

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

*Лесной журнал*

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

4 – 5

1995



ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – акад. О.М. Соколов.

Заместители главного редактора :

акад. Е.С. Романов, чл.-кор. С.И. Морозов.

#### ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Проф. Ю.Г. Бутко, проф. А.В. Веретенников, проф. Е.Д. Гельфанд, чл.-кор. И.И. Гусев, акад. Р.Е. Калитеевский, акад. А.Н. Кириллов, проф. Н.П. Коваленко, акад. В.А. Кучерявый, проф. Н.В. Лившиц, акад. Е.Г. Мозолевская, доц. О.А. Неволин, акад. А.Н. Обливин, акад. В.И. Онегин, акад. А.Р. Родин, д-р биол. наук Л.П. Рысин, проф. В.П.Рябчук, проф. Е.Д. Сабо, акад. В.И. Санев, акад. О.А. Терентьев, проф. Н.И. Федоров, чл.-кор. В.Я. Харитонов, акад. Г.А. Чибисов, акад. 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 вузов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4-5

Редакторы Н.П. Бойкова, Л.С. Окулова.

Перевод Л.А. Корельской

Компьютерный набор О.В. Зобовой, верстка Е.Б. Красновой.

---

Сдан в набор 01.06.95. Подписан в печать 27.12.95.

Форм. бум. 70x108 1/16. Бумага картографическая. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ.л. 19,872. Усл. кр.-отт.19,872. Уч.-изд. л. 24,11. Тираж 1000 экз.  
Архангельский государственный технический университет

---

Адрес редакции: 163007, г. Архангельск, 7, наб. Сев. Двины, 17,  
тел. 44-13-37.

---

Типография Архангельского государственного технического университета,  
163007, г. Архангельск, 7, наб. Сев. Двины, 14

---

СОДЕРЖАНИЕ  
ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>И.И. Гусев, С.В. Коптев.</i> Сортиментная структура среднетаежных ельников.....	7
<i>В.К. Попов, М.В. Свиридов.</i> Адаптационная способность потомства березы в географических культурах Центральной лесостепи в связи с климатическими факторами районов происхождения.....	21
<i>Е.П. Кузьмичев, Н.М. Шленская, Г.Б. Колганихина.</i> Тиростромоз липы и вяза в городских и лесных фитоценозах.....	29

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>С.И. Морозов.</i> Соударение вагонов.....	37
<i>С.И. Морозов.</i> Об ударном воздействии штучных грузов на подвижной состав лесовозных дорог.....	43
<i>А.В. Жуков, А.Р. Горонковский, С.Э. Бобровский.</i> Моделирование нагрузки трансмиссии колесной лесозаготовительной машины..	53

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В.Г. Турушев, А.Е. Алексеев.</i> Технологическая оценка получения пиломатериалов заданных размеров при раскросе окантованных бревен.....	62
<i>А.Е. Алексеев, А.Г. Глотова, Е.В. Пастухова, Л.В. Алексеева.</i> К оценке материалоемкости экспортных пиломатериалов.....	66
<i>Ю.М. Стахивев.</i> О динамическом коэффициенте ( $B$ ) круглых пил с кольцевыми прорезями.....	71
<i>Ю.М. Стахивев.</i> Контактный нагреватель для отпуска (термоправки) круглых пил.....	74
<i>Б.Д. Руденко.</i> Универсальное уравнение влагопроводности древесины..	81

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Э.И. Чупка, С.Ж. Трофимова, А.Д. Сергеев.</i> Эффективность кислотно-основного катализа при окислении древесины в водно-органических средах. 2. Каталитическое и ферментативное окисление древесины и ее компонентов.....	85
<i>Я.В. Казаков, В.И. Комаров.</i> Влияние режима варки на деформативность и прочность сульфатной целлюлозы.....	94
<i>В.И. Комаров, И.Б. Филиппов.</i> Деформативность и прочность полуфабрикатов, используемых при производстве бумаги для офсетной печати.....	104

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

<i>Н.Ф. Павлова.</i> Исследование уровня конкурентоспособности деревянных домов методами регрессионного анализа.....	122
--	-----

<i>Н.М. Гончарова.</i> Влияние сортиментной заготовки древесины на формы организации лесопромышленных предприятий в новых условиях хозяйствования.....	134
<i>С.Г. Кулишкіна, В.Н. Косицын.</i> К вопросу об экономической оценке ресурсов морошки в подзоне южной тайги.....	138
<i>Н.П. Чупров, М.М. Кудряшов, Е.Д. Антупьева.</i> Экономическая оценка лесных ресурсов и лесных земель в рыночных условиях.....	141

**МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ**

<i>Л.А. Корельская.</i> Английский язык для специальных целей (ESP).....	154
--	-----

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ**

<i>В.П. Рябчук, В.Я. Заячук.</i> Строение и свойства древесины калины обыкновенной.....	158
<i>А.И. Барабин.</i> Влияние атмосферных выбросов Котласского ЦБК на семеношение сосны.....	162
<i>Б.Н. Шашиев.</i> Состояние арчи полушаровидной в Сары-Челекском заповеднике Киргизии.....	166
<i>Т.Т. Малюгин.</i> Определение оптимального состава машинно-тракторного парка лесхозов.....	170
<i>В.Б. Кунтыш, В.В. Аксенов, С.П. Роцин.</i> Интенсификация теплообмена методом струйного обдува шахматного пучка оребренных труб...	173

**ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ**

<i>Ю.Ю. Туньця, В.П. Рябчук.</i> Украинскому государственному лесотехническому университету - 50 лет.....	183
---	-----

**КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ**

<i>В.А. Бузун.</i> Книга о пионере степного лесоразведения.....	186
---	-----

**ЮБИЛЕИ**

<i>Коллектив факультета механической и химической переработки древесины Московского государственного университета леса. Борис Наумович Уголев (к 70 - летию со дня рождения).....</i>	188
<i>Ректорат Архангельского государственного технического университета, коллектив химико - технологического факультета, кафедра лесохимических производств. Юбилей Б.С. Филиппова.....</i>	190

**НОВОСТИ НАУКИ**

<i>Е.С. Романов.</i> В Секции наук о лесе Академии естественных наук РФ.....	192
--	-----

---

## CONTENTS

### FORESTRY

<i>I.I. Gusev, S.V. Koptev.</i> Assortment Structure of Middle Taiga Spruce Forests.....	7
<i>V.K. Popov, M.V. Sviridov.</i> Interrelation between Progeny Adaptability of Birch in Geographic Cultures of Central Forest-Steppe Region and Climate Factors of its Provenance Area.....	21
<i>E.P. Kuz'michev, N.M. Shlenskaya, G.B. Kolganikhina.</i> Thyrostromosis of Lime and Elm Trees in Urban and Forest Plant Communities.....	29

### WOODEXPLOITATION

<i>S.I. Morozov.</i> Collision of Cars.....	37
<i>S.I. Morozov.</i> On Shock Effect of Piece Loads on Wood-Transport Rolling Stock.....	43
<i>A.V. Zhukov, A.R. Goronovsky, S.E. Bobrovsky.</i> Modelling of Loading up a Wheeled Logging Machine Transmission.....	53

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>V.G. Turushev, A.E. Alexeev.</i> Technological Assessment of Lumber Production with Required Dimensions when Cutting of Stocks.....	62
<i>A.E. Alexeev, A.G. Glotova, E.V. Pastukhova, L.V. Alexeeva.</i> On Assessment of Materials Consumption of Export Lumber.....	66
<i>Yu.M. Stakhiev.</i> On Dynamic Factor (B) of Ring-Slotted Circular Saws.....	71
<i>Yu.M. Stakhiev.</i> Contact Heater for Circular Saws' Tempering (Thermo-fitting).....	74
<i>B.D. Rudenko.</i> Universal Equation of Wood Moisture Conductivity.....	81

### CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>E.I. Chupka, S.Zh. Trofimova, A.D. Sergeev.</i> Efficiency of Acid - Base Catalysis when Wood Oxidizing in Aqueous - Organic Conditions.2. Catalytic and Enzymatic Oxidation of Wood and its Components.....	85
<i>Ya.V. Kazakov, V.I. Komarov.</i> The Influence of Cooking Conditions on the Deformability and Strength of Sulfate Pulp.....	94
<i>V.I. Komarov, I.B. Filippov.</i> Deformability and Strength of Pulp Used for Manufacture of Offset Paper.....	104

### ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>N.F. Pavlova.</i> Investigation into the Level of Wooden Houses' Competitiveness by Methods of Regressive Analysis.....	122
<i>N.M. Goncharova.</i> Influence of Assortment Logging on the Forms of Forestry Industrial Enterprises' Management under New Economic Conditions.....	134
<i>S.G. Kulishkina, V.N. Kositsyn.</i> Economic Estimation of Cloudberry Resources in the Southern Taiga Subzone.....	138
<i>N.P. Chuprov, M.M. Kudryashov, E.D. Antuf'eva.</i> Economic Estimation of Forest Resources and Forest Lands under Market Conditions.....	141

*METHODS AND PRACTICAL EXPERIENCE OF TEACHING*

- L.A. Korelskaya.* English for Specific Purposes (ESP)..... 154

*SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE*

- V.P. Ryabchuk, V.Ya. Zayachuk.* Structure and Properties of Wood of European Cranberry Bush..... 158
- A.I. Barabin.* The Effect of Atmospheric Discharges from Kotlasskii PPP on Pine Seed-Bearing..... 162
- B.N. Shamshiev.* Juniper Semiglobosa Rgl. Condition in Sary - Cheleksky Nature Reserve in Kirgisia..... 166
- T.T. Malyugin.* Determination of Optimal Forestry Machine and Tractor Stock..... 170
- V.B. Kuntysh, V.V. Aksonov, S.P. Roshchin.* Intensification of Heat Transfer by Jet Blowing-off Staggered Finned Bank..... 173

*FROM VUSES' LIFE*

- Yu. Yu. Tunytsya, V.P. Ryabchuk.* Ukrainian State Forestry and Engineering University - 50..... 183

*CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY*

- V.A. Buzun.* The Book about the Pioneer of Steppe Afforestation..... 186

*JUBILEES*

- The Staff of the Faculty of Mechanical and Chemical Technology of Wood at Moscow State Forest University.* Boris N. Ugolev (To the 70 th Anniversary of Birthday)..... 188
- The Administration of Archangelsk State Engineering University, the Staff of Chemical Technology of Wood Faculty, the Department of Wood Chemical Engineering.* B.C. Filippov's Jubilee..... 190

*NEWS OF SCIENCE*

- E.S. Romanov.* In Section of Forest Sciences of RF Academy of Natural Sciences..... 192

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

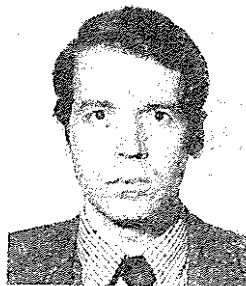
УДК 630\*525

*И.И. ГУСЕВ, С.В. КОПТЕВ*

Гусев Иван Иванович родился в 1930 г., окончил Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент АЕН РФ. Имеет более 140 печатных трудов в области исследования закономерностей формирования, роста, продуктивности и рационального использования таежных лесов.



Коптев Сергей Викторович родился в 1962 г., окончил в 1985 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель Архангельского государственного технического университета. Имеет 9 печатных работ в области изучения товарности еловых древостоев.

**СОРТИМЕНТНАЯ СТРУКТУРА СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЕЛЬНИКОВ**

По материалам фактической раскряжевки стволов ели на круглые лесоматериалы в соответствии с требованиями новых ГОСТов установлены закономерности выхода сортиментов в еловых древостоях и составлены таблицы для их материальной оценки.

Based on factual information of cutting spruce boles into round timber in accordance with new GOST requirements the regularities of assortment yield in spruce stands have been stated, and the tables of their material value have been made.

Повышенный спрос на древесную продукцию и значительное истощение традиционно освоенных лесосырьевых баз Европейского Севера вызвали необходимость более полного и рационального использования лесных ресурсов. Основные потребители еловой древесины региона – крупнейшие лесопильно-деревообрабатывающие и целлюлозно-бумажные предприятия (до 80...90 % заготовленной в регионе древесины). В последние годы наблюдается снижение поставок древесины для лесопиления и увеличение их в целлюлозно-бумажное производство, особенно АО Вычегдалес Республики Коми (табл.1). Такая ситуация привела к тому, что крупнейшие лесопильно-деревообрабатывающие предприятия Архангельского промузла с дорогостоящим импортным оборудованием работают не на полную мощность или вообще простаивают из-за отсутствия сырья.

Между тем ресурсы пиловочной древесины в ельниках северной и средней тайги позволяют полностью загрузить мощности лесопильных заводов. Расчеты показывают, что в средне-таежных ельниках выход пиловочника и строительных бревен составляет более половины ликвидного запаса. Рациональное планирование заготовки необходимых сортиментов невозможно без соответствующих региональных таксационных нормативов.

