на последующих принимать по предыдущему результату. Находят реакции $R_v(t)$, прогиб балки под силой $w(x, t)$ по формуле (3) при $x = vt$, отклонения подрессоренной массы $y(t)$ по формуле (6), отклонения неподрессоренной массы $w(t)$ по формуле (7), а также производные $\frac{dw(t)}{dt}$ и $\frac{dy(t)}{dt}$. Полагая равными величины, найденные по формулам (3) и (7), находим новое значение $P(t)$, выражая его из формулы (7). Расчеты повторяют до тех пор, пока итерации по переменной $P(t)$ не сойдутся с заданной точностью. После этого можно переходить к следующему шагу.

Расчеты показали быструю сходимость итераций. При относительной погрешности 0,005 не требуется больше 3...5 последовательных приближений. Общая погрешность расчета складывается из погрешностей итераций и ошибки численного метода решения дифференциальных уравнений. Последняя соответствует погрешности квадратурной формулы по методу прямоугольников и определяется величиной Δt. Для повышения точности следует уменьшать Δt или принимать P, w, R_v не постоянными на промежутке Δt, а меняющимися по линейному или какому-либо другому закону, тогда формулы (5) — (7) изменятся.

Требуемое значение Δt находим путем пробных расчетов. Установлено, что при относительной погрешности 0,005 можно принимать $\Delta t = \frac{l_1 + l_2}{300\,v}$.

По программе, написанной на языке Паскаль, проводили расчеты по взаимодействию колеса тепловоза с рельсовым путем УЖД на участке, включающем стык рельсов. В расчете приняты исходные данные: $l_1 = l_2 = 3{,}45$ м, $EI = 93{,}6$ т · м², $m_0 = 2{,}5$ т, $m_н = 0{,}9$ т, $m_п = 2{,}5$ т, $k = 36$ т/м, $k_0 = 500$ т/м, $\mu_0 = 5$ т · с/м, $G = 300$ т · м, $v = 8{,}35$ м/с. Параметры m_0 и μ_0 приняты ориентировочно в соответствии с [3], с поправкой на условия УЖД. На рассматриваемом участке расположено 12 шпал с расстоянием между ними 0,65 м. Стык располагается в средней точке между шпалами при расстоянии между ними 0,40 м. В зону стыка вводили неровность f, обусловленную износом рельсов. Форму неровности на конце каждого рельса задавали параболой третьего порядка, коэффициенты которой находили по экспериментальным дан-

ным [2] (см. рис. 1, *б*, на котором показана неровность). В результате расчета определяли перемещения подрессоренной и неподрессоренной масс, нагрузки в рессоре и в месте контакта колеса с рельсом, а также реакции соседних со стыком шпал для всех интервалов времени. Программа позволяет выводить на печать реакции и осадки всех шпал и изгибающие моменты в рельсе для задаваемых заранее моментов времени.

На рис. 1, *в* показано изменение нагрузки на рельс при движении вблизи стыка, на рис. 1, *г* — траектория точки контакта колеса с рельсом, определяемая осадками рельса и неровностью. Усилие в рессоре при этих параметрах изменяется незначительно.

Отмечается некоторое запаздывание деформаций по отношению к положению силы, обусловленное инерцией масс и вязкими свойствами основания. Для момента перехода колеса тепловоза через стык (рис. 2, *а*) показаны эпюра прогиба рельсов (рис. 2, *б*) и реакции шпал (рис. 2, *в*). На рис. 3 приведена зависимость максимальной нагрузки на рельс от глубины неровности f_m. Эта зависимость близка к линейной. Здесь же показана величина статического давления на рельс $P_{ст}$. При $f_m = 0$ динамическое воздействие обусловлено изломом упругой линии рельса в стыке.

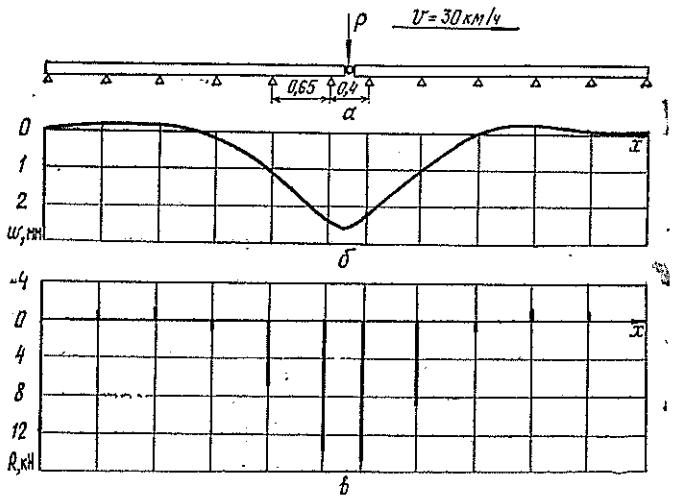


Рис. 2

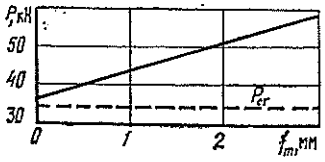


Рис. 3

Предложенная методика может быть использована для расчета различных балочных систем, работающих под воздействием подвижных нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Буторин Н. Н. Вертикальные перемещения колеса при проходе стыка // Лесн. журн.— 1975.— № 3.— С. 57—60.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Жабин В. И., Калинин Г. А., Щелкунов В. В. Воздействие лесовозного подвижного

состава на железнодорожный путь.— Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1976.— 100 с.
[3]. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь.— М.: Транспорт, 1969.— 535 с.

Поступила 5 марта 1992 г.

УДК 624.072.233.5

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА НАГЕЛЯ В ДРЕВЕСИНЕ

В. П. СТУКОВ

Архангельский лесотехнический институт

Нагель в древесине работает в условиях сложного напряженно-деформированного состояния. В общем случае его можно рассматривать как балку, лежащую на упругом основании и загруженную на конце изгибающим моментом M_0, поперечной силой Q_0 и растягивающей силой N_0.

Дифференциальное уравнение продольно-поперечного изгиба балки, лежащей на упругом линейно-деформируемом основании, имеет вид [1]

$$EI\frac{d^4y}{dx^4} - N_0\frac{d^2y}{dx^2} + Ky = 0, \tag{1}$$

где y — прогиб балки;
EI — модуль упругости материала и момент инерции площади поперечного сечения балки;
K — коэффициент жесткости линейного упругого основания — реакция, приходящаяся на единицу длины балки при прогибе, равном единице, $K = K_0 d$ (K_0 — коэффициент постели; d — диаметр нагеля);

Вид решения уравнения (1) зависит от корней характеристического уравнения r:

$$EIr^4 - N_0r^2 + K = 0 \tag{2}$$

и от дискриминанта

$$D = N_0^2 - 4KFI, \tag{3}$$

который, согласно [1], можно записать в виде

$$D = \sqrt{KEI} - 2G\omega, \tag{4}$$

где G, ω — модуль сдвига материала и приведенная площадь поперечного сечения балки (нагеля).

В работах [2, 3] рассмотрены случаи $D < 0$ и $D = 0$. Случай $D > 0$ соответствует использованию напрягаемой арматуры для объединения ветвей балки комбинированного сечения [2]. Такая схема имеет много общего с расчетной схемой нагельного соединения (рис. 1).

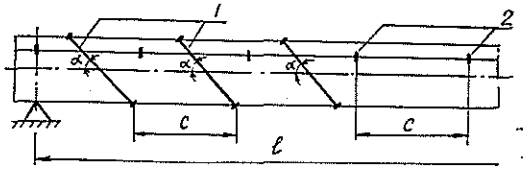


Рис. 1. Схема размещения нагелей: *1* — напрягаемых; *2* — ненапрягаемых; *l* — пролет балки; *c* — расстояние между нагелями

При $D > 0$, т. е. $2G\omega < \sqrt{KEI}$, общий интеграл уравнения (1) имеет вид

$$y_x = e^{-\alpha x} C_1 + e^{\alpha x} C_2 + e^{-\beta x} C_3 + e^{\beta x} C_4, \tag{5}$$

где

$$\alpha = \sqrt{\frac{N_0}{2EI} + \sqrt{\left(\frac{N_0}{EI}\right)^2 - \frac{K}{EI}}}; \tag{6}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{N_0}{2EI} - \sqrt{\left(\frac{N_0}{EI}\right)^2 - \frac{K}{EI}}}; \tag{7}$$

C_1, C_2, C_3, C_4 — постоянные интегрирования, определяемые в зависимости от условий на концах загруженного участка балки.

Для получения уравнений эпюр y, φ, M и Q целесообразно использовать метод начальных параметров.

Рассмотрим балку на упругом основании, загруженную на конце изгибающим моментом M_0, поперечной силой Q_0 и растягивающей силой N_0 (рис. 2). Начало координат поместим на левом конце балки. При таком расположении координатных осей знаки деформаций и усилий считаем положительными.

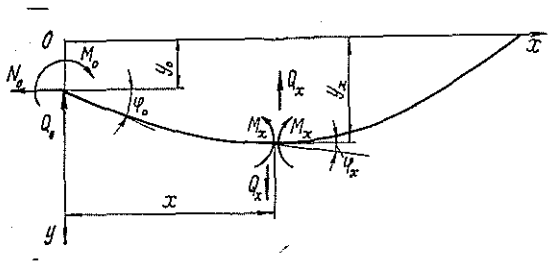


Рис. 2. Расчетная схема балки на упругом основании в случае сложного изгиба

Введем обозначение

$$t = \alpha/\beta, \tag{8}$$

откуда

$$\alpha = t\beta. \tag{9}$$

Подставив значение α в формулу (5), получим

$$y_x = e^{-t\beta x} C_1 + e^{t\beta x} C_2 + e^{-\beta x} C_3 + e^{\beta x} C_4. \tag{10}$$

Дифференцируя (10) по x, находим

$$\varphi_x = \frac{dy}{dx} = \beta\left(-t e^{-t\beta x} C_1 + t e^{t\beta x} C_2 - e^{-\beta x} C_3 + e^{\beta x} C_4\right); \tag{11}$$

$$M_x = -EI\frac{d^2y}{dx^2} = -EI\beta^2\left[t^2\left(e^{-t\beta x} C_1 + e^{t\beta x} C_2\right) + e^{-\beta x} C_3 + e^{\beta x} C_4\right]; \tag{12}$$

$$Q_x = -EI\frac{d^3y}{dx^3} = EI\beta^3\left[t^3\left(e^{-t\beta x} C_1 - e^{t\beta x} C_2\right) + e^{-\beta x} C_3 - e^{\beta x} C_4\right]. \tag{13}$$

Определим постоянные интегрирования C через y_0, φ_0, M_0, Q_0 в начале координат при $x = 0$. Тогда уравнение (10) относительно C_4 примет вид

$$C_4 = y_0 - C_1 - C_2 - C_3. \tag{14}$$

Решая выражения (11) — (13) с учетом (14), получаем

$$\varphi_0 = \beta\left[y_0 - (t+1)C_1 + (t-1)C_2 - 2C_3\right]; \tag{15}$$

$$M_0 = -EI\beta^2\left[y_0 + (t^2-1)C_1 + (t^2-1)C_2\right]; \tag{16}$$

$$Q_0 = EI\beta^3\left[-y_0 + (t^3+1)C_1 - (t^3-1)C_2 + 2C_3\right]. \tag{17}$$

Запишем уравнения (15) — (17) в матричной форме

$$\begin{vmatrix} -(t+1) & t-1 & -2 \\ t^2-1 & t^2-1 & 0 \\ t^2+1 & -(t^3-1) & 2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{\varphi_0}{\beta} - y_0 \\ -\frac{M_0}{EI\beta^2} - y_0 \\ \frac{Q_0}{EI\beta^3} + y_0 \end{vmatrix} \tag{18}$$

или

$$A\vec{C} = \vec{H}. \tag{18'}$$

Решение системы уравнений (18) относительно C_1, C_2, C_3 имеет вид

$$\vec{C} = A^{-1}\vec{H}, \tag{19}$$

где A^{-1} — матрица, обратная матрице A.

или

$$\vec{C} = \begin{vmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \frac{1}{2t(t^2-1)} & \frac{1}{2(t^2-1)} & \frac{1}{2t(t^2-1)} \\ -\frac{1}{2t(t^2-1)} & \frac{1}{2(t^2-1)} & \frac{1}{2t(t^2-1)} \\ -\frac{t^2}{2t(t^2-1)} & -\frac{1}{2(t^2-1)} & -\frac{1}{2(t^2-1)} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \frac{\varphi_0}{\beta} - y_0 \\ -\frac{M_0}{EI\beta^2} - y_0 \\ \frac{Q_0}{EI\beta^3} + y_0 \end{vmatrix} =$$

$$= \frac{1}{2(t^2-1)} \begin{vmatrix} -y_0 + \frac{1}{t}\frac{1}{\beta}\varphi_0 - \frac{1}{EI\beta^2}M_0 + \frac{1}{t}\frac{1}{EI\beta^3}Q_0 \\ -y_0 - \frac{1}{t}\frac{1}{\beta}\varphi_0 - \frac{1}{EI\beta^2}M_0 - \frac{1}{t}\frac{1}{EI\beta^3}Q_0 \\ t^2y_0 - t^2\frac{1}{\beta}\varphi_0 + \frac{1}{EI\beta^2}M_0 - \frac{1}{EI\beta^3}Q_0 \end{vmatrix}. \tag{20}$$

Постоянную интегрирования C_4 найдем из выражений (10), (14) и (20):

$$C_4 = \frac{t^2}{2(t^2-1)}y_0 + \frac{t^2}{2(t^2-1)}\frac{1}{\beta}\varphi_0 + \frac{1}{2(t^2-1)}\frac{1}{EI\beta^2}M_0 + \\ + \frac{1}{2(t^2-1)}\frac{1}{EI\beta^3}Q_0. \tag{21}$$

Введем промежуточные обозначения

$$K_1 = \frac{1}{2(t^2-1)}; \quad K_2 = \frac{1}{2t(t^2-1)}; \quad K_3 = \frac{t^2}{2(t^2-1)}, \tag{22}$$

тогда имеем

$$C_1 = -K_1y_0 + \frac{K_2}{\beta}\varphi_0 - \frac{K_1}{EI\beta^2}M_0 + \frac{K_2}{EI\beta^3}Q_0; \tag{23}$$

$$C_2 = -K_1y_0 - \frac{K_2}{\beta}\varphi_0 - \frac{K_1}{EI\beta^2}M_0 - \frac{K_2}{EI\beta^3}Q_0; \tag{24}$$

$$C_3 = K_3y_0 - \frac{K_3}{\beta}\varphi_0 + \frac{K_1}{EI\beta^2}M_0 - \frac{K_1}{EI\beta^3}Q_0; \tag{25}$$

$$C_4 = K_3y_0 + \frac{K_3}{\beta}\varphi_0 + \frac{K_1}{EI\beta^2}M_0 + \frac{K_1}{EI\beta^3}Q_0. \tag{26}$$

С учетом (23) — (26) уравнение (10) принимает вид

$$y_x = 2y_0\left(-K_1\frac{e^{t\beta x}+e^{-t\beta x}}{2}+K_3\frac{e^{\beta x}+e^{-\beta x}}{2}\right)+$$
$$+\frac{1}{\beta}2\varphi_0\left(-K_2\frac{e^{t\beta x}-e^{-t\beta x}}{2}+K_3\frac{e^{\beta x}-e^{-\beta x}}{2}\right)-$$
$$-\frac{1}{EI\beta^2}2M_0K_1\left(\frac{e^{t\beta x}+e^{-t\beta x}}{2}-\frac{e^{\beta x}+e^{-\beta x}}{2}\right)-$$
$$-\frac{1}{EI\beta^3}2Q_0\left(K_2\frac{e^{t\beta x}-e^{-t\beta x}}{2}-K_1\frac{e^{\beta x}-e^{-\beta x}}{2}\right). \quad (27)$$

Введем обозначения

$$A_x = 2\left(-K_1\frac{e^{t\beta x}+e^{-t\beta x}}{2}+K_3\frac{e^{\beta x}+e^{-\beta x}}{2}\right)=$$
$$=2(-K_1\operatorname{ch}t\beta x+K_3\operatorname{ch}\beta x); \quad (28)$$
$$B_x = 2\left(-K_2\frac{e^{t\beta x}-e^{-t\beta x}}{2}+K_3\frac{e^{\beta x}-e^{-\beta x}}{2}\right)=$$
$$=2(-K_2\operatorname{sh}t\beta x+K_3\operatorname{sh}\beta x); \quad (29)$$
$$C_x = 2K_1\left(\frac{e^{t\beta x}+e^{-t\beta x}}{2}-\frac{e^{\beta x}-e^{-\beta x}}{2}\right)=2K_1(\operatorname{ch}t\beta x-\operatorname{ch}\beta x); \quad (30)$$
$$D_x = 2\left(K_2\frac{e^{t\beta x}-e^{-t\beta x}}{2}-K_1\frac{e^{\beta x}-e^{-\beta x}}{2}\right)=2(K_2\operatorname{sh}t\beta x-K_1\operatorname{sh}\beta x). \quad (31)$$

Здесь A_x, B_x, C_x, D_x — функции влияния.

С учетом (28) — (31) имеем

$$y_x = y_0A_x+\frac{1}{\beta}\varphi_0B_x-\frac{1}{EI\beta^2}M_0C_x-\frac{1}{EI\beta^3}Q_0D_x. \quad (32)$$

Уравнения для φ_x, M_x и Q_x получим непосредственным дифференцированием выражения (32). Возьмем первые производные от функций влияния A_x, B_x, C_x, D_x:

$$\frac{dA_x}{dx}=\beta\frac{t}{t^2-1}(-\operatorname{sh}t\beta x+t\operatorname{sh}\beta x); \quad (33)$$
$$\frac{dB_x}{dx}=\beta\frac{1}{t^2-1}(-\operatorname{ch}t\beta x+t^2\operatorname{ch}\beta x); \quad (34)$$
$$\frac{dC_x}{dx}=\beta\frac{1}{t^2-1}(t\operatorname{sh}t\beta x-\operatorname{sh}\beta x); \quad (35)$$
$$\frac{dD_x}{dx}=\beta\frac{1}{t^2-1}(\operatorname{ch}t\beta x-\operatorname{ch}\beta x). \quad (36)$$

Анализ выражений (33) — (36) и (28) — (31) с учетом обозначений (22) позволяет установить взаимосвязь $\frac{dA_x}{dx}$ и D_x; $\frac{dB_x}{dx}$ и A_x; $\frac{dC_x}{dx}$ и B_x; $\frac{dD_x}{dx}$ и C_x. Здесь имеются одни и те же гиперболические функции при одинаковом их сочетании. Это позволяет представить выражения (33) — (36) в следующем виде:

$$\frac{dA_x}{dx}=-\beta t^2D_x; \quad (33')$$
$$\frac{dB_x}{dx}=\beta A_x; \quad (34')$$
$$\frac{dC_x}{dx}=-\beta t^2\left(B_x-\frac{t^2+1}{2t^2}\operatorname{sh}\beta x\right); \quad (35')$$

$$\frac{dD_x}{dx} = \beta C_x. \tag{36'}$$

Подставив значения первых производных функций A_x, B_x, C_x, D_x в уравнение (32), получим уравнение углов поворота:

$$\varphi_x = \varphi_0 A_x + \frac{1}{EI\beta} M_0 t^2 \left(B_x - \frac{t^2+1}{2t^2} \operatorname{sh} \beta x\right) - \frac{1}{EI\beta^2} Q_0 C_x - \beta y_0 t^2 D_x. \tag{37}$$

Вторые производные от функций A_x, B_x, C_x, D_x с учетом взаимосвязи $\frac{d^2A_x}{dx^2}$ и C_x; $\frac{d^2B_x}{dx^2}$ и D_x; $\frac{d^2C_x}{dx^2}$ и A_x; $\frac{d^2D_x}{dx^2}$ и B_x и обозначений (22) принимают вид

$$\frac{d^2A_x}{dx^2} = -\beta^2 t^2 C_x; \tag{38}$$

$$\frac{d^2B_x}{dx^2} = -\beta^2 t^3 D_x; \tag{39}$$

$$\frac{d^2C_x}{dx^2} = -\beta^2 t^2 \left(A_x - \frac{t^2+1}{2t^2} \operatorname{ch} \beta x\right); \tag{40}$$

$$\frac{d^2D_x}{dx^2} = -\beta^2 t^2 \left(B_x - \frac{t^2+1}{2t^2} \operatorname{sh} \beta x\right). \tag{41}$$

Подставив значения вторых производных функций A_x, B_x, C_x, D_x в уравнение (32) и умножив его на $-EI$, получим уравнение изгибающих моментов

$$M_x = -M_0 t^2 \left(A_x - \frac{t^2+1}{2t^2} \operatorname{ch} \beta x\right) - Q_0 \frac{1}{\beta} t^2 \left(B_x - \frac{t^2+1}{2t^2} \operatorname{sh} \beta x\right) + \\ + \beta^2 EI y_0 t^2 C_x + \beta EI \varphi_0 t^2 D_x. \tag{42}$$

Третьи производные от функций A_x, B_x, C_x, D_x с учетом взаимосвязи $\frac{d^3A_x}{dx^3}$ и B_x; $\frac{d^3B_x}{dx^3}$ и C_x; $\frac{d^3C_x}{dx^3}$ и D_x; $\frac{d^3D_x}{dx^3}$ и A_x и обозначений (22) запишем в виде

$$\frac{d^3A_x}{dx^3} = \beta^3 t^4 \left(B_x - \frac{t^2+1}{2t^2} \operatorname{sh} \beta x\right); \tag{43}$$

$$\frac{d^3B_x}{dx^3} = -\beta^3 t^2 C_x; \tag{44}$$

$$\frac{d^3C_x}{dx^3} = \beta^3 t^4 \left(D_x + \frac{t^2+1}{t^4} \operatorname{sh} \beta x\right); \tag{45}$$

$$\frac{d^3D_x}{dx^3} = -\beta^3 t^2 \left(A_x - \frac{t^2+1}{2t^2} \operatorname{ch} \beta x\right). \tag{46}$$

Подставив значения третьих производных функций A_x, B_x, C_x, D_x в уравнение (32) и умножив его на $-EI$, получим уравнение поперечных сил

$$Q_x = -Q_0 t^2 \left(A_x - \frac{t^2+1}{2t^2} \operatorname{ch} \beta x\right) - \beta^3 EI y_0 t^4 \left(B_x - \\ - \frac{t^2+1}{2t^2} \operatorname{sh} \beta x\right) + \beta^2 EI \varphi_0 t^2 C_x + \beta M_0 t^4 \left(D_x + \frac{t^2+1}{2t^4} \operatorname{sh} \beta x\right). \tag{47}$$

Для балок на упругом основании характерно проявление краевого эффекта, т. е. затухание всех элементов изгиба балки, вызванного локальными усилиями, по мере удаления от места их приложения. Согласно [1] для полубесконечной балки протяженностью $l_{кр}$ участка влияния усилий на конце балки

$$l_{кр} = (1{,}5 \ldots 2{,}0) \sqrt[4]{EI/K}. \tag{48}$$

Для рассматриваемого случая, когда напрягаемая объединительная арматура работает аналогично нагелю, $l_{кр} = 15 \ldots 25$ см. Принятие ее длины в балках комбинированного сечения больше $l_{кр}$ объясняется выполнением дополнительных функций и разного рода конструктивных требований.

Использование метода начальных параметров позволяет не только получить общий интеграл уравнения $EI \frac{d^4y}{dx^4} - N_0 \frac{d^2y}{dx^2} = P - ky$ для случая, когда P дана в виде непрерывной функции, но и учесть произвольную прерывную и сосредоточенную нагрузки, а также заранее заданную деформацию балки.

Учет растягивающей осевой силы N_0 целесообразен при $N_0 \geqslant (0{,}8 \ldots 1{,}0) \sqrt{KEI}$ [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Справочник по строительной механике корабля. Т. 1.— Л.: Судостроение, 1982.— 376 с. [2]. Стуков В. П. Теоретические основы расчета нагеля в древесине // Лесн. журн.— 1991.— № 5.— С. 48—55.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Стуков В. П. Случай расчета нагеля в древесине // Лесн. журн.— 1992.— № 2.— С. 50—54.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 24 февраля 1992 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 630*812

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОСИНОВОЙ КОРЫ И ЕЕ КОМПОНЕНТОВ

О. И. ПОЛУБОЯРИНОВ, А. М. СОРОКИН

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

Имеющиеся в литературе данные о физических свойствах осиновой коры [1, 2, 6, 7] касаются в основном влажности и плотности. Они отрывочны и противоречивы, что объясняется отсутствием стандартных методик определения свойств коры, а также зависимостью показателей ее физических свойств от многих факторов (например географического), часто не учитываемых в экспериментах. Сведения о физических свойствах компонентов коры осины вообще отсутствуют. Между тем, они необходимы при организации учета и разработке технологии переработки коры.

Нами определены плотность коры, луба и корки в абсолютно сухом состоянии ρ_0 и базисная $\rho_б$, а также полная объемная усушка β_v и полное объемное разбухание α_v.

Исследования проводили* на образцах размерами 5×5 см, взятых с деревьев в насаждениях Лисинского учебно-опытного лесхоза (Ленинградская область) в трех категориях возраста: молодняках (15...18 лет), средневозрастных (30...40 лет) и спелых (60...70 лет).

Основное число образцов коры отобрано со стоящих деревьев на высоте 1,3 м. Для изучения изменения плотности коры по высоте ствола образцы выпиливали из срубленных деревьев с интервалом 2 м по длине ствола. Всего исследовано более 300 образцов. Для установления связи между плотностью коры и древесины на 20 деревьях были взяты керны, проходящие через сердцевину ствола.

В лабораторных условиях у части образцов коры произвели разделение на лубяную и корковую составляющие, что позволило изучить физические свойства как коры в целом, так и ее компонентов.

Образцы вымачивали в течение 3 ч в воде, высушивали до абс. сухого состояния и находили массу и максимальный объем в соответствии с методическими положениями, изложенными в работах [2, 3]. Расчет показателей физических свойств производили по известным формулам [5].

В образцах, взятых на высоте 1,3 м, определяли объемное содержание луба (объем луба / (объем луба + объем корки)) в свежесрубленном состоянии, а массовое содержание (масса луба / (масса луба + масса корки)) — в абс. сухом состоянии. Из данных табл. 1 следует, что в нижней части стволов осины в средневозрастных и спелых насаждениях луб и корка в коре представлены в соотношении примерно 1 : 1. По этому показателю осина значительно отличается от

Таблица 1

Содержание, %, луба в коре осины

Категория по возрасту	Объемное	Массовое
Молодняки	79,8	62,1
Средневозрастные	55,0	53,1
Спелые	53,0	49,7

* В работе принимала участие О. А. Тишлер, студентка ЛТА.

березы, в коре которой превалирует лубяная часть (71 ... 75 % по объему и 72 ... 73 % по массе).

С данными о массовой доле луба хорошо согласуются найденные значения плотности коры в абс. сухом состоянии (табл. 2), зависящие

Таблица 2

Физические свойства компонентов осиновой коры

Категория насаждений по возрасту	Показатель	Луб + корка		Луб		Корка	
		Число измерений	Значение показателя	Число измерений	Значение показателя	Число измерений	Значение показателя
Молодняки	ρ_0, кг/м³	20	787 / 854 ... 724	—	—	—	—
	$\rho_б$, кг/м³	20	424 / 473 ... 360	—	—	—	—
	β_v, %	20	46,0 / 52,3 ... 42,9	—	—	—	—
Средневозрастные	ρ_0, кг/м³	14	677 / 724 ... 631	22	669 / 732 ... 599	20	686 / 698 ... 620
	$\rho_б$, кг/м³	19	479 / 519 ... 430	21	323 / 352 ... 283	20	587 / 621 ... 527
	β_v, %	14	29,2 / 32,5 ... 28,1	22	51,7 / 55,1 ... 47,1	18	14,5 / 18,5 ... 8,2
Спелые	ρ_0, кг/м³	14	589 / 620 ... 480	20	573 / 663 ... 422	20	648 / 738 ... 482
	$\rho_б$, кг/м³	22	418 / 490 ... 348	20	290 / 327 ... 245	20	562 / 636 ... 433
	β_v, %	14	29,0 / 30,3 ... 24,4	20	49,4 / 55,3 ... 43,7	18	13,3 / 20,9 ... 8,0

Примечание. В числителе — средние, в знаменателе — крайние значения показателей.

также и от плотности составляющих кору компонентов. Самая высокая плотность коры в абс. сухом состоянии обнаружена в молодняках, самая низкая — в спелых насаждениях.

Установленные резкие отличия базисной плотности луба и корки объясняются столь же резкими различиями в уровнях объемной усушки этих компонентов. Если по показателям усушки корка примерно соответствует мало- или среднеусыхающей древесине, то луб усыхает в 3—3,5 раза больше, чем древесина. При этом следует иметь в виду, что если древесина после высушивания до абс. сухого состояния и последующего намачивания может восстанавливать свои первоначальные (максимальные) размеры полностью, то луб осины — лишь наполовину. Иными словами, полное объемное разбухание луба осины примерно в 2 раза меньше полной объемной усушки. У древесины, как известно, объемное разбухание превосходит объемную усушку. Это объясняется тем, что при высушивании луба происходят необратимые изменения структуры живых клеток.

К настоящему времени в древесиноведческой литературе накоплен богатый материал об изменении плотности древесины. Применительно к коре таких исследований проведено мало. Так, по канадским данным [7] у осины наблюдается обратная зависимость между диаметром де-

рева и плотностью коры, что подтверждено и нашими исследованиями. Известно [3], что у осины с увеличением диаметра дерева внутри насаждения плотность древесины также падает. Другая аналогия между характером изменения базисной плотности коры и древесины прослеживается на графике, представленном на рис. 1. Оказалось, что по высоте ствола базисная плотность коры и древесины изменяется параболически. Однако снижение плотности коры в средней части ствола в 2—3 раза превышает аналогичные изменения плотности древесины. Исходя из такой закономерности, среднее значение базисной плотности коры осины, снятой со всего ствола (например в отходах окорки), должно быть ниже приведенных в табл. 2 цифр примерно на 12...15 %.

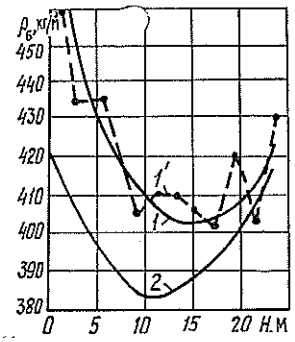


Рис. 1. Изменение базисной плотности коры (*1, 1'*) и древесины (*2*) осины по высоте *H* ствола. (Данные для древесины взяты из работы [3]; пунктирная линия — опытные данные, сплошная — выравненные после математической обработки)

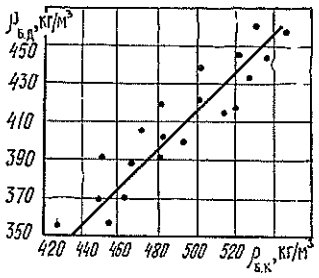


Рис. 2. Связь между базисной плотностью образцов коры $\rho_{б.к}$ и древесины $\rho_{б.д}$, отобранных на высоте груди

Практический интерес представляет установленная в данном исследовании линейная зависимость между плотностью коры и древесины осины (рис. 2). Эта зависимость для образцов, отобранных на высоте груди отражена следующим уравнением: $\rho_{б.д} = 0{,}88\ \rho_{б.к} - 25{,}5$. Различия между базисной плотностью коры и древесины, составляющие 15...19 %, весьма существенны. В этом отношении осина отличается от березы, сосны и ели, у которых значения плотности близки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Изменчивость базисной плотности и процентного содержания коры и отходов окорки древесного сырья целлюлозно-бумажной промышленности / Т. М. Мадеева, И. А. Нахабцев, А. Х. Ошкаев, В. Н. Крылов // Химия и технология пр-ва целлюлозы: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1987.— С. 105—114. [2]. Полубояринов О. И. Определение объемного веса древесины методом погружения в воду // Лесн. журн.— 1967.— № 3.— С. 123—124.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Полубояринов О. И. Плотность древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 160 с. [4]. Симонов М. Н. Некоторые зависимости физико-механических свойств коры и древесины сосны, ели, березы, осины // Тр. ЦНИИМЭ.— 1963.— Вып. 41.— С. 3—13. [5]. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 366 с. [6]. Dietz P. Dichte und Rindegehalt von Industricholz // Kolz als Roh-und Werkstoff.— 1975.— N 4.— S. 135—141. [7]. Hale J. D. Thickness and density of bark // Pulp and Paper Mag. of Canada.— 1955.— N 13.— P. 3—10. [8]. Hossfeld R. L., Kaufert F. H. Structure and composition of Aspen bark // For. Prod. J.— 1957.— N 12.— P. 437—439.