Таблица 1

**Структура вывозки деловой древесины по  
АК Северолес Архангельской области и АО  
Вычегдалес Республики Коми**

Сортимент	Деловая древесина, %	
	Северолес	АО Вычегдалес
Пиловочник	47,8	28,3
Стройлес и подговарник	3,9	5,4
Рудстойка	3,2	1,2
Судостройлес	0,1	-
Столбы	0,3	1,0
Тарный кряж	0,7	1,0
Балансы	41,7	50,4
Шпальник	0,8	4,1
Фанерный кряж	1,3	6,6
Прочая деловая	0,2	2,0

Оценка сортиментной структуры ельников средней подзоны тайги проводится по таблицам [8], составленным в соответствии с ГОСТ 9463-72 на круглые лесоматериалы [1], ОСТ 13-76-79 на сырье для технологической переработки [9] и другими устаревшими нормативами. Основой таблиц являются



таблицы объемов стволов по разрядам высот одновозрастных ельников [6]. Обширный район применения таблиц, включающий северную, среднюю и часть южной подзоны тайги [8, 10], обуславливает их универсальный характер, но при этом слабо учитывается региональная специфика потребления. Новый ГОСТ 9463-88 на круглые лесоматериалы [2] предусматривает выделение, в отличие от предыдущего, трех сортов деловой древесины. Изменились нормы представленности пороков, ограничивающих сортность, увеличены допустимые размеры сучьев в лесоматериалах всех сортов, а у лесоматериалов 3-го сорта — гнилей и кривизны. Необходимо также учитывать региональные особенности таежных ельников и связанную с ними сортиментную структуру [6, 7].

Для изучения сортиментной структуры среднетаежных ельников в Каргопольском, Шенкурском, Виноградовском лесхозах Архангельской области, Ухтинском лесхозе Республики Коми под руководством И.И. Гусева было заложено 30 пробных площадей с рубкой и обмером 2098 деревьев (по 25...30 на пробе), в том числе 10 со сплошной рубкой (табл. 2).

Таблица 2

## Опытные материалы

Разряд высот	Число пробных площадей, шт.	Число деревьев, шт.
II	3	215
III	5	373
IV	9	804
V	8	474
VI	5	232
Итого	30	2098

Для характеристики распределения древостоев по разрядам высот использовали массовые материалы глазомерной таксации.

Для закладки проб были подобраны древостои, средние по полноте и породному составу для разных разрядов высот, установленных по соотношению диаметров и высот 15...20 деревьев разной толщины.

Все срубленные на пробах деревья раскряжевывали в соответствии с ГОСТ 9463-88 на круглые лесоматериалы [2], ГОСТ 3243-88 на дрова [4] и ТУ 13-0273685-404-89 на дровяную древесину для технологической переработки [12]. Раскряжевку проводили по максимально возможному выходу древесины по категориям крупности и сортам с учетом допустимых пороков. Объем полученных сортиментов определяли по таблицам ГОСТ 2708-75 [3]. Категории крупности сортиментов выделяли согласно принятой шкале [11]. К крупным относили сортименты с диаметром

в верхнем отрезе без коры 25,0 см и более, к средним-1 от 19,0 до 24,9 см, средним - 2 - от 13,5 до 18,9 см, мелким от 5,5 до 13,4 см.

При определении выхода сортиментов по сортиментным таблицам важно правильно подобрать шкалу разрядов высот. Применительно к ельникам Европейского Севера разработаны две шкалы: 1) для одновозрастных и условно-разновозрастных; 2) для разновозрастных древостоев [6]. В ельниках средней подзоны тайги больше подходит первая шкала.

Объемы стволов по разрядам высот дают вполне удовлетворительную точность. Систематическая ошибка равна + 3,9 % [6].

Сортиментно-сортные таблицы составляли на основе фактического среднего выхода сортиментов разных категорий крупности и сортов по ступеням толщины и разрядам высот. Дальнейшее выравнивание и увязку процентов выхода сортиментов проводили по математическим моделям. В качестве основного уравнения принят полином третьей степени

$$Y = A + BX + CX^2 + DX^3,$$

где  $Y$  – выход сортиментов, %;

$X$  – диаметр ствола на высоте груди, см.

Значения коэффициентов  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  приведены в табл.3.

Таблица 3

Коэффициенты математических моделей сортиментных таблиц среднетаежных ельников

Сортимент	Разряд высот	Коэффициенты уравнений			
		$A$	$B$	$C$	$D$
Деловая древесина: крупная	II	-778,099	54,1743	-1,14304	0,00808
	III	-708,390	48,6953	-1,01051	0,00704
	IV	-682,850	46,7297	-0,96842	0,00676
	V	-639,562	43,3487	-0,88910	0,00617
	VI	-544,159	36,0222	-0,71428	0,00048
	средняя - I	II	-1152,704	120,5273	-3,91490
III		-1129,030	116,9583	-3,76940	0,03891
IV		-1091,811	111,8596	-3,56800	0,03650
V		-1051,410	106,5158	-3,36230	0,03410
VI		-1025,332	102,5167	-3,19440	0,03200
средняя - I и 2		II	-657,452	80,4552	-2,79710
	III	-627,824	76,2016	-2,62450	0,02801

Продолжение табл. 3

Сортимент	Разряд высот	Коэффициенты уравнений			
		A	B	C	D
	IV	-593,853	71,3734	-2,42735	0,02559
	V	-566,051	67,3202	-2,26110	0,02355
	VI	-536,756	62,9276	-2,07510	0,02121
Итого деловой	II	64,187	1,9516	-0,04647	0,00035
	III	61,216	2,0886	-0,04970	0,00037
	IV	54,804	2,6332	-0,06740	0,00055
	V	49,497	3,0276	-0,07940	0,00066
	VI	41,435	3,7637	-0,10260	0,00088
	Сырье технологическое	II	19,366	-1,6932	0,04796
III		24,330	-2,1017	0,05867	-0,00005
IV		29,386	-2,5367	0,07080	-0,00062
V		34,232	-2,9509	0,08240	-0,00072
VI		38,892	-3,3229	0,09200	-0,00080
Дрова		II	3,816	-0,1359	-0,00100
	III	3,167	-0,1078	-0,00011	0,00003
	IV	1,870	0,0111	-0,00206	0,00041
	V	1,873	-0,0339	0,00172	-0,00001
	VI	1,627	-0,0290	0,00191	-0,00001
	Отходы	II	12,632	-0,1226	-0,00048
III		12,603	-0,0885	-0,00069	0,00001
IV		14,993	-0,2173	-0,00213	-0,00006
V		15,656	-0,1738	-0,00060	0,00003
VI		17,831	-0,3894	0,00800	-0,00007

Уравнения для аппроксимации подбирали по минимуму основной ошибки и остаточной дисперсии. При этом учитывали корреляционное отношение.

В окончательном варианте в сортиментных таблицах проценты округляли до десятых долей. Сорта деловой древесины в пределах категорий крупности выделяли на основе данных фактической разделки. Сортиментные таблицы в соответствии с "Требованиями к сортиментным и товарным таблицам для таксации древостоев" [11] составляли в двух вариантах (табл. 4, 5).

Сортиментно-сортные таблицы (табл. 4) показывают максимальный выход деловой древесины по категориям крупности и сортам с учетом раскряжевки стволов по границе допустимых пороков.

Деловую древесину распределяли также на сортименты по наименованиям. В сортиментных таблицах (табл. 5) показаны наиболее рациональные варианты раскряжевки стволов на отдельные сортименты. В то же время авторы учитывали традиционный спрос ЛДК, ЦБК и других предприятий региона, для которого составлены таблицы.

## Сортиментно-сортовые таблицы

## Деловая древесина по катего

Диаметр, см	Высота, м	Объем ствола в коре, м <sup>3</sup>	Деловая древесина по катего								
			Крупная				Средняя-1				
			1	2	3	Итого	1	2	3	Итого	
Разряд											
8	9,9	0,028	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	14,3	0,086	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	17,4	0,181	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	20,2	0,322	-	-	-	-	2,7	5,6	8,7	17,0	-
24	22,7	0,513	-	-	-	-	12,8	18,5	16,1	47,4	-
28	25,0	0,762	5,0	7,8	7,2	20,0	11,8	18,8	16,4	47,0	-
32	26,9	1,063	12,5	20,0	17,7	50,2	3,5	12,4	8,9	24,8	-
36	28,6	1,423	13,5	29,0	25,0	67,5	2,3	6,2	4,0	12,5	-
40	30,0	1,834	12,0	38,1	28,0	78,1	2,0	3,4	1,1	6,5	-
44	31,3	2,307	6,5	42,7	31,4	80,6	1,5	2,0	0,7	4,2	-
48	32,1	2,806	3,3	58,2	21,7	83,2	0,9	0,7	0,4	2,0	-
52	32,6	3,335	3,0	60,0	21,0	84,0	0,5	0,6	0,4	1,5	-
56	33,0	3,916	2,7	61,8	20,3	84,8	0,4	0,6	0,3	1,3	-
Разряд											
8	8,9	0,025	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	12,9	0,077	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	15,8	0,164	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	18,3	0,290	-	-	-	-	2,0	4,9	6,6	13,5	-
24	20,5	0,463	-	-	-	-	11,3	17,8	15,9	45,0	-
28	22,6	0,688	4,4	7,1	6,0	17,5	11,3	19,4	15,3	46,0	-
32	24,4	0,963	10,4	19,0	16,6	46,0	4,5	12,9	9,1	26,5	-
36	25,8	1,282	11,3	27,3	24,8	63,4	2,9	6,6	4,5	14,0	-
40	27,2	1,662	10,5	35,7	27,6	73,8	2,1	3,6	2,4	8,1	-
44	28,4	2,093	6,2	40,0	31,0	77,2	1,5	2,4	1,1	5,0	-
48	29,1	2,544	3,4	52,5	24,3	80,2	0,9	1,0	0,7	2,6	-
52	29,5	3,019	3,3	52,5	25,0	80,8	0,7	0,7	0,6	2,2	-
Разряд											
8	8,0	0,023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	11,6	0,070	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	14,1	0,145	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	16,3	0,257	-	-	-	-	1,3	4,2	4,5	10,0	-
24	18,6	0,415	-	-	-	-	9,8	17,1	15,4	42,3	-
28	20,2	0,608	3,6	6,4	5,0	15,0	10,8	20,1	14,1	45,0	-
32	21,8	0,849	8,3	18,3	15,7	42,3	5,5	13,4	9,1	28,0	-
36	23,1	1,132	9,2	26,0	24,8	60,0	3,5	7,0	4,7	15,2	-
40	24,4	1,469	9,3	33,7	27,6	70,6	2,2	4,2	2,7	9,1	-
44	25,4	1,842	6,3	37,5	30,4	74,2	1,5	2,8	1,6	5,9	-
48	26,0	2,237	3,4	47,2	27,0	77,6	0,9	1,3	1,1	3,3	-
52	26,4	2,657	3,0	48,0	27,4	78,4	0,8	1,2	1,0	3,0	-

Таблица 4

## среднетаежных ельников

по группам крупности и сортам, %

Средняя-2				Мелкая			Итого деловой	Сырье для технологической переработки	Дрова топливные	Отходы
1	2	3	Итого	2	3	Итого				
высот II										
-	-	-	-	69,5	7,7	77,2	77,2	8,1	3,0	11,7
-	-	-	-	76,8	4,0	80,8	80,8	5,9	2,3	11,0
6,0	22,3	8,9	37,2	46,0	2,4	48,4	85,6	2,3	1,5	10,6
15,5	23,4	16,7	55,6	13,6	1,2	14,8	87,4	1,4	1,0	10,2
5,5	18,5	8,6	32,6	8,7	0,8	9,5	89,5	0,6	0,4	9,5
2,8	10,9	2,8	16,5	6,5	-	6,5	90,0	0,5	0,3	9,2
2,0	6,7	2,5	11,2	4,0	-	4,0	90,2	0,7	0,3	8,8
-	5,8	2,5	8,3	2,2	-	2,2	90,5	0,8	0,3	8,4
-	2,5	1,6	4,1	2,0	-	2,0	90,7	0,9	0,3	8,1
-	2,3	1,5	3,8	1,8	-	1,8	90,4	1,2	0,4	8,0
-	2,2	1,4	3,6	1,2	-	1,2	90,0	1,5	0,7	7,8
-	2,0	1,0	3,0	1,0	-	1,0	89,5	1,6	1,2	7,7
-	1,6	0,8	2,4	0,5	-	0,5	89,0	1,7	1,7	7,6
высот III										
-	-	-	-	66,7	8,3	75,0	75,0	11,0	2,3	11,7
-	-	-	-	74,6	4,6	79,2	79,2	7,0	2,1	11,7
6,3	19,4	8,8	34,5	46,4	3,1	49,5	84,0	3,4	1,3	11,3
15,6	23,8	16,6	56,0	15,8	1,2	17,0	86,5	1,1	1,2	11,2
6,1	19,0	7,7	32,8	9,3	0,9	10,2	88,0	0,6	1,0	10,4
2,9	11,6	3,5	18,0	7,0	-	7,0	88,5	0,6	1,0	9,9
2,0	7,1	2,8	11,9	4,6	-	4,6	89,0	0,6	0,9	9,5
0,3	6,1	2,8	9,2	2,7	-	2,7	89,3	0,9	0,6	9,2
-	2,9	2,1	5,0	2,3	-	2,3	89,2	1,2	0,8	8,8
-	2,6	1,8	4,4	2,2	-	2,2	88,8	1,4	1,1	8,7
-	2,5	1,7	4,2	1,5	-	1,5	88,5	1,6	1,7	8,2
-	2,4	1,5	3,9	1,3	-	1,3	88,0	1,8	2,1	8,1
высот IV										
-	-	-	-	62,6	9,0	71,6	71,6	13,4	2,0	13,0
-	-	-	-	72,6	5,0	77,6	77,6	8,2	1,7	12,5
6,6	15,9	9,3	31,8	46,7	3,9	50,6	82,4	3,9	1,7	12,0
15,7	24,2	16,5	56,4	18,0	1,2	19,2	85,6	1,2	1,7	11,5
6,7	19,5	7,0	33,2	10,1	0,9	11,0	86,5	0,8	1,7	11,0
3,0	12,3	4,2	19,5	7,5	-	7,5	87,0	0,8	1,7	10,5
1,9	7,5	3,1	12,5	5,0	-	5,0	87,8	0,7	1,4	10,1
0,5	6,4	3,1	10,0	3,3	-	3,3	88,5	0,8	1,2	9,5
-	3,3	2,3	5,6	2,6	-	2,6	87,9	1,3	1,6	9,2
-	2,9	1,9	4,8	2,5	-	2,5	87,4	1,5	1,9	9,2
-	2,8	1,6	4,4	1,9	-	1,9	87,2	1,7	2,3	8,8
-	2,5	1,5	4,0	1,6	-	1,6	87,0	1,8	2,6	8,6