Поступила 22 января 1992 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

УДК 674.023

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОДОЛЬНО-ТОРЦОВОМ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

Г. В. КУДРЯВИН

ВНПО «Союзнаучдревпром»

Современная механико-математическая теория резания древесины с достаточной точностью определяет все параметры процесса стружкообразования при элементарном резании древесины вдоль волокон, а также для некоторых случаев продольно-торцового резания. Кроме того, математическое описание процесса позволяет количественно оценить и шероховатость поверхности резания.

Задаваясь угловыми параметрами резца, величиной подачи, углом встречи с волокнами древесины, гидротермическим состоянием древесины и ее механическими свойствами, можно определить максимальные значения силы резания, тип стружкообразования, параметры элементов и качество поверхности резания.

В данной работе рассмотрено продольно-торцовое резание с постоянным углом встречи, который характерен для дисковых рубительных машин.

Чтобы упростить методику расчета, примем радиус затупления постоянным ($\rho \leqslant 5$ мкм), так как при большой подаче на резец он не оказывает существенного влияния на изменение типа стружки. Условимся, что при этом стружколоматель не участвует в процессе стружкообразования, а силы, действующие по задней грани, постоянны. В этом случае возможно образование двух типов стружки: I тип [6] или многоугольная [2], когда вертикальная составляющая, действующая по передней грани резца, направлена вверх; III тип [6] или выпучивания [2], когда вертикальная составляющая направлена вниз.

Вопросы теории стружкообразования при продольно-торцовом резании древесины изложены в работах С. А. Воскресенского [2], Н. П. Рушнова [5], Ю. А. Калашникова [3] и др. Однако в них рассмотрены невсе возможные случаи действия сил по передней грани резца, кроме того, предлагаемые зависимости содержат коэффициенты, которые справедливы лишь для конкретного случая и определяются экспериментально. Так, в работах [3, 5] при расчете максимальной силы резания, действующей по передней грани резца P_{g_1} введен коэффициент добавочного сопротивления сдвига f_τ, имеющий различное значение при изменении углов резания δ, встречи с волокнами $\varphi_в$ и гидротермического состояния древесины.

Нами рассмотрены возможные случаи продольно-торцового резания древесины. При этом приняты следующие обозначения.

R_{c_1} — максимальная вертикальная составляющая, действующая по передней грани резца, Н/м;

N_g — максимальная нормальная сила, действующая по передней грани резца, Н/м;

T_g — максимальная сила трения, действующая по передней грани резца, Н/м;

S_{g_1} — максимальная результирующая сила, действующая по передней грани резца, Н/м;

$\sigma_{\perp}$ — напряжения растяжения поперек волокон, Па;

$\sigma_{в.р\perp}$ — предел прочности на растяжение поперек волокон, Па ($\sigma_{вр\perp} = 2 \cdot 10^6$ Па в тангентальном направлении при влажности $w \geqslant 30$ %);

$\tau_{\parallel}$ — напряжение сдвига вдоль волокон, Па;

$\tau_{в.с\parallel}$ — предел прочности на сдвиг вдоль волокон, Па ($\tau_{вс\parallel} = 7 \cdot 10^6$ Па в радиальной плоскости при $w \geqslant 30$ %);

$E_{\parallel}$ — модуль упругости древесины на изгиб в плоскости волокон, Па ($E_{\parallel} = 11 \cdot 10^9$ Па при $w \geqslant 30$ %);

$E_{\perp}$ — модуль упругости древесины на растяжение поперек волокон, Па ($E_{\perp} = 6{,}5 \cdot 10^7$ Па в тангентальном направлении при $w \geqslant 30$ %);

$E_{сж\parallel}$ — модуль упругости древесины на сжатие вдоль волокон, Па ($E_{сж\parallel} = 10{,}2 \cdot 10^9$ Па при $w \geqslant 30$ %);

G_{ra} — модуль упругости древесины на сдвиг вдоль волокон, Па ($G_{ra} = 26 \cdot 10^7$ Па в радиальном направлении при $w \geqslant 30$ %);

$\sigma_{в.см<}$ — предел прочности древесины на смятие под углом к волокнам, Па;

$\sigma_{в.сж\parallel}$ — предел прочности древесины на сжатие вдоль волокон, Па ($\sigma_{в.сж\parallel} = 2{,}84 \cdot 10^7$ Па при $w \geqslant 30$ %);

$\sigma_{в.сж\perp}$ — предел прочности на сжатие поперек волокон, Па ($\sigma_{сж\perp} = 2 \cdot 10^6$ Па в тангентальном направлении при $w \geqslant 30$ %);

K_1 — коэффициент пропорциональности при растяжении поперек волокон, $K_1 = 1{,}6$;

K_2 — коэффициент пропорциональности при сдвиге вдоль волокон, $K_2 = 2{,}0$;

f_g — коэффициент трения стружки по передней грани резца ($f_g = 0{,}15$ при $w \simeq 100$ %);

h — толщина стружки, мм;

l — длина стружки, мм;

β — угол заточки, град;

ψ — угол между силами P_{g_1} и S_{g_1}, град.

Первый случай. Вертикальная составляющая по передней грани резца R_{c_1} направлена вверх, т. е. происходит затягивание резца (рис. 1).

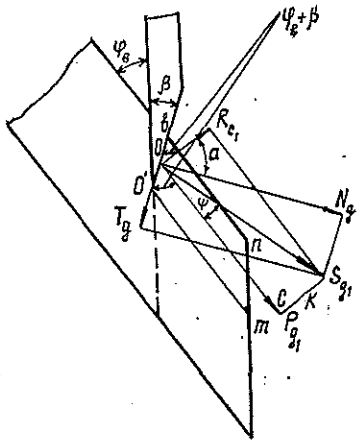


Рис. 1

Стружка отделяется по плоскости $O'm$ за счет напряжений растяжения поперек волокон $\sigma_{\perp}$, вызываемых силой R_{c_1}, и напряжений сдвига вдоль волокон $\tau_{\parallel}$ от силы P_{g_1}. Срез стружки $O'b$, соприкасающийся с передней гранью резца, подвергается деформации сжатия под углом к волокнам от максимальной силы S_{g_1}. Это приводит к отгибу волокон вверх с частичным расслоением при резании влажной древесины или излому в процессе обработки сухой и мерзлой древесины.

В момент, когда сила S_{g_1}, действующая по срезу стружки, достигнет значения, при котором возникают разрушающие напряжения в плоскости $O'm$, произойдет отделение элемента стружки.

Для выражения максимальных сил, действующих по передней грани резца в момент отделения стружки, воспользуемся зависимостями, которые предложены С. А. Воскресенским [2] и С. И. Кузьминым [4], применив в качестве модели резания балку на упругом основании:

$$R_{c_1} = 0{,}378\sigma_{\perp} h \sqrt[4]{\frac{E_{\parallel} K_1}{E_{\perp}}}; \tag{1}$$

$$P_{g_1} = \tau_{\parallel} h \sqrt{\frac{K_2 E_{сж\,\parallel}}{G_{ra}}}\, \mathrm{th}\, \alpha l, \tag{2}$$

где $\alpha = (1/h)\sqrt{G_{ra}/K_2 E_{сж\,\parallel}}$.

Согласно теории прочности анизотропного тела для плоской задачи, в момент отделения стружки, напряженное состояние выражается уравнением [7]

$$\left(\frac{\tau_{\parallel}}{\tau_{в.\,с\,\parallel}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\perp}}{\sigma_{в.\,р\,\perp}}\right)^2 = 1. \tag{3}$$

Запишем следующие зависимости между силами, действующими по передней грани резца [2]:

$$R_{c_1}/P_{g_1} = \mathrm{tg}\,\psi; \tag{4}$$

$$\mathrm{tg}\,\psi = \frac{1 - f_g\,\mathrm{tg}\,\delta}{f_g + \mathrm{tg}\,\delta}. \tag{5}$$

На срез стружки $O'b$ действует сила S_{g_1}, которую можно выразить через напряжения сжатия под углом к волокнам:

$$S_{g_1} = O'b\sigma_{в.\,см<} = \frac{h}{\sin(\varphi_в + \beta)}\sigma_{в.\,см<}. \tag{6}$$

Предел прочности древесины при сжатии под углом к волокнам определим по формуле М. В. Боярского [1]

$$\sigma_{в.\,см<} = \frac{\sigma_{в.\,сж\,\parallel}}{1 + \left(\frac{\sigma_{в.\,сж\,\parallel}}{\sigma_{в.\,сж\,\perp}} - 1\right)\left(\sin^2\psi - \frac{\sin^2 2\psi}{8}\right)}. \tag{7}$$

Из треугольника OCK определим зависимость между силами S_{g_1} и P_{g_1}:

$$S_{g_1} = P_{g_1}/\cos\psi. \tag{8}$$

Используя уравнения (6) и (8), получаем

$$P_{g_1} = \frac{h\cos\psi}{\sin(\varphi_в + \beta)}\sigma_{в.\,см<}. \tag{9}$$

Имеется шесть уравнений (1) — (3), (6), (7), (9), и шесть неизвестных (R_{c_1}; P_{g_1}; h; $\sigma_{\perp}$; $\tau_{\parallel}$; $\sigma_{в.\,см<}$). Решив систему уравнений, можно без проведения экспериментов теоретически определить все параметры продольно-торцового резания древесины.

Зависимость (7) дает некоторую погрешность, если угол резания значительно отличается от критического, когда $R_{c_1} = 0$ и $\operatorname{tg}\delta_{кр} = 1/f_g$, т. к. имеет место отгиб верхних волокон стружки на срезе $O'b$ при резании влажной древесины или излом их при резании сухой или мерзлой древесины.

Для решения приведенных уравнений относительно величины h, упростим формулу (2). Разложим гиперболический тангенс в ряд $\operatorname{th}\alpha l = \alpha l - \frac{(\alpha l)^3}{3} + \frac{2(\alpha l)^5}{15} - \ldots$ при $|\alpha l| < \frac{\pi}{2}$ и представим αl в виде

$$|\alpha l| = \frac{l}{h}\sqrt{\frac{G_{ra}}{K_2 E_{сж\,\parallel}}}.$$

По данным Ю. А. Калашникова [3] и Н. Хартлера [7], для острого резца отношение $l/h \simeq 6$, а по данным С. И. Кузьмина [4] при $l/h \geqslant 6$ коэффициенты K_1 и K_2 соответственно равны 1,6 и 2,0.

Тогда $|\alpha l| = 6\sqrt{\frac{26\cdot 10^7}{2\cdot 10{,}2\cdot 10^9}} = 0{,}676 < \frac{\pi}{2}$.

Примем $\operatorname{th}\alpha l$ равным двум первым членам ряда. Допускаемая погрешность составит 2,1 %, а уравнение (2) запишем как

$$P_{g_1} = \tau_{\parallel}\left(l - \frac{l^3}{3h^2}\,\frac{G}{K_2 E_{сж\,\parallel}}\right).$$

Используя уравнения (1) и (9), имеем

$$0{,}378\sigma_{\nparallel} h \sqrt[4]{\frac{E_{\parallel} K_1}{E_{\nparallel}}} = \frac{h\sin\psi}{\sin(\varphi_в + \beta)}\,\sigma_{в.\,см <}.$$

Отсюда

$$\sigma_{\nparallel} = \frac{\sin\psi\,\sigma_{в.\,см <}}{0{,}378\sqrt[4]{\frac{E_{\parallel} K_1}{E_{\nparallel}}}\,\sin(\varphi_в + \beta)} = A.$$

Напряжение сдвига вдоль волокон определим из уравнения (3):

$$\tau_{\parallel} = \frac{\sqrt{\tau^2_{в.\,с\,\parallel}\,\sigma^2_{в.\,р\,\nparallel} - A^2\tau^2_{в.\,с\,\parallel}}}{\sigma_{в.\,р\,\nparallel}} = B.$$

С учетом (1), (2) и (4) запишем

$$B\left(lh^2 - l^3\frac{G}{3K_2 E_{сж\,\parallel}}\right)\operatorname{tg}\psi = 0{,}378Ah^3\sqrt[4]{\frac{E_{\parallel} K_1}{E_{\nparallel}}}.$$

Обозначив

$$\frac{G}{3K_2 E_{сж\,\parallel}} = C \text{ и } \sqrt[4]{\frac{E_{\parallel} K_1}{E_{\nparallel}}} = D,$$

получим

$$B(lh^2 - l^3 C)\operatorname{tg}\psi = 0{,}378Ah^3 D$$

или

$$0{,}378ADh^3 - Bl\operatorname{tg}\psi h^2 + l^3 CB\operatorname{tg}\psi = 0. \qquad (10)$$

Решив уравнение третьей степени, определим h и остальные параметры процесса стружкообразования для первого случая продольно-торцового резания древесины.

Второй случай. Вертикальная составляющая R_{c_1}, действующая по передней грани резца, равна нулю. В этом случае $S_{g_1} = P_{g_1}$, т. е. угол резания равен критическому углу (рис. 2).

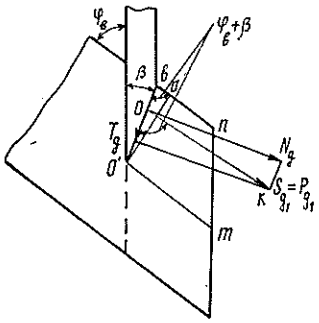


Рис. 2.

На срез $O'b$ действует сила P_{g_1}. На срезе $O'b$ волокна отгибаться не будут, так как $S_{g_1} = P_{g_1}$ и действует параллельно волокнам древесины.

Получаемая стружка является переходной от I к III типу.

Запишем зависимости (1), (2), (6), (10) для данного случая резания:

$$R_{c_1} = 0;$$

$$P_{g_1} = \tau_{в.\,с\,\parallel}\, h \sqrt{\frac{K_2 E_{сж\,\parallel}}{G_{ra}}}\, \operatorname{tg} \alpha l;$$

$$S_{g_1} - P_{g_1} - O'b\sigma_{в.\,см\,<} - \frac{h}{\sin(\varphi_в + \beta)}\sigma_{в.\,см\,<}.$$

Так как для этого случая $\sigma_{в.\,см\,<} = \sigma_{в.\,сж\,\parallel}$, то

$$P_{g_1} = \frac{h}{\sin(\varphi_в + \beta)}\sigma_{в.\,сж\,\parallel};$$

$$\operatorname{th} \alpha l = \alpha l - \frac{(\alpha l)^3}{3};$$

$$P_{g_1} = \tau_{в.\,с\,\parallel}\left(l - \frac{l^3}{3h^2}\frac{G_{ra}}{K_2 E_{сж\,\parallel}}\right)$$

или

$$\frac{\tau_{в.\,с\,\parallel}}{h^2}\left(lh^2 - l^3\frac{G_{ra}}{3K_2 E_{сж\,\parallel}}\right) = \frac{h}{\sin(\varphi_в + \beta)}\sigma_{в.\,сж\,\parallel};$$

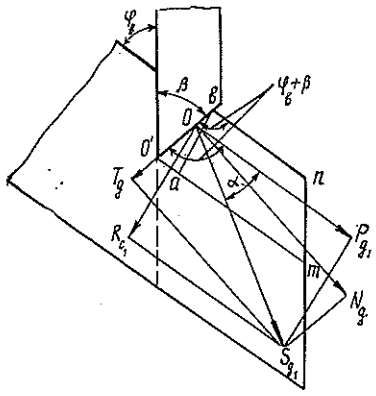
$$h^3\sigma_{в.\,сж\,\parallel} - h^2\tau_{в.\,с\,\parallel}\, l \sin(\varphi_в + \beta) + \tau_{в.\,с\,\parallel}\, l^3 \frac{G_{ra}}{3K_2 E_{сж\,\parallel}} \sin(\varphi_в + \beta) = 0.$$

Третий случай. Вертикальная составляющая R_{c_1}, действующая по передней грани резца, направлена вниз (рис. 3), т. е. происходит отжим резца. Под действием силы R_{c_1} стружка прижимается к неотрезанной части древесины (основанию балки), а сила P_{g_1} вызывает напряжения сдвига вдоль волокон.

В предполагаемой плоскости отделения стружки $O'm$ имеет место плоское напряженное состояние, в ней возникают напряжения сжатия поперек волокон и сдвига вдоль волокон. Срез стружки $O'b$ испытывает сжатие под углом к волокнам с одновременным отгибом волокон вниз

к основанию балки. Для данного случая резания характерна большая деформация сжатия среза стружки передней гранью резца, при этом угол встречи $\varphi_в > 50°$. Получаемая стружка относится к типу прерывистой.

Рис. 3.



Зависимость между напряжениями сжатия поперек волокон и сдвига вдоль волокон в момент отделения стружки по плоскости $O'm$ не определена, также неизвестны коэффициенты пропорциональности для данного плоского напряженного состояния, поэтому третий случай продольно-торцового резания на данный период может быть рассчитан только с использованием опытных коэффициентов.

Для этого случая зависимости (7) — (9) можно записать следующим образом:

$$R_{c_1}/P_{g_1} = \operatorname{tg}\psi; \quad S_{g_1} = P_{g_1}/\cos\psi;$$

$$P_{g_1} = \frac{h\cos\psi}{\cos(\varphi_в + \beta)}\,\sigma_{в.\,см\,<};$$

$$\sigma_{в,\,см\,<} = \frac{\sigma_{в.\,сж\,\parallel}}{1 + \left(\frac{\sigma_{в.\,сж\,\parallel}}{\sigma_{в.\,сж\,\perp}} - 1\right)\left(\sin^2\psi - \frac{\sin^2 2\psi}{8}\right)}.$$

Имеется три неизвестных (R_{c_1}, P_{g_1}, h) и два уравнения, т. е. система не решается.

Рассмотрим пример.

Исходные данные: порода — ель, $w = 60$ %, температура $t = +18$ °C, $\varphi_в = 41°$, $\beta = 35°$, скорость резания $v = 0{,}5$ м/с, $l = 22{,}9$ мм, $f_g = 0{,}205$.

Определим направление вертикальной составляющей R_{c_1}, действующей по передней грани резца, для чего найдем значение критического угла $\delta_{кр}$:

$$\operatorname{tg}\sigma_{кр} = 1/f_д = 1/0{,}205 = 4{,}878;$$

$$\delta_{кр} = 78°25'.$$

Для нашего случая $\delta = \varphi_в + \beta = 41 + 35 = 76° < 78°25'$, следовательно, R_{c_1} направлена вверх, т. е. имеет место первый случай продольно-торцового резания древесины.

Толщину стружки определим по уравнению (10), вычислив предварительно входящие в него коэффициенты.

Расчетная толщина стружки равна 4,5 мм, экспериментальная — 4,2 мм (по данным автора) и 4,0 мм (по данным Ю. А. Калашникова [4]). Силы $P_{g_1} = 125{,}6 \cdot 10^3$ Н/м и $R_{c_1} = 5{,}7 \cdot 10^3$ Н/м, отклонения от данных эксперимента составляют около 6 %.

Таким образом, предложенный метод расчета позволяет определить параметры получаемой стружки в зависимости от угла резания, влажности древесины и ее механических свойств, а также максимальные силы, возникающие в процессе резания. При дальнейшем совершенствовании теории стружкообразования продольно-торцового резания древесины необходимо учесть влияние радиуса затупления резца, переменного угла встречи с волокнами, скорости резания (инерционные силы), а также сил, действующих по задней грани резца.

Выводы

1. Полученные зависимости позволяют с достаточной точностью рассчитать параметры стружки и максимальные силы по передней грани резца для первого и второго случаев попутного продольно-торцового резания древесины с большими подачами на резец.

2. Предложенный метод расчета позволяет теоретически (без эмпирических коэффициентов) определить параметры процесса, что значительно расширяет возможности метода и позволяет управлять процессом данного вида резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Боярский М. В. К математическому описанию влияния наклона волокон на прочность древесины // Сб. по обмену произв. и науч. опытом.— Йошкар-Ола: Марийское областное НТО лесн. пром-сти, 1974.— Вып. 7.— 6 с. [2]. Воскресенский С. А. Резание древесины.— М.: Гослесбумиздат, 1955.— С. 40—50; 113—143. [3]. Калашников Ю. А. Исследование процесса затягивания древесины режущими ножами в дисковых рубительных машинах: Дис.... канд. техн. наук.— М., 1971.— 158 с. [4]. Кузьмин С. И. Теория стружкообразования при прямолинейном резании древесины вдоль волокон: Дис.... канд. техн. наук.— Харьков, 1952.—205 с. [5]. Рушнов Н. П. Исследование процесса элементообразования при резании древесины в рубительных машинах // Тр. ЦНИИМЭ.— 1969.— Вып. 98.— С. 70—85. [6]. Franz H. C. An Analysis of the Wood-Cutting Process: Ph. D. Thesis, Universily of Michiqan Press, Ann Arbor, 1958. [7]. Hartler N, Stade J. Chipper operation for improved chip quality // Svensk Pappersfidinq.— 1977.— V. 80, N 14.— P. 447—457.

Поступила 26 ноября 1991 г.

УДК 674.815-41

АКТИВНЫЕ СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ПОКОРОБЛЕННОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

С. М. ПЛОТНИКОВ

Сибирский технологический институт

Распространенным и трудноустранимым дефектом древесностружечных плит является покоробленность, которая может быть обусловлена внешними и внутренними причинами. К внешним относят изменение влажности окружающей среды, механические деформации плиты в процессе ее эксплуатации, складирования на неровной поверхности и т. д. Вызванную подобными причинами покоробленность снижают так называемыми пассивными способами: нанесением на поверхность плиты водостойких покрытий, выдержкой плиты в штабеле, деформированием плиты при одновременном температурно-влажностном воздействии [5]. Нами ранее [3] предложено регулировать начальную покоробленность

щитов из древесностружечных плит при помощи одно- или двухсторонней калибровки.

Внутренними причинами покоробленности являются несимметрия профилей плотности и влажности стружечных пакетов относительно нейтральной плоскости, неодинаковая сошлифовка наружных слоев, несимметрия температур нагревательных плит прессов и т. д. Последнее вызвано дополнительным прогревом нижней части стружечного пакета, происходящим между загрузкой его в пресс и смыканием пресса, большим нагревом верхней прессующей поверхности по сравнению с нижней за счет свободной конвекции горячего воздуха и др. Кроме того, внутренние причины могут быть искусственно заложены в плитах для горизонтальных несущих элементов с несимметричной структурой, за счет которой возможно создание равной прочности слоев, а также экономия связующего или древесного сырья без потери прочности плит на изгиб.

Анализ процесса коробления, обусловленного внутренними причинами приведен в [4]. Используя его результаты, можно решать задачу синтеза покоробленности плиты. Она заключается в том, чтобы целенаправленно задавать такую несимметрию структурного, влажностного или температурного режимов, которая компенсировала бы покоробленность плиты, вызванную технологическим режимом.

Если несимметрию температуры можно создавать в самом прессе, влажности — непосредственно перед прессом (например, за счет незначительного дождевания верхней поверхности пакета), то несимметрия структуры образуется только на участке формирования. Продолжительность прохождения древесно-клеевой композиции от участка формирования до раскрытия пресса и фиксации покоробленности плиты значительная (более 20 мин), поэтому система устранения покоробленности за счет несимметрии структуры имела бы большую инерционность.

В работе [7] отмечено, что процесс коробления протекает по экспоненциальному закону. Измерив покоробленность уже через несколько минут после выгрузки плиты из пресса, можно достаточно точно оценить будущую покоробленность остывшей плиты. Данный принцип положен в основу двух активных способов уменьшения покоробленности плит [1, 2] за счет несимметрии влажностного и температурного режимов, которые рассмотрены в данной работе.

Первый способ заключается в том, что в зависимости от измеренной через 5 ... 40 мин после выгрузки плиты из пресса значения покоробленности Δf (стрелы прогиба в центре плиты на пересечении диагоналей) при последующем формировании трехслойного ковра создают разность влажности (%) между его наружными слоями, согласно выражению

$$\Delta u = \left(1 + \frac{4{,}50}{t}\right) \frac{0{,}306}{b} h^{3{,}60} \rho^{-1{,}58} \Delta f^{1{,}07}. \qquad (1)$$

Здесь t — период между выгрузкой плиты из пресса и моментом измерения ее покоробленности, мин;
b — длина стороны измеряемой плиты, мм;
h — толщина измеряемой плиты, мм;
ρ — плотность изготовляемой плиты, г/см^3.

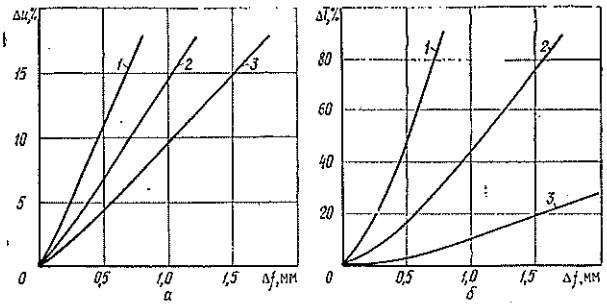
Более влажным формируют наружный слой, в сторону которого изогнута середина готовой плиты. Например, при изгибе середины плиты вверх влажности верхнего и нижнего наружных слоев вычисляются по формулам

$$u_в = u_{ср} + \frac{\Delta u}{2}; \quad u_н = u_{ср} - \frac{\Delta u}{2}. \qquad (2)$$

Средняя влажность наружных слоев $u_{ср} = \frac{1}{2}(u_в + u_н)$ остается неизменной.

В результате разности влажности наружных слоев ковра стружка в них находится на разных стадиях разбухания. При прессовании такого ковра связующее в наружных слоях отверждается неодновременно. В плите возникают внутренние механические напряжения. Они уравновешиваются сразу после раскрытия пресса за счет коробления плиты: середина плиты выгибается в сторону более сухого слоя. Это можно объяснить тем, что либо стружка этого слоя продолжает набухать, либо стружка противоположного слоя, потеряв большую часть влаги при прессовании, сокращается в объеме. Конечное значение происходящего коробления, вызванного двумя причинами, практически равно нулю.

На рис. *а* представлены зависимости Δu (для трехслойного стружечного ковра со средней влажностью 12 % при соотношении слоев 1 : 3 : 1) от Δf (для плиты толщиной 16 мм, форматом 1000 × 500 мм), измеренной через 20 мин после выгрузки плиты из пресса.



Зависимость разности влажности Δu между наружными слоями трехслойного стружечного ковра (*а*) и разности температуры между прессующими поверхностями ΔT при средней температуре 160 °С (*б*) от покоробленности Δf готовой плиты при различной средней плотности плиты: *1* — 0,5; *2* — 0,7; *3* — 0,9 г/см³

Второй способ характеризуется тем, что при прессовании плит создают разность температур (°С) прессующих поверхностей, значение которой вычисляем по формуле

$$\Delta T = \left(1 + \frac{4{,}50}{t}\right) \frac{7{,}51}{b} h^{3{,}60} \rho^{4{,}28} \Delta f^{1{,}36}. \quad (3)$$

Задают более высокую температуру той прессующей поверхности, в сторону которой изогнута середина готовой плиты. Например, при изгибе середины плиты вверх температуры верхней и нижней прессующих поверхностей должны быть равны:

$$T_в = T_{ср} + \frac{\Delta T}{2}; \quad T_н = T_{ср} - \frac{\Delta T}{2}. \quad (4)$$

При этом средняя температура прессования $T_{ср} = \frac{1}{2}(T_в + T_н)$ остается неизменной.

В результате разницы температур между прессующими поверхностями перенос теплоты парогазовым давлением внутрь пакета неодинаков относительно центральной горизонтальной плоскости. Связующее в верхних и нижних слоях пакета отверждается также неодновременно, вызывая покоробленность плиты.

На рис. *б* представлены зависимости необходимой разности температур ΔT между прессующими поверхностями (при средней температуре 160 °С) от Δf (для плиты толщиной 16 мм, форматом 1000 × 500 мм²), измеренной через 20 мин после выгрузки из пресса.

Сомножитель $(1 + 4{,}50/t)$ в уравнениях (1), (3) характеризует процесс коробления плиты во времени. Причем, чем позже сняты замеры, тем сильнее успевает деформироваться плита, тем меньше ее деформация в дальнейшем (тем меньше величина данного сомножителя). При $t = \infty$ этот сомножитель равен единице.

Достаточно точно корреляцию коробления с будущей деформацией плиты можно установить не менее чем через 5 мин после выгрузки плиты из пресса. Значения коэффициентов уравнений (1), (3) справедливы для реальных значений толщины изготовляемых плит (10 . . . 20 мм) и их плотности (0,5 . . . 0,9 г/см³). Формат плиты учитывается введением показателя *b*, т. к. величина покоробленности, согласно [6], подчиняется условию подобия: покоробленность плиты форматом 1000 × × 1000 мм в 2 раза больше, чем 500 × 500 мм при прочих равных параметрах.

В лабораторных условиях были изготовлены партии плит по 10 штук в каждой.

А. Плита трехслойная из промышленной сосновой стружки на карбамидоформальдегидном связующем толщиной 16 мм, форматом 1000 × 500 мм, плотностью 0,7 г/см³. Влажность наружных и внутреннего слоев исходного пакета составляет 15 и 10 %, массовое соотношение слоев в процентах — 15 : 60 : 25, температура прессования 160 °С.

Б. Условия изготовления и параметры плит те же, что и для *А*, но влажности слоев пакета составляют 25, 10 и 8 %.

В. Условия изготовления и параметры плит те же, что и для *А*, но температуры верхней и нижней прессующих поверхностей составляют 195 и 125 °С.

После выгрузки из пресса плиты выдерживали в горизонтальном состоянии, охлаждая приблизительно до 30 °С, после чего измеряли стрелу их прогиба. Средняя для 10 измерений покоробленность плит партий *А*, *Б* и *В* составила соответственно 2,8, 0,9 и 0,6 мм. Таким образом за счет определенной несимметрии влажности наружных слоев и разности температур прессующих поверхностей покоробленность существенно снизилась.

Проведенные исследования показали, что с помощью предложенных активных способов принципиально возможно значительное снижение или полное устранение покоробленности древесностружечных плит, независимо от причин, вызывающих коробление. При этом возможно сокращение выдержки плит в штабелях, что дает экономию производственных площадей. Представленные результаты могут быть использованы также при изготовлении специальных древесностружечных плит для горизонтальных элементов, которые обладают наибольшей прочностью на изгиб при определенной несимметрии структуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 1653960 СССР, МКИ 5 В 27 N 3/02. Способ изготовления древесностружечных плит / С. М. Плотников (СССР).— № 4697655 / 15 (22); Заявлено 29.05.89; Опубл. 7.06.91. Бюл. № 21 // Открытия. Изобретения.— 1991.— № 21.— С. 60. [2]. А. с. 1653961 СССР, МКИ 5 В 27 N 3/02. Способ изготовления древесностружечных плит / С. М. Плотников (СССР).— № 4698745/15 (22). Заявлено 29.05.89; Опубл. 7.06.91. Бюл. № 21 // Открытия. Изобретения.— 1991.— № 21.— С. 60. [3]. Базанов Л. Ф. Влияние технологических факторов на деформацию щитов из древесностружечных плит при облицовывании: Автореф. дис. . . . канд. техн. наук.— М., 1984.— 24 с. [4]. Плотников С. М. Исследование покоробленности древесностружечных плит с асимметричной структурой // Лесн. журн.— 1989.— № 1.— С. 49—53.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Поташев О. Е., Лапшин Ю. Г. Механика древесных

плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 112 с. [6]. Dobrowolska E., Neumüller J., Kuhne G. Entwicklung einer Messmethode zur Untersuchung der Formbeständigkeit von Spanplatten. Holztechnologie.— 1986.— N 6.— S. 316—319. [7]. Plotnikov S., Niemz P. Untersuchungen zum Einfluss ausgewähiter technologischer Parameter auf den Plattenverzug von Spanplatten // Holztechnologie.— 1988.— N 6.— S. 311—313.