Диаметр, см	Высота, м	Объем ствола в коре, м <sup>3</sup>	Деловая древесина по катего								
			Крупная				Средняя-I				
			1	2	3	Ито- го	1	2	3	Ито- го	
Разряд											
8	7,1	0,020	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	10,2	0,061	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	12,4	0,127	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	14,4	0,225	-	-	-	-	0,7	3,5	2,3	6,5	-
24	16,2	0,358	-	-	-	-	8,2	16,4	15,0	39,6	-
28	17,9	0,533	3,0	6,0	3,5	12,5	10,4	20,8	12,8	44,0	-
32	19,2	0,740	6,4	18,0	15,0	39,4	6,4	13,5	9,1	29,0	-
36	20,4	0,989	6,8	24,4	24,7	55,9	4,0	7,4	5,6	17,0	-
40	21,5	1,280	8,2	31,4	27,5	67,1	2,3	4,6	3,4	10,3	-
44	22,4	1,606	6,2	34,7	30,5	71,4	1,5	3,1	2,1	6,7	-
48	23,0	1,956	3,5	41,6	29,7	74,8	1,0	1,6	1,3	3,9	-
52	24,0	2,318	3,2	43,3	29,0	77,5	0,9	1,5	1,2	3,6	-
Разряд											
8	6,7	0,019	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	8,8	0,052	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	10,8	0,109	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	12,5	0,192	-	-	-	-	-	3,0	-	3,0	-
24	14,0	0,305	-	-	-	-	6,8	15,8	15,1	37,7	-
28	15,5	0,453	2,7	5,4	2,7	10,8	9,9	21,5	11,6	43,0	-
32	16,6	0,628	4,1	16,3	13,6	34,0	7,6	14,2	9,9	31,7	-
36	17,7	0,841	4,7	23,0	24,7	52,4	4,6	7,8	6,1	18,5	-
40	18,6	1,084	7,0	29,0	27,2	63,2	2,5	5,1	3,9	11,5	-
44	19,4	1,362	6,1	32,2	30,2	68,5	1,5	3,5	2,5	7,5	-
48	19,9	1,656	3,6	36,0	32,3	71,9	1,0	1,9	1,6	4,5	-
52	20,2	1,969	3,0	37,6	33,0	73,6	0,8	1,6	1,4	3,8	-

Согласно принятым требованиям [11] точность определения объема стволов и запаса древостоев по таблицам не должна быть ниже  $P = \pm 4\%$ , по выходу отдельных сортиментов  $P_c = \pm PK$ ,

где  $K$  — коэффициент, зависящий от доли сортимента в общем запасе:

Процент запаса	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Коэффициент	1,00	1,12	1,28	1,41	1,50	1,70	1,87	2,20	3,02	5,06

На всех опытных пробных площадях доля отдельных сортиментов была вычислена по фактическим данным и сортиментным таблицам. Для крупной и средней деловой древесины

Продолжение табл. 4

Сортам крупности и сортам, %							Ито- го де- ло- вой	Сырье для тех- ноло- гичес- кой пе- рера- ботки	Дро- ва топ- лив- ные	Отхо- ды
Средняя-2			Мелкая							
1	2	3	Ито- го	2	3	Ито- го				
высот V										
-	-	-	-	59,0	9,5	68,5	68,5	15,5	1,8	14,2
-	-	-	-	70,3	5,5	75,8	75,8	9,3	1,7	13,2
7,0	12,7	9,3	29,0	47,2	4,6	51,8	80,8	5,0	1,5	12,7
15,9	24,7	16,2	56,8	20,1	1,2	21,3	84,6	1,6	1,7	12,1
7,3	20,0	6,4	33,7	10,8	0,9	11,7	85,0	1,1	2,0	11,9
3,1	12,9	5,0	21,0	8,0	-	8,0	85,5	0,9	2,3	11,3
1,9	7,6	3,2	12,7	5,4	-	5,4	86,5	0,9	2,3	10,3
0,7	6,7	3,1	10,5	3,6	-	3,6	87,0	0,7	2,3	10,0
0,6	3,7	1,9	6,2	2,9	-	2,9	86,5	1,6	2,4	9,5
-	3,3	1,7	5,0	2,7	-	2,7	85,8	1,9	2,8	9,5
-	3,1	1,5	4,6	2,2	-	2,2	85,5	2,0	3,1	9,4
-	2,8	1,4	4,2	2,0	-	2,0	85,3	2,1	3,3	9,3
высот VI										
-	-	-	-	55,0	9,8	64,8	64,8	18,3	1,5	15,4
-	-	-	-	68,0	6,0	74,0	74,0	10,4	1,6	14,0
7,3	9,4	9,5	26,2	47,7	5,3	53,0	79,2	5,8	1,6	13,4
16,0	25,2	16,0	57,2	22,2	1,2	23,4	83,6	2,0	1,6	12,8
7,9	20,6	5,8	34,3	11,4	1,0	12,4	84,4	1,4	2,0	12,2
3,2	13,6	5,8	22,6	8,4	-	8,4	84,8	1,1	2,4	11,7
1,8	8,2	3,7	13,7	5,8	-	5,8	85,2	1,0	2,4	11,4
1,1	7,1	2,8	11,0	4,0	-	4,0	85,9	0,7	2,4	11,0
0,7	4,2	1,5	6,4	3,2	-	3,2	84,3	1,7	3,2	10,8
-	3,7	1,5	5,2	3,0	-	3,0	84,2	1,9	3,4	10,5
-	3,5	1,3	4,8	2,6	-	2,6	83,8	2,2	4,0	10,0
-	2,9	1,1	4,0	2,2	-	2,2	83,6	2,4	4,2	9,8

систематическая ошибка равна  $-0,8\%$ , а средняя квадратичная  $\pm 7,5\%$ , в целом для ликвидной древесины соответственно  $+1,1$  и  $\pm 2,3\%$ .

Средний выход сортиментов по наименованиям, рассчитанный по таблицам: пиловочник - 45,1, стройлес - 4,6, судостройлес - 2,5, рудстойка - 5,5, столбы - 1,4, тарный кряж - 1,9, балансы - 33,6, шпальник - 2,7, фанерный кряж - 2,0, прочая деловая - 0,4%. Эти цифры получены с учетом представленности древостоев различных разрядов высот в ельниках средней подзоны тайги. Точность сортиментных таблиц с учетом доли сортиментов в общем запасе определяли по материалам 10 пробных площадей со сплошной рубкой и раскряжевкой всех деревьев на сортименты.

## Сортиментные таблицы

Диаметр, см	Высота, м	Объем ствола в коре, м <sup>3</sup>	Деловые					
			Деловые сортименты, % от					
			Пиловочник	Стройлес и подтоварник	Судостройлес	Рудстойка	Столбы	Тарный и клепочный кряж
Разряд								
8	9,9	0,028	-	-	-	8,8	-	-
12	14,3	0,086	-	-	-	10,4	-	-
16	17,4	0,181	9,5	7,5	-	8,2	-	4,5
20	20,2	0,322	30,0	9,4	-	6,0	2,4	2,5
24	22,7	0,513	45,1	6,5	-	4,3	3,2	2,2
28	25,0	0,762	50,6	3,6	3,5	2,8	2,2	0,8
32	26,9	1,063	53,8	2,5	6,7	1,4	1,6	0,5
36	28,6	1,423	56,6	2,0	9,3	0,8	1,0	-
40	30,0	1,834	59,6	1,8	10,0	0,5	-	-
44	31,3	2,307	62,0	1,7	9,3	-	-	-
48	32,1	2,806	64,2	1,6	7,5	-	-	-
52	32,6	3,335	66,0	1,5	6,6	-	-	-
56	33,0	3,196	68,0	1,3	5,7	-	-	-
Разряд								
8	8,9	0,025	-	-	-	8,0	-	-
12	12,9	0,077	-	-	-	10,0	-	-
16	15,8	0,164	8,0	7,0	-	8,6	-	5,0
20	18,3	0,290	28,8	9,0	-	6,5	2,0	2,7
24	20,5	0,463	43,5	6,5	-	5,0	2,5	2,0
28	22,6	0,688	49,0	4,2	3,0	3,2	1,8	0,8
32	24,4	0,963	52,8	3,0	5,4	1,8	1,2	0,5
36	25,8	1,282	55,6	2,2	8,2	1,0	0,6	-
40	27,2	1,662	57,6	2,0	9,4	0,7	-	-
44	28,4	2,093	60,6	1,6	8,2	0,7	-	-
48	29,1	2,544	63,5	1,2	7,2	0,6	-	-
52	29,5	3,019	65,0	1,0	6,2	0,5	-	-
Разряд								
8	8,0	0,023	-	-	-	7,0	-	-
12	11,6	0,070	-	-	-	9,5	-	-
16	14,1	0,145	7,2	6,7	-	8,6	-	4,9
20	16,3	0,257	27,0	8,6	-	7,2	2,2	3,0
24	18,6	0,415	41,0	6,2	-	5,2	2,5	2,2
28	20,2	0,608	47,0	4,3	2,4	3,6	1,6	2,0
32	21,8	0,849	51,7	3,2	4,6	2,5	1,6	2,0
36	23,1	1,132	54,6	2,7	6,8	1,7	1,2	1,0
40	24,4	1,469	57,0	2,2	8,3	1,3	-	-
44	25,4	1,842	59,2	1,8	7,6	1,1	-	-
48	26,0	2,237	62,5	1,6	6,8	1,0	-	-
52	26,4	2,657	64,2	1,2	5,4	1,0	-	-
Разряд								
8	7,1	0,020	-	-	-	6,5	-	-
12	10,2	0,061	-	-	-	9,1	-	-