Поступила 17 марта 1992 г.

УДК 674.812

УСИЛИЕ ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ КЛИНОМ

М. В. ЦЫХМАНОВ, В. В. ВОРОНИН

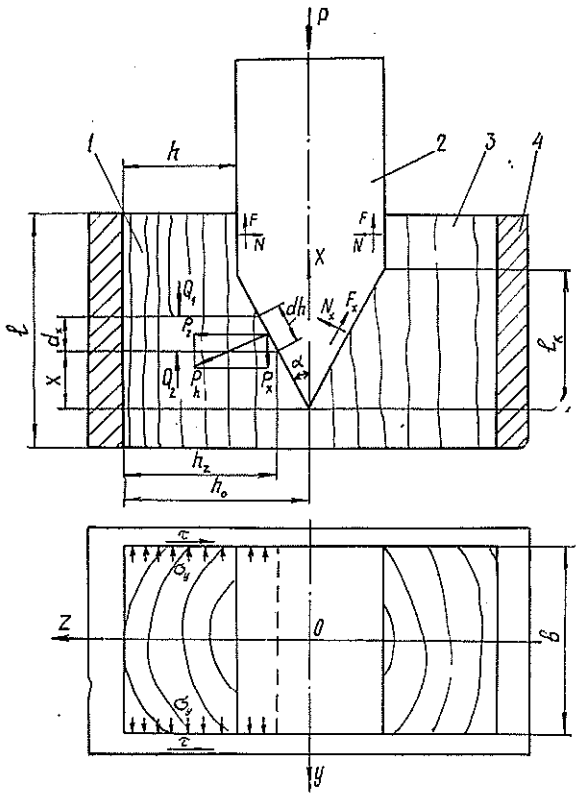
Воронежский лесотехнический институт

В термомеханическом модифицировании древесины наиболее распространено одноосное прессование в прессформах, для которого все технологические параметры достаточно подробно обоснованы [6].

Проведены многочисленные исследования, направленные на снижение усилий прессования древесины путем ее предварительной обработки аммиаком, карбамидом, нагреванием или пропариванием [1, 2, 5, 7].

Более рациональным является способ уплотнения прямоугольных заготовок в обойме внедрением клина [3, 4].

В данной работе приведен анализ необходимого для прессования древесины клином усилия, которое является важным энергетическим параметром при выборе типа и мощности прессового оборудования.



На рисунке представлена расчетная схема сил при прессовании древесной плиты. Согласно схеме в металлической обойме *4* расположены деревянные заготовки *1* и *3*. Клин в форме призматического пуансона *2* уплотняет древесину за счет внедрения под действием усилия P. Существуют два периода изменения P.

В первый период затрачивается усилие на внедрение клина и местное неравномерное прессование древесины с постепенным повышением степени прессования.

Для второго периода характерно наличие участков с максимальной степенью прессования древесины, а усилие дополнительно затрачивается на преодоление сил трения пуансона на этих участках.

В зоне клина усилие P уравновешивается нормальной силой N, силой трения F_x и суммарным значением удельных сил трения τ. В призматической части пуансон уравновешивается силой N и усилием трения F. Ось координат OX проходит в плоскости симметрии клина, а ось OZ — симметрично ширине брусков b. По длине бруска l выделяется бесконечно малый участок dx.

Принимаем следующие обозначения:

h_0 — начальная высота бруска;
h — высота бруска в спрессованном состоянии;
h_z — высота выделенного элемента бруска;
x — координата выделенного элемента бруска;
α — угол, образуемый рабочей поверхностью и продольной осью клина;
dx — длина выделенного элемента древесины;
dh — размер элемента древесины на рабочей поверхности клина;
Q_1, Q_2 — осевые силы, действующие на выделенный элемент древесины;
dQ — приращение осевой силы на длине выделенного элемента;
P_h — нормальное давление поверхности клина на элемент dh;
P_x — вертикальная составляющая P_h;
P_z — горизонтальная составляющая P_h;
dN_x — нормальная сила, действующая на элемент dh;
dF_x — сила трения элемента dh о поверхность клина;
$l_к$ — длина клина;
k — коэффициент трения пуансона о древесину;
ε — степень прессования древесины.

На выделенный элемент действуют:

осевая сила

$$dQ = Q_1 - Q_2. \tag{1}$$

сила, направленная по нормали,

$$dN_x = P_h dh b = P_h \frac{dx}{\cos\alpha} b; \tag{2}$$

сила трения по боковой поверхности элемента

$$dF_x = k dN_x = k \frac{P_h}{\cos\alpha} b dx. \tag{3}$$

Из условия равновесия выделенного элемента следует, что

$$dQ = dN_x \sin\alpha + dF_x \cos\alpha. \tag{4}$$

С учетом зависимостей (2) и (3), после преобразования получаем

$$dQ = bP_h (\operatorname{tg}\alpha + k)\, dx. \tag{5}$$

Из рисунка видно, что

$$P_h = P_z/\cos\alpha. \tag{6}$$

Решая совместно зависимости (5) и (6), имеем горизонтальную составляющую

$$P_z = \frac{dQ}{dx}\,\frac{\cos\alpha}{b\,(\operatorname{tg}\alpha + k)}. \tag{7}$$

Величина P_z зависит от ε и изменяется по высоте элемента h_z согласно теории прессования [6]:

$$P_z = a\,e^{c\varepsilon}, \tag{8}$$

где a и c — экспериментально устанавливаемые константы.

Для выделенного элемента переменная степень прессования

$$\varepsilon_z = (h_0 - h_z)/h_0. \tag{9}$$

По построению

$$h_z = h_0 - x\operatorname{tg}\alpha. \tag{10}$$

Тогда

$$\varepsilon_z = \frac{x}{h_0}\operatorname{tg}\alpha. \tag{11}$$

Выражение (11) позволяет для заданных значений ε и α назначать технологическую длину клина ($x = l_k$):

$$l_k = h_0\varepsilon/\operatorname{tg}\alpha. \tag{12}$$

С учетом формулы (11) закономерность (8) распределения давления, или горизонтальных напряжений в выделенном элементе dx, будет иметь вид

$$P_z = a\,e^{c\frac{x}{h_0}\operatorname{tg}\alpha}. \tag{13}$$

После совместного преобразования формул (5), (6) и (13) получена зависимость изменения приращения элементарной силы dQ:

$$dQ = ab\,e^{c\frac{x}{h_0}\operatorname{tg}\alpha}\,\frac{\operatorname{tg}\alpha + k}{\cos\alpha}\,dx. \tag{14}$$

Интегрируя dQ в пределах от 0 до l_x, имеем:

$$Q = ab\,\frac{\operatorname{tg}\alpha + k}{\cos\alpha}\int_0^{l_k} e^{c\frac{x}{h_0}\operatorname{tg}\alpha}\,dx = ab\,\frac{(\operatorname{tg}\alpha + k)\,h_0}{c\sin\alpha}\left(e^{c\frac{x}{h_0}\operatorname{tg}\alpha} - 1\right). \tag{15}$$

При внедрении клина происходит поперечная деформация древесины по оси Y, вызывающая боковое давление

$$\sigma_y = \mu P_z, \tag{16}$$

где μ — коэффициент поперечной деформации.

Давление σ_y приводит к действию удельных сил трения τ:

$$\tau = k\sigma_y = k\mu a\,e^{c\frac{x}{h_0}\operatorname{tg}\alpha}. \tag{17}$$

Суммарное значение сил трения о боковые стенки обоймы в период внедрения клина

$$R = 2\int_0^{l_k} \tau h_z dx = 2\int_0^{l_k} (h_0 - x\operatorname{tg}\alpha)\,\mu k a\,e^{c\frac{x}{h_0}\operatorname{tg}\alpha}\,dx. \tag{18}$$

В результате интегрирования получаем

$$R = 2\mu k a \frac{h_0}{c}\left[e^{c\frac{l_k}{h_0}\operatorname{tg}\alpha}\left(\frac{h_0}{\operatorname{tg}\alpha} - l_k + \frac{h_0}{c\operatorname{tg}\alpha}\right) - \frac{h_0}{\operatorname{tg}\alpha}\left(1 + \frac{1}{c}\right)\right]. \quad (19)$$

По вектору усилия прессования P действует составляющая

$$R' = R\operatorname{tg}\alpha. \quad (20)$$

После уплотнения древесины за счет внедрения клиновидной части призматического пуансона начинают нарастать силы трения, действующие на призматическую часть пуансона.

Принимая во внимание отсутствие релаксации прессующих давлений P_z и их неизменность по длине призматического пуансона, запишем

$$F = kP_z b l_x. \quad (21)$$

Наибольшее значение усилие F имеет в момент выхода клиновой части пуансона при $l_x = l - l_k$ (l — полная длина бруска).

Общее усилие прессования двух брусков симметричным клином с учетом зависимостей (15), (20) и (21) составит

$$P = 2(Q + R' + F). \quad (22)$$

Усилие сопротивления внедрению клина, или полное усилие прессования, рассчитанное по формуле (21), отличается от экспериментально измеренного не более чем на 15...20 %.

Расчеты по формулам производили с использованием ЭВМ при следующих значениях констант [6]: $a = 1{,}6$; $c = 7{,}0$; $k = 0{,}03$; $\mu = 0{,}15$.

Приведенные аналитические зависимости могут быть применены на практике при подборе мощности оборудования для прессования древесины клином.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Винник Н. И. Модифицированная древесина.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 157 с. [2]. Кытманов А. В. Двухстороннее прессование древесины при различных видах тепловой обработки.— М.: Наука, 1966.— С. 92—96. [3]. Положительное решение на заявку 4453764/15/103427. Устройство для прессования древесины / М. В. Цыхманов.— Принято 13.03.90. [4]. Положительное решение на заявку 4927195/15/023577. Способ получения прессованной древесины / М. В. Цыхманов.— Принято 13.03.91. [5]. Румба А. Э. и др. Изменение основных упругих деформативных характеристик уплотненной древесины березы, пропитанной аммиаком, в зависимости от ее плотности: // Науч. тр.— Л.: ЛТА, 1968.— Т. 123— С. 48. [6]. Хухрянский П. Н. Прессование древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 351 с. [7]. Щамаев В. А. Модифицирование лиственной древесины.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1980.— 26 с.

Поступила 9 марта 1992 г.

УДК 674.093.6-412.001.57

О ВЛИЯНИИ ДЛИНЫ РАСКРАИВАЕМЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОТЯЖЕННОСТИ БЕЗДЕФЕКТНЫХ УЧАСТКОВ

Ю. В. БУГАЕВ, С. Ю. КУЗНЕЦОВ

Воронежский технологический институт
Воронежский лесотехнический институт

Тенденция увеличения длины бездефектных участков при возрастании длины раскраиваемых досок широко известна, однако количе-

ственно эта связь не оценена. В данной работе выводится зависимость между длиной пиломатериалов и видом распределения выхода заготовок свободной длины.

Пусть ширина заготовок и досок совпадает, $f(x)$ и $F(x)$ — соответственно плотность и функция распределения расстояний между соседними недопустимыми в заготовках дефектами, m_x — математическое ожидание расстояния между дефектами, $\mu = 1/m_x$ — среднее число дефектов на 1 м. Тогда математическое ожидание числа дефектов на доске длиной L равно μL. Эти дефекты разбивают материал в среднем на $\mu L + 1$ бездефектных участков, среди которых в общем случае можно выделить три группы.

Участки первой группы совпадают по длине с пиломатериалом. Они возникают в том случае, если на доске нет ни одного дефекта. Вторая группа — крайние участки, один конец которых совпадает с торцом доски, а другой — с дефектом. Третью группу составляют срединные участки, имеющие ограниченные дефектами края.

Последовательность дефектов можно интерпретировать как стационарный поток случайных событий. Оценим математическое ожидание числа участков каждой группы на одной доске. Число участков первой группы определяется вероятностью P_0 того, что на доске длиной L не встретится ни одного дефекта. Из теории случайных потоков [1] известно, что

$$P_0(L) = 1 - \mu \int_0^L [1 - F(t)]\, dt.$$

Поскольку на доске может быть только один участок первой группы, математическое ожидание числа этих участков равно $P_0(L)$.

Появление участков второй группы возможно, если на доске будет хотя бы один дефект. Вероятность этого события равна $1 - P_0(L)$, число таких участков на одной доске — 2. Следовательно, математическое ожидание их выражается формулой $2[1 - P_0(L)]$.

Если всего на доске в среднем $\mu L + 1$ участков, то на долю участков третьей группы приходится $\mu L - 1 + P_0(L)$. Таким образом, участки каждой группы встречаются со следующими вероятностями:

$$p_1 = \frac{P_0(L)}{\mu L + 1};$$

$$p_2 = \frac{2[1 - P_0(L)]}{\mu L + 1};$$

$$p_3 = -\frac{\mu L - 1 + P_0(L)}{\mu L + 1}.$$

Найдем законы распределения длины участков каждой группы. Поскольку участки первой группы могут иметь длину только L, плотность распределения их протяженности

$$g_1(x) = \delta(x - L).$$

Здесь δ — дельта-функция Дирака.

Распределение длины участков второй группы совпадает с распределением времени ожидания наступления первого события в стационарном случайном потоке при произвольном начальном моменте [2]. С учетом того, что величина x не может превышать L, данная плотность определяется по формуле

$$g_2(x) = \frac{\mu[1 - F(x)]}{\mu \int_0^L [1 - F(t)]\, dt}. \qquad (1)$$

Длина участков третьей группы с учетом условия $x \leqslant L$ будет иметь плотность распределения вида

$$g_3(x) = f(x)/F(x).$$

Таким образом, длина бездефектных участков с вероятностями p_1, p_2, p_3 имеет плотности распределения $g_1(x)$, $g_2(x)$, $g_3(x)$. Следовательно, общая плотность вычисляется по формуле

$$g(x) = p_1 g_1(x) + p_2 g_2(x) + p_3 g_3(x). \tag{2}$$

Подставляя в (2) выражения для p_i и $g_i(x)$ и учитывая, что знаменатель формулы (1) совпадает с $1 - P_0(L)$, получаем при $0 \leqslant x \leqslant L$.

$$g(x) = \frac{P_0(L)\,\delta(x-L) + 2\mu\,[1 - F(x)] + [\mu L - 1 + P_0(L)]\,f(x)/F(L)}{\mu L + 1}. \tag{3}$$

При проверке формулы (3) с помощью имитационного моделирования и экспериментального исследования распеределения протяженности бездефектных участков заготовок штучного паркета на Бобровском лесокомбинате Воронежской области было получено хорошее совпадение.

Чтобы наглядно представить характер влияния L на вид кривой $g(x)$, предположим, что распределение расстояния между соседними дефектами описывается законом Эрланга:

$$f(x) = \lambda(\lambda x)^n e^{-\lambda x}/n!, \tag{4}$$

где λ — интенсивность случайного распределения, $\lambda = 10$;
n — порядок распределения, $n = 9$.

Математическое ожидание расстояния между дефектами в этом случае равно 1, среднее квадратичное отклонение — 0,316. Для закона Эрланга имеем:

$$P_0(L) = \frac{e^{-\lambda L}}{n+1} \sum_{k=0}^{n} (n - k + 1) \frac{(\lambda L)^k}{k!};$$

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda L} \sum_{k=0}^{n} \frac{(\lambda L)^k}{k!}.$$

Здесь b — переменная суммирования от 0 до n.

Графики $g(x)$ при различных L приведены на рисунке.

При раскрое пиломатериалов на заготовки заданных длин часть бездефектных участков будет короче, чем минимальная длина заготовок l_0. Вероятность появления таких участков, а следовательно, и основная доля потерь в кусковые отходы

$$Q = \int_0^{l_0} g(x)\,dx. \tag{5}$$

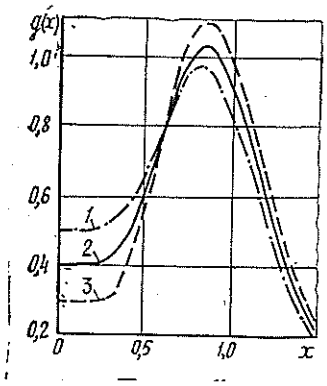
В том случае, когда $f(x)$ мало на интервале $[0, l_0]$, Q можно приближенно оценивать исходя из следующих соображений. В силу малости $f(x)$ значение $g(x)$ определяется вторым слагаемым числителя формулы (3), при этом $F(x)$ также мало.

Следовательно,

$$g(x) \approx 2\mu/(\mu L + 1).$$

Тогда с учетом (5) имеем

$$Q \approx 2\mu l_0/(\mu L + 1). \tag{6}$$



Плотность распределения протяженности бездефектных участков при различных значениях L: *1* — 3; *2* — 4; *3* — 6 м

В таблице приведена вероятность появления участков короче l_0, когда распределение расстояний между дефектами описывается законом Эрланга (4) ($l_0 = 0{,}5$ м).

L, м	Q, вычисленная по формулам	
	(5)	(6)
3	0,251	0,250
4	0,204	0,200
5	0,174	0,167
6	0,153	0,143

По результатам расчетов получены аналитические зависимости, позволяющие с учетом распределения расстояний между соседними дефектами, которые обусловлены «природным» качеством древесины, определять распределение протяженности бездефектных участков и долю кусковых отходов при различной длине доски. Это дает возможность рассчитывать спецификационный выход цельных заготовок и находить оптимальную, с точки зрения выхода продукции, длину раскраиваемых пиломатериалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гнеденко Б. В., Коваленко И. Н. Введение в теорию массового обслуживания.— М.: Наука, 1987.— 336 с. [2]. Основы кибернетики. Математические основы кибернетики. / Под. ред. К. А. Пупкова.— М.: Высш. шк., 1974.— 413 с.

Поступила 11 сентября 1990 г.

УДК 674.815

МЕТОД ОПИСАНИЯ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ФРАКТАЛОВ

Г. М. ШУТОВ, М. И. КУЛАК

Белорусский технологический институт

Существующие методы теоретического описания прочности древесностружечных плит (ДСП) [7, 8] можно условно разделить на два класса. Первый основан на феноменологических методах механики сплошной среды применительно к средам с микроструктурой, а второй — на методах структурной теории прочности.

Особенность структуры ДСП в направлении, перпендикулярном пласти, такова, что каждый из подходов может дать удовлетворительное описание. Результаты во многом зависят от вида напряженного состояния. Поскольку в приповерхностных слоях плотность плиты максимальна и может в 1,5—2 раза превосходить плотность исходной древесины, то для расчета напряженных состояний, при которых больше нагружены наружные слои, оправдано использование феноменологических подходов. Внутренние слои имеют наименьшую плотность и в большей степени соответствуют представлениям о дисперсных материалах, для описания прочностных свойств которых применяются статистические методы.

Если рассматривать наружные и внутренние слои плиты как своеобразные предельные состояния структуры, то, естественно, возникает проблема переходной области. В этой связи основное требование, которому должна удовлетворять теория прочности — возможность учета полного набора структурных состояний или плотностей, присутствующих в ДСП. Из всех существующих статистических теорий в настоящее время только теория фракталов имеет возможность описывать переходные структурные состояния [10]. Указанная особенность обусловливает необходимость развития подхода, основанного на синтезе теории фракталов с одной из теорий прочности для определения прочностных свойств структур.

Необходимо также учитывать, что при оптимальных значениях параметров процесса смешивания стружки со связующим диаметр капель последнего составляет 8 . . . 10 мкм [11]. После нарезания на станках поверхность стружки представлена либо частично, либо полностью разрушенными стенками древесных клеток [15]. При этом «вскрытые» элементы клеток имеют размеры 10 . . . 30 мкм. Поскольку диаметр капель связующего сопоставим с размерами микронеровностей поверхности стружки, то можно считать клеевое соединение или клеевой шов по структуре близким к волокнистому композиту с нерегулярной матрицей в виде кластеров.

Прочность композиционного материала при условии, что основной вклад дают волокна, определяется из следующего выражения [12];

$$\sigma = \sigma_f (n_f + n_m E_m / E_f), \qquad (1)$$

где σ_f — прочность волокна;

n_f, n_m — соответственно объемные доли волокна и матрицы;

E_f, E_m — соответственно модули упругости волокна и матрицы.

Выражение (1) получено для непрерывных матрицы и волокон. При использовании его для определения прочности древесностружечных плит необходимо учитывать дискретный характер матрицы и волокон или контактов в плите. Учет данных факторов будем осуществлять с помощью известных в структурной механике плит коэффициентов: k — степень покрытия связующим поверхности контакта частиц [3, 9]; ω — степень контактности, равная отношению площади контактов к общей площади поверхности стружки [13]. Их произведение представляет собой общую относительную площадь контактирования частиц по клеевому слою.

Таким образом, прочность древесностружечной плиты в слоях, соответствующих максимуму плотности, можно определить как

$$\sigma = \sigma_д k \omega (n_д + n_c E_c / E_д). \qquad (2)$$

В формуле (2), по сравнению с (1), параметры, относящиеся к волокнам, обозначены как параметры древесины (индекс д), параметры матрицы — как параметры связующего (индекс с).

Необходимо иметь в виду, что в клеевом соединении сумма объемных долей связующего и волокон древесины из (2) не равна единице, поскольку, как уже обсуждалось выше, связующее не образует сплошную матрицу. Поэтому при суммировании необходимо учитывать объемную долю третьего компонента — пор, образованных при вскрытии и разрушении стенок древесных клеток [14, 15].

Для расчета указанных концентраций определим объемную долю клеевого слоя в ДСП без учета размещенного в нем связующего. Площадь поверхности древесной частицы длиной l, шириной b и высотой h

$$s = 2(lb + lh + bh). \tag{3}$$

Как свидетельствуют результаты микроскопии [14, 15], толщина слоя, вскрываемого при нарезании стружки и доступного для проникновения связующего порядка диаметра древесной клетки a_i. Поэтому объем клеевого слоя одной частицы

$$v = 2a_i(lb + lh + bh). \tag{4}$$

Общий объем клеевого слоя V в объеме стружки $V_{ст}$

$$V = 2a_i V_{ст}(lb + lh + bh)/lbh. \tag{5}$$

Объемная доля клеевого слоя $n_{к.с}$ при объемной доле стружки в плите $n_{ст}$

$$n_{к.с} = 2a_i n_{ст}(lb + lh + bh)/lbh. \tag{6}$$

Для того чтобы определить, какая часть $n_{к.с}$ приходится на древесину, а какая на поры, необходимо рассмотреть задачу пересечения древесной клетки случайной плоскостью, параллельной ее оси. Такая процедура по сути является геометрической моделью операции деления клетки в процессе стружкообразования. В этом случае доля сечения, приходящаяся на древесину

$$s_д = 4b_i(1 - b_i/a_i)/a_i. \tag{7}$$

Объемные доли находящихся в клеевом слое древесины пор и связующего найдем по следующим формулам:

$$n_{д,к} = n_{к.с} s_д; \tag{8}$$

$$n_{п,к} = n_{к,с}(1 - s_д); \tag{9}$$

$$n_{с,к} = \omega n_{с.п}, \tag{10}$$

где $n_{с.п}$ — объемная доля связующего в древесностружечной плите.

Для конкретных вычислений по (6) — (10) использованы усредненные данные о микроструктуре сосны [2]: $a_i = 25$ мкм, $b_i = 3{,}5$ мкм. Объемная доля связующего в ДСП принята равной 0,04. Средневзвешенные размеры стружки вычислены по известным методикам [8] с учетом распределения ее фракций и размеров в реальном стружечном потоке: $l = 8{,}44$ мм, $b = 1{,}28$ мм, $h = 0{,}32$ мм. Объемные доли компонентов клеевого слоя в этом случае для $n_{д.к}$ составляют 0,397, для $n_{с.к}$ — 0,172, для $n_{п.к}$ — 0,431. Таким образом, суммарная объемная доля древесины и связующего в клеевом слое равна 0,57.

Экспериментальные данные [13] показывают, что физически значимые величины степени контактности частиц в ДСП составляют порядка 0,7.

Степень покрытия связующим поверхности контакта частиц изучалась достаточно тщательно [1, 3, 9]. Из простых вероятностных сообра-

жений следует, что она выражается через степень покрытия связующим всей поверхности частиц $k_п$:

$$k = 2k_п - k_п^2. \quad (11)$$

В работе [3] экспериментально установлена зависимость степени покрытия поверхности частиц от расхода связующего. При расходе 10 % она равна 0,37. По уравнению (12) получаем $k = 0{,}6$.

Как отмечалось выше, выражение (2) позволяет вычислять прочность ДСП в слоях, расположенных вблизи максимума плотности. При переходе вглубь плотность плиты уменьшается, соответственно возрастает доля порового пространства, что сказывается также на прочностных свойствах соответствующих слоев. Если рассматривать межстружечные поры в качестве третьего компонента макроструктуры плиты и использовать выражение (1) для определения прочности внутренних слоев плиты, то получается тривиальный результат — прочность слоя пропорциональна его плотности. Однако необходимо иметь в виду, что линейные соотношения (1) и (2) справедливы для малых значений объемной доли второго компонента. Для того чтобы обойти указанные трудности и иметь возможность вычислять распределение прочности в плите при любых законах изменения ее плотности, разработана специальная алгоритмизированная пошаговая процедура. Рассмотрим ее более подробно применительно к ДСП.

Выделим мысленно в плите два лежащих рядом слоя. Характеристики слоя, имеющего более высокую плотность, обозначены индексом 1, а слоя с более низкой плотностью — 2. Структура 2 получается добавлением к структуре 1 некоторого количества пор, однако, как уже указывалось, построить на этой основе алгоритм вычисления распределения прочности не удается. Если состояния обратить и рассматривать 2 в качестве исходного, то 1 получается из 2 добавлением древесных частиц в количестве $\Delta n_2 = n_1 - n_2$. В этом случае из (1) следует, что прочность слоя 1

$$\sigma_1 = \sigma_2 [1 - \Delta n_2 + \Delta n_2 E_д / E_2[. \quad (12)$$

Поскольку расчет ведется от состояний с максимумом плотности, то в (12) σ_1 известно. Таким образом, прочность слоя 2

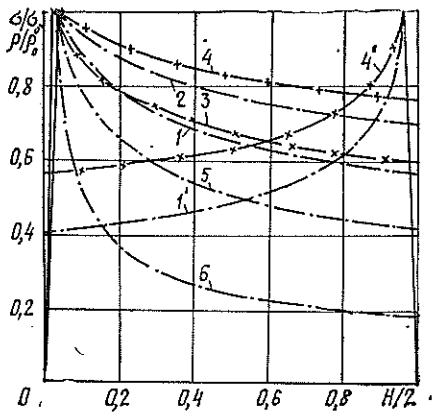
$$\sigma_2 = \sigma_1 / [1 - \Delta n_2 + \Delta n_2 E_д / E_2]. \quad (13)$$

Для некоторого произвольного слоя i

$$\sigma_i = \sigma_{i-1} / [1 - \Delta n_i + \Delta n_i E_д / E_i]. \quad (14)$$

При последовательном прохождении от поверхности до центра плиты, получаем распределение прочности слоев. Шаг контролируем по закону распределения плотности и выбираем таким, чтобы выполнялось условие $\Delta n_i < 0{,}1$.

Законы распределения прочности и плотности в древесностружечных плитах представлены на рисунке. Показатели приведены в относительных безразмерных единицах: плотность — в единицах максимума плотности, прочность — в единицах прочности древесины. Расстояние до пласти плиты H выражено в безразмерных единицах половины ее толщины. В таком представлении графики имеют универсальный характер и справедливы для любого вида нагружения (растяжение, изгиб и т. д.). Возможность вычислять прочность для различных видов напряженного состояния с помощью одной процедуры является одним из достоинств предлагаемого подхода, поскольку в существующих теориях [7, 8] для всех видов напряженного состояния используются свои формулы, причем связи между ними не всегда просматриваются.



Сопоставив распределение плотности и прочности, можно заключить, что имеет место пропорциональность: при увеличении плотности растет и прочность плит. Вместе с тем по наклонам кривых видно, что функционально эти зависимости различаются. Прочность с переходом к внутренним слоям плиты уменьшается медленнее, чем плотность, поскольку существенное значение имеет не только сам факт наличия материала, но и структура, в которую он организован.

Плиты, полученные в лабораторных условиях (кривые *1—3*), имеют меньшую прочность, чем плиты промышленного изготовления (кривая *4*). Кривые *1* и *2* показывают диапазон изменения прочности плит, имеющих одинаковые значения интегральной плотности.

В плане технологического приложения разработанный подход расчета прочности может быть использован для оперативной диагностики прочностных свойств плит в рамках метода неразрушающего контроля [5]. В качестве иллюстрации его возможностей на рисунке приведено распределение прочности в плитах, изготовленных на Красноярском КИСК (кривые *5* и *6*). Экспериментальные данные о распределении плотности (кривые *1′, 4′* взяты из работы [4], в которой анализируется конкретная производственная ситуация, связанная с тем, что плиты имеют дефект структуры, уменьшающий прочность на растяжение перпендикулярно пласти в три раза по сравнению с требованиями ГОСТ. Кривые *1, 4* и *1′, 4′* отображают прочность и плотность одних и тех же образцов плит.

Используя фрактальный подход для анализа их структуры и прочности, можно заключить, что, хотя плиты имеют допустимые значения интегральной плотности (690 . . . 705 кг^3/м), аномально низкие значения фрактальной размерности макроструктуры [6] ($D = 2{,}67$ и $D = 2{,}42$) указывают на ее нарушение. Распределение прочности свидетельствует о том, что прочность внутренних слоев в 2,5—3 раза ниже допустимой.

Таким образом, на основе теории фракталов разработан метод, который дает возможность непосредственно в технологическом потоке оперативно получать информацию о структуре, упругих, деформационных и прочностных свойствах ДСП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Анисова Н. П. Исследование влияния структурно-механических и технологических факторов на физико-механические свойства древесностружечных плит: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Красноярск, 1973.— 20 с. [2]. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.—296 с. [3]. Векслер А. К. Исследование процесса проклеивания древесных стружек распыленным связующим: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— М., 1969.— 25 с. [4]. Кон-

дрючий А. И., Ковальчук Т. А., Балтер Н. П. Исследование послойной плотности древесностружечных плит при бесподдонном способе прессования // Научно-технический и социальный прогресс лесопромышленного комплекса Восточно-Сибирского региона: Сб. ст — Красноярск, 1990.— Т. 2.— С. 92—94. [5]. Кулак М. И. Структурная механика древесностружечных плит // Деревообраб. пром-сть.— 1991.— № 3.— С. 21—22. [6]. Кулак М. И. Структурные аспекты фрактальной механики древесно-полимерных композитов // Известия АН БССР. Сер. физико-технических наук.— 1991.— № 2.— С. 18—22. [7]. Поздняков А. А. Прочность и упругость композиционных древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1988.— 136 с. [8]. Поташев О. Е., Лапшин Ю. Г. Механика древесных плит.— М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 112 с. [9]. Соснин М. И., Климова М. И. Физические основы прессования древесно-стружечных плит.— Новосибирск: Наука, 1981.— 193 с. [10]. Федер Е. Фракталы.— М.: Мир, 1991.— 254 с. [11]. Цывин М. М. Исследование процессов смешивания стружки со связующим в производстве древесностружечных плит: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1965.— 20 с. [12]. Чамис К. Микромеханические теории прочности // Композиционные материалы.— М.: Мир, 1978.— Т. 5.— С. 106—165. [13]. Шестакова З. Я. Исследование процесса контактирования древесных частиц при склеивании древесностружечных плит: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1973.— 19 с. [14]. Kühne G., Niemz P. Untersuchungen zur Struktur von Spanplatten // Holztechnologie.— 1980.— Bd. 21, N 3.— P. 139—144. [15]. Wilson J., Kramer R. Particleboard: microscopic observations of resin distribution and board fracture // Forest Products Journal.— 1976.— V. 26, N 11.— P. 42—45.

Поступила 11 декабря 1991 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.164.8.022.6.014.34 : 547.992.3

КОНЦЕПЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ПРИ ВАРКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Э. И. ГЕРМЕР

ВНПОбумпром

В настоящее время уже не вызывает дискуссии необходимость разработки и скорейшего внедрения новых экологически приемлемых способов получения целлюлозных полуфабрикатов, которые могли бы заменить традиционные и составить основу безотходной или малоотходной технологии. При этом от правильности подхода к исследованию химизма варки, в частности, ее основной составляющей — процесса делигнификации, в значительной степени зависит результативность способа, выбор путей его дальнейшего совершенствования и катализа.