Таблица 5

## среднетаежных ельников

деревья объема ствола в коре						Дровяные деревья			
Дрова, %			Дрова, %			Отхо- ды	Дрова, %		Отхо- ды, %
Ба- лан- сы	Шпа- льник	Фа- нер- ный краж	Про- чая дело- вая древе- сина	Тех- ноло- гичес- кое сырье	Топ- лив- ные		Тех- ноло- гичес- кое сырье	Топ- лив- ные	
ВЫСОТ II									
68,2	-	-	0,2	8,1	3,0	11,7	75,0	14,0	11,0
70,0	-	-	0,4	5,9	2,3	11,0	67,5	22,0	10,5
55,6	-	-	0,3	2,3	1,5	10,6	62,0	31,0	7,0
34,4	2,4	-	0,3	1,4	1,0	10,2	57,0	37,5	5,5
24,0	4,0	-	0,2	0,6	0,4	9,5	52,0	44,0	4,0
18,0	4,8	3,7	-	0,5	0,3	9,2	48,0	50,0	2,0
14,0	4,4	5,3	-	0,7	0,3	8,8	43,5	55,0	1,5
10,4	3,9	6,5	-	0,8	0,3	8,4	40,0	59,0	1,0
8,2	3,2	7,4	-	0,9	0,3	8,1	37,0	62,0	1,0
6,0	2,8	8,6	-	1,2	0,4	8,0	34,0	65,1	0,9
4,6	2,6	9,5	-	1,5	0,7	7,8	30,0	69,2	0,8
3,0	2,4	10,0	-	1,6	1,2	7,7	28,0	71,2	0,8
1,5	2,2	10,3	-	1,7	1,5	7,6	26,0	73,4	0,6
ВЫСОТ III									
66,8	-	-	0,2	11,0	2,3	11,7	70,0	18,5	11,5
69,0	-	-	0,2	7,0	2,1	11,7	63,7	25,7	10,6
55,1	-	-	0,3	3,4	1,3	11,3	58,3	34,2	7,5
35,2	2,0	-	0,3	1,1	1,2	10,2	53,7	40,7	5,6
25,1	3,2	-	0,2	0,6	1,0	10,4	49,3	46,4	4,3
19,0	4,5	3,0	-	0,6	1,0	9,9	45,5	52,0	2,5
15,8	4,0	4,5	-	0,6	0,9	9,5	41,4	56,8	1,8
12,2	3,5	6,0	-	0,9	0,6	9,2	39,2	59,7	1,1
9,5	3,0	7,0	-	1,2	0,8	8,8	35,2	63,8	1,0
7,5	2,6	7,6	-	1,4	1,1	8,7	32,4	66,6	1,0
5,7	2,1	8,2	-	1,6	1,7	8,2	28,8	70,3	0,9
4,3	2,0	9,0	-	1,8	2,1	8,1	27,0	72,1	0,9
ВЫСОТ IV									
64,6	-	-	0,2	13,4	2,0	13,5	65,0	22,2	12,0
67,8	-	-	0,3	8,2	1,7	12,5	59,6	29,7	10,7
54,4	-	-	0,6	4,3	1,3	12,0	54,7	37,5	7,8
35,0	2,0	-	0,6	1,2	1,7	11,5	50,4	43,8	5,8
26,0	3,1	-	0,3	0,8	1,7	11,0	46,6	48,9	4,5
20,0	3,6	2,5	-	0,7	1,8	10,5	43,0	54,0	3,0
16,2	3,2	3,0	-	0,7	1,4	10,1	39,3	58,4	2,3
12,9	2,8	5,0	-	0,8	1,2	9,5	36,5	62,0	1,5
10,5	2,4	6,2	-	1,3	1,6	9,2	33,5	65,2	1,3
8,4	2,1	7,2	-	1,5	1,9	9,2	30,8	68,1	1,1
6,0	1,8	7,5	-	1,7	2,3	8,8	27,6	71,5	0,9
5,6	1,6	8,0	-	1,8	2,6	8,6	26,0	73,1	0,9
ВЫСОТ V									
61,7	-	-	0,3	15,8	1,8	14,5	60,0	27,5	12,5
66,2	-	-	0,5	9,3	1,7	13,2	55,5	35,0	10,8

Диаметр, см	Высота, м	Объем ствола в коре, м <sup>3</sup>	Деловые					
			Деловые сортименты, % от					
			Пиловочник	Стройлес и подтоварник	Судостройлес	Рудстойка	Столбы	Тарный и клепочный кряж
16	12,4	0,127	6,2	6,1	-	9,0	-	5,5
20	14,4	0,225	25,6	8,0	-	7,4	1,6	3,2
24	16,2	0,358	39,5	5,8	-	5,6	2,0	2,4
28	17,9	0,533	45,6	4,5	2,0	4,0	1,3	2,0
32	19,2	0,740	50,0	3,8	3,6	3,0	1,0	1,6
36	20,4	0,989	53,3	2,8	5,6	2,0	-	1,2
40	21,5	1,280	55,8	2,5	7,0	1,6	-	-
44	22,4	1,606	58,0	2,2	6,7	1,5	-	-
48	23,0	1,956	61,2	2,0	5,6	1,4	-	-
52	24,0	2,318	62,6	1,8	4,4	1,3	-	-
								Разряд
8	6,7	0,019	-	-	-	5,8	-	-
12	8,8	0,052	-	-	-	8,5	-	-
16	10,8	0,109	5,0	5,0	-	8,5	-	7,8
20	12,5	0,192	22,6	7,7	-	7,8	1,4	4,4
24	14,0	0,305	38,0	6,9	-	6,0	1,5	2,3
28	15,5	0,453	43,8	5,3	1,6	4,8	1,1	2,0
32	16,6	0,628	47,6	4,0	3,0	3,5	0,8	1,7
36	17,7	0,841	51,8	3,3	4,6	2,6	-	1,4
40	18,6	1,084	54,0	3,0	5,6	2,1	-	-
44	19,4	1,362	56,9	2,8	5,6	1,8	-	-
48	19,9	1,656	60,0	2,4	4,6	1,5	-	-
52	20,2	1,969	61,7	1,8	3,6	1,4	-	-

Долю отдельных сортиментов вычисляли по фактическим данным и составленным сортиментным таблицам. Расхождение в выходе сортиментов по нашим таблицам с учетом доли сортиментов в общем запасе древостоя и поправочного коэффициента не превысило допустимого (табл.6). Данные таблицы показывают закономерное уменьшение фактической ошибки с увеличением доли сортимента в общем запасе древостоя.

На точность сортиментации запаса древостоев существенно влияет недостаточная представленность толстомерных ступеней толщины в сортиментных таблицах [10], особенно в древостоях высших разрядов [8, 10].

На основе анализа рядов распределения деревьев по диаметру в ельниках средней подзоны тайги [5] нами установлено, что деревья диаметром более 40 см встречаются примерно на 20% таксационных участков. Поэтому максимальный диаметр в сортиментных таблицах должен составлять не 40, а 52...56 см.

Продолжение табл. 5

деревья				Дровяные деревья						
объема ствола в коре				Дрова, %			Отходы	Дрова, %		Отходы, %
Балансы	Шпальник	Фанерный край	Прочая деловая древесина	Технологическое сырье	Топливные	Технологическое сырье		Топливные		
53,3	-	-	0,7	5,0	1,5	12,7	52,1	41,5	8,2	
36,4	1,8	-	0,6	1,6	1,7	12,1	47,1	47,0	5,9	
27,0	2,4	-	0,3	1,1	2,0	11,9	43,9	52,0	4,8	
21,5	3,0	1,6	-	0,9	2,3	11,3	40,5	57,0	3,5	
18,1	2,8	2,6	-	0,9	2,3	10,3	37,2	61,0	2,7	
15,5	2,6	4,0	-	0,7	2,3	10,0	34,8	65,0	1,8	
12,2	2,2	5,2	-	1,6	2,4	9,5	31,8	67,0	1,7	
9,7	2,0	5,7	-	1,9	2,8	9,5	29,2	69,0	1,3	
7,7	1,6	6,0	-	2,0	3,1	9,4	26,5	71,5	1,0	
6,7	1,3	7,2	-	2,1	3,3	9,3	25,0	73,5	1,0	
высот VI										
58,7	-	-	0,3	18,3	1,5	15,3	55,0	32,0	13,0	
65,0	-	-	0,5	10,4	1,6	14,0	51,0	39,0	11,0	
52,2	-	-	0,7	5,8	1,6	13,4	47,5	44,0	8,5	
36,6	1,5	-	0,6	2,0	1,6	12,8	44,0	50,0	6,0	
27,8	1,7	-	0,2	1,4	2,0	12,2	41,0	54,0	5,0	
22,6	2,4	1,2	-	1,1	2,4	11,7	38,0	58,0	4,6	
20,0	2,4	2,2	-	1,0	2,4	11,4	35,0	62,0	3,0	
16,8	2,2	3,2	-	0,7	2,4	11,0	33,0	65,0	2,0	
13,8	2,0	3,8	-	1,7	3,2	10,8	30,0	68,0	2,0	
10,7	1,6	4,8	-	1,9	3,4	10,5	27,5	71,0	1,5	
8,6	1,2	5,5	-	2,2	4,0	10,0	25,0	73,5	1,0	
7,4	1,0	6,7	-	2,4	4,2	9,8	24,0	75,0	1,0	

Таблица 6  
Ошибки сортиментных таблиц в зависимости от доли сортимента в общем запасе древостоя

Процент сортиментов в общем запасе	Расхождение	
	фактическое	допустимое
10	21,2	20,2
30	10,6	8,8
50	6,8	6,8
70	3,4	5,8
90	1,1	4,5

В заключение отметим, что составленные сортиментные таблицы, учитывающие новые ГОСТы на лесную продукцию,

отвечают требованиям точности и позволяют более качественно оценивать сортиментную структуру среднетаежных ельников.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. ГОСТ 9463-72. Лесоматериалы круглые хвойных пород. - М.: Изд-во стандартов, 1974.- 14 с. [2]. ГОСТ 9463-88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. - М.: Изд-во стандартов, 1979.- 13 с. [3]. ГОСТ 2708-75. Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов. - М.: Изд-во стандартов, 1986. - 36 с. [4]. ГОСТ 3243-88. Дрова. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1988. - 7 с. [5]. Гусев И.И. Закономерности строения еловых древостоев Европейского Севера: Методич. рекомендации к дипломному проектированию по лесной таксации. - Архангельск, 1977. - 40 с. [6]. Гусев И.И. Продуктивность ельников Севера. - Л.: ЛГУ, 1978. - 232 с. [7]. Гусев И.И. Влияние возрастной структуры на соотношение диаметров и высот деревьев в таежных ельниках // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. - Красноярск, 1982. - С. 110-114. [8]. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР. - Архангельск, 1986. - 358 с. [9]. ОСТ 13-76-79. Сырье древесное для технологической переработки. - М.: Изд-во стандартов, 1979. [10]. Сортиментные и товарные таблицы для сосны и ели районов Севера: Методич. рекомендации. - Л.: ЛенНИИЛХ, 1980. - 74 с. [11]. Таксация товарной структуры древостоев / А.Г. Мошкалев, А.А. Кнize, Н.И. Ксенофонтов, Н.С. Уланов. - М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 157 с. [12]. ТУ 13-0273685-404-89. Дровяная древесина для технологических нужд/ ВНПОлес-пром, 1989. - 4 с.

---

Поступила 21 декабря 1994 г.

УДК 630\*165.6: 630\*176.321.3

***В.К. ПОПОВ, М.В. СВИРИДОВ***

Попов Владимир Ксенофонтович родился в 1938 г., окончил в 1962 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, чл.-кор. АЕН РФ, ректор Воронежской государственной лесотехнической академии, Генеральный директор НПЦ Восмоддрев. Имеет около 150 научных трудов в области искусственного лесоразведения и лесовосстановления, генетики и селекции древесных пород, защитного лесоразведения, оптимизации искусственного лесоразведения и плантационного выращивания быстрорастущих древесных пород, общих вопросов лесного хозяйства в условиях рыночной экономики.



Свиридов Михаил Владимирович родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Воронежский лесотехнический институт, ассистент кафедры лесных культур и селекции Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 15 печатных работ в области изучения наследственных свойств и изменчивости признаков потомств березы в опытных географических культурах.



**АДАПТАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОТОМСТВА  
БЕРЕЗЫ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ  
В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ  
РАЙОНОВ ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Разработана методика количественной оценки влияния наследственных свойств климатипов березы на изменчивость адаптивно ценных признаков семенного потомства. Проанализирована реакция потомств на изменение условий внешней среды в связи с климатическими факторами родины климатипа. Получены регрессионные модели для оценки их устойчивости.

A procedure of quantitative evaluation of the influence of hereditary properties of birch climatic types variability on adaptive-important properties of seed progeny has been developed. A response of progenies to the changed conditions of the external environment in relation to the climatic factors of the place of their origin has been analysed. Regression models for evaluating their immunity climatic types have been obtained.

Как известно, географическая изменчивость присуща видам с широким естественным ареалом, что свидетельствует об их экологической пластичности и наличии наследственной адаптации популяций к условиям среды, среди которых важнейшее значение имеют климатические факторы [8, 16, 17 и др.]. Для большинства лесообразующих пород, в том числе и видов берез [10 и др.], на межпопуляционном уровне наиболее изучена изменчивость по продуктивности, в то время как адаптационные возможности видов и их происхождений, а также механизм адаптации в системе взаимодействия генотип – среда остаются малоизученными.

Выполненная нами на примере березы работа направлена на разработку методов количественной оценки влияния наследственных свойств климатипов на изменчивость комплекса адаптивно ценных признаков семенного потомства, изучение их реакции на изменение условий внешней среды в связи с климатическими факторами родины климатипа, что имеет важное теоретическое и практическое значение ввиду отсутствия лесосеменного районирования для данной широко распространенной и хозяйственно ценной породы.

В работе использованы результаты многолетних исследований географических культур, созданных в 1976-1978 гг. в различных эдафических условиях Учебно-опытного лесхода ВЛТИ по одинаковой технологии с размещением посадочных мест 2,0 х 0,7 м, общая площадь 12,8 га. Всего представлено 50 происхождений, из них 41 – березы повислой, в пределах большого спектра широт (43...62°) и долгот (24...160°). По числу вариантов, площади и информационной ценности в связи с выращиванием в различных условиях местопроизрастания данный географический опыт практически не имеет аналогов для изучаемой породы.

Для исследования культур использовали общепринятые лесоводственно-таксационные методы. Жизненное состояние деревьев и происхождений оценивали по методике В.А. Алексева с учетом видовых особенностей березы [1, 13, 20].

Учитывая первостепенную роль климата в формировании географической среды и распространении растительности [2-4, 7 и др.], а также основываясь на учении о формах внутривидовой изменчивости и ее особенностях для наиболее распространенных видов берез [5, 9, 10 и др.], происхождения березы повислой из равнинных частей ареала распределяли на предполагаемые группы – популяции (климатины) в пределах выделенных климатических экотопов. Использование их в качестве градаций при организации и решении дисперсионных комплексов позволило количественно оценить силу влияния географического происхождения семян на изменчивость функциональных и структурных признаков потомства.

На основании результатов предыдущих исследований [15] из всего многообразия климатообразующих факторов в целях биоклиматического моделирования выбраны континентальность и средняя продолжительность периода с суммой температур выше 5<sup>0</sup>С, в течение которого возможны развитие и рост изучаемой породы (вегетационный период). Особенностью последнего является высокая скоррелированность со среднегодовыми температурами воздуха, соотношением тепла и влаги, фотопериодом. Для района исследований по результатам многолетних наблюдений их значения составляют 45% и 189 дн. соответственно. Оба климатических показателя выражаются количественно, обладают системностью и обеспечивают разностороннюю оценку климата, что соответствует предъявляемым требованиям к климатическому моделированию для биогеографических целей [11].

Материалы обрабатывали биометрическими методами [6, 12, 14 и др.] с использованием ЭВМ.

Основное внимание уделено анализу опытных культур в жестких лесорастительных условиях на слабооподзоленной серой лесной супесчаной почве, сформировавшейся на среднеаллювиальном песке, что соответствует общепринятым требованиям тестирования происхождений и позволяет получить более объективные и показательные результаты.

Большое значение в оценке адаптивной способности пород и происхождений к измененным условиям внешней среды имеют функциональные признаки, отражающие внутреннее состояние биотипов. Среди них повреждаемость вредителями и болезнями, а также сохранность наиболее доступны в определении и достаточно объективны для оценки состояния опытных культур и адаптационной ценности происхождений. Известно, что защитные механизмы древесных растений контролируются генетически и выражаются через определенные физиологические процессы, которые, в свою очередь, зависят от физических факторов среды. Их изменения способны влиять на относительную

резистентность или аттрактивность пород для различных вредителей и болезней.

Полученные нами результаты свидетельствуют об очень высоком уровне изменчивости повреждаемости потомств березы, что в значительной степени обусловлено влиянием географического происхождения. В большинстве случаев ослабленные деревья поражаются стволовыми вредителями, среди которых наибольшую опасность представляет многоядный непарный короед (*Xyleborus saxeseni* Ratz.), и становятся в еще большей степени уязвимыми для фитовредителей и болезней. В образованные насекомыми поранения проникают возбудители инфекционных некрозов, поражающих кору, камбий и заболонь. В итоге образуются полосы отмирания или круговые некрозы коры, кроны изреживаются, появляются водяные побеги, и деревья усыхают.

Установлено, что устойчивость потомств березы тесно коррелирует с рассматриваемыми климатическими показателями районов происхождений, при этом связи имеют выраженную криволинейную форму (рис. а). Изменчивость повреждаемости (П) потомства березы 17-летнего возраста в зависимости от континентальности (К) и продолжительности вегетационного периода (В) районов происхождения представлена в табл. 1.

Таблица 1

С, %	$\eta^2 \pm m_{\eta^2}$	$r \pm m_r$	$\eta \pm m_{\eta}$	Регрессионная модель	$\frac{R}{F_{эф}}$
47	0,89±0,041	-0,68 ± 0,15	$0,98 \pm 9,7 \cdot 10^{-3}$	$\Pi = 499,59 - 4,713B + 0,0116B^2$	$\frac{0,91}{4,45}$
		0,69 ± 0,17	$0,99 \pm 7,1 \cdot 10^{-3}$	$\Pi = 111 - 5,339K + 0,075K^2$	$\frac{0,96}{10,15}$

Примечание. С – коэффициент изменчивости, %;  $\eta^2 \pm m_{\eta^2}$  – показатель силы географического влияния семян и ошибка;  $r \pm m_r$  – коэффициент корреляции и ошибка;  $\eta \pm m_{\eta}$  – корреляционное отношение и ошибка; R – показатель меры выравнивания уравнения,  $R > 0,95$ ;  $F_{эф}$  – показатель эффективности уравнения,  $F_{эф} > 3$ .

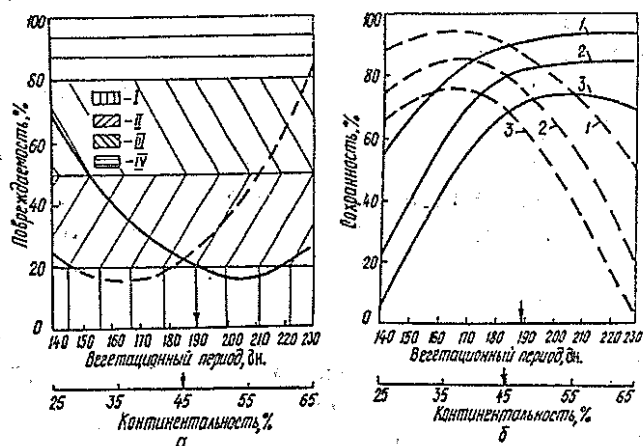
Наибольшей резистентностью к повреждаемости вредителями и болезнями обладают потомства березы из районов оптимально недостаточного и оптимального увлажнения климата с умеренной континентальностью ( $K = 30 \dots 40 \%$ ) и вегетационным периодом от 190 до 215 дн., что соответствует условиям Украинской лесостепи. Отклонения от указанного оптимума приводят к снижению устойчивости, особенно прогрессирующему



при увеличении континентальности и сокращении вегетационного периода районов происхождений.

Повышенная аттрактивность к вредителям и болезням высококонтинентальных происхождений связана, по нашему мнению, со снижением их холодостойкости, особенно в зимний период. Известно, что морозостойкость растений меняется в течение года и имеет физиологическое обоснование на клеточном уровне [19]. Климатипы, сформировавшиеся в условиях более континентального климата, характеризующегося резким переходом от теплого периода к холодному, и, наоборот, при высокой их стабильности, чутко реагируют на эпизодические заморозки, а также часто сменяющиеся потепления и похолодания в зимний период. Снижение морозостойкости вызывается неспособностью клеток успевать соответственно этим колебаниям обводняться и обезвоживаться. В результате снижается их резистентность. Для климатипов из низкоконтинентальных районов условия Центральной лесостепи оказываются более жесткими.

Снижение устойчивости климатипов, сформировавшихся в отличных от местных условиях вегетационного периода, можно объяснить болезненной адаптацией физиологического аппарата растений вследствие несоответствия наследственной ритмики развития и роста измененным условиям внешней среды.



Изменчивость повреждаемости вредителями и болезнями потомства березы 17 лет (а) и его сохранности (б) в зависимости от продолжительности вегетационного периода (сплошная линия) и континентальности (штриховая); стрелками обозначены условия Воронежа (по установленным нормам): I - древостой здоровый; II - поврежденный; III - сильно поврежденный; IV - разрушенный; 1 - возраст потомства - 1; 2 - 4; 3 - 17 лет

Заслуживает также внимания реакция различных климатипов на недостаток влаги. Изучение водного режима листьев в период засухи 1991 г. показало, что у потомств из таежной зоны, в отличие от местных, наблюдались большие колебания оводненности листьев, повышенный утренний водный дефицит, меньшая водоудерживающая способность и снижение интенсивности транспирации к концу засухи. В результате ряд происхождений данной зоны из разряда поврежденных перешли в сильно поврежденные. Климатипы степной зоны отреагировали менее болезненно благодаря низкой, но достаточно стабильной оводненности листьев, пониженной интенсивности транспирации и наличию защитных механизмов, проявившихся в преждевременном сбрасывании листвы.

Устойчивость происхождений к вредителям и болезням в оптимальных условиях местопроизрастания ( $C_2 - D_2$ ) значительно выше. Сохранность примерно одинакова. Исключение составляют потомства таежной зоны, подтайги, степной зоны и особенно полупустыни, которые в жестких условиях сохранились хуже, а культуры карагандинского и якутского (береза плосколистная) происхождения практически погибли. В целом сохранность березы в опытных культурах тесно коррелирует с их повреждаемостью:  $r = -0,85 \pm 0,069$ ;  $\eta = 0,95 \pm 0,022$  и наиболее точно данная связь описывается функцией вида  $C = 54,686 + 1,357 P - 0,0343 P^2$  ( $R = 0,94$ ;  $F_{3ф} = 7,45$ ), где  $C$  – сохранность, %. Повреждаемость до 30% несущественно отражается на сохранности культур. Дальнейшее ее возрастание приводит к прогрессирующему отпаду.

Установлено, что процесс элиминации наименее адаптированных генотипов в потомствах березы, обусловленный наследственными свойствами, наблюдается уже в период приживаемости, характеризуется выраженной избирательностью и сохраняется в онтогенезе экотипов. Отметим также, что уже с однолетнего возраста изменчивость сохранности тесно коррелирует с анализируемыми климатическими показателями (табл. 2).

Уже в первый год выращивания наибольший отпад (до 35...40%) произошел у потомств таежной зоны, подтайги и мягколиственных лесов Западно-Сибирской равнины. На 15...20% снизилась сохранность культур из лесостепи и степи Восточно-Казахстанской провинции, в то время как отпад в других климатипах не превышал 5...15 %. Изменчивость сохранности потомства березы в связи с континентальностью и продолжительностью вегетационного периода районов происхождения представлена в табл. 2.

Таблица 2

Возраст, лет	C, %	$\eta^2 \pm m_{\eta^2}$	$r \pm m_r$	$\eta \pm m_{\eta}$	Регрессионная модель	R Fэф
1	12	$0,92 \pm 0,035$	$0,77 \pm 0,099$	$0,98 \pm 0,011$	$C = -678 + 10,6B - 0,0488B^2 + 7,53 \cdot 10^{-5} B^3$	$0,93$ $5,58$
			$-0,72 \pm 0,13$	$0,94 \pm 0,031$	$C = 35,35 + 3,317K - 0,0473K^2$	$0,92$ $5,34$
4	23	$0,91 \pm 0,042$	$0,71 \pm 0,12$	$0,94 \pm 0,031$	$C = -1761,47 + 26,525B - 0,127B^2 + 2,043 \cdot 10^{-4} B^3$	$0,92$ $5,35$
			$-0,69 \pm 0,15$	$0,95 \pm 0,028$	$C = -25,64 + 6,0367K - 0,0821K^2$	$0,94$ $6,93$
17	30	$0,96 \pm 0,019$	$0,75 \pm 0,11$	$0,97 \pm 0,012$	$C = -1386,57 + 19,497B - 0,0862B^2 + 1,261 \cdot 10^{-4} B^3$	$0,96$ $9,31$
			$-0,73 \pm 0,13$	$0,96 \pm 0,021$	$C = -42,973 + 6,677K - 0,0934K^2$	$0,95$ $8,71$

К стадии формирования сомкнутого насаждения (4 года) культуры подошли еще более дифференцированными. Наибольший отпад (до 80 %) наблюдался у потомств из районов с резко отличающимися от местных климатическими условиями. В период формирования сомкнутого насаждения, характеризующийся значительными колебаниями осадков и снижением солнечной активности, существенных изменений в сохранности климатипов не наблюдалось. На стадии жердняка отпад равномерный, что объясняется не только влиянием наследственных свойств, но и естественным отбором в процессе внутривидовой конкуренции у наиболее адаптированных потомств. Закономерности в изменчивости сохранности отражены на рис. б.