До сих пор изучение химизма и механизма реакций, приводящих в процессе варки к делигнификации, главным образом базируется на идентификации продуктов превращения соединений, модельных основным структурам лигнина in situ. Важная и необходимая информация, получаемая при этом, позволяет, однако, лишь написать ряд реакционных схем, иллюстрирующих возможные, но не обязательно реализуемые в реальной варке пути превращения лигнина. Она мало что может сказать и о том, какие из этих реакций являются определяющими на отдельных стадиях процесса. Такая ограниченная информативность традиционных методов исследования химизма делигнификации — это следствие множества причин, приводящих к существенным отличиям в поведении изучаемых структур в модельных соединениях и в составе лигнина in situ. К ним прежде всего относятся взаимное влияние функциональных групп протолигнина, интра- и интермолекулярные связи отдельных структур, а также многочисленные связи между лигнином и другими компонентами древесины (преимущественно углеводами). Сразу после начала варки картина еще более усложняется вследствие разрушения одних и образования других функциональных групп, связей и т. д. Причем все это происходит при непрерывном взаимодействии их друг с другом в составе весьма сложной и специфической системы, какую представляет собой древесная лигно-углеводная матрица.

Достаточно серьезные ошибки в химизме делигнификации, установленном только на основе экспериментов с модельными соединениями, могут возникнуть из-за существенных различий в значениях ряда важнейших параметров режимов обработки моделей и варки. Например, весьма заниженная температура (для сохранения интермедиатов), завышенный гидромодуль обработки моделей, иной характер изменения pH и т. д.

Для получения более полной и объективной картины химизма делигнификации исследование модельных соединений стали дополнять изучением продуктов, полученных при обработке препаратов лигнинов, модельных протолигнину, или даже непосредственно древесины. Однако к существенному повышению достоверности химизма превращения лигнина это не привело, поскольку во многих случаях оказалось невозможно установить, какие именно структуры лигнина ответственны

за появление тех или иных продуктов. Кроме того, поведение препарата лигнина при обработке, моделирующей варку, существенно отличается от поведения лигнина in situ в самой варке отсутствием уже упоминавшихся связей с другими компонентами древесины, влияния локализации лигнина в конкретных морфологических элементах древесной лигно-углеводной матрицы, определяющей такие важные факторы, как доступность лигнина, его концентрацию, степень сшивки и даже химический состав [6]. В случае изучения продуктов варки непосредственно древесины дополнительные сложности возникают вследствие образования широкой гаммы одинаковых алифатических продуктов при деструкции не только лигнина, но и полисахаридов. Причем часть из них в условиях варки разрушается или появляется уже в щелоке.

Безусловно, общее развитие химии, использование современных инструментальных методов анализа и вычислительной техники, осознание роли физико-химических исследований в последние годы внесли значительный вклад в методологию изучения химизма и механизма делигнификации. В частности, эти методы стали шире сочетаться с кинетическими исследованиями, с изучением характера реагирующих частиц и т. п. Однако такой подход по-прежнему оставляет значительный элемент гипотетичности при установлении химизма делигнификации в реальном варочном процессе. Достаточно сказать, что на сегодняшний день нет единой теории, в рамках которой можно было бы без принципиальных допущений описать как процесс формирования неоднородно сшитой надмолекулярной структуры лигнина в древесине, так и интересующие нас процессы его фрагментации и превращения при делигнификации [6, 12]. Плодотворность же использования кинетики для установления химизма и, особенно, механизма реакций, приводящих к делигнификации, тесно связана с решением проблемы описания истинной структурной организации лигнинов. Сегодня идет полезная, но не предвещающая конца дискуссия о преимуществах и недостатках нескольких кинетических моделей [4]. Применение результатов кинетических исследований для установления химизма делигнификации усложняется еще и тем, что делигнификации предшествуют весьма важные химические превращения лигнина в составе древесины. Методы кинетики способны лишь констатировать сам факт наличия этого скрытого процесса без сколько-нибудь подробной его характеристики.

Определение вида реагирующих частиц, важное для раскрытия механизма реакций, недостаточно информативно для выявления химизма делигнификации. Это связано с тем, что одни и те же реакции фрагментации и превращения лигнина могут быть реализованы как по гомолитическому, так и по гетеролитическому механизму с участием частиц разных видов.

Из вышеизложенного видно, что большая сложность объекта (лигнина), системы (древесины), в которой он локализован, и интересующего нас процесса (делигнификации) при взаимном наложении делают задачу установления химизма реальной варки гораздо более сложной, чем это многим представляется даже при использовании современных методов исследования, моделирования и обработки результатов.

Тем не менее, можно предложить методологию, которая позволяет из значительного числа возможных реакций лигнина выявить те, которые фактически имеют место в реальной варке и доминируют на отдельных ее стадиях. Для этого методы, используемые обычно при изучении химизма, необходимо дополнить исследованием изменения функционального состава лигнина на всем протяжении варочного процесса, что является отражением реакций, в которых он участвует по мере углубления варки. Работ такого плана немного. Подавляющее большинство исследователей ограничивается определением функционально-

го состава лигнина по завершении варки, но этого недостаточно для решения обсуждаемой задачи.

Предложенный нами подход будет особенно результативен для тех способов варки, при которых функциональный состав лигнина заметно меняется, в частности, для кислородно-щелочного (КЩ). Данный способ варки близок к промышленной реализации благодаря изобретению оригинального варочного аппарата [10].

Существует целый ряд условий, без выполнения которых предложенный подход может быть практически полностью дискредитирован. В частности, неполную или даже ошибочную картину можно получить, если при изучении изменения функционального состава лигнина идти традиционным путем, исследуя только лигнин, выделенный из щелока. Это становится ясно, если рассмотреть причины, по которым одна часть лигнина на данный момент варки еще находится в составе древесного остатка, а другая уже перешла в раствор. Даже если перечень причин ограничить только неодинаковой доступностью лигнина в разных морфологических элементах древесной ткани, то легко предположить, что более доступный лигнин может подвергнуться более глубокому превращению. Если же еще учесть возможность превращения лигнина и после его перехода в раствор, то различие между лигнином древесного остатка (ЛДО) и лигнином щелока (ЛЩ) усугубляется. На рис. 1, *а* справедливость изложенного иллюстрируется на примере изменения содержания СООН-групп в первой половине КЩ варки.

Однако на заключительной стадии варки возможна обратная картина: остаточный, трудно удаляемый ЛДО может претерпеть более глубокие изменения, чем соответствующий ему ЛЩ. Это происходит, по-видимому, вследствие того, что его невозможно удалить из твердой фазы на предшествующих стадиях варки или он оказался прочно связанным с углеводами древесного остатка. На рис. 1, *б* это показано на примере изменения содержания СО-групп.

Упомянутые расхождения в содержании тех или иных функциональных групп в ЛЩ и ЛДО, соответствующих одной и той же стадии варки, могут иметь место не только по величине и характеру изменения (см. рис. 1, *а* и *б*), но даже по направленности, как это видно из кривых изменения содержания фенольных гидроксилов (рис. 1, *в*).

Для получения более полных и правильных представлений о химизме делигнификации необходимо рассматривать совместно результаты изменения функционального состава ЛДО и ЛЩ. Только в этом

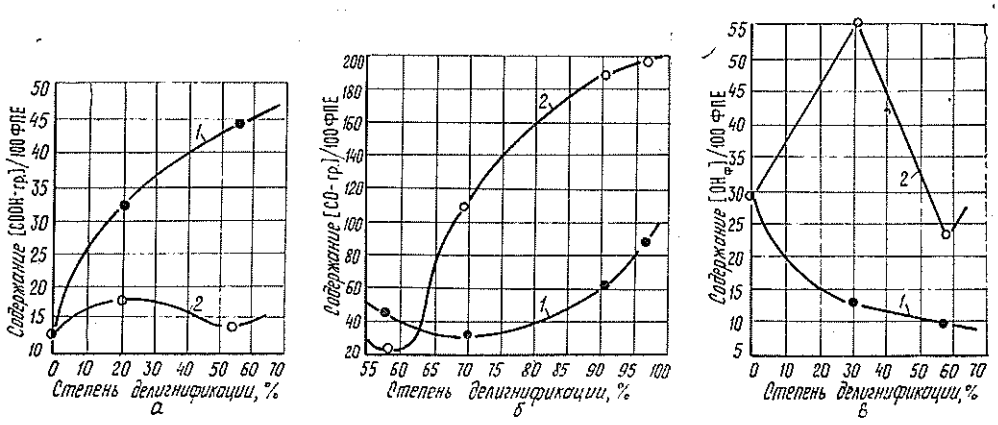


Рис. 1. Изменение при КЩ варке содержания СООН-групп (*а*), СО-групп (б), ОН$_ф$-групп (*в*) в лигнинах щелока (*1*) и древесного остатка (*2*): *а* — ель; *б*, *в* — осина; *а*, *в* — первая половина процесса; *б* — вторая половина процесса

случае появляется возможность более ясно понять направленность превращения лигнина на данной стадии варки и наблюдать процесс превращения лигнина в развитии.

Еще одним важным условием, выполнение которого необходимо для корректной реализации предлагаемой методологии, является представительность исследуемых препаратов ЛДО и ЛЩ. Оно гарантируется главным образом правильным выбором методики выделения лигнина из древесных остатков и щелоков. В первом случае вопрос может быть решен при использовании известных способов выделения лигнина из древесины: получение лигнина Бьеркмана, диоксанлигнина (лигнин Пеппера) в атмосфере азота, современные варианты ферментативного гидролиза полисахаридов с выходом продукта 80...90 %. Вследствие частичного повреждения древесной ткани в древесном остатке выделение из него лигнина может быть осуществлено более полно и в более мягких условиях, чем из древесины. Поэтому можно ожидать и меньшего изменения функционального состава лигнина при его выделении. Причем различие между протолигнином и лигнином, выделенным из исходной древесины будет меньше еще и потому, что часть легкогидролизуемых связей, обычно расщепляемых в процессе препаративного выделения лигнина из древесины (например некоторые простые бензилэфирные связи), в данном случае будет отсутствовать в ЛДО ввиду разрушения уже на данной стадии варки.

В исследованиях, иллюстрирующих положения настоящей работы, лигнин из древесных остатков выделяли в виде диоксанлигнина в атмосфере азота, очищенного от кислорода. При легком, относительно низкотемпературном ацидолизе, сопутствующем выделению диоксанлигнина, и при отсутствии кислорода исключается образование кетонов Гибберта и протекание процессов повышения молекулярной массы. Полученный препарат по функциональному составу и другим характеристикам практически не отличается от лигнина Бьеркмана, считающегося наиболее близким аналогом протолигнина.

Самостоятельной, весьма важной, а зачастую и достаточно сложной проблемой является получение представительных препаратов лигнина из щелоков различных стадий варки. Если для традиционных щелочных варок высаживание лигнина относительно легко осуществляется подкислением щелоков, то для варок, приводящих к осуществлению деструкции лигнина, в частности для КЩ варки, положение намного сложнее. В этом случае значительная часть ЛЩ приходится на долю относительно низкомолекулярных водорастворимых фракций, не высаживаемых даже в сильно кислой среде, или удаляемых при водной отмывке лигнина от низкомолекулярных продуктов его деструкции, углеводов и солей [5, 7]. Поэтому препараты лигнина, полученные из щелоков таких варок обычными способами, будут состоять преимущественно из относительно высокомолекулярных фракций, функциональный состав которых может существенно отличаться от состава ЛЩ в целом, причем не только количественно, но и даже качественно. Отличия возможны и по таким важным характеристикам, как степень конденсированности и ароматичности, загрязненность углеводами и солями и т. д. Выводы, сделанные на основе исследования таких препаратов и экстраполированные на весь ЛЩ, могут оказаться ошибочными. На рис. 2 сказанное выше иллюстрируется существенным различием не только в содержании CH_3O-групп, но и в направленности его изменения в процессе КЩ варки, наблюдаемой при анализе кислотно-высаженных лигнинов и лигнинов, в которых сохранены низкомолекулярные фракции [8].

Предлагаемая методология (с привлечением данных об изменении в процессе варки также ряда других свойств лигнина), дополнившая

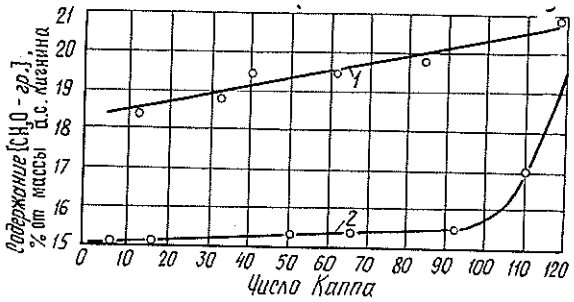


Рис. 2. Изменение при КЩ варке ели содержания CH_3O-групп в лигнине щелока: *1* — осаждение лигнина подкислением щелока до pH 1 в виде высокомолекулярной фракции; *2* — выделение лигнина без разделения на фракции в виде диоксанлигнина [8] с сохранением низкомолекулярных фракций

традиционные методы исследования химизма делигнификации, позволила из достаточно большого ряда реакций превращения и фрагментации лигнина, возможных при его оксигенировании в щелочной среде, определить те, которые реализуются в процессе КЩ варки и характеризуют основные ее стадии. Кроме того, выявлен ряд неизвестных ранее процессов [1, 9] и даны практические рекомендации по сокращению расхода кислорода на КЩ варку, позволяющие повысить выход целлюлозы и некоторые ее прочностные характеристики [2].

*Методика эксперимента**

В качестве объекта исследования была выбрана одноступенчатая КЩ варка (щелочной агент — карбонат натрия) с понижающейся в течение всего варочного процесса щелочностью (все количество основания, участвующего в варке, содержится в исходном растворе). Это достаточно типичный вариант одноступенчатой КЩ варки, поскольку даже при более оптимальных вариантах с поддержанием постоянного значения pH (обычно находящегося в диапазоне pH 8...9) в течение большей части варки, начальная ее стадия все равно проходит при снижении щелочности от исходного значения pH 10...13 (в зависимости от вида щелочного агента) до вышеуказанной величины, поддерживаемой в дальнейшем неизменной введением в систему свежего раствора варочного агента.

Варки выполняли в батарейной качающейся установке, имеющей три стальных автоклава вместимостью по 860 мл, каждый из которых снабжен автономным электрообогревателем. Древесный материал — стружка 15×20 (0,5...0,8) мм. Исходный раствор содержал 10 г/л Na_2CO_3, гидромодуль варки 20, продолжительность подъема 40 мин до температуры варки (160 ± 0,5) °С, продолжительность варки при конечной температуре зависела от требуемой степени делигнификации древесного остатка, исходное давление кислорода 1,47 МПа (кислород и варочный раствор подавали в автоклавы однократно перед началом нагрева), свободный объем автоклава заполнен кислородом на 40 %.

Лигнин из древесины и древесных остатков выделяли по Пепперу [11] в атмосфере очищенного азота. Препараты лигнина из щелоков получали по разработанной нами методике, целесообразной для любых варок, сопровождающихся заметной деструкцией лигнина [8].

В препаратах лигнина метоксилы определяли по Цейзелю — Фибеку — Шваппаху, карбонилы — оксимированием при 80 °С, карбоксилы — метилированием диазометаном с последующим омылением сложных метиловых эфиров, фенольные группы — методом дифференциальной ионизационной УФ-спектроскопии по Б. Д. Богомолову, Г. Б. Штрейсу и Е. Д. Гельфанду [3], несколько модифицированным нами.

* В экспериментах принимал участие О. В. Шагаев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гермер Э. И., Шагаев О. В. Взаимосвязь изменения функционального состава лигнина и делигнификации в процессе кислородно-щелочной варки целлюлозы // Тез. докл. 7-й Всесоюз. конф. по химии и использованию лигнина —Рига, 1987.— С. 94—97. [2]. Гермер Э. И., Шагаев О. В. Экологически безопасный кислородно-щелочной способ варки: повышение прочностных свойств и выхода полуфабриката при сокращении расхода кислорода // Бум. пром-сть.— 1989.— № 2.— С. 8—9. [3]. Закис Г. Ф. Функциональный анализ лигнинов и их производных.— Рига, 1987.— 230 с. [4]. Зильберглейт М. А., Резников В. М. Принципы кинетической оценки превращений лигнина в химических реакциях // Химия древесины.— 1988.— № 6.— С. 62—68. [5]. Изменение химического состава щелоков кислородно-щелочной варки древесины. 2. Групповой состав эфироизвлекаемых соединений / Л. Н. Петрушенко, С. А. Медведева, В. А. Бабкин и др. // Химия древесины.— 1980.— № 1.— С. 71—74. [6]. Кокоревич А. Г., Гравитис Я. А., Озоль-Калнин В. Г. Развитие склейлингового подхода при исследовании надмолекулярной структуры лигнина. Лигнин как фрактальный объект (Обзор) // Химия древесины.— 1989.— № 1.— С. 3—24. [7]. Пасечник Н. И., Грушенко М. М. Методика выделения лигнина из щелоков кислородно-щелочной делигнификации // Химия древесины.— 1980.— № 4.— С. 111—112. [8]. Шагаев О. В., Гермер Э. И. Изучение кислородно-щелочного лигнина. 4. Получение представительных препаратов лигнина из щелоков // Химия древесины.— 1991.— № 1.— С. 81—86. [9]. Germer E. I., Shagaev O. V. Conversion of lignin in a process of real oxygen-alkaly pulping // 5-th Intern. Symp. on Wood and Pulping Chemistry.— Raleigh, NC, USA, 1989.— Poster sessions.— P. 71—82. [10]. Oxygen-alkaly delignification of wood / L. O. Joffe, Yu. S. Ivanov, Yu. P. Vorobyev и др. // Pulp and Paper International.— 1989.— N 12.— P. 50—52. [11]. Pepper I. M., Baylis P. E. T., Adler E. The isolation and properties of lignins obtained by the acidolysis of spruce and aspen woods in dioxanewater medium // Can. J. Chem.— 1959.— Vol. 37.— P. 1241—1248. [12]. Yan I. F. Kinetics of delignification: a molecular approach // Science.— 1982.— Vol. 215, N. 4538.— P. 1390—1392.

Поступила 24 января 1992 г.

УДК 541.64 : 543.42

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОТВЕРЖДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Н. И. КОРШУНОВА, В. В. ГЛУХИХ, С. А. ОРЛОВ, В. М. БАЛАКИН

Уральский лесотехнический институт

В производстве древесных композиционных материалов во всем мире широко используют связующие на основе термореактивных карбамидоформальдегидных олигомеров (КФО). Изделия из них имеют высокий уровень выделения токсичного формальдегида и неудовлетворительную устойчивость к термогидролитической деструкции.

Известно, что на свойства полимерных композитов значительное влияние оказывает структура отвержденного полимера, которая, в свою очередь, зависит от химического строения исходных компонентов, направления и скоростей реакций отверждения связующего.

Установлено [1], что использование для отверждения КФО вместо хлористого аммония (ХА) реагента ОХА, выпускаемого Нижнетагильским ПО Уралхимпласт (ТУ 6-00-5651766-2—88) и содержащего до 5 % мас. полиэтиленполиаминов, позволяет изготавливать древесностружечные плиты и фанеру пониженной токсичности.

Цель данной работы — изучить структуры продуктов отверждения промышленных образцов КФО в композиции с ХА и реагентом ОХА методом ИК-спектроскопии.

При исследовании использовали промышленные образцы наиболее широко применяемых в производстве древесностружечных плит и фа-

неры олигомеров марок КФ-Ж, КФ-0, КФ-МТ-15, в технологии синтеза которых предусмотрено различное исходное мольное отношение формальдегида (Ф) и карбамида (К), равное 1,6; 1,3; 1,2. Отвердители (ХА и ОХА) также взяты из промышленных партий, поступающих на деревообрабатывающие предприятия.

Из КФО, 20 %-х водных растворов отвердителей и дистиллированной воды при перемешивании готовили смеси с содержанием в них 50 % мас. абс. сухих олигомеров. Количество отвердителя в смеси брали в соответствии с применяемыми в деревообрабатывающей промышленности рецептурами: 1 % ХА и 5 % ОХА от массы абс. сухого олигомера.

Связующие отверждали в термошкафу при обычном давлении и температурах 100, 130, 160 °С. ИК-спектры снимали на спектрофотометре «Specord IR-75» в области 2000...700 $см^{-1}$. Исходные олигомеры готовили для съемок в виде пленок на пластинках KRS-5, а отвержденные полимеры — в виде таблеток с KBr. Каждый эксперимент повторяли по 2—3 раза. Интерпретацию ИК-спектров и их обработку проводили по методикам, предложенным В. П. Пшеницыной и Н. Н. Молотковой [2], исходя из значений максимальной оптической плотности D_i полос поглощения в области характерных частот ν.

На рис. 1, *а* приведены ИК-спектры исходных КФО. Анализ спектров показывает, что независимо от марки промышленные образцы олигомеров содержат в своем составе следующие реакционноспособные группировки: циклические ($\nu = 810$ $см^{-1}$), метоксильные ($\nu = 900$ $см^{-1}$), метилольные ($\nu = 1020$ $см^{-1}$), метилольные производные карбамида ($\nu = 1360$ и $\nu = 1460$ $см^{-1}$), первичные и вторичные амидные (1250, 1550 и 1650 $см^{-1}$).

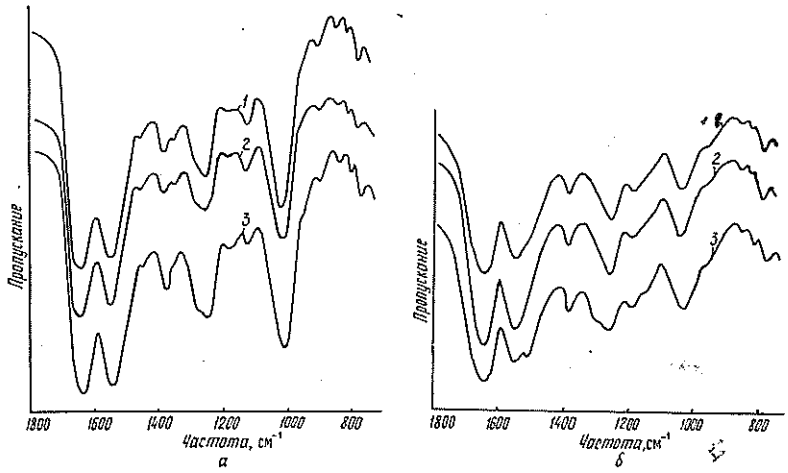


Рис. 1. ИК — спектры исходных (*а*) и отвержденных в течение 5 мин при температуре 100 °С в присутствии реагента ОХА (*б*) карбамидоформальдегидных олигомеров: *1* — КФ-МТ-15; *2* — КФ-О; *3* — КФ-Ж

ИК-спектры олигомеров, высушенных по методике [4], полностью аналогичны спектрам товарной формы КФО.

Абсолютные стандартные отклонения при определении содержания метилольных групп (МГ), метилолкарбамидов (МК), циклических структур (ЦС) и доли третичного азота (ТА) составили соответственно 1, 2, 0,8 мас. и 3 % отн. (относительного содержания всего азота в олигомерах).

Химический состав КФО, приведенный в табл. 1, рассчитан по следующим формулам [2]:

$$МГ = 40\,[D_{1020}/D_{1650} - 0{,}1\,(Ф : К)];$$

$$ЦС = 47{,}5 D_{810}/D_{1380};$$

$$МК = 127\,(D_{1360}/D_{1380} - 0{,}7);$$

$$ТА = (1 - D_{1150}/D_{1650})\,100.$$

Данные табл. 1 не позволяют говорить о том, что в промышленных образцах КФО наблюдается пропорциональная зависимость между мольным соотношением формальдегида и карбамида при синтезе олигомеров и содержанием в них реакционноспособных группировок. Следует отметить также, что КФ-0 и КФ-МТ-15 содержат в своем составе значительные количества низкомолекулярных метилольных производных карбамида.

Таблица 1

Марка КФО	Содержание группировок в КФО, % мас.			Доля ТА, % отн.
	МГ	МК	ЦС	
КФ-Ж	16	0	6,2	12
КФ-0	21	30	5,0	5
КФ-МТ-15	18	29	6,2	10

Анализ ИК-спектров продуктов структурирования КФО с отвердителями (рис. 1, *б* и данные рис. 2) показал, что для всех связующих заметные изменения содержания химических группировок происходят в течение 5 мин после начала нагревания. При этом низкомолекулярные МК и метоксильные группы полностью расходуются уже за 0,5 ... 1,0 мин после начала нагревания смеси КФО с отвердителями. По ходу процесса отверждения КФО наблюдаются колебания в содержании МГ и доли ТА в зависимости от продолжительности отверждения связующих [3], что объясняется конкурирующими реакциями гидролиза в отвержденных полимерах. Наличие в спектрах полос поглощения в области 1180 см$^{-1}$ и отсутствие их в области 1150 см$^{-1}$ свидетельствует о преобладании уроновых циклов в циклических структурах отвержденных полимеров.

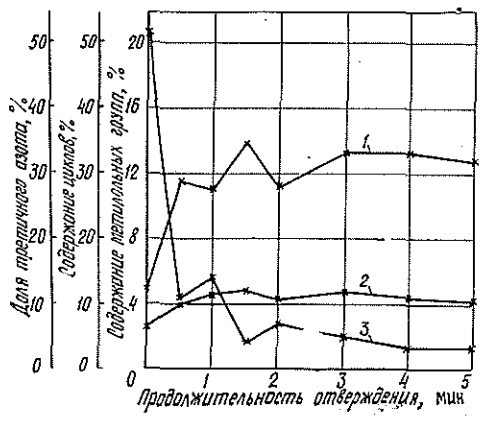


Рис. 2. Изменение доли ТА (*1*), содержания ЦС (*2*) и МГ (*3*) от продолжительности отверждения олигомера КФ-Ж в присутствии реагента ОХА при температуре 160 °С

Учитывая сложный и неодинаковый колебательный характер изменения некоторых группировок отвержденных КФО в начальный период структурирования, было решено сравнивать химический состав исходных и отвержденных олигомеров в течение 5 мин (табл. 2).

Таблица 2

Марка КФО	Отвердитель	Конверсия химических группировок КФО, % отн., при температуре отверждения, °С								
		100			130			160		
		МГ	ЦС	ТА	МГ	ЦС	ТА	МГ	ЦС	ТА
КФ-Ж	ХА	51	—37	—100	54	—31	—88	82	—94	—242
	ОХА	72	—115	—104	72	—53	—129	91	—77	—167
КФ-МТ	ХА	39	0	—60	32	3	—50	43	—17	—90
	ОХА	37	20	—70	34	48	—90	43	20	—230
КФ-МТ-15	ХА	33	—5	25	32	18	30	41	16	—15
	ОХА	19	34	60	34	26	10	33	100	40

Данные табл. 2 показывают, что наблюдается достаточно устойчивая связь между степенью конверсии МГ, долей ТА и содержанием ЦС в продуктах отверждения КФО с мольным соотношением формальдегида и карбамида при синтезе олигомеров.

Так, в ряду продуктов отверждения КФ-Ж, КФ-МТ и КФ-МТ-15 (при снижении Ф : К от 1,6 до 1,2) происходит уменьшение степени конверсии МГ, прироста доли ТА и ЦС. Такая тенденция наблюдается, с некоторыми исключениями для обоих отвердителей при всех исследованных температурах отверждения.

Продукты отверждения КФ-Ж, по сравнению с другими олигомерами, имеют бо́льшие степень конверсии МГ, прирост доли ТА и количества ЦС. Большинство продуктов отверждения КФ-0 и КФ-МТ-15 близки по характеру и степени изменения показателей состава, за исключением доли ТА, которая у отвержденных композиций с КФ-МТ-15, в отличие от других типов олигомеров, меньше, чем в исходном.

Температура отверждения наиболее заметно влияет на содержание МГ только в продуктах отверждения смолы КФ-Ж (с ростом температуры содержание МГ уменьшается), а также на увеличение доли ТА при отверждении КФ-Ж и КФ-0.

Выявлено влияние типа отвердителя на конверсию МГ при отверждении связующих на основе олигомера КФ-Ж и изменение содержания ЦС в продуктах отверждения олигомеров КФ-МТ и КФ-МТ-15. При этом использование реагента ОХА приводит к большей конверсии МГ и снижению содержания ЦС.

Аналогичные закономерности характерны для КФО, отвержденных на подложке из березового шпона при небольшом избыточном давлении.

Следует отметить, что метод ИК-спектроскопии не дает однозначного ответа о химическом строении КФО и продуктов их отверждения. Полученные данные лишь косвенно свидетельствуют о том, что закономерности влияния на выделение формальдегида из древесных композиционных материалов мольного соотношения формальдегида и карбамида при синтезе КФО, температуры отверждения и типа отвердителя обусловлены не только степенью сшивки макромолекул отвержденного полимера и концентрацией МГ, но и остаточным содержанием в них ЦС уронового типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Глухих В. В., Орлов С. А., Елсукова С. В. Оптимизация процессов получения малотоксичных древесностружечных плит // Технология древесных плит и

пластиков: Межвуз. сб.— Свердловск, 1989.— С. 69—75. [2]. Молоткова Н. Н. Функциональный состав олигомеров и его влияние на химическую структуру отвержденных мочевино-формальдегидных смол: Автореф. дис. ... канд. хим. наук.— М., 1988.— 21 с. [3]. Пшеницына В. П., Молоткова Н. Н., Шабадаш А. Н. О колебании концентраций метилольных групп при отверждении мочевиноформальдегидных олигомеров // Высокомолекулярные соединения.— 1986.— Т. 28, № 6.— С. 403—405. [4]. Christensen G. Analysis of functional groups in amino resins // Progr. Org. Coat.— 1980.— N 5.— P. 211—239.

Поступила 13 января 1992 г.

УДК 577.115.3

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ЖИРНЫХ КИСЛОТ ЛИСТЬЕВ КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО В ТЕЧЕНИЕ ЛЕТНЕГО ПЕРИОДА

И. Я. КИСЕЛЕВ

Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

В живых клетках листьев растений непрерывно протекает биосинтез жирных кислот (ЖК), которые расходуются на образование липидов (триглицеридов, фосфоглицеридов, гликоглицеридов и др.).

Фосфоглицериды, или фосфолипиды, являются структурными компонентами клеточных мембран. Они относятся к полярным липидам, имеющим высокое содержание ненасыщенных ЖК с C_{18} (олеиновая $C_{18:1}$, линолевая $C_{18:2}$, линоленовая $C_{18:3}$), двойные связи которых имеют *цис*-конфигурацию.

Такой состав ЖК мембранных липидов обусловливает низкую температуру фазового перехода из кристаллического в жидкокристаллическое состояние, подвижность структуры липидного биослоя и проницаемость клеточных мембран.

Клеточные мембраны химически не статичны и для поддержания постоянства их состава должен непрерывно протекать процесс обновления липидов [1, 3—6].

Цель данной работы — изучить изменение состава ЖК листьев древесных растений в течение летнего периода.

Для эксперимента выбрано одно дерево — клен остролистный, возраст около 30 лет, произрастающее на хорошо освещенном свободном пространстве в экологически чистом районе Ленинградской области.

Пробы листьев отбирали в середине каждого летнего месяца, до наступления осеннего оттока питательных веществ из листьев.

Для каждой пробы на южной и северной сторонах середины кроны дерева отбирали световые и теневые листья, смешивая их в равных по массе количествах.

Экстракцию липидов и свободных ЖК из усредненных по массе проб листьев проводили при помощи петролейного эфира по известной методике [2].

Суммарный состав связанных и свободных ЖК, выделенных из эфирного экстракта, определяли методом газожидкостной хроматографии, ЖК метилировали метиловым спиртом.

Для разделения метиловых эфиров ЖК использовали прибор Chrom-5 (Чехословакия) с колонкой, заполненной 5 %-м полиэтиленгликольадипатом на целите 545. Стандартом служила маргариновая кислота.

Качественный и количественный (в процентах по массе) состав ЖК листьев клена остролистного, полученный в течение летнего периода 1990 г., представлен в таблице.

Кислота	Содержание жирных кислот		
	Июнь	Июль	Август
Лауриновая C_{12}	3,2	3,5	4,1
Миристиновая C_{14}	1,7	1,4	1,8
Пальмитиновая C_{16}	14,5	15,1	12,7
Стеариновая C_{18}	1,8	2,3	34,6
Олеиновая $C_{18:1}$	30,6	28,2	3,3
Линолевая $C_{18:2}$	18,7	17,3	14,0
Линоленовая $C_{18:3}$	25,2	27,4	24,3
Арахидоновая $C_{20:1}$	5,3	4,8	5,2

Из приведенных в таблице данных видно, что листья клена содержат насыщенные (лауриновая, миристиновая, пальмитиновая, стеариновая) и ненасыщенные (олеиновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая) ЖК. Основными компонентами, входящими в состав ЖК, являются пальмитиновая, олеиновая, линолевая и линоленовая кислоты.

В июне и июле уровень содержания ненасыщенных ЖК в пробах листьев довольно высок (78...80 %). В августе наблюдаются количественные изменения — происходит резкое увеличение содержания стеариновой кислоты при почти неизменной сумме ЖК.

Вероятно, при определенных температуре, интенсивностях дыхания и фотосинтеза в молекулах липидов цепи ненасыщенных ЖК с C_{18} восстанавливаются по двойной связи и превращаются в цепи стеариновой кислоты. Можно предположить, что эта перестройка в условиях замедленного процесса обновления приводит к старению листьев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Добрынина В. И. Биологическая химия.— М.: Медицина, 1976.— 504 с. [2]. Кейтс М. Техника липидологии / Пер. с. англ.— М.: Мир, 1975.— 322 с. [3]. Крамер П. Д., Козловский Т. Т. Физиология древесных растений / Пер. с англ.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 464 с. [4]. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3 т. Т. 2. / Пер. с англ.— М.: Мир, 1985.— 368 с. [5]. Овчинников Ю. М. Биоорганическая химия.— М.: Просвещение, 1987.— 815 с. [6]. Основы биохимии / А. Уайт, Ф. Хендлер, Э. Смит и др. // Пер. с англ. под. ред. Ю. М. Овчинникова.— М.: Мир, 1981.— 532 с.

Поступила 16 апреля 1992 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 676.3.003.1

ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ПИСЧЕ-ПЕЧАТНОЙ БУМАГЕ

Г. В. КОВАЛЕНКО, Н. А. БАЕВА

Технологический институт ЦБП (г. Санкт-Петербург)

Развитие рыночных отношений в экономике приводит к появлению все большего числа организаций различных уровней, ориентированных на выполнение координационно-управленческих задач в самых разнообразных сферах предпринимательской деятельности. Для выполнения своих функций они предъявляют спрос на писче-печатную бумагу, в частности в целях организации документооборота.

Оценивать вероятную потребность таких структур в бумаге можно различными методами. Однако в любом случае нужно прежде всего анализировать механизм формирования величины этой потребности.

Нами проведен экономико-статистический анализ на основе данных о заявках на бумагу и ее фактическом потреблении региональными общественными организациями Ленинградской области в 1989 г. Эти структуры рассматривали только в одном аспекте — как организации бюрократического типа, продуктом деятельности которых является информация. Изучали прежде всего влияние экономических ресурсов общественной организации (численность, структура и основные производственные фонды) на величину заявляемой потребности в бумаге и ее фактическое потребление.

Количественные характеристики показателей по 18 организациям приведены в таблице.

Показатель	Значение показателя			Среднеквадратическое отклонение
	минимальное	максимальное	среднее	
Годовая заявляемая потребность в бумаге Y_1, кг	300	500	384	53
Годовое фактическое потребление бумаги Y_2, кг	325	588	498	66
Численность работников, чел:				
принимающих решения x_1	13	39	24	7
технических x_2	5	10	7	2
Стоимость, тыс. р.:				
основных средств x_3	69	149	103	24
оргтехники x_4	5,0	10,0	7,0	1,4
Доля оргтехники в общей стоимости основных средств x_5, %	4,6	9,4	7,0	1,6

Как видно из таблицы, значения показателей варьируются в сравнительно нешироком диапазоне: для всех соотношение максимальных и минимальных значений равно 2, кроме показателя «численность принимающих решения работников», для которого оно равно 3. В целом исследуемая совокупность организаций относительно однородна. Отме-

тим, что фактическое потребление бумаги в среднем на 30 % выше заявленной потребности.

Данные таблицы обработаны традиционным методом. Установлено, что зависимости между показателями и Y_1, Y_2 описываются следующими уравнениями регрессии:

$$Y_1 = 0{,}1503 + 0{,}0066x_1 - 0{,}00073x_2 + 0{,}0005x_3 + 0{,}0042x_5; \quad (1)$$

$$Y_2 = 0{,}0549 + 0{,}0088x_1 - 0{,}00359x_2 + 0{,}00103x_3 + 0{,}0118x_5. \quad (2)$$

Они проверены на адекватность по критерию Фишера, который равен соответственно 9,37 и 11,5, и характеризуются коэффициентом множественной корреляции 0,86 и 0,88.

Свободный член функции Y_1 практически в три раза больше, чем Y_2. Подобное соотношение свидетельствует о том, что оргструктуры считают свои потребности малодинамичными и не связывают их с фактическим потреблением бумаги. Подтверждением этого является аналогичное соотношение коэффициентов при x_5. При фактическом потреблении бумаги ее значительная часть «перерабатывается» оргтехникой, на 1 % стоимости которой в основных средствах приходится почти 12 кг бумаги. Соотношение коэффициентов при x_1, близкое к единице, показывает, что представления о возможностях работника «перелопачивать» бумагу приближаются к реальности, т. е. на 1 человека в год приходится около 9 кг. Заметим, что В. С. Соминский и Г. А. Бабинский полагают нормальное годовое потребление бумаги одним служащим 7,3 кг*. У коэффициентов при x_2 интересен, во-первых, знак минус. Казалось бы, должно быть наоборот, так как большинство технических работников — секретари-машинистки. Во-вторых, соотношение коэффициентов близко к пяти. Вероятнее всего, при наличии оргтехники в организационных структурах на технический персонал приходится меньшее количество бумаги. Можно сказать, что оргтехника «вытесняет» работников. Рельефнее всего это видно в уравнении, описывающем фактическое потребление. Наконец, из соотношения коэффицентов при x_3 следует, что фактически на один рубль основных средств, имеющихся в распоряжении организации, приходится в два раза больше бумаги, чем это учитывается в заявках.

Таким образом, полученные нами результаты позволяют утверждать, что у организационных структур бюрократического типа механизмы формирования заявляемой потребности и фактического потребления бумаги различны и слабо связаны друг с другом.

Возникает вопрос, а есть ли вообще пределы в потреблении бумаги оргструктурами? Для ответа на него были рассчитаны параметры полиномов второй степени для фактического потребления по показателям x_1, x_3, x_4:

$$Y_2 = \min \left\{ \begin{array}{l} 355{,}9 - 2{,}209x_1 + 0{,}902\Sigma x_1^2; \\ -13{,}86 + 7{,}085x_3 - 0{,}0256x_3^2; \\ 776{,}23 - 111{,}86x_4 + 8{,}55x_4^2. \end{array} \right\} \quad (3)$$

Из уравнений (3) следует, что рост численности ответственных работников и стоимости оргтехники провоцирует ускоренное возрастание потребности в бумаге. В то же время «физический объем» организации, характеризуемый величиной основных средств, ограничивает ее потребление.

* Бабинский Г. А., Соминский В. С. Вопросы прогнозирования потребностей в продукции целлюлозно-бумажной промышленности // Лесн. журн.— 1986.— № 5.— С. 97—101.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Можно отметить, что с количественным развитием организационной структуры в ней растет число источников информации, информационных связей и средств размножения информации. Все это в совокупности приводит к стремительному росту потребности в бумаге. Однако развитие внутренних и внешних информационных связей, усложнение их структуры наталкиваются на своеобразное сопротивление «физического объема» организации, который обусловливает существование определенного предела в способности данной организации потреблять бумагу.

В практическом плане из сказанного выше вытекают следующие выводы.

1. Оргструктуры часто имеют ошибочные представления о механизме формирования своих потребностей в бумаге и склонны их недооценивать.

2. Массовое развитие оргструктур, в том числе и малого бизнеса, как неизбежный процесс в создании рыночной инфраструктуры в экономике, провоцирует на первых порах ускоренный рост спроса на бумагу для бюрократических нужд.

3. Исходя из того, что прогнозируемое число малых фирм составляет 2...3 млн и на региональном уровне объединения малых предприятий включают в себя несколько десятков фирм, можно предположить, что потребность в бумаге для таких оргструктур в перспективе будет достигать 20...30 тыс. т в год. С учетом различного рода некоммерческих организаций эта величина возрастет, вероятно, в несколько раз.

4. У каждой оргструктуры имеется определенный предел в использовании бумаги, для преодоления которого необходимо ориентироваться на небумажные носители информации и на офисы, оснащенные современной техникой.

Поступила 29 декабря 1991 г.

УДК 658.014.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ОТРАСЛЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

А. О. БЛИНОВ

Леспромаудит

Главными направлениями на пути к рыночной экономике являются разгосударствление и приватизация, развитие широкой сети предприятий «малого бизнеса», международных предприятий и т. д. Вместе с тем частичное упразднение малоэффективных административно-командных методов управления не сопровождается реальным переходом к новым экономическим дееспособным методам.

Ближайшей задачей перестройки лесного комплекса на региональном уровне является создание условий для перехода на подлинные рыночные отношения. Содержанием прогрессивных преобразований в этот период должны стать определение и установление таких хозяйственных структур, форм и методов управления, которые обеспечили бы региональному лесному комплексу гарантии достижения целей его перспективного развития и наиболее эффективную и сбалансированную по ресурсам производственно-хозяйственную деятельность всех предприятий. При этом необходимо обеспечить гарантии прав и хозяйственной самостоятельности предприятий с различными формами собственности

в области производства и реализации всех видов лесобумажной продукции.

Рыночный механизм жизнеспособен лишь тогда, когда предприятие само планирует свою деятельность, основные показатели работы. К ним следует отнести:

1) товарный ассортимент (включая новый), издержки и цены;

2) методы, формы продажи, каналы реализации, исходя из товарного ассортимента;

3) расчеты с банком, финансовыми органами и т. д.;

4) прибыль или доход, валютную выручку, основные показатели развития социальной сферы, формирование фонда заработной платы.

Территориальные объединения лесного профиля должны осуществлять посреднические функции по установлению региональных хозяйственных связей между предприятиями, разрабатывать общую стратегию развития, обосновывать направления и темпы технического перевооружения, создавать совместные с зарубежными фирмами предприятия, изучать конъюнктуру мирового рынка, способствовать социальной защите коллективов предприятий и т. д. В состав территориального объединения могут входить не только предприятия данного региона; оно может открывать филиалы, представительства в тех регионах, где для этого имеются наилучшие условия. Таким образом, речь идет не просто об изменении субъекта командования предприятиями (вместо министерства, корпорации, департамента — территориальные объединения), а о создании наиболее благоприятных условий для эффективного функционирования предприятий и организаций. В рыночных условиях самостоятельные предприятия могут добровольно делегировать часть функций по региональному развитию территориальным органам управления, если станет ясно, что это выгодно предприятиям. Обособление функций будет происходить на основе экономической целесообразности, а не административной регламентации сверху.

Это, в свою очередь, возможно лишь при образовании систем взаимодействующих рынков: товаров и услуг, финансовых ресурсов, рабочей силы. Только при свободном выборе предприятием поставщиков, партнеров, покупателей оно будет обладать реальной экономической свободой и самостоятельностью [6].

Субъектом хозяйственной деятельности должно стать обособленное предприятие, отстаивающее на рынке свои интересы, согласование которых с интересами других экономических и социальных агентов (других предприятий, местных органов власти, государства в целом) будет достигаться методами экономического регулирования через дифференциацию налогов, процентов по банковским ссудам, предоставление централизованных капитальных вложений и т. п. [2].

В практику управления регионом надо внедрять новые методы, основанные на маркетинге, исследовании перспективного спроса и предложения на рынке древесного сырья и лесобумажной продукции (с учетом тенденций мирового рынка), применять программно-целевые методы, связанные с экономико-математическим моделированием по различным критериям. В региональном лесном комплексе актуальны исследования по широкому кругу вопросов, включая развитие производства, социально-экономической и производственной инфраструктуры, учитывающие конкретные природно-климатические, экономические и экологические условия освоения и воспроизводства лесных ресурсов, транспортную сеть, состояние промышленности и сельского хозяйства региона, его трудовые ресурсы, жилищный фонд, все виды строительства в обозримой перспективе и т. п. [1].

Следует разработать механизм взаимоувязки различных интересов: государственных и территориальных; государственных и предприя-

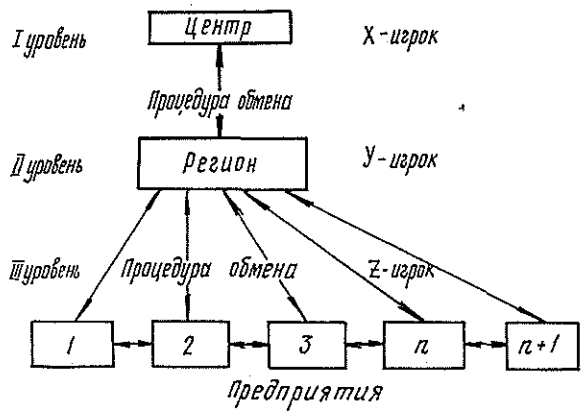
тий с различными формами собственности; отдельных территорий; территорий и предприятий; предприятий, расположенных в разных регионах.

Решение этих проблем требует системного анализа, в рамках которого целесообразно применять игровой подход при решении конкретных экономико-математических задач. Их специфической особенностью является наличие нескольких заинтересованных сторон или альтернатив [3].

Простейший пример, раскрывающий содержание игрового подхода,— трехуровневая система, состоящая из «центра», «региона» и «предприятия» (см. рисунок). Цель проведения игры — оптимальная взаимоувязка между уровнями системы.

Центру (в лице лесного департамента) целесообразно поддерживать конкуренцию среди производителей и потребителей лесобумажной продукции, облегчать возможность возникновения новых предприятий с различными формами собственности.

В этих условиях решение о расширении, открытии и закрытии и о соответствующих расходах и доходах принимают лесопромышленные предприятия, а не центр (департамент); то же относится и к внутренней организации предприятия.



Игровая система центр — регион — предприятие

В настоящее время территориальные лесопромышленные образования стремятся к развитию промышленности только на своей территории. При переходе к рыночной экономике необходимо решать две задачи: экологическую и социальную защиту природных объектов и населения от неблагоприятных результатов экономической активности в этой сфере. Таким образом, необходимо сформировать организационно-экономический механизм, регулирующий эту активность [5].

Соблюдая интересы своего населения, территориальные органы управления должны поддерживать новое строительство при следующих условиях: создаваемое производство экологически безопасно (применяется «чистая» технология или ставятся очистные сооружения со стопроцентной гарантией), ввод нового производства сопровождается опережающим созданием необходимой, отвечающей стандартам данного региона социальной инфраструктуры, оно увеличивает доход местного бюджета за счет оплаты используемых природных ресурсов. При этом жесткость указанных требований будет зависеть от того, насколько остра в регионе проблема обеспечения населения работой.

Игровой подход может быть использован для моделирования ситуаций на рынке. Рассмотрим простейшую систему, состоящую из двух

конкурирующих предприятий, производящих определенный товар (например пиломатериалы) по разным технологиям, когда интересы потребителей учитываются не стихийно, а через механизм регулирования спроса и предложения на данный товар посредством прогнозирования и маркетинга [4].

Лесной департамент (центр), обосновывая прогнозы развития лесного комплекса, должен регулировать размещение лесопромышленного производства не административными методами, а экономическими (в виде экономических стимулов). Смысл этих стимулов — в дифференциации размеров налогов, процентов по банковским ссудам, предоставлении централизованных капитальных вложений и т. п. При такой системе предприятия вряд ли будут вкладывать свои средства в развитие обрабатывающих производств в регионах, где налоги и капиталоемкость выше. В тех же регионах, где для этого имеются наилучшие условия, ассоциации смогут открывать свои филиалы. Таким образом, центр (департамент) в игровых моделях экономических задач является весьма емким и глубоким понятием, допускает различные экономические интерпретации.

В рыночных условиях лесопромышленные предприятия должны будут разрабатывать «внутрифирменные» прогнозы. Расширение доли рынка однородной продукции позволит предприятию в перспективе рассчитывать на снижение удельных издержек. На передний план встанет необходимость дифференциации производства в соответствии с характером спроса. Стратегический акцент в управлении предприятиями постепенно переместится на максимально возможное удовлетворение потребителя, новизну и технический уровень продукции, ее качество, конкурентоспособность и т. д. Таким образом рынок заставит производителей снижать издержки производства, переходить на ресурсосберегающую технологию.

В конечном счете будет создана эффективная целостная система развития центра, региона и предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Блинов А. О. Вариантное прогнозирование развития территориального лесного комплекса // Деревообраб. пром-сть.— 1989.— № 12.— С. 17—18. [2]. Блинов А. О. Налоги и использование ресурсов // Социально-экономические проблемы развития народного хозяйства Севера в условиях перехода к рыночной экономике: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. 12—14 марта 1991 г.— Новосибирск, 1991.— С. 199—201. [3]. Водачек Л., Кодачкова О. Стратегия управления инновациями на предприятии.— М.: Экономика, 1989.— 162 с. [4]. Воробьев Н. Н. Теория игр для экономистов-кибернетиков.— М.: Наука, 1985.— 271 с. [5]. Львовская К. Б., Ронкин Г. С. Окружающая среда и рыночная экономика: проблема регионального управления // Экономико-математические методы.— 1991.— Т. 27, вып. 4.— С. 674—685. [6]. Семенов П. Проблемы экономического регулирования регионального развития // Плановое хоз-во.— 1991.— № 5.— С. 10—18.

Поступила 2 марта 1992 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*232.1

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КУЛЬТУРЫ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

И. Н. ПАТЛАЙ, Ю. И. ГАЙДА

УкрНИИЛХА

Изучение семенного потомства географических культур существенно углубляет наши знания об адаптационной способности экотипов древесных пород, степени сохранения во втором поколении внутривидовой изменчивости их наследственных признаков. Подобные исследования проводились ранее с сосной обыкновенной [3—5, 7]. Литературные сообщения об аналогичных работах с дубом черешчатым нам не встречались.

Осенью 1986 г. для создания географических культур дуба второго поколения были заготовлены желуди в географических культурах 1931 г. в квартале 47 Нескучанского лесничества Тростянецкого лесхоззага Сумской области. Ввиду небольшого числа деревьев в опытной культуре желуди собирали на участках, объединенных в относительно крупные районы: Белоруссия, Центрально-Черноземные области (ЦЧО) России, регионы Украины согласно естественноисторическому районированию П. П. Кожевникова. В основном эти территории характеризуются сравнительно однородными природными условиями и генотипическим составом популяций и представляют конкретные лесосеменные районы или подрайоны (ЦЧО — центральный лесостепной лесосеменной район, южный подрайон 17б; украинское центральное Полесье — восточно-белорусский район, гомельско-черниговский подрайон 8б; северная правобережная лесостепь — приднепровоко-лесостепной район, северная часть правобережного подрайона 16а, и т. д.).

Перед закладкой на зимнее хранение были отобраны образцы желудей для биохимических анализов, а также проведены их биометрические обмеры и морфологическое описание. Среди деревьев дуба из Белоруссии преобладали экземпляры крупноплодной формы (масса желудя 4,0...7,1 г, средняя 5,4 г), из южной левобережной лесостепи — мелкоплодной 0,8...3,0 г, средняя 1,8 г). В остальных вариантах превалировали деревья среднеплодной формы [2].

Биохимическими исследованиями установлен средний уровень изменчивости содержания жира в желудях (6,79...10,57 %, коэффициент изменчивости 18,5 %), фосфора (соответственно 0,16...0,24 % и 15,3 %), клетчатки 4,73...6,50 % и 13,4 %); низкий уровень — кальция (0,16...0,21 % и 11,8 %), азота (0,92...1,13 % и 10,0 %), очень низкий — калия (1,13...1,31 % и 6,0 %), углеводов 13,02...14,45 % и 4,8 %).

Весной 1987 г. желуди были высеяны в питомнике селекционно-семеноводческого комплекса Даниловского опытного лесхоза. Результаты обмеров однолетних сеянцев свидетельствуют, что наиболее высокими были дубки из ЦЧО (см. таблицу). Превышение их роста над контролем было достоверным на 1 %-м уровне значимости ($t = 3{,}3$; $t_{0{,}01} = 2{,}6$). Сеянцы дуба из северной правобережной и южной левобережной лесостепи были наименьшими (t соответственно —3,1 и —3,9).

Сохранность и рост географических

Географическое происхождение	Повторность	Высота однолетних сеянцев, см		Однолетние					
				Сохранность, %	Высота, см		Общий прирост, см		одним
		$M \pm m$	t к контролю		$M \pm m$	t к контролю	$M \pm m$	t к контролю	
Белоруссия	1	10,2±0,4	0,4	98	26,9±1,2	—3,3	17,9±1,0	—4,2	6
ЦЧО	1	—	—	92	34,1±1,5	0,3	23,4±1,4	—0,7	—
	2	—	—	100	36,1±1,5	—0,1	24,7±1,4	—0,4	—
	3	—	—	95	35,3±2,2	2,8	24,8±1,9	2,5	—
	В среднем	11,9±0,4	3,3	96	35,2±1,0	2,0	24,3±0,9	1,1	—
Украинское центральное Полесье	1	—	—	94	29,5±1,6	—1,8	17,9±1,5	—3,4	—
	2	—	—	91	29,5±1,5	—3,2	20,9±1,4	—2,3	—
	3	—	—	94	28,1±1,3	0,1	19,1±1,4	0,1	—
	В среднем	11,0±0,4	1,6	93	29,1±0,8	—2,8	19,3±0,8	—3,3	—
Северная правобережная лесостепь	1	—	—	94	25,7±1,3	—3,8	18,1±1,3	—3,6	4
	2	—	—	75	24,6±1,5	—5,5	16,9±1,3	—4,4	8
	3	—	—	98	29,0±1,4	0,5	20,4±1,3	0,7	—
	В среднем	8,4±0,3	—3,1	89	26,6±0,8	—4,9	18,6±0,8	—3,9	4
Северная левобережная лесостепь (контроль)	1	—	—	96	33,5±1,6	—	24,7±1,3	—	4
	2	—	—	98	36,3±1,5	—	24,5±1,4	—	—
	3	—	—	99	27,9±1,5	—	19,0±1,4	—	—
	В среднем	10,0±0,4	—	98	32,5±0,9	—	23,0±0,8	—	1
Южная левобережная лесостепь	1		—	90	29,3±1,7	—1,8	22,7±1,6	—1,0	—
	2		—	95	22,6±1,0	—7,6	15,7±1,0	—5,6	2
	3		—	95	19,1±1,8	—3,8	12,9±1,9	—2,6	—
	В среднем	7,9±0,3	—3,9	93	24,8±1,0	—5,7	18,1±0,9	—4,1	1
Левобережная байрачная степь	1	10,5±0,4	0,8	97	29,3±1,7	—1,8	21,4±1,5	—1,8	—

Весной 1988 г. сеянцы высажены на постоянное место в квартале 28 Краснянского (ныне Нескучанское) лесничества Тростянецкого ЛХЗ. Площадь культур 1,1 га. Категория лесокультурного участка — свежая нераскорчеванная лесосека. Рельеф участка ровный. Тип условий местопроизрастания D_2. Тип леса — свежая кленово-липовая дубрава. Подготовка почвы сплошная (дискование культиватором КЛБ-1,7 в двух взаимно перпендикулярных направлениях). Посадка ручная под меч Колесова. Размещение посадочных мест 4,0 × 1,0 м. Повторность трехкратная для пяти вариантов и однократная — для двух. Агротехнические уходы — ручная прополка в ряду и междурядное сельхозпользование.

Инвентаризацию и биометрические обмеры опытных культур проводили в одно- и трехлетних культурах (биологический возраст дубков соответственно 2 и 4 года).

культур дуба второго поколения

культуры			Трехлетние культуры								
Процент дубков с приростами			Сохранность, %	Высота, см		Общий прирост, см		Процент дубков с приростами			
двумя	тремя	четырьмя		$M \pm m$	t к контролю	$M \pm m$	t к контролю	одним	двумя	тремя	четырьмя
24	70	—	86	69,7±3,1	—2,0	32,1±2,0	—2,4	12	67	19	2
38	58	4	76	100,2±3,9	3,4	47,9±2,0	2,8	—	79	21	—
24	76	—	85	101,4±6,1	0,3	50,1±2,9	1,4	8	69	23	—
4	94	2	61	112,3±12,6	2,2	39,7±3,5	0,1	14	66	20	—
22	76	2	74	99,0±3,2	2,8	45,9±1,7	2,1	7	72	21	—
24	76	—	68	75,6±3,8	—0,8	39,4±2,1	0	2	79	19	—
34	66	—	66	71,9±3,9	—4,6	31,8±1,9	—4,5	4	72	22	2
26	74	—	76	88,7±4,3	1,0	43,2±2,4	0,7	4	86	10	—
28	72	—	70	78,5±2,4	—2,3	38,2±1,3	—1,6	3	79	17	1
22	74	—	70	71,7±3,5	—1,5	36,3±1,7	—1,0	—	85	15	—
36	56	—	38	88,6±4,0	—1,7	44,9±2,1	—0,1	2	80	18	—
8	87	5	68	100,6±5,4	2,5	52,4±2,7	2,3	—	77	23	—
22	72	2	59	86,9±2,7	—0,1	44,5±1,4	1,1	1	80	19	—
20	76	—	94	80,4±4,4	—	39,3±2,3	—	14	72	14	—
14	84	2	82	98,8±4,4	—	45,1±2,3	—	—	88	12	—
18	82	—	84	82,0±5,1	—	39,3±4,9	—	8	82	10	—
17	81	1	87	87,0±2,8	—	41,3±1,4	—	7	81	12	—
12	88	—	84	96,7±4,9	2,5	44,5±2,2	1,6	—	92	8	—
32	66	—	70	63,2±3,4	—6,4	34,4±2,1	—3,4	11	87	2	—
15	85	—	86	78,8±7,8	—0,3	41,0±3,5	—0,3	6	94	—	—
20	79	—	80	78,1±3,0	—2,2	39,2±1,5	—1,0	6	91	3	—
18	82	—	85	92,5±4,8	1,9	46,5±2,4	2,2	6	71	23	—

В однолетних культурах сохранилась тенденция роста экотипов по высоте, проявившаяся еще на стадии сеянцев. Корреляционный анализ показал наличие достоверной связи между размерами сеянцев и высотой культур ($r = 0{,}72 \pm 0{,}18$; $t = 4{,}0$; $t_{0{,}01} = 3{,}0$).

В трехлетних культурах амплитуда изменчивости роста экотипов составляет почти 30 см, или 42 %. В порядке ранжирования происхождения дуба по средней высоте существенных изменений за двухлетний период не отмечено (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $r = 0{,}79$; $t = 10{,}3$, $t_{0{,}01} = 4{,}0$; коэффициент корреляции Пирсона $r = 0{,}66$; $t = 3{,}4$; $t_{0{,}01} = 3{,}0$). Хотя об окончательной стабилизации рангов в этом возрасте говорить пока рано. Это подтверждается относительной нестабильностью размеров общего годичного прироста по высоте в одно- и трехлетних культурах ($r = 0{,}38 \pm 0{,}24$; $t = 1{,}6$; $t_{0{,}01} = 2{,}6$). Наиболь-

ший прирост в последние 2 года наблюдается у дубков из ЦЧО. В трехлетних культурах они достоверно превышают контрольный вариант по высоте ($t = 2{,}8$; $t_{0{,}01} = 2{,}6$). Интенсивным ростом выделялись в этот период экотипы дуба из северной правобережной лесостепи и левобережной байрачной степи, где они растут на уровне контроля. Пониженную энергию роста имеют дубки из Белоруссии, украинского Полесья, южной левобережной лесостепи. Сохранность культур местного происхождения (контроль) при неплохом росте отличается наибольшей стабильностью.

Общеизвестно влияние размеров и массы желудей на рост и развитие дуба в первые годы жизни ([1, 6] и др.). По нашим данным, это влияние существенно в однолетних культурах ($r = 0{,}56 \pm 0{,}21$; $t = 2{,}6$; $t_{0{,}05} = 2{,}1$) и незаметно в трехлетних ($r = 0{,}20$).

В годы с разными погодными условиями у дуба проявляется различная способность к образованию повторных линейных приростов. В однолетних культурах во всех вариантах преобладали дубки с тремя приростами, в трехлетних — с двумя. Но если в первом случае общий годичный прирост определялся в одинаковой мере вторым и третьим приростами, то во втором — главным образом вторым.

Дисперсионный анализ свидетельствует о достоверном влиянии происхождения посадочного материала на рост однолетних ($F_ф = 3{,}7$, $F_{0{,}01} = 3{,}3$) и трехлетних ($F_ф = 10{,}9$) культур, хотя доля этого фактора пока невелика (h^2 по Снедекору равно соответственно 0,01 и 0,05).

Корреляционный анализ не показал достоверной зависимости между высотой материнских насаждений и ростом однолетних ($r = -0{,}10$) и трехлетних ($r = -0{,}38$) культур. Отсутствие такой связи наблюдалось раньше в молодых географических культурах второго поколения сосны обыкновенной [5].

Таким образом, в трехлетних географических культурах второго поколения заметна изменчивость роста дубков разного географического происхождения. Амплитуда изменчивости составляет почти 30 см, или 42 %. Влияние происхождения посадочного материала сказывается на росте уже однолетних культур, но доля этого фактора пока невелика (1 ... 5 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Владимирова В. С. Влияние размера желудей на рост сеянцев дуба // Лесн. хоз-во.— 1953.— № 1.— С. 65—66. [2]. Лукьянец В. Б. Внутривидовая изменчивость дуба черешчатого в Центральной лесостепи.— Воронеж, 1979.— 216 с. [3]. Манцевич Е. Д. Семеношение и рост сеянцев географических культур сосны обыкновенной // Лесн. генетика, селекция и семеноводство.— Петрозаводск: Карелия, 1970.— С. 423—428. [4]. Манцевич Е. Д. Особенности роста второго поколения географических культур сосны обыкновенной // Лесоведение и лесн. хоз-во.— Минск: Вышейш. школа, 1971.— Вып. 4.— С. 83—87. [5]. Патлай И. Н. Рост и устойчивость сосны в географических культурах второго поколения в Тростянецком лесхозе Сумской области // Лесн. журн.— 1974.— № 6.— С. 155—160.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Хитрово А. А. Влияние величины желудей на развитие всходов дуба в первый год их жизни // Тр. по лесн. опытн. делу в России.— Петроград, 1914.— Вып. 54.— С. 49—85. [7]. Шутяев А. М. Особенности климатипов сосны обыкновенной в географических культурах второй генерации // Лесоведение.— 1983.— № 1.— С. 69—71.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

УДК 632.4 : 674.032.475.542

ОСОБЕННОСТИ ГНИЛЕВОГО ПОРАЖЕНИЯ ЕЛЬНИКОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В. Г. СТОРОЖЕНКО

Институт лесоведения РАН

В лесных сообществах грибы, входящие в дереворазрушающий комплекс биотрофов, вызывают гнили живых деревьев, ослабляют их, интенсифицируют усыхание и вывал из состава древостоя. В функциональном строении биогеоценоза эта группа грибов, составляющая одну из структурных частей микоценоза, относится к консументам и входит в число организмов, с помощью которых осуществляется первый этап освобождения накопленной автотрофами энергии.