В заключение следует отметить комплексное воздействие всего многообразия экологических факторов на жизненное состояние различных генотипов. Превышение критического уровня любого из них приводит к снижению резистентности. В целях создания высокоустойчивых насаждений в настоящее время предпочтение следует отдавать семенам березы из Украинской лесостепи или аналогичных условий с континентальностью  $35 \pm 5\%$  и вегетационным периодом 195 ... 215 дн. Период формирования сомкнутого насаждения вполне можно считать фазой исключения наименее адаптированных происхождений, что подтверждает аналогичный вывод для быстрорастущих пород [18], хотя применительно к стадии жердняка регрессионные модели более точны.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. - 1989. - № 4. - С. 51-57. [2]. Борисов А.А. Климатография Советского Союза. - Л.: ЛГУ, 1970. - 306 с. [3]. Воробьев Д.В. Методика лесотипологических исследований. - Киев: Урожай, 1967. - 388 с. [4]. Григорьев А.А. Закономерности строения и развития географической среды : Избр. теоретич. работы. - М.: Мысль, 1966. - 382 с. [5]. Данченко А.М. Популяционная изменчивость березы. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. - 205 с. [6]. Дворецкий М.Л. Пособие по вариационной статистике. - М.: Лесн. пром-сть, 1971. - 104 с. [7]. Курнаев С.Ф. Лесорастительное районирование СССР. - М.: Наука, 1972. - 283 с. [8]. Майр Э. Популяция, виды и эволюция / Пер. с англ. М.В. Миных. - М.: Мир, 1974. - 460 с. [9]. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений: На примере семейства *Pinaceae* на Урале. - М.: Наука, 1972. - 283 с. [10]. Махнев А.К. Внутривидовая изменчивость и популяционная структура берез секции *Albae* и *Nanae*. - М.: Наука, 1987. - 128 с. [11]. Мичурин В.Г. О климатическом моделировании для биогеографических целей // Вопр. ботан. Юго-Вост. - 1988. - №6. - С. 22-33. [12]. Никитин К.Е., Швиденко А.З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. - М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 272 с. [13]. Оценка жизнеспособности сосны, ели и березы в условиях Литвы/ Я.Шяптеене, А.Масгаускис, Э. Барткявичус и др. // Лесн. хоз-во. - 1989. - №9. - С. 33-35. [14]. Плохинский Н.А. Биометрия. - М.: МГУ, 1970. - 367 с. [15]. Попов В.К., Свиридов М.В. Состояние, рост и плодоношение географических культур березы повислой в условиях Центральной лесостепи // Повышение продуктивности, устойчивости и защитной роли лесных экосистем: Сб. науч. тр. - Воронеж, 1990. - С. 27-31. [16]. Проказин Е.П., Богачев А.В. Наследственная адаптация сосны обыкновенной к факторам климата и возможность ее оценки и прогнозирования // Генетика, селекция, семеноводство и интродукция лесных пород. - М., 1974 (1975). - С. 131-146. [17]. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. - М.: Наука, 1980. - 277 с. [18]. Abukaber H. I., Zsuffa L. Provenanse variation in Eastern white pine (*Pinus strobus* L.) 28th-year results from two southern Ontario Plantations // 19th World Congr. "Sci. Forest.: IUFRO's 2nd Century", Montreal, 5-11 Aug., 1990, Div. 2/ Int. Union Forest Res. Organ. - Montreal, 1990. - P. 482-483. [19]. Häslер R. Physiologische Wirkungen des Frostes auf Pflanzen // Ber. / Eidgenoss. Anst. forstl. Versuchsw. - 1988. - N 307. - P. 45-48. [20]. Westan L. A new method for assessment of fisible damage to birch and other deciduous trees // Air Pollut. and Forest Decline: Proc. 14th Int. Meet. Spec. Air Pollut. Eff. Forest Ecosyst. Int. Union Forest Res. Organ. Project Group P. 2. 05 Interlaken 2-8 Oct., 1988. Vol. 1. - Birmensdorf, 1989. - P. 223-228.

Поступила 17 ноября 1994 г.

УДК 630\* 443. 3

**Е.П. КУЗЬМИЧЕВ, Н.М. ШЛЕНСКАЯ, Г.Б. КОЛГАНИХИНА**

Кузьмичев Евгений Павлович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Московский лесотехнический институт, доктор биологических наук, начальник Управления науки Рослесхоза. Имеет 45 печатных работ в области лесной экологии и лесной фитопатологии.



Шленская Наталья Марковна родилась в 1967 г., окончила в 1992 г. Московский лесотехнический институт, аспирант кафедры промышленной экологии и защиты леса Московского государственного университета леса. Имеет 6 печатных работ в области лесной фитопатологии.



Колганихина Галина Борисовна родилась в 1963 г., окончила в 1988 г. Московский лесотехнический институт, научный сотрудник кафедры промышленной экологии и защиты леса Московского государственного университета леса. Имеет более 10 печатных работ в области фитопатологии.

**ТИРОСТРОМОЗ ЛИПЫ И ВЯЗА  
В ГОРОДСКИХ И ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ**

Приведены данные о биологии некротно-ракового заболевания липы и вяза, вызываемого грибом *Thyrostroma compactum* (Hoehn.) Sacc. Изучены распространение и роль тиростромоза в зеленых насаждениях. Даны рекомендации

службам озеленения и защиты городов, работникам лесного хозяйства.

The biology data on lime and elm necrosis-cancer disease caused by *Thyrostoma compactum* (Hoehn.) Sacc. fungus are presented. The thyrostromosis' spread and role in green plantations are investigated. The recommendations to the services of landscaping and protection of urban areas as well as to the forestry managers are given.

Тиростромоз - опасное некрозно-раковое заболевание, вызывающее отмирание ветвей липы и вяза.

Начиная с середины 80-х гг., болезнь получила широкое распространение в липовых насаждениях многих регионов европейской части России. В последние годы отмечено массовое поражение вяза. Заболевание мало изучено. Ранее возбудитель - несовершенный гриб *Thyrostoma compactum* (Hoehn.) Sacc. - в литературе определялся как сапротрофный гриб, иногда развивающийся на ветвях липы. Сведений о распространении тиростромоза за пределами европейской части бывш. СССР в литературе мы не обнаружили. Между тем поражение липы уже достигло размеров эпифитотии и прогрессирует.

Липа - одна из основных пород, используемых для озеленения городов. Уникальным набором средообразующих, разнообразных полезных свойств обладают липовые лесные массивы. Велика ценность также насаждений ильмовых пород, численность которых значительно сократилась вследствие повсеместного усыхания ветвей от голландской болезни (возбудитель сумчатый гриб *Ceratocystis ulmi* Buism.).

Учитывая значение этих пород для озеленения и лесного хозяйства, городские и лесные службы защиты растений должны уделять пристальное внимание развитию тиростромоза.

Материалы исследований собраны нами в период с 1985 по 1993 гг. в зеленых насаждениях Москвы и Московской области, г.Тольятти, Жигулевском заповеднике и природном национальном парке "Самарская Лука".

Симптомы заболевания на липе и вязе схожие, хотя есть и некоторые особенности. Пораженные тиростромозом деревья довольно легко распознать, зная специфические признаки болезни. На ранних стадиях в кроне инфицированных деревьев появляются отдельные усохшие ветви, обычно это прирост прошлого года. Листья на них не распускаются. Изменения в окраске листвы у пораженных деревьев не наблюдаются.

Заражение начинается во второй половине лета. Споры разносятся ветром на расстояние до 10 м, основная масса оседает

в радиусе до 3 м [2]. Столь незначительное распространение споровой инфекции вызывает заражение все новых и новых ветвей уже инфицированного дерева, а также деревьев, произрастающих в непосредственной близости. Однако объяснить практически полную зараженность липовых насаждений на огромных площадях, зачастую отдаленных друг от друга на многие километры (как, например, в ПНП "Самарская Лука"), передачей инфекции по такой схеме достаточно трудно. Цикл развития возбудителя болезни (период от заражения до спороношения) занимает не менее года, а чаще два года. Даже в случаях с патогенами, развивающимися быстрее, обычно наблюдается ярко выраженная очаговость при передаче инфекции от дерева к дереву. Диффузное поражение липы на значительных площадях возможно при наличии хотя бы одного из двух условий: или имеются другие возможности переноса инфекции на значительные расстояния, или же инфекционное начало и раньше присутствовало в насаждениях липы и изменились лишь взаимоотношения в системе гриб ↔ растение ↔ хозяин.

Основными воротами инфекции служат почки деревьев. Для прорастания конидий необходима капельная влага, поэтому вероятность заражения наиболее высока в дождливую погоду. Патоген не в состоянии преодолеть защитные барьеры вегетирующего дерева. Активная паразитическая деятельность гриба протекает лишь на стадии покоя дерева: осенью, после прекращения вегетации, и до распускания листьев весной. Это объясняется приспособленностью патогена к мицелиальному росту при низких температурах. После прорастания спор происходит распространение возбудителя в коре, лубе, камбии.

Первые признаки поражения липы тиростромозом можно заметить на тонких веточках - приростах последнего года. При позднем заражении следующей весной почки на этих ветвях не распускаются. В конце лета или в следующую вегетацию на них появляются спороношения гриба. Тонкие засохшие ветви, особенно боковые, быстро опадают. Однако инфекция по ним успевает достигнуть более крупных элементов кроны - приростов предыдущего года, также имеющих тонкую, гладкую кору. Здесь появляются вдавленные некротические пятна овальной формы, вытянутые вдоль ветви, отличающиеся от здоровой коры более темной окраской. В период покоя дерева происходит их рост в продольном и тангентальном направлениях. Поражение захватывает и проводящие ткани, что приводит к быстрому отмиранию окольцованных некрозом ветвей. На усохших ветвях, в первую очередь в зоне первичного некротического пятна, а потом и по всей ветви также образуются спороношения.

На стволах и ветвях с более толстой корой, вокруг соединения с тонкими пораженными побегами сначала образуются некротические пятна, а затем закрытые раны. По мере развития ран кора на них натягивается в виде продольной, постепенно изреживающейся полосы. Впоследствии кора отпадает, обнажая древесину. Открытые раны продолговатые, веретенообразной формы, без ступенчатости и изменения окраски древесины. На отмершей коре образуются спороношения возбудителя, имеющие вид черных бархатистых подушечек, выступающих из разрывов эпидермиса.

На ветвях - приростах последних лет у здоровых деревьев вырастает основное количество листьев. При их отмирании дерево компенсирует утрату фотосинтезирующей поверхности образованием листьев и побегов из спящих почек. У оснований обломившихся ветвей, а также на скелетных ветвях и стволе формируются пучки водяных побегов с крупными листьями. Дерево приобретает характерный внешний вид. Эта "вторичная крона", в свою очередь, не обладает устойчивостью и также постепенно отмирает, еще более усиливая отрастание пучков новых водяных побегов. Совокупность приведенных симптомов позволяет правильно диагностировать заболевание и осуществлять надзор за развитием его очагов.

В естественных насаждениях европейской части России в основном произрастает липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.). Преобладает она и в городских посадках. Как показали исследования, эта порода малоустойчива к тиростромозу как в естественных, так и в городских насаждениях. Между тем род липа включает около 50 видов, многие из которых способны произрастать в условиях, характерных для ареала липы мелколистной. Для оценки видовой устойчивости липы было проведено обследование дендрария Главного ботанического сада (ГБС) РАН. Однако благоприятные условия произрастания, широкое представительство рода *Tilia* (196 растений, 16 видов), наличие тиростромоза - все это делает этот объект исключительно информативным для сравнения видовой устойчивости.

Обследование показало, что лишь 12 % деревьев в экспозиции не имели внешних признаков ослабления; у 41 % кроны усохли более чем на четверть; у остальных степень отмирания кроны меньше. Причина частичного отмирания кроны - поражение рассматриваемым патогеном. Гриб отмечен на всех видах рода липа, произрастающих в дендрарии ГБС. Ухудшение состояния прямо связано с распространением патогена в кронах деревьев. На большинстве усохших ветвей обнаружено спороношение.



Основываясь на биологии патогена, полученные результаты следует признать закономерными. Грибы, обладающие низкой паразитической активностью (к которым относится возбудитель болезни), обычно не обладают выраженной трофической специализацией. Анатомо-морфологические и физиологические особенности рода липа не выходят за рамки, делающие невозможной колонизацию различных видов этой породы. Повидимому, не обладают видовой устойчивостью к тиростромозу и представители рода *Ulmus*. Заболевание отмечено нами на вязах гладком, шершавом, перистоветвистом.

Приведенные данные не позволяют надеяться на создание устойчивых насаждений при использовании в озеленении и лесном хозяйстве интродуцентов липы и ильмовых.

Масштабы и особенности распространения тиростромоза изучали в городских и естественных фитоценозах. Липа составляет основу озеленения многих городов. В ассортименте древесных пород, используемых в озеленении Москвы, на ее долю приходится около 70 %. Поэтому тиростромоз получил широкое распространение в городе. Заболевание отмечено на деревьях, произрастающих вдоль главных улиц и магистралей, в скверах и парках, на бульварах и во дворах. Инфекционное усыхание липы в городе равно 87 %.

Однако уровень и характер усыхания липы неодинаковы в различных эколого-территориальных зонах Москвы. Худшее состояние отмечено у деревьев, произрастающих в центре города, а также вдоль улиц с интенсивным движением вне центра. Деревья с начальными признаками ослабления в этом случае составляют 39,5, с усыханием не менее четверти кроны - 60,5 %. Наиболее благополучны липовые насаждения в парках, скверах и во дворах. В центре города деревья усыхают полностью, на улицах с интенсивным движением, как правило, отдельные крупные ветви в нижней части кроны, со слабым движением отдельные мелкие ветви. Однако самый высокий уровень спороношения возбудителя болезни характерен для посадок липы в экологически наиболее благополучных условиях. Так, интенсивность спороношения патогена в насаждениях парков в два с лишним раза выше, чем в центральной части города. Ранее [1] отмечалось, что специфические городские воздействия, отрицательно сказываясь на состоянии дерева, ингибируют и развитие эктрофной микобиоты. Жизненный цикл изучаемого патогена полностью происходит на поверхности растений. Возбудитель болезни испытывает прямое воздействие атмосферных факторов на физиологические процессы, но также и косвенно через загрязнение коры. Известно, что тяжелые металлы высокотоксичны для живых организмов в случае повышенного их

содержания в окружающей среде. У. Смит [3] приводит материалы лабораторных исследований взаимодействия металлов-поллютантов, загрязняющих городские насаждения, и грибов, обитающих на листьях. По его данным, железо, алюминий, хром, никель, медь, цинк, марганец и свинец наиболее часто подавляют рост грибов. Рентген-флюоресцентный анализ коры одно- и двухлетних побегов липы показал, что содержание в ней микро- и макроэлементов, относящихся к основным загрязнителям окружающей среды, как правило, убывает по мере удаления от центра города. Так, концентрация некоторых из них в коре приростов последних двух лет, отобранных в парковых насаждениях, а также во дворах и центральной части города, составила соответственно: железа – 569,5 и 1314,0; цинка – 29,8 и 46,5; алюминия – 0,16 и 0,25; серы – 0,11 и 0,16; хлора – 0,47 и 0,14; марганца – 54,7 и 26,4; меди – 250,0 и 16,7 мг/кг. Эти показатели значительно превышают норму, особенно в центре города. Таким образом, загрязнение окружающей среды отрицательно воздействует не только на состояние липы, но и на развитие патогена.