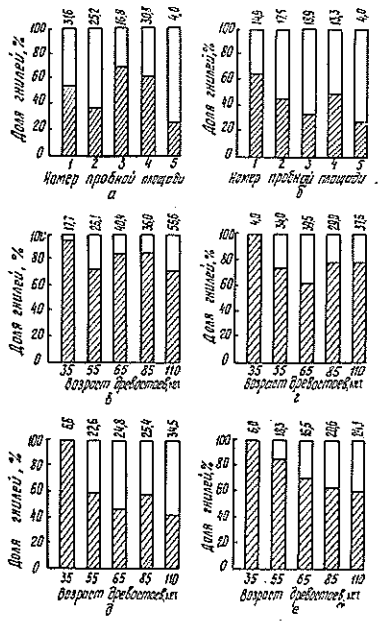
Представляет интерес проведение сравнительной оценки количественных и качественных характеристик поражения дереворазрушающими биотрофами лесов различного происхождения и антропогенного использования: девственных разновозрастных, условно-коренных и искусственных. Анализ особенностей гнилевого поражения позволит, во-первых, представить структуру биотрофного комплекса ненарушенного биогеоценоза, в котором микоценоз имеет наиболее приближенное к оптимальному строение, во-вторых, определить изменения, происходящие в составе этой группы грибов под воздействием антропогенных нагрузок.

Грибы, вызывающие гнилевое поражение живых деревьев, как и сапротрофные ксилотрофы, разлагающие мортмассу, в соответствии с присущими им особенностями ксилолитического процесса, разделяются на группы, вызывающие коррозионные и деструктивные гнили. Такое разделение нельзя признать абсолютным, так как многие виды грибов дереворазрушителей на разных этапах своей деятельности могут в определенных пределах изменять характер ксилолиза [2, 3].

Тем не менее, такое разделение представляется полезным, так как именно к группе грибов, вызывающих коррозионные гнили, относятся наиболее агрессивные и патогенные виды, которые при нарушении естественно сложившихся структур биогеоценозов способны к эпифитотическому распространению. В составе грибов, приводящих к образованию деструктивных гнилей, таких возбудителей нет. Однако общее поражение от них в древостоях определенных возрастов (как правило, в перестойных) может достигать значительных величин.

Исходя из сказанного, мы склонны считать, что баланс видов дереворазрушающих биотрофов, вызывающих коррозионные и деструктивные гнили, характеризует в определенной степени активность грибного фона и соответствует особенностям строения фитоценоза.

Нами изучены количественные и качественные характеристики пораженности еловых древостоев различного происхождения кисличной группы типов леса в зоне смешанных лесов и подзоне южной тайги. Девственные разновозрастные ельники исследовали в резервате «Кологривский лес» Костромской области (рис. *а*) и в Центральнолесном заповеднике (ЦЛГЗ) Тверской области (рис. *б*). Пробные площади *5* обоих участков заложены в сфагновом типе леса для сравнения с древостоями кисличного типа. Условно-коренные леса без антропогенного



Соотношение гнилей коррозионного и деструктивного типов в лесах различного происхождения: *а, б* — девственные разновозрастные; *в, г* — условно-коренные; *д, е* — искусственные древостои; *а, в, д* — древостои с механическими повреждениями и погрызами лосями; *б, г, е* — без них; заштрихованная часть — коррозионный тип гнилей, незаштрихованная — деструктивный. Цифры над гистограммами обозначают процент пораженности древостоев гнилью

вмешательства изучали в Рунском лесничестве Пеновского ЛПХ Тверской области (рис. *г*), испытывающие постоянное лесохозяйственное и рекреационное воздействие — в Москворецком леспаркхозе Московской области (рис. *в*). Искусственные древостои, подвергающиеся периодическому лесохозяйственному и рекреационному воздействию (рис. *д, е*) исследовали в Порецком лесничестве Уваровского ЛПХ Московской области (культуры К. Ф. Тюрмера и более поздние посадки). В разновозрастных древостоях пробные площади заложены в насаждениях разных фаз динамики, в том числе климаксовых; в условно-коренных и искусственных — в древостоях разного возраста (35, 55, 65, 85, 110 лет). На пробных площадях проводили комплекс работ, включающий анализ возрастных и горизонтальных структур древостоев, определение пораженности грибами дереворазрушающего биотрофного комплекса в количественном выражении и видовой принадлежности, а также отнесение их к соответствующим группам по типам гнилей — коррозионные или деструктивные.

В группе разновозрастных ельников следует прежде всего отметить значительные колебания соотношения типов гнилей в зависимости от фазы развития древостоев. Причем определенной зависимости величин соотношений коррозионных и деструктивных гнилей от фазы динамики древостоя здесь не прослеживается. Вероятно, это связано с тем, что в составе анализируемых древостоев нет таких, которые имели бы выраженные крайние значения фаз динамики — дигрессивных или демутационных [1]. Тем не менее древостои пробных площадей *3* (см. рис. *а*) и *1* (см. рис. *б*), ближе других стоящие к фазе климакса, имеют почти одинаковые соотношения коррозионных и деструктивных гнилей (соответственно 68 : 32 и 65 : 35). В остальных изученных и представленных на гистограммах древостоях резервата Кологривский лес и ШЛГЗ, которые можно по строению возрастных структур отнести к дигрессивно-демутационным фазам развития с некоторой тенденцией в сторону дигрессии, значительное число деревьев поражено возбудителями, вызывающими деструктивные гнили. По-видимому, можно считать, что для

наиболее совершенных фаз развития разновозрастных древостоев ели в структуре микоценоза соотношение коррозионных и деструктивных гнилей грибов-дереворазрушителей биотрофного комплекса близко к 65 : 35 от числа всех пораженных гнилями деревьев.

Отметим, что в древостоях сфагнового типа леса обоих участков преобладают деструктивные гнили, а общие величины пораженности очень малы. Это можно объяснить, во-первых, преимущественно раневым происхождением деструктивных гнилей, во-вторых, высокой плотностью древесины, препятствующей проникновению грибов.

Среди видов, вызывающих коррозионные гнили, наиболее часто встречаются следующие: корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.); еловая губка (*Phellinus chrysoloma* (Fr.) Donk.); комлевой еловый трутовик (*Onnia triqueter* (Zentz: Fr.) Smaz.). Деструктивные гнили вызывает как правило северный трутовик (*Climacocystis borealis* (Fr.) Kall. et P.).

В ельниках условно-коренных структур число деревьев, пораженных коррозионными гнилями больше, чем в разновозрастных древостоях. В таких лесах обычны очаги распространения возбудителей коррозионных гнилей — чаще всего корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) и опенка осеннего (*Armillariella mellea* (Vahl.) Quel.), реже комлевого елового трутовика (*Onnia triqueter* (Zentz : Fr.) Smaz.).

Более простые структуры фито- и микоценозов условно-коренных ельников обусловливают большее распространение видов, обладающих повышенной агрессивностью как в молодых древостоях, так и перестойных лесах.

В ельниках искусственного происхождения молодые древостои поражаются в основном гнилями коррозионного типа: корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) и опенком осенним (*Armillariella mellea* (Vahl.) Quel.). По мере роста древостоев увеличивается число деревьев с деструктивными гнилями и в предельных возрастах может составлять половину и более всех пораженных гнилями деревьев.

Значительное влияние на распространение возбудителей деструктивных гнилей оказывают повреждения стволов в результате лесохозяйственных уходов и рекреационных воздействий, а также погрызов лосями. Представленные на рисунке соотношения гнилей двух типов в древостоях разного возраста без учета поражения, причиной которого явились повреждения стволов в результате механических воздействий и погрызов лосями, наглядно показывают, что с увеличением возраста древостоев число деревьев с коррозионными гнилями постепенно уменьшается, однако остается преобладающим до предельного возраста древостоев ели (см. рис. *е*). Механические повреждения и погрызы лосем приводят к значительному возрастанию числа деревьев с деструктивными гнилями, начиная с 50 лет и старше (см. рис. *д*). Наиболее распространены возбудители раневых гнилей: стереум кровоточивый (*Stereum sanquinolentum* (Fr.) Fr., трутовик вяжущий (*Oligoporus stipticus* (Pers : Fr.) Gilb.), окаймленный трутовик (*Fomitopsis pinicola* (Fr.) Karst. В условно-коренных и искусственных перестойных ельниках к числу возбудителей, вызывающих коррозионные гнили наряду с корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) и опенком осенним (*Armillariella mellea* (Vahl.) Quel), прибавляются в значительных количествах (иногда преобладающих) комлевой еловый трутовик (*Onnia triqueter* (Lentz : Fr.) Smaz.) и еловая губка (*Phellimis chrysoloma*).

Из приведенных данных видно, что в древостоях простых структурных характеристик фито- и микоценозов, к которым относятся ус-

ловно-коренные и искусственные, преобладают возбудители гнилевых болезней, вызывающие коррозионные гнили в древостоях всех возрастов, включая и перестойные. Механические повреждения и погрызы лосем увеличивают число деревьев с деструктивными гнилями.

В древостоях разновозрастных структур, характеризующихся сложным строением фито- и микоценозов, число деревьев с гнилями коррозионного и деструктивного типов примерно одинаково и колеблется в зависимости от фазы развития в незначительных пределах. Для климаксовых лесов это соотношение близко к 2 : 1 от числа всех пораженных деревьев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Дыренков С. А. Структура и динамика таежных ельников.— Л.: Наука, 1984.— 172 с. [2]. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов.— М.: Лесн. пром-сть, 1967.— 276 с. [3]. Соловьев В. А., Малышева О. Н. Количественная характеристика микогенного ксилолиза.— Рига: Зинатне, 1980.— С. 35—38.

УДК 630* : 65.011.54

К РАСЧЕТУ ДВУХПОТОЧНОЙ КУЛАЧКОВОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТЫ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

В. Р. КАРАМЫШЕВ

Воронежский лесотехнический институт

В настоящее время любая лесохозяйственная машина защищена от перегрузок однопоточными предохранительными муфтами. Их ставят или в начале кинематической цепи привода, или в каждой ветви разветвленной системы. Первая схема явно нерациональна, так как муфта удалена от объекта защиты, что вызывает при ее срабатывании большие динамические нагрузки. Вторая схема устраняет этот недостаток, однако стоимость защиты повышается. Очевидно, можно найти такие конструктивные решения, которые позволили бы защищать от перегрузок одновременно несколько ветвей разветвленной системы привода лесохозяйственной машины. В этом случае предохранительные муфты должны передавать и различные крутящие моменты на защищаемые объекты, так как разветвленные системы, как правило, потребляют неодинаковые мощности и нагружены разными моментами. Важным требованием к таким предохранительным муфтам является также простота их конструкции.

Разработаны конструкции двухпоточных предохранительных муфт [2—4], которые позволяют передавать различные по величине крутящие моменты одновременно на два рабочих объекта разветвленной системы привода и защищать каждую ветвь и ее рабочий объект от перегрузок. Для таких конструкций характерно как бы раздвоение их ведомых или ведущих полумуфт с использованием рабочих поверхностей, расположенных на разных диаметрах.

На рис. 1 приведена двухпоточная кулачковая предохранительная муфта, которая проста по конструкции, имеет малые габариты и способна передавать значительные крутящие моменты. Она включает неподвижно установленную на валу *1* с помощью шпонки *18* ступицу *2*, имеющую буртик *4*, две ведущие полумуфты *7* и *16*, смонтированные на ступице на шпонках *3* и *17* с возможностью осевого перемещения, и две ведомые полумуфты *9* и *10*, разделенные телами качения *11*, помещенными в сепараторе и установленными в дорожках качения на

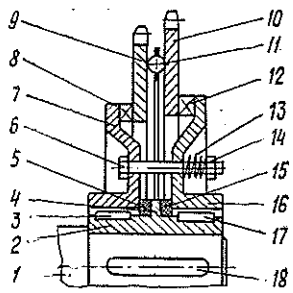


Рис. 1. Принципиальная конструктивная схема муфты

полумуфтах. Между полумуфтами *7* и *16* и буртиком *4* ступицы *2* поставлены упругие прокладки *5* и *15*. Ведущая полумуфта *7* соединена с ведомой *9* торцевыми кулачками *8*, а ведущая полумуфта *16* с ведомой *10* — кулачками *12*. Кулачки на каждой паре полумуфт расположены на разных диаметрах. Полумуфты *7* и *16* соединены болтами *6*, на которых установлены нажимные пружины *13* и регулировочные гайки *14*.

Крутящий момент от вала *1*, ступицы *2*, ведущих полумуфт *7* и *16* передается через кулачки *8* и *12* на ведомые полумуфты *9* и *10*, а от них через гибкие передачи на рабочие органы лесохозяйственной машины. Если произошла перегрузка одного рабочего органа, связанного, например, с ведомой полумуфтой *9*, последняя останавливается, а ведущая полумуфта *7*, преодолев усилие на кулачках, начнет пробуксовывать, разрывая скачкообразно кинематическую цепь и совершая возвратно-поступательное движение по шпонке *3* ступицы *2*. В этот момент полумуфты *16* и *10* замкнуты и, опираясь на тела качения *11*, продолжают совместно вращаться, передавая момент на второй рабочий орган машины. При перегрузке последнего ведущая полумуфта *16* пробуксовывает по кулачкам ведомой полумуфты *10*, а полумуфты *7* и *9* замкнуты.

Упругие прокладки, установленные между буртиком ступицы и ведущими полумуфтами, в момент выхода кулачков из зацепления способствуют отключению муфты, а при замыкании гасят удар (размеры упругих прокладок выбирают такими, чтобы при сборке муфты они были сжаты).

Постановка кулачков на разных диаметрах обеспечивает различный регулировочный момент каждой пары полумуфт при одной и той же силе нажатия пружины и передачу разных крутящих моментов на два рабочих органа в зависимости от сопротивления на них.

Найдем усилие нажимной пружины и передаваемый момент кулачковой двухпоточной предохранительной муфты. Будем рассматривать только одну пару взаимодействующих полумуфт.

При работе муфты на каждой паре ее кулачков возникает осевая сила F_a, которая зависит от угла профиля кулачка и сил трения на нем. Согласно рис. 2, *а*

$$F_a = F_t \operatorname{tg}(\alpha - \varphi), \qquad (1)$$

где F_t — окружное усилие на кулачках;
α — угол профиля кулачка;
φ — угол трения.

Выразим окружное усилие через крутящий момент T:

$$F_t = 2T/D_к,$$

где $D_к$ — диаметр окружности кулачков.

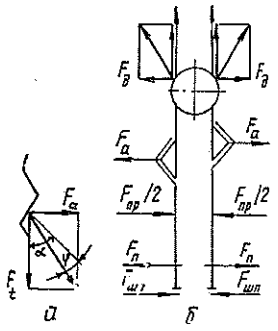


Рис. 2. Схема действующих сил

Тогда уравнение (1) запишется как

$$F_а = 2T \operatorname{tg}(\alpha - \varphi)/D_к. \qquad (2)$$

Кроме осевой силы $F_а$, действуют и другие силы (рис. 2, *б*):

а) сила трения в шпоночном (шлицевом) соединении

$$F_{шп} = 2Tf_{шп}/d, \qquad (3)$$

где d — диаметр, на котором расположена шпонка;

$f_{шп}$ — коэффициент трения в шпоночном соединении;

б) усилие нажимной пружины $F_{пр}$;

в) сила сжатия упругих прокладок $F_п$;

г) усилие от центробежных сил $F_д$.

Спроектируем действующие силы на горизонтальную ось и запишем уравнение равновесия

$$F_{пр}/2 + F_д = F_а - F_{шп} + F_п. \qquad (4)$$

С учетом (2) и (3) уравнение (4) примет вид

$$F_{пр}/2 + F_д = 2T \operatorname{tg}(\alpha - \varphi)/D_к - 2Tf_{шп}/d + F_п. \qquad (5)$$

Введя коэффициент запаса момента k и обозначив передаваемый момент как $T_п = Tk$, после соответствующих преобразований будем иметь

$$F_{пр} = \frac{4T_п}{D_к}\left[\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - \frac{D_к}{d} f_{шп}\right] - 2F_д + 2F_п. \qquad (6)$$

Из формулы (6) найдем крутящий момент, который может быть передан муфтой:

$$T_п = \frac{(F_{пр} + 2F_д - 2F_п)\, D_к}{4\,[\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) - D_к f_{шп}/d]}. \qquad (7)$$

Анализируя полученное выражение (7), видим, что у двухпоточных кулачковых предохранительных муфт (как и у обычных однопоточных [6]) передаваемый муфтой крутящий момент с уменьшением значения знаменателя возрастает. При определенных условиях момент может повышаться до бесконечности. В этом случае срабатывание невозможно, так как происходит самоторможение. Для надежной работы муфт необходимо уменьшать трение на кулачках, в шпоночном (шлицевом) соединении и отношение $D_к/d$. Желательно [1], чтобы это отношение было равно или меньше единицы.

При расчете двухпоточных предохранительных муфт необходимо учесть возможность перегрузки обоих защищаемых объектов машины, когда будут срабатывать одновременно обе зубчатые полумуфты. В этом

случае нажимные пружины сжимаются на величину, равную сумме высот кулачков первой h_1 и второй h_2 контактирующих полумуфт. Поэтому при проектировании нажимных пружин зазор между их рабочими витками следует устанавливать несколько большим, чем $h_1 + h_2$.

В остальном расчет разработанной муфты аналогичен расчету обычных однопоточных кулачковых предохранительных муфт [6]. Однако отдельные ее элементы следует проверить по зависимостям, приведенным в [5], так как при срабатывании и пробуксовке муфты будут возникать динамические нагрузки, превышающие $T_п$.

Муфту, рассчитанную с учетом приведенных рекомендаций, испытывали на специальном стенде. Исследования подтвердили хорошую работоспособность муфты: она передавала различные крутящие моменты на два объекта и надежно защищала их от перегрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Анилович В. Я., Манчинский Ю. А. Оптимизация параметров кулачковой предохранительной муфты // Вестн. машиностроения.— 1978.— № 12— С. 13—16. [2]. А. с. 1108267 СССР, МКИ³ F 16 D 7/02. Фрикционная предохранительная муфта / В. Р. Карамышев (СССР).— № 3506321/25—27; Заявлено 28.10.82; Опубл. 15.08.84, Бюл. № 30 // Открытия. Изобретения.— 1984.— № 30.— С. 145. [3]. А. с. 1428861 СССР, МКИ³ F 16 D 7/02. Двухпоточная предохранительная муфта / В. Р. Карамышев, М. С. Метальников, Ф. И. Алябьев (СССР).— № 3937631/31—27; Заявлено 28.06.85; Опубл. 07.10.88, Бюл. № 37 // Открытия. Изобретения.— 1988.— № 37.— С. 137. [4]. Карамышев В. Р. О классификации предохранительных муфт лесохозяйственных машин // Лесн. журн.— 1989.— № 5.— С. 27—30.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Карамышев В. Р., Нартов П. С. Повышение надежности работы предохранительных муфт лесохозяйственных машин.— Воронеж: ВГУ, 1983.— 140 с. [6]. Поляков В. С., Барбаш И. Д., Ряховский О. А. Справочник по муфтам.— Л.: Машиностроение, 1979.— 344 с.

УДК 536.24

АЭРОДИНАМИКА ОТНОСИТЕЛЬНО ДЛИННЫХ ЦИКЛОННЫХ КАМЕР С ГЛУБОКО ВСТРОЕННЫМ ВЫХОДНЫМ КАНАЛОМ

Ю. Л. ЛЕУХИН, А. Н. ОРЕХОВ, Э. Н. САБУРОВ

Архангельский лесотехнический институт

Увеличение длины циклонных аппаратов, применяемых в целлюлозно-бумажном и деревообрабатывающем производствах, приводит к появлению неравномерности распределения основных аэродинамических характеристик потока по длине аппаратов. Кроме того, ввод и вывод газов с одной стороны рабочего объема при определенных условиях также способствует образованию застойной зоны у глухого торца [3]. Однако в ряде теплообменных и рекуперативных устройств [1] односторонний ввод и вывод потока оказывается наиболее предпочтительным благодаря простоте компоновки, так как нет необходимости компенсировать температурные напряжения и т. д. [1]. Одним из способов повышения проточности рабочего объема камеры в этих условиях, а следовательно, и конвективного теплообмена на его боковой поверхности является организация искусственной схемы движения осевых потоков с помощью глубоко встроенного выходного канала.

В настоящей работе приведены результаты изучения аэродинамики циклонных камер большой относительной длины с глубоко встроенным в рабочий объем выходным каналом и некоторые рекомендации по их расчету.

Исследования проводили на горизонтальной модели технически гладкостенного циклонного устройства, рабочий участок которого наби-

рали из однотипных секций с относительной длиной $\overline{L}_к = 1{,}5$ ($\overline{L}_к = L_к/D_к$, где $L_к$ и $D_к$ — длина и диаметр камеры, $D_к = 160$ мм). Экспериментальный стенд позволял выполнять исследования при изменении $\overline{L}_к$ от 1,00 до 18,25.

Подвод воздуха в камеру осуществляли с двух диаметрально противоположных сторон тангенциально ее внутренней поверхности прямоугольными шлицами, оси которых располагались, на расстоянии $0{,}5D_к$ от торца (рис. 1). Относительная площадь входа $\overline{f}_{вх} = 4f_{вх}/\pi D_к^2 = 0{,}04$,

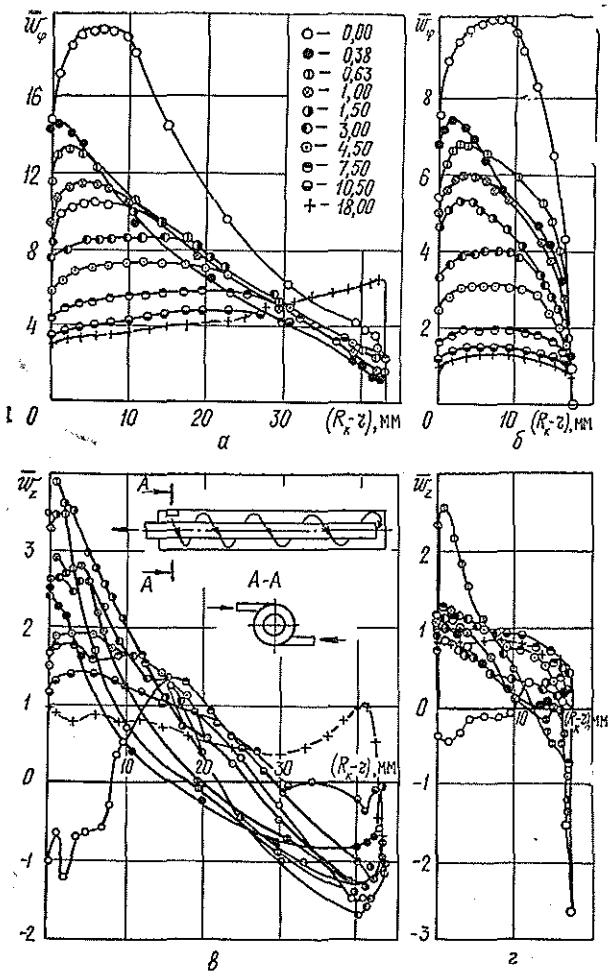


Рис. 1. Распределение безразмерных тангенциальной (*а, б*) и осевой (*в, г*) составляющих скорости в циклонной камере с $\overline{d} = 0{,}46$ (*а, в*) и 0,79 (*б, г*) при значениях $\overline{z}$ от 0 до 18

относительная высота входных шлиц $\overline{h}_{вх} = h_{вх}/D_к = 0{,}075$. Эвакуацию воздуха из рабочего объема производили около торца, расположенного с противоположной стороны от входных шлицев, через встроенный в него круглый цилиндрический выходной канал с относительными внешним $\overline{d} = d/D_к$ и внутренним $\overline{d}_{вых} = d_{вых}/D_к$ диаметрами. В опытах значения диаметров варьировались: 0,46; 0,62; 0,79 и 0,93 для $\overline{d}$, 0,43; 0,58; 0,74 и 0,88 для $\overline{d}_{вых}$. Поскольку $\overline{d}$ и $\overline{d}_{вых}$ связаны между собой, в це-

лях упрощения записи, для характеристики выходного канала употребляется только $\bar{d}$.

Поля скоростей и давлений в камере измерены с помощью трехканального цилиндрического зонда (диаметр насадки 2,6 мм) в сечениях, отстоящих от оси входных шлицев на расстоянии $\bar{z}$, отнесенном к диаметру камеры и равном 0,375; 0,625; 1,0; 1,5; 3,0; 4,5; 7,5; 10,5; 16,5; 18,0. Последнее сечение замера всегда располагали на расстоянии 0,25 $D_к$ от выходного торца рабочего объема.

Как и в обычных циклонных камерах, $\bar{L}_к$ которых обычно не превышает 2...4 [2], в циклонной камере большой относительной длины вектор полной скорости потока в любой точке можно разделить на тангенциальную, осевую (аксиальную) и радиальную составляющие. Соотношение между ними в общем случае зависит от расположения точки замера и геометрических параметров камеры.

Выходящие из тангенциальных шлиц нормально к образующей рабочего объема струи взаимодействуют с криволинейной стенкой и друг с другом, их траектории искривляются и приобретают форму винтовых линий. В поперечных сечениях поток практически осесимметричен. Исключение составляет лишь область вблизи сечения ввода, где происходит формирование закрученного течения.

На рис. 1 представлены распределения безразмерных тангенциальной $\bar{w}_\varphi$ и осевой $\bar{w}_z$ ($\bar{w}_\varphi = w_\varphi/v_{ср}$; $\bar{w}_z = w_z/v_{ср}$, где $v_{ср}$ — среднемассовая скорость потока в поперечном сечении камеры, $v_{ср} = 4V/\pi(D_к^2 - d^2)$; V — расход газа через камеру) составляющих скорости в циклонной камере при $\bar{L}_к = 18{,}25$.

По мере продвижения потока к выходному торцу происходит снижение уровня вращательных скоростей, а также максимального значения тангенциальной составляющей скорости $w_{\varphi m}$ и радиуса $r_{\varphi m}$, характеризующего положение $w_{\varphi m}$.

Область течения потока у поверхности выходного канала занята кольцевым обратным током (рис. 2). С ростом параметра $\bar{d}$ обратный

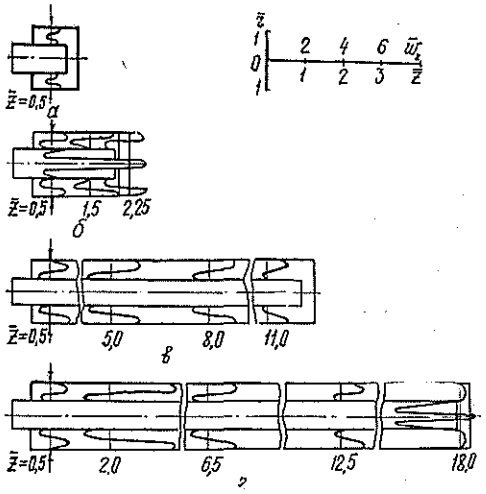


Рис. 2. Распределение осевой скорости в рабочем объеме камер различной относительной длины ($\bar{f}_{вх} = 0{,}04$; $\bar{d}_{вых} = 0{,}43$): *а* — $\bar{L}_к = 1{,}25$; *б* — 2,5; *в* — 12,25; *г* — 18,25

ток оттесняется к боковой поверхности циклонной камеры. При наименьших исследованных диаметрах выходного канала ($\bar{d} = 0{,}46$) кольцевой обратный ток существует по всей длине рабочего объема камеры, образованной его поверхностью и внешней поверхностью выходной

трубы, при $\bar{d} = 0{,}62$ и $\bar{L}_к = 18{,}25$ — лишь в части рабочего объема от входного торца до $z = 9 \ldots 10$ ($\bar{z} = z/D_к$, где z — расстояние от торца камеры, ближайшего к сечению ввода газов). Чем $\bar{d}$ больше, тем меньше протяженность обратного тока вдоль оси z и большая часть объема занята только прямым выходным закрученным течением.

Влияние вязкости и трения потока о стенки канала приводит к его постепенной раскрутке (особенно существенной при $\bar{d} > 0{,}46$). Угол закрутки потока у внешней стенки (угол между осевым направлением и вектором полной скорости) φ с ростом z непрерывно уменьшается. С увеличением $\bar{d}$ возрастают затраты энергии на преодоление сил сопротивления трению о внутренний цилиндр, а также на проталкивание потока через канал более узкого поперечного сечения. Угол φ, а также $\bar{w}_{\varphi m}$ ($\bar{w}_{\varphi m} = w_{\varphi m}/v_{вх}$, где $v_{вх}$ — средняя скорость потока во входных шлицах) с возрастанием $\bar{d}$ уменьшаются (рис. 3). Максимум танген-

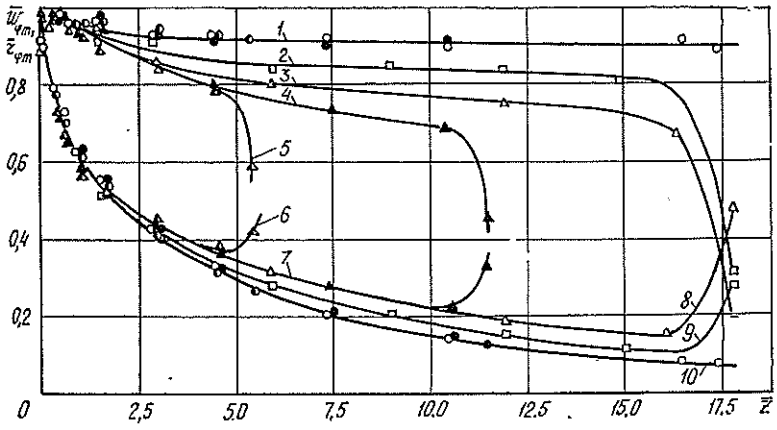


Рис. 3. Изменение $r_{\varphi m}$ (кривые *1—5*) и $\bar{w}_{\varphi m}$ (кривые *6—10*) по длине циклонной камеры при различных значениях $\bar{L}_к$ и $\bar{d}$: ▲ — $\bar{L}_к = 12{,}25$; △ — 18,25 при $\bar{d} = 0{,}46$; □ — $\bar{L}_к = 18{,}25$ при $\bar{d} = 0{,}62$; ● — $\bar{L}_к = 12{,}25$; ○ — 18,25 при $\bar{d} = 0{,}79$; для остальных обозначений $\bar{L}_к = 6{,}25$ при $\bar{d} = 0{,}46$ и 0,79

циальной составляющей скорости при этом смещается к внешней стенке канала (увеличивается $\bar{r}_{\varphi m} = r_{\varphi m}/R_к$). Профиль $\bar{w}_\varphi$ с ростом $\bar{z}$ становится более равномерным. Распределение осевой скорости $\bar{w}_z$ с раскруткой потока также выравнивается, что наиболее заметно при больших $\bar{d}$ (см. рис. 1).

При варьировании $\bar{L}_к$ от 6,25 до 18,25 особенности изменения аэродинамических параметров φ, $\bar{w}_{\varphi m}$ и $\bar{r}_{\varphi m}$ по длине камеры остаются такими же. Исключение составляет лишь область течения вблизи выходного отверстия — зона стока в выходной канал. Здесь в результате радиального перетока газа к выходному отверстию происходит перестройка течения, которая сопровождается резким увеличением $\bar{w}_{\varphi m}$ и уменьшением $\bar{r}_{\varphi m}$. Максимум вращательной скорости оказывается смещенным к поверхности выходного канала (рис. 1).

Одну из основных аэродинамических характеристик циклонных камер — суммарный коэффициент сопротивления камеры по входным

условиям $\xi_{вх}$ ($\xi_{вх} = 2\Delta p_п/\rho_{вх}v^2_{вх}$, где $\Delta p_п$ — перепад полного давления в камере; $\rho_{вх}$ — плотность потока в шлицах) можно представить как сумму его отдельных составляющих, т. е. коэффициентов сопротивления входа в камеру $\xi_{вх.\,к}$ ($\xi_{вх.\,к} = 2\Delta p_{п.\,вх.\,к}/\rho_{вх}v^2_{вх}$), рабочего объема камеры $\xi_к$ ($\xi_к = 2\Delta p_{п.\,к}/\rho_{вх}v^2_{вх}$) и выхода из камеры $\xi_{вых}$ ($\xi_{вых} = 2\Delta p_{п.\,вых}/\rho_{вх}v^2_{вх}$). Перепад полного давления на входе потока в камеру $\Delta p_{п.\,вх.\,к}$ определяли по разности полных давлений во входных шлицах и на выходе из них, во входном сечении кольцевого канала, $\Delta p_{п.\,к}$ — по разности полных давлений потока в сечениях входа и выхода, а $\Delta p_{п.\,вых}$ — по избыточному полному давлению в выходном сечении. Среднее полное давление в граничных сечениях находили как его среднеинтегральное значение путем графического интегрирования.