Исследования в лесных массивах Самарской Луки показали, что тиростромоз также широко распространен в насаждениях с различными эколого-лесоводственными характеристиками. Признаки этой болезни обнаружены у деревьев липы на всех пробных площадях. В среднем уровень болезни составляет 70 %. Однако массового усыхания деревьев при этом не происходит, что объясняется способностью липы восстанавливать крону и биологическими особенностями *Th. compactum*. Повсеместно количество сухостоя текущего года не превышает размеров естественного отпада. Преобладают деревья с усыханием кроны не более чем на четверть (в среднем 68 %). Однако доля ослабленных и сильноослабленных лип довольно велика (29 %). Нередко их количество на пробных площадях превышает 50 %. В целом же состояние липы в естественных фитоценозах лучше, чем в городских.

Между уровнем спороношения гриба и степенью усыхания кроны существует тесная связь ( $r = - 0,82$ ), что позволяет считать тиростромоз основным фактором ослабления липы.

Выявлены некоторые особенности распространения этой болезни в лесных сообществах разного типа. Достаточно четкая тенденция ухудшения состояния насаждений прослеживается по мере увеличения доли липы в их составе. По-видимому, это связано с основным способом заражения деревьев – анемохорным, при котором не происходит переноса спор на значительные расстояния. Естественно, что при уменьшении доли липы в составе

насаждения увеличивается дистанция между потенциальными растениями-хозяевами. Кроме этого, прочие породы выступают как механические барьеры для споровой инфекции.

Значительна связь между полнотой древостоя и уровнем спороношения возбудителя ( $r = 0,70$ ). В высокополнотных насаждениях отмечается наиболее высокая пораженность. Как и в предыдущем случае, объяснением этому может служить меньшая вероятность результивных переносов инфекционного начала.

Ранее считалось, что тиростромоз – болезнь молодых деревьев. Наши исследования показали значительное расширение возрастного диапазона заболевания. В насаждениях Самарской Луки болезнь отмечена во всех возрастных классах, причем по мере увеличения возраста насаждений степень усыхания и интенсивность спороношения возрастают. В городских экосистемах в большей степени заболеванию подвержены липы старше 40 лет в рядовых посадках в лунку и по газону, составляющие основу насаждений, наиболее значимых для служб озеленения города. Поражение кроны на одну четверть и более среди таких деревьев встречается в 78,2 % случаев. В городских насаждениях до 25 и 25 ... 40 лет эти показатели ниже и равны соответственно 59,7 и 40,4 %. В целом возраст дерева не является фактором, определяющим его пораженность изучаемым грибом. Это объясняется биологией возбудителя, поскольку основным субстратом для развития патогена служат молодые побеги – приросты последних лет, которые формируются у всех вегетирующих деревьев независимо от их возраста.

В сильной степени от тиростромоза страдает подрост липы. Количество ослабленных и сильноослабленных деревьев значительно превышает долю здоровых и составляет в среднем 65 %. Уровень болезни деревьев на многих пробных площадях превышает 80 % (в среднем 76%). Массовое поражение подроста тиростромозом и снижение его качеств отмечено в насаждениях с разными таксационными параметрами, состоянием и уровнем пораженности основного полога.

Данные о динамике состояния липы, пораженной тиростромозом, свидетельствуют о хронической форме протекания болезни. В большей степени ухудшается состояние деревьев среднего возраста (30 ... 40 лет). Это прослеживается как в городских, так и в естественных фитоценозах. Поскольку липа обладает хорошей способностью восстанавливать крону, значительного ухудшения ее состояния не наблюдается. Однако не приходится ожидать здорового благонадежного подростка под пологом взрослых деревьев, пораженных тиростромозом, так как молодые липы вегетативного происхождения, не успев как следует развиваться, погибают от болезни.

Среди других пород, произрастающих на Самарской Луке, рассматриваемый патоген поражает вяз. Он часто сопутствует липе наряду с другими породами, хотя по причине голландской болезни доля его в составе насаждений мала. Вязы из числа деревьев первого яруса, зараженные тиростромозом, встречаются нечасто. Во втором ярусе бывают поражены небольшие группы деревьев этой породы. Среди них преобладают вязы с усыханием кроны более чем на четверть. Такие участки встречаются довольно редко, тем не менее наличие тиростромоза и на представителях ильмовых способствует повышению инфекционного фона насаждений в целом.

В связи с массовым распространением инфекционного усыхания липы и вяза в городских экосистемах службам озеленения и защиты растений города необходимо осуществлять регулярный надзор за развитием болезни, своевременно использовать обычные методы борьбы с некрозно-раковыми заболеваниями, заключающиеся в обрезке и сжигании пораженных ветвей, повышении устойчивости деревьев поливом, подкормкой и пр. Следует также подвергать липу кронированию и заменять ее другими породами, невосприимчивыми к болезни.

В природных экосистемах снижению уровня болезни, вероятно, будет способствовать создание устойчивых разновозрастных древостоев вместо одновозрастных, возникших после концентрированных сплошных рубок, как это имеет место в Самарской Луке. Можно рекомендовать создание буферных зон вокруг лесосек из пород, устойчивых к тиростромозу, а также снижение доли липы в составе древостоев при формировании их в процессе рубок ухода за лесом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Кузьмичев Е.П. Особенности распространения инфекционного усыхания липы в зеленых насаждениях Москвы // Экология и защита леса. - Л., 1989. - С. 111-114. [2]. Повилонис Р.П. Биологические особенности *Thyrostroma contractum* Sacc. и применение их для ограничения пораженности липы в Литовской ССР: Автореф. дис. ... канд.биол.наук. - Вильнюс, 1981. - 16 с. [3]. Смит У.Х. Лес и атмосфера. - М.: Прогресс, 1985. - 429 с.

Поступила 26 сентября 1994г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 629.4.001.24

Морозов Станислав Иванович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАИИ. Имеет 132 печатные работы в области изучения устойчивости температурно-напряженного рельсового пути, закрепления его от угона рельсов, удара тел, применения ЭВМ при решении задач механики.



## СОУДАРЕНИЕ ВАГОНОВ

Рассмотрена методика решения задач на соударение двух вагонов при их поступательном движении от удара. Получены расчетные зависимости для определения импульсов ударных сил и реакций, угловых и линейных скоростей вагонов после удара. Рассмотрен пример решения задачи удара двух лесовозных платформ. Приведены соображения о возможности схода колес с рельсов в результате удара.

The methods of solving problems on collision of two cars at their forward motion before impact have been considered. The calculated functions for determining impulses of impact forces and reactions, angular and linear rates of cars after impact have been derived. An example of solving the problem on the impact of two timber-carrying platforms is considered. Certain considerations of possibility of wheels' derailing as a result of impact are presented.

Соударение вагонов имеет место при служебном и экстренном торможении поездов, на маневровых работах, при авариях и крушениях.

Один из простейших случаев соударения вагонов рассмотрен нами в работе [1]. В более общем случае центры масс вагонов не лежат на одной прямой, параллельной линии удара (внецентренный удар), и вагоны нельзя рассматривать как свободные тела, так как они имеют односторонние связи в точках соприкосновения колес с рельсами.

Установим основные закономерности такого удара и определим его кинематические и силовые характеристики, в частности импульсы опорных реакций  $S_{ij}$  под колесами ( $i$  – номер вагона,  $j$  – номер его колеса, считая от точки соударения). Если для какого-то колеса  $S_{ij} > 0$ , то во время удара связь его с

рельсом сохранится, при  $S_{ij} < 0$  связь пропадет, что может привести к сходу колеса с рельса. Это весьма существенно с точки зрения безопасности движения, что является, пожалуй, основной целью настоящей работы.

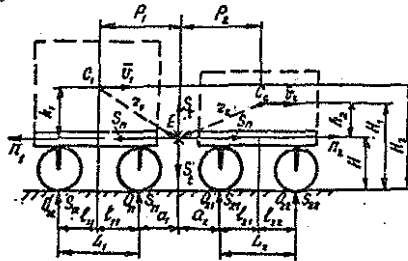


Рис.1. Схема соударения вагонов с указанием основных размеров

Принципиальная расчетная схема для плоской задачи соударения двух вагонов приведена на рис.1. Методика решения задач на соударение плоских тел дана согласно работе [2].

Обозначим

$m_1, m_2$  — массы соударяющихся тел;

$v_1, v_2$  — скорости центров масс (точек  $C_1$  и  $C_2$ ) до удара ( $v_1 > v_2$ );

$u_1, u_2$  — скорости центров масс после удара;

$\omega_{10}, \omega_{20}$  — угловые скорости вращения тел до удара (для соударения вагонов  $\omega_{10} = \omega_{20} = 0$ );

$\omega_1, \omega_2$  — угловые скорости вращения тел после удара;

$\tau_1, n_1$  и  $\tau_2, n_2$  — оси правосторонней системы координат (для первого и второго тела) с началом в точке соударения  $E$ ;

$S_\tau, S_n$  — составляющие импульсов ударных сил в точке  $E$ , направленные по осям координат;

$\varepsilon$  — коэффициент восстановления при ударе.

На рис. 1 показан случай соударения двухосных вагонов. Он наиболее доступен для аналитического решения. Исследование процесса соударения вагонов с ходовой частью тележечного типа требует выполнения громоздких преобразований, поэтому аналитически такие задачи решать нецелесообразно. Здесь следует выполнить исследование математической модели на ЭВМ. Основные расчетные зависимости запишем с помощью теорем динамики. По теореме об изменении количества движения имеем

$$m_1 (\bar{u}_1 \bar{n}_1 - \bar{v}_1 \bar{n}_1) = S_n; \quad (1a)$$

$$m_1 (\bar{u}_1 \bar{\tau}_1 - \bar{v}_1 \bar{\tau}_1) = S_\tau + S_{11} + S_{12}; \quad (1б)$$

$$m_2 (\bar{u}_2 \bar{n}_2 - \bar{v}_2 \bar{n}_2) = S_n; \quad (1в)$$

$$m_2 (\bar{u}_2 \bar{\tau}_2 - \bar{v}_2 \bar{\tau}_2) = S_\tau - S_{21} - S_{22}, \quad (1г)$$

где  $\bar{\tau}_1, \bar{n}_1, \bar{\tau}_2, \bar{n}_2$  — орты осей координат.

Скалярные произведения  $\bar{u} \bar{n}, \bar{v} \bar{n}$  и  $\bar{u} \bar{\tau}, \bar{v} \bar{\tau}$  определяют проекции скоростей на соответствующие оси координат.

По теореме об изменении моментов количества движения составим для каждого вагона четыре уравнения относительно точек  $C_1$  и  $C_2$  при  $\omega_0 = 0$ :

$$I_{C_1} \omega_1 = -S_n h_1 + S_\tau p_1 + S_{11} l_{11} - S_{12} l_{12}; \quad (2a)$$

$$I_{C_2} \omega_2 = -S_n h_2 + S_\tau p_2 + S_{21} l_{21} - S_{22} l_{22}; \quad (2б)$$

относительно точки  $E$

$$I_{E_1} \omega_1 = -S_{11} a_1 - S_{12} (L_1 + a_1); \quad (3a)$$

$$I_{E_2} \omega_2 = -S_{21} a_1 + S_{22} (L_2 + a_2); \quad (3б)$$

относительно точек  $O_{11}$  и  $O_{12}$

$$I_{O_{11}} \omega_1 = S_n H + S_\tau a_1 - S_{12} L_1; \quad (4a)$$

$$I_{O_{12}} \omega_1 = S_n H + S_\tau (L_1 + a_1) - S_{11} L_1; \quad (4б)$$

относительно точек  $O_{21}$  и  $O_{22}$

$$I_{O_{21}} \omega_2 = -S_n H + S_\tau a_2 - S_{22} L_2; \quad (5a)$$

$$I_{O_{22}} \omega_2 = -S_n H + S_\tau (L_2 + a_2) - S_{21} L_2. \quad (5б)$$

Наконец, еще одно уравнение запишем по условию Ньютона, согласно которому разность скоростей точек соударения тел после удара меньше, чем до удара, на величину  $\varepsilon$ , называемую коэффициентом восстановления:

$$\bar{u}'_1 \bar{n}'_1 + \bar{u}'_2 \bar{n}'_2 = -\varepsilon (\bar{v}'_1 \bar{n}'_1 + \bar{v}'_2 \bar{n}'_2). \quad (6)$$

В уравнениях (2) – (6) обозначено:

$L_1, L_2$  — базы вагонов;

$l_{ij}$  — расстояния от осей до вертикали, проходящей через точки  $C_i$ ;

$I_{kij}$  — моменты инерции вагонов относительно осей, проходящих через точки  $C_1, C_2, E, O$  ( $k$  — обозначение точки);

$u'_i, v'_i$  — скорости точки  $E$  до и после удара;

$h_1, p_1$  и  $h_2, p_2$  — координаты точек  $C_1$  и  $C_2$  в соответствующих осях координат.