$\overline{d}$	$\overline{d}_{вых}$	$\overline{L}_к$	$\xi_{вх}$	$\xi_{вх.\,к}$	$\xi_к$	$\xi_{вых}$
0,46	0,43	6,25	2,186	0,549	0,617	1,020
0,46	0,43	12,25	1,734	0,523	0,707	0,504
0,46	0,43	18,25	1,637	0,536	0,778	0,323
0,62	0,59	18,25	1,390	0,548	0,738	0,104
0,79	0,74	6,25	1,416	0,347	0,848	0,221
0,79	0,74	12,25	1,440	0,354	0,901	0,185
0,79	0,74	18,25	1,347	0,342	0,941	0,064

В таблице приведены средние для диапазона чисел Рейнольдса $(1{,}9\ldots6{,}4)\cdot10^5$ ($\mathrm{Re}_{вх} = v_{вх}D_к/\nu_{вх}$, где $\nu_{вх}$ — кинематическая вязкость при температуре воздуха в шлицах на входе в камеру) опытные значения полного коэффициента сопротивления и его составляющих при различных геометрических характеристиках циклонной камеры.

Как показали исследования, полный коэффициент сопротивления зависит главным образом от длины камеры и диаметра выходного канала. Так, при $\overline{d} = 0{,}46$ с увеличением $\overline{L}_к$ происходит снижение полного коэффициента сопротивления, а при $\overline{d} = 0{,}79$ с увеличением $\overline{L}_к$ до 10 ... 12 $\xi_{вх}$ сначала несколько возрастает, а затем, при $\overline{L}_к > 12$, снижается. Такой характер изменения $\xi_{вх}$ при различных значениях $\overline{d}$ объясняется зависимостью его составляющих от $\overline{L}_к$. Увеличение длины рабочего объема камеры приводит к росту $\xi_к$, что обусловлено повышением затрат энергии на преодоление сил сопротивления трению. Уменьшение же $\xi_{вых}$ происходит из-за снижения интенсивности вращательного движения потока в сечении стока газов. Сопротивление входа $\xi_{вх.\,к}$ практически не зависит от $\overline{L}_к$. Однако для $\overline{d} = 0{,}46$ с увеличением $\overline{L}_к$ наблюдается снижение $\xi_{вых}$ более интенсивное, чем рост $\xi_к$. В этом случае происходит уменьшение $\xi_{вх}$. Для камеры с $\overline{d} = 0{,}79$ при увеличении $\overline{L}_к$ до 10 ... 12 наблюдается некоторое повышение $\xi_{вх}$, так как $\xi_к$ растет интенсивнее, чем снижается $\xi_{вых}$. Лишь при $\overline{L}_к > 12$ начинает уменьшаться $\xi_{вх}$ за счет более быстрого падения $\xi_{вых}$.

Влияние диаметра выходного канала на аэродинамическое сопротивление циклонной камеры большой относительной длины исследовано в диапазоне изменения $\overline{d}$ от 0,46 до 0,93. Установлено, что оптимальный диаметр $\overline{d}^{опт}$, при котором общее сопротивление камеры является минимальным, равен 0,7 ... 0,8. Причем, чем $\overline{L}_к$ меньше, тем $\overline{d}^{опт}$ больше. При снижении $\overline{d}$ ($\overline{d} < \overline{d}^{опт}$) происходит рост входной и, особенно, выходной составляющих из-за уменьшения сечения стока газа в выходной канал. Их рост не компенсируется падением сопротивления самой ка-

меры $\xi_к$. С увеличением $\bar{d}$ ($\bar{d} > \bar{d}^{опт}$) происходит существенное возрастание $\xi_к$, по абсолютной величине превышающее суммарное снижение $\xi_{вх.к}$ и $\xi_{вых}$.

Суммарный коэффициент сопротивления циклонной камеры с глубоко встроенным выходным каналом в диапазоне изменения $Re_{вх}$ $(1{,}9\ldots6{,}4)\cdot10^5$ и $\bar{L}_к$ от 6,25 до 18,25 может быть определен по формуле

$$\xi_{вх}/(\xi_{вх})_{\bar{L}_к=1}=f(\bar{L}_к,\ \bar{d}), \tag{1}$$

где $(\xi_{вх})_{\bar{L}_к=1}$ — коэффициент сопротивления камеры с $\bar{L}_к=1$,

$$(\xi_{вх})_{\bar{L}_к=1}=(1{,}085\bar{d}-0{,}3)^{-1}\left(3{,}8\,Re_{вх}\cdot10^{-7}+0{,}906\right).$$

Представим правую часть уравнения (1) следующим образом:
при $\bar{d}=0{,}46\ldots0{,}79$

$$f(\bar{L}_к,\ \bar{d})=\bar{L}_к^{\,0{,}283-0{,}375\bar{d}};$$

при $\bar{d}=0{,}93$

$$f(\bar{L}_к,\ \bar{d})=(1{,}02-0{,}02\bar{L}_к)^{-1}.$$

Определенное влияние на величину $\xi_{вх}$ оказывает относительное расстояние (зазор) между торцом выходного канала и ближайшим торцом циклонной камеры $\bar{\Delta}=(L_к-l_{вых})/D_к$ (где $l_{вых}$ — длина выходного канала). Установлено, что при $\bar{\Delta}<0{,}2$ начинает уменьшаться сечение для стока газов — выходной канал внедряется в пограничный слой на торцевой поверхности камеры. Общий коэффициент сопротивления $\xi_{вх}$ при этом увеличивается за счет роста $\xi_{вых}$. Так, при изменении $\bar{\Delta}$ от 0,20 до 0,02 $\xi_{вх}$ повышается на 40 %, т. е. наличие зазора меньше 0,20 нецелесообразно.

Влияние параметра $\bar{\Delta}$ можно учесть введением в уравнение (1) поправочного коэффициента

$$\varepsilon_{\bar{\Delta}}=1+0{,}95\exp(-46\bar{\Delta}). \tag{2}$$

Закрученный поток в длинной циклонной камере с глубоко встроенным выходным каналом по закономерностям изменения динамических характеристик можно условно разделить на два участка: начальный и основной.

На начальном участке проявляется влияние условий входа на формирование потока и происходит его перестройка. Профили тангенциальной и осевой составляющих скорости постепенно приобретают вид, характерный для основного участка. Длина начального участка зависит от параметра $\bar{d}$. В диапазоне его варьирования от 0,46 до 0,79 она может быть определена по уравнению

$$z_н/d_э=1{,}5+6{,}75\bar{d}^2, \tag{3}$$

где $z_н$ — длина начального участка;
$d_э=D_к-d$ — эквивалентный диаметр.

На основном участке изменение максимальной тангенциальной скорости по длине камеры может быть описано формулой

$$\bar{w}_{\varphi m}/\bar{w}_{\varphi mн}=[1+0{,}0725(\bar{z}-\bar{z}_н)]^{-1}, \tag{4}$$

где $\bar{w}_{\varphi mн}=w_{\varphi mн}/v_{ср}$ — относительная максимальная тангенциальная скорость в начале основного участка,

$$\overline{w}_{\varphi m н} = 13{,}51\,(1 - \overline{d}^2);$$

$\overline{z}_н = z_н/d_э$ — относительная длина начального участка.

Выводы

1. Установлено, что параметром, позволяющим связать локальные динамические характеристики с интенсивностью вращательного движения потока, как и в коротких циклонных камерах [2], является максимальное значение тангенциальной составляющей скорости $\overline{w}_{\varphi m}$.

2. Получены расчетные уравнения для суммарного коэффициента сопротивления циклонной камеры рассмотренной конструкции.

3. Даны рекомендации по определению оптимальных значений диаметра выходного канала и его заглубления в рабочий объем циклонной камеры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 1386804 СССР, МКИ[4] F 23 L 15/04. Теплообменный элемент рекуператора / Э. Н. Сабуров, С. И. Осташев, А. Н. Орехов и др. (СССР).— № 4133125/24-06; Заявлено 14.10.86; Опубл. 07.04.88, Бюл. № 13 // Открытия. Изобретения.— 1988.— № 13.— С. 154. [2]. Сабуров Э. Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1982.— 240 с. [3]. Сабуров Э. Н., Орехов А. Н. Экспериментальное исследование аэродинамики циклонной камеры большой относительной длины // Лесн. журн.— 1992.— № 2.— С. 123—132.— (Изв. высш. учеб. заведений).

УДК 630*907.11

ОБ ОСНОВАХ ОРГАНИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА ГОРНОЙ ШОРИИ

В. А. БУГАЕВ, М. Т. СЕРИКОВ

Воронежский лесотехнический институт

В целях сохранения окружающей среды в 1971 г. по инициативе ООН принята Всемирная стратегия Международного Союза охраны природных ресурсов (МСОП). Установлена система охраняемых объектов, к которым относятся природные национальные парки.

Международными правилами определены признаки и условия организации национальных парков. Согласно этим условиям для парков в живописной местности отводится сравнительно обширная территория, где природная обстановка не претерпела серьезных изменений под влиянием хозяйственной деятельности человека и участки которой представляют научный, культурный, эстетический интерес. На этой территории принимаются меры для предотвращения эксплуатации природных ресурсов. В отличие от заповедников, имеющих запретный режим, в национальных парках выделяют определенную площадь для отдыхающих и посетителей. Поскольку каждый национальный парк является значительным территориальным образованием, в котором лесорастительные условия могут быть различны, а хозяйство — целевым, то его площадь подразделяют на несколько хозяйственных единиц — функциональных зон. Каждая из них представляет собой компактную совокупность кварталов, в которой выполняются свои лесохозяйственные мероприятия.

Национальные парки стали появляться еще в середине XIX в. Большую известность приобрел Иеллоустонский парк, созданный в 1872 г. в Скалистых горах США. Здесь были заложены некоторые теоретические основы организации парков. Эта идея стала распространяться и в других государствах. В нашей стране к такой работе приступили позднее, но уже имеется несколько десятков подобных объектов и почти ежегодно создаются новые национальные парки.

Несмотря на актуальность рассматриваемого вопроса, многие его положения не приобрели пока должного теоретического обоснования. В настоящем сообщении изложены некоторые положения на основе работы авторов по организации национального парка в Кемеровской области.

Шорский государственный природный национальный парк (ШГПНП) организован в 1989 г. на площади 338 тыс. га в южной части Кемеровской области. Его задачей является сохранение и восстановление природных ландшафтов Горной Шории, их использование в рекреационных, культурно-просветительных и научных целях. Такое направление деятельности парка обусловлено природными, экономическими и социальными особенностями района, состоянием лесов.

Данный объект расположен на территории Салаирского кряжа. Характер рельефа — сложная, сильно расчлененная речными долинами горная система. Средняя высота местности 500...800 м над уровнем моря, отдельные вершины достигают 1500 м. На территории парка находятся верховья основной водной артерии области р. Томь и ее притоков. Кемеровская область — одна из промышленно развитых в Сибири. Здесь создалась тяжелая экологическая обстановка, ухудшилась природная среда. Это определило горнозащитные, водоохранные, оздоровительные рекреационные функции леса ШГПНП. Дополнительно установлены этносоциальные функции для создания условий жизни, быта и занятости малочисленной коренной Шорской народности.

Осуществление описанных функций парка возможно при соответствующем состоянии лесного фонда. Последний в связи с народнохозяйственным назначением отнесен полностью к лесам первой группы. Процентное распределение древостоев по преобладающим породам: кедр — 29,5, пихта — 29,4, береза — 25,1, осина — 8,8, остальные породы — лишь 7,2. Таким образом, основной фонд создают хвойные (кедрово-пихтовые) и березово-осиновые леса.

В связи с особым режимом ШГПНП и отнесением лесов к первой группе главные рубки запрещены. Возрасты рубок установлены гораздо выше, чем были ранее, причем они имеют условное значение — для характеристики лесного фонда. Нижний предел возраста рубки кедра — 241, пихты — 121, березы — 81 год. С учетом этих возрастов среди кедровников наиболее распространены приспевающие (200...240 лет) — 50,4 %, в пихтарниках также приспевающие (100...120 лет) — 42,8 %, в березняках средневозрастные (20...60 лет) — 70,8 %.

Сказанное свидетельствует о том, что леса парка старовозрастные, в малой степени затронутые эксплуатацией. В пределах Кемеровской области данный лесной массив наиболее сохранившийся, что обусловлено его окраинным расположением по отношению к промышленному центру области, слаборазвитой транспортной сетью, труднодоступен из-за гористого рельефа. Следовательно, здесь преобладающее значение имеют природные факторы, служащие основой при создании парка.

Производительность древостоев ШГПНП соответствует условиям местопроизрастания. Средний класс бонитета II, 9, кедра II, 8, пихты и березы III, 0. Средняя полнота 0,57, кедра 0,60, пихты 0,58, березы 0,54. Средний запас древостоев кедра на 1 га 287 м^3, спелых 300 м^3, средний прирост 1,3 м^3, пихты соответственно 192, 204 и 1,8; березы 107, 147 и 1,8.

Разработка основ организации хозяйства в обычных лесхозах эксплуатационного назначения базируется на выделении территориальных образований, каковыми являются хозяйственные части (хозчасти). Поскольку национальному парку не присущ лесосырьевой смысл и его задачи совершенно иные, то в ШГПНП по указанной причине хозчасти не выделялись.

В соответствии с направлением деятельности национального парка и состоянием лесного фонда в результате выполненной авторами совместно с лесоустроительной партией в 1990—1991 гг. работы по составлению технико-экономического обоснования (ТЭО) парк был разделен на несколько функциональных зон. При их выделении учитывали сохранность территориальных комплексов, состояние леса, растительного и животного мира, показатели природоохранной оценки, эстетической и рекреационной ценности леса.

Для природоохранной оценки составлена ландшафтная карта на топографической основе. При этом были использованы аэрофотоснимки масштаба 1 : 12 000, геодезические и таксационные материалы. Отраженное на ландшафтной карте учитывает взаимосвязь компонентов природно-территориальных комплексов, рельефа, растительного и животного мира. На ней выделено семь ландшафтных комплексов на основе особенностей рельефа местности, состояния лесов.

Используя данные ландшафтной карты, территорию парка разделяли на совокупности участков разной степени уязвимости. На участках, где растительность и животный мир наиболее уязвимы, устанавливали заповедный режим.

В зависимости от оценки пейзажа участков территория ШГПНП разделена на три природных комплекса. Первое образование (70 % площади парка) наиболее живописно, его посещение ограничено. Второй комплекс (25 %) обеспечивает широкую видимость местности в доступных пунктах, через которые проходят туристические маршруты вблизи точек обозрения. В третьем комплексе (5 %) осмотр пейзажа возможен с близкого расстояния. Здесь пролегает большинство маршрутов и сосредоточена тропиночная сеть.

Рекреационную ценность отдельных частей ШГПНП устанавливали соответственно типу ландшафтов, эстетической и санитарно-гигиенической оценке насаждений, их устойчивости и дигрессии среды. Типы ландшафтов определяли в связи с полнотой насаждений и наличием древесно-кустарниковой растительности: закрытый ландшафт (71 %), полуоткрытый (20 %) и наиболее доступный для посещения открытый (9 %). Эстетическая ценность характеризовалась по трем классам, причем первый (высший) относился к наиболее производительным и полнотным насаждениям смешанного состава, с отсутствием захламленности, удобным для осмотра. Участки первого класса составили 61, второго — 33, третьего — 6 %. Санитарно-гигиеническую ценность леса определяли по фактическому наличию условий для отдыха. При этом выявлено почти полное отсутствие насаждений с высокой оценкой данного признака, среднюю оценку имело 84 % площади. Следовательно, требуются мероприятия, способствующие повышению ценности леса. Устойчивость насаждений устанавливали по их росту и состоянию, уплотненности почвы, наличию травяного покрова. Участки с высокой устойчивостью (78 %) наиболее соответствуют условиям организации отдыха. Среднюю устойчивость имели 19 %, низкую — 3 % площади. Показатели дигрессии среды характеризовались наличием признаков антропогенного нарушения состояния леса. К первому классу относили насаждения, не испытавшие хозяйственного воздействия, с хорошо сохранившимся подростом, подлеском и покровом (93 % площади). Средний класс имели 4 %, с наиболее нарушенной средой — 3 % площади.

Для регламентирования посещения парка, организации территории и прокладки маршрутов для отдельных участков, наряду с описанными показателями, определяли рекреационную нагрузку. Она выражалась ежедневным числом человек в среднем за сезон, отнесенным на 1 га. В среднем допустимые рекреационные нагрузки для отдельных

категорий насаждений составили 2...7 чел. на 1 га. Это позволило установить возможное число отдыхающих по функциональным зонам без нарушения природной среды.

На основании описанных признаков территория ШГПНП была разделена на семь функциональных зон: заповедного режима (11,5 % общей площади); рекреационных заказников (18,1 %); лесовосстановительных заказников, природоохранительная (11,8 %); рекреационная и хозяйственного экстенсивного использования (5,7 %); интенсивного рекреационного и хозяйственного использования (27,3 %); хозяйственная (19,3 %), нейтральная, буферная (6,3 %).

Материалы ТЭО и разделение территории на функциональные зоны с определенной для каждой из них хозяйственной деятельностью послужили организационной основой ШГПНП и были использованы при последующем лесоустроительном проектировании.

УДК 630*863.1

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ОТЛОЖЕНИЕ ОСАДКА ЛИГНОГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ АММИАЧНОЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ГИДРОЛИЗАТА

В. В. ЗАЛЯЖНЫХ

Архангельский лесотехнический институт

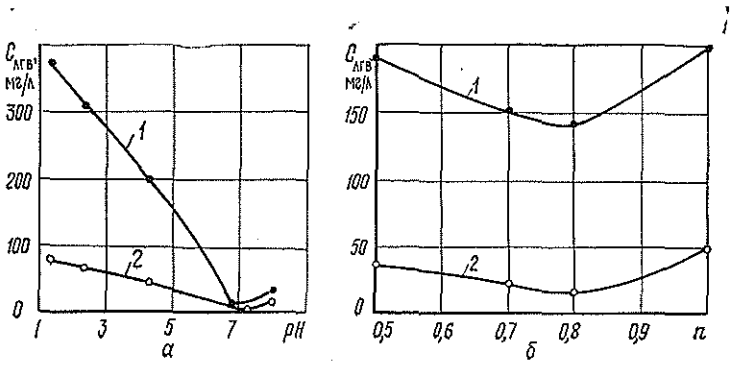
На ряде гидролизных заводов постоянно или периодически (при отсутствии извести) осуществляется аммиачная нейтрализация части или всего потока гидролизата. При простоте проведения, отсутствии гипсации оборудования (прежде всего бражных колонн) и сокращении количества образующегося шлама этот процесс имеет и ряд недостатков, в частности: повышенное содержание в нейтрализатах вредных для биохимической переработки лигногуминовых веществ (ЛГВ), а также интенсивное отложение на оборудовании и трубопроводах трудноудаляемого смолообразного осадка, состоящего в основном из ЛГВ.

Для уменьшения содержания ЛГВ в нейтрализатах путем их коагуляции и удаления при последующем осветлении предложено [2] проводить нейтрализацию с делением гидролизата на два потока. При этом вводится вся аммиачная вода, необходимая для нейтрализации всего гидролизата до pH 4,0...4,5, в один из потоков, который выдерживается и смешивается с другим. Оптимальная доля нейтрализуемого потока от общего объема гидролизата составляет 0,66. Для усиления эффекта необходимо охлаждать гидролизат перед нейтрализацией [3].

Нами исследовано влияние температуры и глубины аммиачной нейтрализации гидролизата на интенсивность отложения осадка ЛГВ на металлической поверхности.

Для этого применяли гидролизат Архангельского гидролизного завода, нейтрализованный раствором аммиака концентрацией 2 моль/л. В течение 2 ч 50 мл нейтрализата перемешивали в стальных стаканах диаметром 70 мм на бане-качалке с частотой 100 циклов в минуту при соответствующей температуре. Затем его выливали, стакан споласкивали дистиллированной водой. Оставшийся на стенках осадок растворяли в точно отмеренном количестве едкого натра концентрацией 0,1 моль/л. В растворе спектрометрическим методом [1] определяли содержание ЛГВ ($C_{ЛГВ}$), пересчитывая его на 1 л гидролизата.

Из полученных результатов (см. рисунок *а*) видно, что интенсивность отложения ЛГВ снижается с увеличением pH и уменьшением температуры. Исходя из этого, можно предположить, что отложение



Зависимость отложения осадка ЛГВ от pH (*а*) и доли (*n*) нейтрализации потока (*б*) при различных значениях температуры: *1* — 85; *2* — 20 °С

осадка ЛГВ будет меньше при аммиачной нейтрализации в два потока, чем при обычной, поскольку pH одного из потоков больше (соответственно pH 4,0 . . . 4,5 и 6,5 . . . 8,5). Усиления эффекта можно ожидать при охлаждении гидролизата перед нейтрализацией.

В целях проверки этих предположений в лабораторных условиях гидролизат нейтрализовали по обычной технологии, вводя в него раствор аммиака до pH 4,3, а также в два потока. Для этого 100 мл гидролизата делили на две части, соотношение которых варьировали в процессе опытов. В одну из них вводили необходимый для нейтрализации всех 100 мл гидролизата до pH 4,3 объем раствора аммиака концентрацией 2 моля/л. Ее выдерживали в течение 20 мин при соответствующей температуре и смешивали со второй частью. В нейтрализате оценивали интенсивность отложения осадка ЛГВ по вышеприведенной методике.

Из представленных на рисунке *б* графиков видно, что как нейтрализация гидролизата в два потока, так и охлаждение гидролизата перед нейтрализацией приводят к уменьшению интенсивности отложения осадка ЛГВ. При этом оптимальная доля нейтрализуемого потока составляет 0,7 . . . 0,8 от общего объема гидролизата, т. е. близка к оптимальной для снижения содержания ЛГВ в нейтрализате.

Таким образом, предложенная нами технология аммиачной нейтрализации гидролизатов с делением на два потока имеет еще одно преимущество, поскольку способствует снижению интенсивности образования органических отложений на стенках оборудования и трубопроводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Влияние лигногуминовых веществ на рост кормовых дрожжей / Л. А. Гусарова, В. Д. Акура, Т. Н. Семушина и др. // Сб. тр. / ВНИИгидролиз.— 1986.— Вып. 35.— С. 34—40. [2]. Заляжных В. В., Гельфанд Е. Д., Богомолов Б. Д. Повышение доброкачественности гидролизатов при нейтрализации аммиаком // Гидролиз. и лесохим. пром-сть.— 1990.— № 3.— С. 12—14. [3]. Заляжных В. В., Гельфанд Е. Д. Совершенствование технологии подготовки гидролизатов растительного сырья к биохимической переработке // Лесн. журн.— 1989.— № 5.— С. 97—101.— (Изв. высш. учеб. заведений).

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3 : 630*86

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПРОБЛЕМЫ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ КОМПОНЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ»

Конференция была организована Архангельским лесотехническим институтом, Архангельским областным правлением НТОбумдревпрома, Институтом экологических проблем Севера УрО РАН и состоялась 9—11 июня 1992 г. в г. Архангельске.

На конференции были представлены шесть обзорных пленарных докладов, в которых рассмотрены наиболее интересные и актуальные проблемы химии и химической переработки древесины: исследование окислительно-восстановительных свойств и превращений компонентов древесины, их связь с термодинамическими характеристиками, современные тенденции в развитии органо-сольвентных варок, селективность процесса кислородно-щелочной отбелки, изучение окисления лигнина кислородом и образование диоксина.

На заседаниях секций заслушано 76 докладов по научным разработкам девяти научно-исследовательских академических и отраслевых институтов, четырех вузов и трех целлюлозно-бумажных комбинатов.

В конференции приняли участие ученые Архангельска, Санкт-Петербурга, Иркутска, Москвы, Риги, Сыктывкара, Тулы, Астрахани, Красноярска, Братска, Коряжмы.

Вниманию участников секции «Окислительно-восстановительные превращения компонентов древесины» предложена серия докладов сотрудников ВНИИБ, в которых отражены превращения компонентов древесины при ингибировании и каталитическом окислении. В докладе проф. Э. И. Чупки «Проблемы исследования свойств и окислительно-восстановительных превращений древесины» сформулированы и обоснованы основные направления использования методов исследования оксред-превращений в процессах управляемого биосинтеза древесной ткани, при варке древесины, ингибированном предгидролизе, предобработках, снижающих содержание токсичных серосодержащих компонентов парогазовых выбросов. Большой интерес вызвал доклад проф. П. П. Эриньша «Лигнин в структуре древесинного вещества» о роли лигнина в формировании структуры древесины, влиянии надмолекулярного строения древесинного вещества на делигнификацию, изучении изменений в древесной матрице в процессе физических и химических воздействий на древесину.

На секции «Современные окислительные способы переработки древесины» с докладами о проблемах биоделигнификации древесины выступили сотрудники Института органической химии СО РАН (Иркутск). Сотрудниками Санкт-Петербургской лесотехнической академии были представлены последние работы в области органо-сольвентных варок. Доклады Б. Н. Баженова с соавторами из Иркутского госуниверситета, В. Е. Тарабанько, А. В. Кудряшева из Института химии природного органического сырья СО РАН (Красноярск), Н. Г. Московцева из Международного центра «Интерэко» (Братск), Н. И. Афанасьева с соавторами из Института экологических проблем Севера УрО РАН (Архангельск) и др. посвящены разработке способов переработки и утилиза-

ции отходов целлюлозно-бумажного производства. Интересны сообщения А. П. Трейманиса, Т. Э. Еремеевой и др. из Института химии древесины (Рига) «Особенности комбинированной ферментативно-пероксидной отбелки целлюлозных волокон» и Д. А. Сухова и др. из Санкт-Петербургского технологического института ЦБП «Сопоставительный анализ влияния условий традиционных и нетрадиционных способов отбелки на состав и структуру целлюлозных полуфабрикатов».

Секция «Аналитические методы исследования окислительно-восстановительных свойств и превращений компонентов древесины» рассмотрела вопросы использования современных физико-химических методов в химии древесины. Возможности микрокалориметрии в этой области раскрыты в выступлениях сотрудников Института химической физики РАН (Черноголовка). В докладах проф. К. Г. Боголицына с соавторами (Архангельск) показаны перспективы использования метода оксредметрии для контроля технологических процессов ЦБП.

Участники конференции отметили высокий теоретический уровень и большую практическую значимость представленных работ, творческую атмосферу заседаний. Однако было сделано заключение о том, что увеличивается разрыв между отечественным и мировым уровнем исследований, более ощутимым стало отставание в разработке и внедрении прогрессивных современных технологий. Поэтому конференция приняла решение подготовить и направить в Министерство науки, высшей школы и технической политики, а также в Департамент лесной, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности Министерства промышленности России предложения об увеличении финансирования фундаментальных изысканий в области химии древесины, о необходимости решения вопросов подготовки молодых научных кадров для лесной индустрии страны. Предложено разработать программу «Фундаментальные исследования в области химии древесины и ее компонентов» в рамках Российского научного фонда фундаментальных исследований.

Принято решение о дальнейших совместных разработках научных программ в области химии и химической переработки древесины с учетом традиционных многолетних связей между странами содружества. Предложено провести 3-ю Международную конференцию по данной проблеме.

По материалам конференции опубликованы тезисы докладов «Проблемы окислительно-восстановительных превращений компонентов древесины», 9—12 июня 1992 г.— Архангельск: АЛТИ, 1992 г.— 130 с. (Цена 40 р.).

Для получения тезисов наложенным платежом заказы просим направлять по адресу: 163007, г. Архангельск, 7, наб. В. И. Ленина, 17, АЛТИ, кафедра физической и коллоидной химии.

Т. Э. Скребец

Институт экологических проблем Севера УрО РАН

УДК 061.3 : 581.132

СОВЕЩАНИЕ ПО УГЛЕКИСЛОТНОМУ ОБМЕНУ РАСТЕНИЙ

В Сыктывкаре 16—19 марта 1992 г. проходило Всероссийское рабочее совещание по проблеме «Газообмен растений в посевах и природных фитоценозах», организованное Институтом биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук в рамках Научного совета по проблемам фотосинтеза и продукционного процесса и Коми отделения Всероссийского общества физиологов растений.

В работе совещания приняли участие ученые Сыктывкара, Воронежа, Москвы, Екатеринбурга, Петрозаводска, Уфы и других городов России. С приветственным словом и информацией о деятельности Института биологии Коми НЦ выступил его директор А. И. Таскаев. Было заслушано и обсуждено 20 докладов по различным аспектам проблемы, методологии и методике исследований.

Общим вопросам газообмена и первичной продуктивности агрофитоценозов и лесных экосистем были посвящены доклады ученых Сыктывкара К. С. Бобковой «Экофизиологические подходы к изучению продукционного процесса лесных фитоценозов», Т. К. Головко «Современные представления о дыхании растений», З. П. Мартинюка «Влияние метеофакторов на распределение CO_2 в лесных фитоценозах», а также В. К. Болондинского «Исследование углекислотного газообмена сосны обыкновенной в разных типах леса» (Петрозаводск), В. В. Мамаева «Влияние недостатка почвенной влаги на дыхание корней дуба» (Москва), З. Ф. Рахманкуловой «Количественный анализ суточного фотосинтеза, составляющих дыхания и синтеза экспертных соединений у растений, выращенных в искусственных фитоценозах» (Уфа).

Большое внимание вызвали доклады, освещавшие реакцию растений на изменение климата Земли. С докладом «Газообмен и рост древесных растений в условиях повышенного содержания CO_2 в атмосфере» выступил А. В. Веретенников (Воронеж), «Возможные последствия влияния глобального повышения концентрации углекислоты на растительность» — В. И. Пьянков, «Газообмен и баланс углерода у арктических растений в связи с возможными изменениями климата» — С. К. Назаров (Сыктывкар), «Влияние повышенного содержания углекислоты в атмосфере на формирование продуктивности яровой пшеницы в условиях различной водообеспеченности» — Н. В. Пухальская (Москва) и др.

Интерес вызвали и методические доклады Л. А. Рязанцевой «Способ ранней диагностики продуктивности хвойных древесных растений по показателям углекислотного обмена» (Воронеж), М. Д. Сивкова «Метод изучения баланса углерода целых растений в полевых условиях» (Сыктывкар), С. Н. Кузина «К оценке радиационного режима ельника черничного средней подзоны тайги» (Сыктывкар). В выступлениях С. К. Назарова, М. Г. Баринова и др. нашло отражение воздействие промышленных поллютантов на газообмен и продуктивность растений.

В обсуждении докладов критическому анализу подверглись используемые в полевых условиях подходы и методы, правомерность расчленения составляющих темнового дыхания (рост, поддержание, транспорт, поглощение), способы диагностики продуктивности потомства растений и др. Высказаны предложения по совершенствованию постановки экспериментов в полевых условиях, их автоматизации и компьютеризации, более глубокому изучению механизма воздействия внешних стрессов на фотосинтез, дыхательный обмен и первичную продуктивность растений естественных фитоценозов, посевов и культур.

Перед совещанием была проведена большая организационная работа, к открытию опубликованы тезисы докладов. В ходе его проведены деловые встречи специалистов и экскурсии, предложена проблема очередного совещания: «Газообмен, продуктивность растений и парниковый эффект».

А. В. Веретенников

Воронежский лесотехнический институт

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*378.9 : 091 (075)

ВОСПОМИНАНИЯ О ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ*

В издательстве Санкт-Петербургской лесотехнической академии опубликована книга крупнейшего лесовода нашего времени академика Ивана Степановича Мелехова.

Формально книга И. С. Мелехова выпущена как учебное пособие по истории Лесотехнической академии. В действительности она значительно шире. Это своеобразная летопись времени. Читая ее, очень остро ощущаешь реальную обстановку тех лет и невольно сопоставляешь с нашими днями. Повествование написано живым образным языком.

Первая часть его воспоминаний касается студенческих лет, в ней даны удивительно реалистичная картина событий и характеристики людей непростого периода, охватывающего 1925—1930 гг.

Автор не придерживается строгой хронологии событий, он то забегает вперед, устанавливая связи с нашим временем, то возвращается в прошлое. Здесь и первые впечатления архангельского паренька, приехавшего в Ленинград — один из красивейших городов мира. Здесь и рассказ о годах учебы, студенческом быте со всеми его сложностями, радостями и горестями. Большое внимание уделяет автор своим товарищам по учебе, многие из которых достигли крупных успехов как в научной, так и производственной деятельности. Особенно убедительно он характеризует увлеченность студентов, их жажду приобретения знаний, а не диплома, как это часто бывает сейчас.

И. С. Мелехов отмечает тягу студенчества к культуре и искусству. Посещение театров, музеев, филармонии для многих из них было естественной потребностью. Практиковались в ту пору и встречи студенчества с выдающимися учеными, такими как А. Е. Ферсман, Н. Я. Марр.

С большой теплотой академик И. С. Мелехов вспоминает своих Учителей, именно Учителей с большой буквы, являвшихся украшением и гордостью российской науки и внесших в ее развитие неоценимый вклад: К. К. Гедройца, В. Н. Сукачева, Л. А. Иванова, М. М. Орлова, М. Е. Ткаченко, М. Н. Римского-Корсакова, С. И. Ванина и др. В воспоминаниях мы видим их в качестве исследователей, педагогов, истинных представителей русской интеллигенции. Отмечается их огромная роль в формировании мировоззрения и профессионализма студентов.

Не обходит автор стороной и сложности, которые возникали при приеме в вуз, в процессе обучения, при решении дальнейшей судьбы выпускников.

Может быть следовало более подробно остановиться на ростках негативного, что зарождалось в те годы и затем развернулось в вакханалию, связанную с травлей М. М. Орлова и учения Г. Ф. Морозова. Да и имена виновников необходимо бы назвать. Возможно это будет раскрыто во второй части воспоминаний. Вполне вероятно, автор несколько

---

* Мелехов И. С. Альма матер. Воспоминания о Лесотехнической академии. Ч. 1. Студенческие годы: Учебное пособие по истории Академии для студентов всех специальностей.— СПб.: ЛТА, 1992.— 100 с.

идеализирует С. М. Кирова. Если брать во внимание факты, ставшие известными в последнее время, то нужно бы отметить неоднозначность этой личности. Но ведь воспоминания отражают соответствующее время, когда на события и людей смотрели другими глазами.

Двум авторам этой краткой резенции посчастливилось присутствовать на встрече этого выпуска по случаю 50-летия со дня поступления в академию, проходившей в августе 1975 г. Кое-с чем из изложенного в книге мы познакомились тогда, послушали далеко не всегда безобидные студенческие куплеты о преподавателях. Кстати, жаль, что в книге они опубликованы не полностью.

Мы не сомневаемся, что воспоминания И. С. Мелехова будут встречены с большим интересом, особенно теми, чья жизнь так или иначе связана с Лесотехнической академией или лесным хозяйством страны. Будем с нетерпением ждать выхода второй части «Воспоминаний».

Для получения книги И. С. Мелехова «Альма матер. Воспоминания о Лесотехнической академии» наложенным платежом следует направлять заказы по адресу: 194018, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., 5, ЛТА, методическая база. Цена 5 р. 80 к.

О. А. Катаев, Г. И. Редько, М. Л. Брановицкий
Лесотехническая академия (г. Санкт-Петербург)

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1992

ЛЕСНОЙ ФЕНОЛОГИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

ЛЕСНОЙ МЕСЯЦЕСЛОВ

ИЮЛЬ

Акация имеет спелые стручки — ржаная нива созрела.
Аграфена — лютые коренья (6 июля), сбор трав и кореньев для лечебных целей.
В жару и грибы прячутся в тень.
В июле солнце идет на зиму, а лето на жару.
Ветерок листьями шелестит, поворачивает их верхней стороной вниз (осина даже побелела) — к дождю.
Вода в речке потеплела — к дождю.
Воздух над лесом посинеет — будет тепло.
Воробьи собираются стаями — к дождю.
Вороны купаются — к непогоде.
Галки под вечер собираются гурьбой и кричат — к ясной погоде.
Где много птиц — мало гусениц.
Грачи на траве — скоро будет дождь.
Дожди затянулись — груздей не жди.
Дождь в июле идет не там, где ждут, а там, где жнут.
Дым столбом — к ведру; дым волоком — к ненастью.
Жабы расквакались среди дня — жди дождя.
Зосима (2 июля) — пчелы меда запасают.
Июль — краса лета, середина цвета.
Июль с туманами — осень с дождями.
Канюк плачет — дождь будет.
Кисти овса отяжелели — появились опенки разные.
Клевер красный перед бурей вытягивает стебель вертикально.
Когда грибовно, так и хлебовно.
Коли на Казанскую (21 июля) ягода черники поспела — поспела и рожь.
Комарье активное — перед дождем.
Конь храпит — к непогоде, фыркает — к теплу.
Комаров много — много ягод, много мошкары — много грибов.
Кузнечики стрекочут — предвещают сухую погоду.
Кукушка долго кукует — к теплой погоде.
Кулик оставляет болото, летает по полю — к ясной погоде.
Лето всем хорошее, но вершина лета, июль, тяжела.
Листья деревьев поворачиваются наизнанку — дождь близко.
Листья каштана конского за одни-двое суток перед дождем выделяют «слезы» (появляются капельки сока).
Листья папоротника сворачиваются книзу — перед хорошей погодой, разворачиваются — к непогоде.
Малина уродила обильно — зима ожидается холодной.
Малина урожайная — к урожаю хлеба.
Много мошек — готовь лукошек.
Мухоморы появились — жди белых грибов.
На Афиногена (29 июля) птички задумываются — перестают петь.
На Иванову ночь (7 июля) звездно — много будет грибов.

Нетопыри разыгрались — к хорошей погоде.
Ночи в июле звездные — будет много грибов.
Паук плетет сетку — к засухе.
После Петрова дня (12 июля) кукушка ячменным колосом давится — умолкает.
Птицы замолчали — жди грома.
Птицы мелкие прячутся в гнезда — будет дождь.
Пчелы с приближением облаков не прячутся и продолжают работать — дождя не будет.
Пчелы сидят дома — к дождю; вылетают рано — к ясному дню.
Пчелы суетятся — к непогоде.
Раньше встанешь — грибов насобираешь.
Рыба ловится хорошо — к урожаю хлеба.
Рыжики появились — ожидай осенних опенков.
Роса июльская как слеза: в ней лес умывается, с ночью прощается.
Сморчков урожай — к урожаю проса и гречихи.
Сова кричит — будет холод.
Соловей поет до Петрова дня (12 июля).
Туман над лесом — пошли грибы.
Федул (1 июля) на двор заглянул — пора серпы зубить (точить), к жатве готовиться загодя.
Хвоща полевого много — зима будет холодной; много щавеля — теплой.
Цветы лютика открытые, небо пасмурное — дождя не будет.
Чибис кричит с вечера — к ясной погоде.

АВГУСТ

Без хлеба и ситник хлеб.
Брусника созрела наполовину — рожь полностью.
В августе до обеда лето, после обеда осень.
В поле хлеб, в лес по дрова.
Ветра нет, а сухие ветки с деревьев падают — не обойти осадков.
Воробьи сидят напыживши́сь — перед дождем.
Вороны каркают — к непогоде.
Вороны поднимаются вверх — к непогоде.
Всякого «нета» запасай с лета.
Где дубы, там и грибы.
Гнезд осиных летом много — зима будет суровой.
Гриб каждый берут, да не каждый в кузов кладут.
Грибы любят за нос водить.
Грибов много на протяжении лета — ожидается долгая зима.
Деревья сильно шумят — перед непогодой.
Дождь идет — будут грибы.
Дождь на Макриду (1 августа) — не будет орехов.
Дорожки в лесу покрылись плесенью — будет много грибов.
Дуб в августе богат на желуди — будет урожай.
Жуки жужжат — к непогоде.
Журавли в августе полетели на юг — будет ранняя зима.
Змеи выползают из чащобы на открытое место и греются — будет дождь.
Илья (2 августа) жниво зачинает, лето кончает.
Комары и мошкара столбом — к ветру.
Конь ложится на землю летом — будет непогода.
Конь трясет головой и задирает ее вверх — к дождю.
Кроты нарыли большие кучи — будет тепло и ясная погода.
Кувшинка на озере закрывается — перед дождем.
Лес без ветра шумит — будет дождь.
Леса нет — и гриб не родится.

Листья желтые появились в августе — к ранней осени.
Листья костяники за пятнадцать-двадцать минут перед дождем закрываются.
Листья летом на деревьях желтеют и падают — будет ранняя осень.
Листья на березе начинают желтеть на верхушке — весна будет ранней и дружной.
Листья на деревьях желтеют снизу — к раннему севу; желтеют с верхних веток — добрый поздний посев.
Малина обильная — урожай на хлеб.
Муравьи прячутся в гнезда — к грозе.
На яблочный Спас (19 августа) — и нищий яблоко съест.
Опенки появились — лето окончилось.
От доброго дерева добрый плод.
Паук неподвижный посредине паутины — к непогоде.
Паук расставляет паутину колесом — будет ясная погода.
Пимены-Марины (20 августа) — не ищи в лесу малины.
Пичуги отщебетали — лето оканчивается.
Птицы летние отлетают, с ними отходит лето.
Пчелы во время непогоды в ульях в большом движении и жужжат — к хорошей погоде.
Пчелы летают до позднего вечера — на непогоду.
Пчелы с утра отправляются за добыванием меда — будет хороший день.
Рыба играет в речке — ночью может ударить гроза.
Рыжик первый — сей рожь.
Рыжики появились — жди груздей.
Туманы летом частые — грибов будет много.
У медового Спаса (14 августа) всего в запасе: и дождь, и ведро, и серопогодье.
Урожай на черемуху, так и на рожь.
Черника дозрела — дозрела и рожь.
Шишек на ели много — к урожаю огурцов.

Составитель — профессор Львовского лесотехнического института
В. П. Рябчук

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

М. И. Гордиенко, Н. М. Сухой, Б. И. Новак, П. Х. Тараненко. Продуктивность культур с участием ясеня в свежих дубравах Украины 3
С. И. Марченко. Особенности формирования искусственных насаждений дуба черешчатого на вырубках зоны широколиственных лесов 9
В. С. Писанов. Тип-этап как элементарная таксономическая единица в динамической типологии 12
И. А. Маркевич, А. А. Шужмов. Информативность эстетики ландшафта . . . 15
Л. Г. Попова, А. А. Юринова, А. И. Киприанов, А. Е. Егоров. Оптимальный режим предпосадочной обработки сеянцев ели биопрепаратом на основе черного сульфатного щелока 18
Б. К. Хлюстов. Общая закономерность связи текущего прироста по запасу с полнотой древостоев 22
А. В. Веретенников, Эмад Эль Дин Тавфик. Влияние засоления субстрата на фотосинтетическую активность всходов древесных растений 26
М. И. Калинин, В. К. Тиунчик. Корневые системы бука лесного в условиях Украинских Карпат 29

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

С. Б. Якимович, О. А. Шулепова. Обоснование скоростных режимов валочно-пакетирующих машин с совмещенными функциями 33
Н. И. Библюк, Н. М. Борис, Н. И. Герис, Е. Н. Литвинчук. Статистические характеристики микропрофиля и плана лесных дорог 37
С. М. Гордеев, Г. А. Иванов. К обоснованию очередности освоения лесосек . . 40
А. Т. Герасимов. Исследование токсичности дизельных двигателей 44
В. С. Вихренко, И. В. Турлай, Н. Г. Хохряков. Оценка коэффициента динамичности при продольном движении хлыста в процессе обработки 49
Б. В. Уваров. Расчет рельсового пути при подвижной нагрузке 56
В. П. Стуков. К вопросу расчета нагеля в древесине 61

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

О. И. Полубояринов, А. М. Сорокин. Физические свойства осиновой коры и ее компонентов 67
Г. В. Кудрявин. Некоторые вопросы теории стружкообразования при продольно-торцовом резании древесины 70
С. М. Плотников. Активные способы уменьшения покоробленности древесностружечных плит 76
М. В. Цыхманов, В. В. Воронин. Усилие прессования древесины клином . . . 80
Ю. В. Бугаев, С. Ю. Кузнецов. О влиянии длины раскраиваемых пиломатериалов на распределение протяженности бездефектных участков 83
Г. М. Шутов, М. И. Кулак. Метод описания прочности древесностружечных плит с использованием теории фракталов 86

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Э. И. Гермер. Концепция исследования делигнификации при варке древесины . 92
Н. И. Коршунова, В. В. Глухих, С. А. Орлов, В. М. Балакин. Изучение процессов отверждения промышленных образцов карбамидоформальдегидных олигомеров методом ИК-спектроскопии 97
И. Я. Киселев. Количественные изменения состава жирных кислот листьев клена остролистного в течение летнего периода 101

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Г. В. Коваленко, Н. А. Баева. Опыт изучения потребности в писче-печатной бумаге 103
А. О. Блинов. Эффективность территориально-отраслевой организации лесного комплекса 105

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

И. Н. Патлай, Ю. И. Гайда. Географические культуры дуба черешчатого второго поколения 109
В. Г. Стороженко. Особенности гнилевого поражения ельников различного происхождения 113
В. Р. Карамышев. К расчету двухпоточной кулачковой предохранительной муфты лесохозяйственных машин 116
Ю. Л. Леухин, А. Н. Орехов, Э. Н. Сабуров. Аэродинамика относительно длинных циклонных камер с глубоко встроенным выходным каналом 119
В. А. Бугаев, М. Т. Сериков. Об основах организации национального парка Горной Шории 125
В. В. Заляжных. Влияние различных факторов на отложение осадка лигногуминовых веществ при аммиачной нейтрализации гидролизата 128

НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

Т. Э. Скребец. Международная конференция «Проблемы окислительно-восстановительных превращений компонентов древесины» 130
А. В. Веретенников. Совещание по углекислотному обмену растений 131

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

О. А. Катаев, Г. И. Редько, М. Л. Брановицкий. Воспоминания о Лесотехнической академии 133

ЛЕСНОЙ ФЕНОЛОГИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ

В. П. Рябчук. Лесной месяцеслов 135

Рефераты 142

CONTENTS

FORESTRY

M. I. Gordienko, N. M. Sukhoi, B. I. Novak, P. H. Taranenko. Young Oak Forest Productivity with Ash Participation in Ukraine 3
S. I. Marchenko. Features of Common Oak Artificial Stands' Development at Felled Area of Broad-Leaved Forests 9
V. S. Pisanov. Type-Stage as Elemental Taxonomic Unit in Dynamic Typology 12
I. A. Markevitch, A. A. Shuzhmov. Informativeness of Landscape Aesthetic Beauty 15
L. G. Popova, A. A. Yurinova, A. I. Kiprianov, A. E. Egorov. Optimal Conditions of Black-Sulfate-Liquor-Bio—agent Pre—planting Treatment of Spruce Seedlings 18
V. K. Khlustov. Generality Connection between Current increment in Stock and Forest Stands Density 22
A. V. Verefennikov, Emad El'Din Tavfik. Effect of Substrate Salting on Photosynthetic Woody Plants' Germination Activity 26
M. I. Kalinin, V. K. Tiunchik. European Beech Root Systems in the Conditions of the Ukrainian Carpathians 29

FOREST EXPLOITATION

S. B. Yakimovitch, O. A. Shulepova. Rate Conditions Substantiation of Felling—Bunching Machines with Alignment Service 33
N. I. Biblyuk, N. M. Boris, N. I. Geris, E. N. Litvinchuk. Statistic Characteristic Features of Forest Roads' Microprofile and Plan 37
S. M. Gordeev, G. A. Ivanov. On Proper Sequence of Felling Area Developmen 40
A. T. Gerasimov. Diesel Engines Toxicity Investigation 44
V. S. Vikhrenko, I. V. Turlai, N. G. Khokhryakov. Dynamics Factor Evaluation at Longitudinal Tree Log Movement during Processing 49
B. V. Uvarov. Calculation of Railroad at Moving Load 56
V. P. Stukov. On Problem of Tree Nail Calculation 61

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

O. I. Poluboyarinov, A. M. Sorokin. Physical Properties of Aspen Bark and its Components 67
G. V. Kudryavin. Some Theory Problems of Shavings Forming at Length-Butt Cutting of Wood 70
S. M. Plotnikov. Active Decreasing Methods of Particleboards Warpage . . . 76
M. V. Tsykhmanov, V. V. Voronin. Wedge Wood Pressing 80
Yu. V. Bugaev, S. Yu. Kuznetsov. On Influence of Sawn Goods Length upon Faultless Sections Extent Distribution 83
G. M. Shutov, M. I. Kulak. Fractal Method of Particleboard Strength Description 86

CHEMICAL PROCESSING OF WOOD

E. I. Germer. Investigation Conception of Delignification during Pulping . . . 92
N. I. Korshunova, V. V. Glukhikh, S. A. Orlov, V. M. Balakin. UR-Spectroscopy Examination of Carbamideformaldehyde Industrial Test Specimen Hardening 97
I. Ya. Kiselev. Quantitative Changes of Fatty Acids Composition of Bosnian Maple Leaves during Summer Period 101

Translated by L. A. Korelskaya.

ECONOMICS AND MANAGEMENT

G. V. Kovalenko, N. A. Baeva. Study Experience of Writing and Printing Paper Consumption 103
A. O. Blinov. Efficiency of Territorial-Industrial Structure of Forest Complex 105

SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

I. N. Patlai, Yu. I. Gaida. Common Oak Geographical Cultures of Second Generation 109
V. G. Storozhenko. Features of Spruce Rottenwood of Different Origin 113
V. R. Karamyshev. On Calculation of Two-Flow Cam Slip Clutch of Forestry Machines 116
Yu. L. Leukhin, A. N. Orekhov, E. N. Saburov. Aerodynamics of Relatively Long Deeply-Built-in-Outlet Cyclone Chambers 119
V. A. Bugaev, M. T. Serikov. On Fundamentals of National Forest Park Establishment in Gornaya Shoria 125
V. V. Zalyazhnykh. Influence of Different Factors on Lignohumin Substances Precipitation at Ammonia Hydrolyzate Neutralization 128

SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES

T. E. Skrebets. International Conference „Problems of Ox-red Transformations of Wood Components" 130
A. V. Veretennikov. Conference on Plants' Carbonic Acid Exchange 131

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

O. A. Kataev, G. I. Red'ko, M. L. Branovitsky. Recollections of Forestry Technical Academy 133

FOREST PHENOLOGY CALENDAR

V. P. Ryabchuk. Forest Month Calendar 135

Prècis 142

РЕФЕРАТЫ

УДК 630*232

Продуктивность культур с участием ясеня в свежих дубравах Украины. ГОРДИЕНКО М. И., СУХОЙ Н. М., НОВАК Б. И., ТАРАНЕНКО П. Х. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 3—8.

Установлено, что ясень и дуб хорошо растут в культурах на свежей лесосеке по частично обработанной почве. На площадях, вышедших из-под длительного сельскохозяйственного пользования, предпочтение следует отдавать дубу. На площадях со сплошной обработкой почвы ясень следует вводить одним чистым рядом или смешивать в рядах. Дуб можно вводить 2—3 рядами чистой кулисой. Общее число посадочных мест должно быть около 10 тыс. на 1 га. Табл. 4.

УДК 630*232:674.031.632.26

Особенности формирования искусственных насаждений дуба черешчатого на вырубках зоны широколиственных лесов. МАРЧЕНКО С. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 9—12.

Приведены особенности формирования молодняков из однопородных культур дуба и естественного возобновления лиственных пород на вырубках зоны широколиственных лесов. Обоснована необходимость активного вмешательства в процессы формирования насаждений неоднократными осветлениями. Предложены способы создания лесных культур с участием дуба черешчатого. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630*187

Тип-этап как элементарная таксономическая единица в динамической типологии. ПИСАНОВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 12—15.

Показана быстротечность изменений в заповедных лесах, испытывающих влияние Рыбинского водохранилища. Для раскрытия закономерностей этих изменений использованы принципы и методы динамической типологии леса. Ил. 1. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 616.89-008.446:551.4

Информативность эстетики ландшафта. МАРКЕВИЧ И. А., ШУЖМОВ А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 15—18.

Разработаны рекомендации по частоте смены пейзажей в пространстве и во времени при разных скоростях движения и шкала эстетической оценки извилистости пешеходных трасс и изменчивости продольного профиля. Табл. 2. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 676.11.082.1:631.811.98

Оптимальный режим предпосадочной обработки сеянцев ели биопрепаратом на основе черного сульфатного щелока. ПОПОВА Л. Г., ЮРИНОВА А. А., КИПРИАНОВ А. И., ЕГОРОВ А. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 18—22.

В лабораторных и полевых условиях исследована зависимость эффективности действия препарата на основе черного сульфатного щелока от его концентрации и продолжительности обработки сеянцев ели. Показано, что оптимальными являются концентрация препарата 10^{-3} % и продолжительность обработки 2...10 ч. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630*562:630*533

Общая закономерность связи текущего прироста по запасу с полнотой древостоев. ХЛЮСТОВ В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 22—26.

Изложен статистический анализ связи текущего прироста по запасу с полнотой древостоев. Выявлена общая закономерность изменения коэффициентов прироста, которая может быть использована в различных лесорастительных регионах. Табл. 5. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 581.132:630*114.445

Влияние засоления субстрата на фотосинтетическую активность всходов древесных растений. ВЕРЕТЕННИКОВ А. В., ЭМАД ЭЛЬ ДИН ТАВФИК. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 26—29.

Изложены результаты опытов по влиянию уравновешенного засоляющего раствора Вант-Гоффа на потенциальную скорость фотосинтеза (ПСФ) семядолей, первичных и переходных листьев всходов акации белой, ясеня зеленого и сосны обыкновенной на самых первых этапах их жизни (от 2 и до 42 сут). Показана видовая специфика ПСФ и характера развития всходов под действием засоления. Табл. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630*181.36

Корневые системы бука лесного в условиях Украинских Карпат. КАЛИНИН М. И., ТИУНЧИК В. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 29—32.

Установлены закономерности в строении корневых систем 18-, 22- и 40-летних деревьев бука лесного в Украинских Карпатах. Закономерности формирования корневых систем и площади питания деревьев в молодых и средневозрастных насаждениях могут внести новые принципы в организацию рубок ухода. Табл. 5.

УДК 630*75:519.872

Обоснование скоростных режимов валочно-пакетирующих машин с совмещенными функциями. ЯКИМОВИЧ С. Б., ШУЛЕПОВА О. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 33—37.

Приведено обоснование скорости перемещения ВПМ, обеспечивающей непрерывность работы машины с совмещенными функциями. Представлена математическая модель и результаты решения задачи выбора скорости по критериям времени нахождения и числа деревьев в очереди. Ил. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630*383

Статистические характеристики микропрофиля и плана лесных дорог. БИБЛЮК Н. И., БОРИС Н. М., ГЕРИС Н. И., ЛИТВИНЧУК Е. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 37—40.

Изложены результаты статистической обработки параметров микропрофиля и плана лесных дорог в горных условиях, дан их анализ и намечены пути использования полученного алгоритма в расчетах лесотранспортных средств. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*305

К обоснованию очередности освоения лесосек. ГОРДЕЕВ С. М., ИВАНОВ Г. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 40—44.

Рассмотрен вопрос определения очередности освоения лесосек и составления оптимального плана рубок на перспективу, а также приведены математическая модель и результаты решения задачи проектирования в производственных условиях. Ил. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 621.43

Исследование токсичности дизельных двигателей. ГЕРАСИМОВ А. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 44—49.

Приведены данные экспериментальных исследований токсичности выхлопов дизельного двигателя. Особое внимание уделено выбросам токсичных веществ канцерогенной группы. Ил. 2. Библиогр. список: 17 назв.

УДК 630*36

Оценка коэффициента динамичности при продольном движении хлыста в процессе обработки. ВИХРЕНКО В. С., ТУРЛАЙ И. В., ХОХРЯКОВ Н. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 49—55.

Предложена методика расчета систем, обрабатывающих деревья и хлысты с учетом их колебаний. Оценено воздействие колеблющегося и движущегося хлыста на рабочие органы. Получены расчетные формулы коэффициента динамичности. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 625.312.001.24

Расчет рельсового пути при подвижной нагрузке. УВАРОВ Б. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 56—61.

Рассмотрено взаимодействие подвижного состава и рельсового пути при движении колеса по рельсу с неровностями, обусловленными ослаблением рельсов в стыке и износом головки рельса в зоне стыка. Приведено описание программы для компьютера и результат расчета. Ил. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 624.072.233.5

К вопросу расчета нагеля в древесине. СТУКОВ В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 61—66.

Изложен расчет нагеля в древесине как балки на упругом основании при действии усилий M_0, Q_0, N_0, приложенных на ее конце. Расчет выполнен методом начальных параметров в матричной форме. Расчетные формулы позволяют определять деформации и усилия y_x, φ_x, M_x, Qx в произвольном сечении нагеля. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*812

Физические свойства осиновой коры и ее компонентов. ПОЛУБОЯРИНОВ О. И., СОРОКИН А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 67—69.

Приведены данные о плотности, усушке и разбухании коры осины и ее компонентов (луб, корка) по трем возрастным группам древостоев; установлена взаимосвязь между плотностью коры и древесины. Табл. 2. Ил. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.023

Некоторые вопросы теории стружкообразования при продольно-торцовом резании древесины. КУДРЯВИН Г. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 70—76.

Рассмотрен аналитический метод расчета максимальных сил деформирования стружки при продольно-торцовом резании древесины с большими подачами на резец применительно к резанию на дисковых рубительных машинах .Ил. 3. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 674.815-41

Активные способы уменьшения покоробленности древесностружечных плит. ПЛОТНИКОВ С. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 76—80.

Предложены способы снижения покоробленности древесностружечных плит за счет создания в процессе их изготовления влажностного и температурного режимов определенной несимметрии. Ил. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 674.812

Усилие прессования древесины клином. ЦЫХМАНОВ М. В., ВОРОНИН В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 80—83.

Приведена расчетная схема сил, действующих при прессовании древесины клином. Выполнен анализ усилий, возникающих на различных участках клина. Показаны зависимости, позволяющие рассчитывать общее усилие, необходимое для прессования. Ил. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 674.093.6-412.001.57

О влиянии длины раскраиваемых пиломатериалов на распределение протяженности бездефектных участков. БУГАЕВ Ю. В., КУЗНЕЦОВ С. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 83—86.

Приведена аналитическая зависимость между длиной раскраиваемого пиломатериала и видом распределения выхода заготовок свободной длины. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 674.815

Метод описания прочности древесностружечных плит с использованием теории фракталов. ШУТОВ Г. М., КУЛАК М. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 86—91.

Разработан структурный подход, позволяющий получить распределение прочности в ДСП. Он характеризуется высокой чувствительностью к изменению основных технологических параметров и описывает структурно-прочностные свойства плит в области не только стандартных значений, но и значительных отклонений свойств, которые обусловлены нарушениями и дефектами структуры. Ил. 1. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 676.164.8.022.6.014.34:547.992.3

Концепция исследования делигнификации при варке древесины. ГЕРМЕР Э. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 92—97.

Показано, что традиционный подход к исследованию химизма различных способов делигнификации древесины имеет ряд существенных недостатков. Предложена методология изучения химизма делигнификации, позволяющая избежать некоторых существенных ошибок при его интерпретации. Для этого рекомендуется дополнить традиционные методы изучением изменения функционального состава лигнина древесного остатка и щелока в процессе реальной варки. На примере кислотно-щелочного способа и проиллюстрированы основные положения предлагаемой методологии. Ил. 2.

УДК 541.64:543.42

Изучение процессов отверждения промышленных образцов карбамидоформальдегидных олигомеров методом ИК-спектроскопии. КОРШУНОВА Н. И., ГЛУХИХ В. В., ОРЛОВ С. А., БАЛАКИН В. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 97—101.

Методом ИК-спектроскопии показано, что на структуру продуктов отверждения карбамидоформальдегидных олигомеров марок КФ-Ж, КФ-0 и КФ-МТ-15 промышленного производства оказывают влияние мольное соотношение формальдегида и карбамида при синтезе олигомеров, температура и продолжительность отверждения, а также тип отвердителя. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 577.115.3

Количественные изменения состава жирных кислот листьев клена остролистного в течение летнего периода. КИСЕЛЕВ И. Я. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991,— 3, с. 101—102.

Методом газожидкостной хроматографии изучался состав жирных кислот листьев клена остролистного. Доказано, что к концу летнего периода в составе жирных кислот

стареющих листьев резко увеличивается содержание стеариновой кислоты. Табл. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 676.3.003.1

Опыт изучения потребности в писче-печатной бумаге. КОВАЛЕНКО Г. В., БАЕВА Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 103—105.

Приведены результаты экономико-статистического анализа потребления писче-печатной бумаги организационными структурами бюрократического типа и определена величина потребности в ней как функция экономической мощи организации. Табл. 1.

УДК 658.014.1

Эффективность территориально-отраслевой организации лесного комплекса. БЛИНОВ А. О. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 105—108.

Предпринята попытка разработать систему оптимальной взаимосвязи между центром (в лице лесного департамента), регионом (территориальное лесопромышленное образование) и предприятием (лесопромышленным). Ил. 1. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630*232.1

Географические культуры дуба черешчатого второго поколения. ПАТЛАЙ И. Н., ГАЙДА Ю. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 109—112.

Приведены материалы по созданию географических культур дуба черешчатого второго поколения из желудей, заготовленных в географических культурах 1931 г. в Тростянецком ЛХЗ Сумской области. Проанализированы результаты исследований трехлетних опытных культур и сделаны первые предварительные выводы. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 632.4:674.032.475.542

Особенности гнилевого поражения ельников различного происхождения. СТОРОЖЕНКО В. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 113—116.

Приведены сравнительные характеристики соотношений коррозионных и деструктивных гнилей живых деревьев, вызываемых грибами биотрофного дереворазрушающего комплекса в девственных разновозрастных, условно-коренных и искусственных древостоях. Ил. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*:65.011.54

К расчету двухпоточной кулачковой предохранительной муфты лесохозяйственных машин. КАРАМЫШЕВ В. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 116—119.

Приведены конструкция, принцип действия и рекомендации по расчету двухпоточной кулачковой предохранительной муфты, которая может быть использована для защиты от перегрузок разветвленных систем привода лесохозяйственных машин. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 536.24

Аэродинамика относительно длинных циклонных камер с глубоко встроенным выходным каналом. ЛЕУХИН Ю. Л., ОРЕХОВ А. Н., САБУРОВ Э. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 119—125.

Исследовано влияние относительной длины рабочего объема и диаметра встроенного в него выходного канала на основные аэродинамические параметры потока в циклонной камере большой относительной длины и ее суммарное сопротивление. Установлено наличие оптимальных размеров диаметра выходного канала и его заглубления в рабочий объем камеры. Приведены рекомендации по их выбору и необходимые для инженерных расчетов формулы. Табл. 1. Ил. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630*907.11

Об основах организации национального парка Горной Шории. БУГАЕВ В. А., СЕРИКОВ М. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 125—128.

На примере Шорского государственного природного национального парка Кемеровской области изложены принципы лесоустройства и организации хозяйства в подобных объектах.

УДК 630*863.1

Влияние различных факторов на отложение осадка лигногуминовых веществ при аммиачной нейтрализации гидролизата. ЗАЛЯЖНЫХ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 128—129.

Приведены данные об интенсивности отложения осадка лигногуминовых веществ гидролизата на металлической поверхности в зависимости от pH, температуры и способа аммиачной нейтрализации. Ил. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 061.3:630*86

Международная конференция «Проблемы окислительно-восстановительных превращений компонентов древесины». СКРЕБЕЦ Т. Э. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 130—131.

УДК 061.3:581.132

Совещание по углекислотному обмену растений. ВЕРЕТЕННИКОВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 131—132.

УДК 630*378.9:091(075)

Воспоминания о лесотехнической академии. КАТАЕВ О. А., РЕДЬКО Г. И., БРАНОВИЦКИЙ М. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 133—134.

Лесной месяцеслов. РЯБЧУК В. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1992, № 3, с. 135—137.