Выражение для определения импульсов опорных реакций получим из уравнений (4) и (5):

$$S_{11} = [I_{O_{11}} \omega_1 - S_n H - S_\tau (L_1 + a_1)] / L_1;$$

$$S_{12} = [S_n H + S_\tau a_1 - I_{O_{11}} \omega_1] / L_1;$$

$$S_{21} = [-I_{O_{22}} \omega_2 - S_n H + S_r (L_2 + a_2)] / L_2; \quad (7a)$$

$$S_{22} = [S_n H - S_r a_2 + I_{O_{11}} \omega_2] / L_2.$$

Угловые скорости вращения вагонов после удара найдем из уравнений (2). Преобразовав их с помощью (7a), получим

$$\omega_1 = -\frac{S_n L_1 H_1}{I_{C_1} L_1 - I_{O_{12}} l_{11} - I_{O_{11}} l_{12}}; \quad (7b)$$

$$\omega_2 = -\frac{S_n L_2 H_2}{I_{C_2} L_2 - I_{O_{21}} l_{22} - I_{O_{22}} l_{21}}.$$

Так как по теореме Штейнера

$$I_{O_{11}} = I_{C_1} + m_1 d_{11}^2; \quad I_{O_{12}} = I_{C_1} + m_1 d_{12}^2; \quad (8)$$

$$I_{O_{21}} = I_{C_2} + m_2 d_{21}^2; \quad I_{O_{22}} = I_{C_2} + m_2 d_{22}^2$$

(где  $d_{ij}$  – расстояния от точек  $C_i$  до точек  $O_{ij}$ ), то выражения в знаменателях уравнений (7b) можно привести к виду

$$M_1 = -m_1 (d_{11}^2 l_{12} + d_{12} l_{11});$$

$$M_2 = -m_2 (d_{22}^2 l_{21} + d_{21} l_{22}),$$

$$\text{т.е.} \quad \omega_1 = \frac{S_n L_1 H_1}{M_1}; \quad \omega_2 = \frac{S_n L_2 H_2}{M_2}. \quad (9)$$

Для определения  $S_n$  используем уравнение (6). Так как

$$\vec{u}_1' = \vec{u}_1 + \vec{\omega}_1 \times \vec{r}_1; \quad \vec{u}_2' = \vec{u}_2 + \vec{\omega}_2 \times \vec{r}_2;$$

$$\vec{v}_1' = \vec{v}_1 + \vec{\omega}_{10} \times \vec{r}_1 = \vec{v}_1; \quad \vec{v}_2' = \vec{v}_2 + \vec{\omega}_{20} \times \vec{r}_2 = \vec{v}_2$$

(где  $\vec{r}_1$  и  $\vec{r}_2$  – радиусы-векторы точки  $E$  для первого и второго вагонов), то получим

$$\vec{u}_1 \vec{n}_1 + \vec{u}_2 \vec{n}_2 + \vec{h}_1 \vec{\omega}_1 + \vec{h}_2 \vec{\omega}_2 = -\varepsilon (\vec{v}_1 \vec{n}_1 + \vec{v}_2 \vec{n}_2), \quad (10)$$

где  $\vec{h}_1 = \vec{r}_1 \times \vec{n}_1$ ;  $\vec{h}_2 = \vec{r}_2 \times \vec{n}_2$ .

Выразим теперь скорость центров масс после удара из формул (1):  $\vec{u}_1 \vec{n}_1 = \vec{v}_1 \vec{n}_1 + S_n / m_1$ ;  $\vec{u}_2 \vec{n}_2 = \vec{v}_2 \vec{n}_2 + S_n / m_2$ , а угловые скорости – по формулам (9). Преобразовывая, получаем

$$S_n = -\frac{(1+\varepsilon) A_1}{G}, \quad (11)$$

где

$$A_1 = \vec{v}_1 \vec{n}_1 + \vec{v}_2 \vec{n}_2;$$

$$G = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{H_1 L_1 h_1}{M_1} + \frac{H_2 L_2 h_2}{M_2}.$$

Для определения  $S_r$  используем уравнение

$$\vec{u}_1' \vec{\tau}_1 + \vec{u}_2' \vec{\tau}_2 = 0, \quad (12)$$



справедливое в случае, когда не происходит взаимного проскальзывания тарелок буфера в точке соударения  $E$ .

Преобразовывая уравнение (12) подобно тому, как это было сделано для уравнения (6), получаем

$$\bar{u}_1 \bar{\tau}_1 + \bar{u}_2 \bar{\tau}_2 + \bar{p}_1 \bar{\omega}_1 + \bar{p}_2 \bar{\omega}_2 = \frac{I_{O_{21}} - I_{O_{11}}}{m_1 L_1} + \frac{I_{O_{22}} - I_{O_{21}}}{m_2 L_2} = 0. \quad (13)$$

Легко убедиться в том, что уравнение (13) является тождеством, значит, уравнение (12) – также тождество. Отсюда для прямого центрального удара имеем, что составляющая  $S_\tau$  равна нулю. Этот вывод справедлив во всех случаях и не зависит от того, гладкой или шероховатой является поверхность тел в точке соударения.

Таким образом, для соударения вагонов имеем следующую систему расчетных уравнений:

$$\begin{aligned} S_n &= -[(1 + \varepsilon)(\bar{v}_1 \bar{n}_1 + \bar{v}_2 \bar{n}_2)] / G; \\ \omega_1 &= [(S_n L_1 H_1)] / M_1; \\ \omega_2 &= [(S_n L_2 H_2)] / M_2; \\ \bar{u}_1 \bar{n}_1 &= \bar{v}_1 \bar{n}_1 + S_n / m_1; \\ \bar{u}_2 \bar{n}_2 &= \bar{v}_2 \bar{n}_2 + S_n / m_2; \\ S_{11} &= [(I_{O_{12}} \omega_1 - S_n H)] / L_1; \\ S_{12} &= [(S_n H - I_{O_{11}} \omega_1)] / L_1; \\ S_{21} &= [(I_{O_{22}} \omega_2 - S_n H)] / L_2; \\ S_{22} &= [(S_n H - I_{O_{21}} \omega_2)] / L_2; \\ G &= 1/m_1 + 1/m_2 + H_1 L_1 h_1 / M_1 + H_2 L_2 h_2 / M_2; \\ M_1 &= m_1 (d_{11}^2 l_{12} + d_{12}^2 l_{11}); \\ M_2 &= m_2 (d_{21}^2 l_{22} + d_{22}^2 l_{21}). \end{aligned}$$

Отметим, что  $S_n$ , а следовательно, и все другие определяемые величины –  $\omega_i$  и  $S_{ij}$  – линейно зависят от относительной скорости соударения вагонов

$$\Delta v = \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \bar{v}_2 \bar{n}_2,$$

монотонно возрастая (или уменьшаясь) с увеличением (или уменьшением)  $\Delta v$ . Отметим также, что во всех случаях  $\omega_1 > 0$ ,  $\omega_2 < 0$ , т.е. первый вагон после удара получит угловую скорость вращения против часовой стрелки, а второй – по часовой стрелке. Что касается величины  $S_{ij}$ , то в общем случае направление этих импульсов определить затруднительно.

Решим численный пример. Рассмотрим соударение двух лесовозных платформ типа 223 (груженой и порожней).

По паспортным данным [3] определяем основные расчетные величины:  $m_1 = 25\ 000$  кг;  $m_2 = 10\ 000$  кг;  $L_1 = L_2 = 6,9$  м;  $a_1 = a_2 = 1,85$  м;  $H = 0,6$  м.

Задаем:  $l_{11} = l_{12} = l_{21} = l_{22} = 3,45$  м (точки  $C_1$  и  $C_2$  расположены на осях симметрии как груженой, так и порожней платформы);  $h_1 = 0,7$  м;  $h_2 = 0,1$  м;  $H_1 = 1,5$  м;  $H_2 = 0,9$  м.

Вычисляем

$$p_1 = l_{11} + a_1 = 5,3\text{ м}; p_2 = l_{21} + a_2 = 5,3\text{ м};$$

$$d_{11} = d_{12} = \sqrt{l_{11}^2 + H_1^2} = 4,225\text{ м}; d_{21} = d_{22} = \sqrt{l_{21}^2 + H_2^2} = 4,050\text{ м};$$

$$M_1 = 25\ 000 (4,225^2 \cdot 3,45 + 4,225^2 \cdot 3,45) = 3\ 079\ 233\ \text{кг} \cdot \text{м}^3;$$

$$M_2 = 10\ 000 (4,050^2 \cdot 3,45 + 4,050^2 \cdot 3,45) = 1\ 131\ 772\ \text{кг} \cdot \text{м}^3;$$

$$G = 1/25\ 000 + 1/10\ 000 + 1,5 \cdot 6,9 \cdot 0,7/3\ 079\ 233 + 1,5 \cdot 6,9 \cdot 0,7 / 1\ 131\ 772 = 1,429 \cdot 10^{-4}\ \text{кг}^{-1}.$$

Принимаем

$$I_{O_{11}} = I_{O_{21}} = 628\ 226\ \text{кг} \cdot \text{м}^2; I_{O_{12}} = I_{O_{22}} = 628\ 226\ \text{кг} \cdot \text{м}^2; \varepsilon = 0,8;$$

$$v_1 = 5\ \text{м/с}; v_2 = 2,5\ \text{м/с}.$$

Находим расчетные величины.

1. Импульс ударной силы. Так как проекция  $\bar{v}_1$  на ось  $n_1$  отрицательна, а  $\bar{v}_2$  на ось  $n_2$  — положительна (т.е.  $\bar{v}_1 \bar{n}_1 = -5$  м/с;  $\bar{v}_2 \bar{n}_2 = 2,5$  м/с), то

$$S_n = -[(1 + 0,8)(-5 + 2,5)] / 1,429 \cdot 10^{-4} = 31\ 490\ \text{Н} \cdot \text{с}.$$

Здесь  $S_n > 0$ , т.е. этот импульс направлен в сторону оси  $n_1$  (для первого вагона) и оси  $n_2$  (для второго вагона).

2. Угловые скорости вагонов после удара:

$$\omega_1 = 31\ 490 \cdot 6,9 \cdot 1,5 / 3\ 079\ 233 = 0,1058\ \text{с}^{-1};$$

$$\omega_2 = 31\ 490 \cdot 6,9 \cdot 0,9 / 1\ 131\ 772 = -0,1728\ \text{с}^{-1}.$$

3. Скорости центров масс вагонов после удара:

$$\bar{u}_1 \bar{n}_1 = -5 + 31\ 490 / 25\ 000 = -3,74\ \text{м/с};$$

$$\bar{u}_2 \bar{n}_2 = 2,5 + 31\ 490 / 10\ 000 = 5,65\ \text{м/с}.$$

Таким образом, оба вагона сохраняют направление своего движения, однако скорость первого вагона уменьшится, а второго — увеличится.

4. Импульсы опорных реакций:

$$S_{11} = (638\ 226 \cdot 0,1058 - 31\ 490 \cdot 0,6) / 6,9 = 7048\ \text{Н} \cdot \text{с};$$

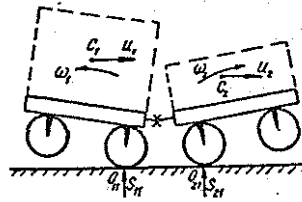
$$S_{12} = (31\ 490 \cdot 0,6 - 638\ 226 \cdot 0,1058) / 6,9 = -7048\ \text{Н} \cdot \text{с};$$

$$S_{21} = (31\ 490 \cdot 0,6 + 240\ 855 \cdot (-0,17228)) / 6,9 = 3294\ \text{Н} \cdot \text{с};$$

$$S_{22} = (240\ 855 \cdot (-0,1728) + 31\ 490 \cdot 0,6) / 6,9 = -394\ \text{Н} \cdot \text{с}.$$

Так как  $S_{11} > 0$  и  $S_{22} > 0$ , то эти два колеса сохраняют контакт с рельсами. Для двух других колес имеем:  $S_{12} < 0$  и  $S_{21} < 0$ , т.е. они потеряют контакт с рельсом. Мгновенное движение вагонов

Рис.2. Положение вагонов  
после соударения



после удара – вращательное вокруг осей, проходящих через точки  $O_{11}$  и  $O_{21}$ .

В соответствии с найденным направлением вращения, как показано на рис. 2 ( $\omega_1 > 0$ , а  $\omega_2 < 0$ ), после удара вагоны опустятся на рельсы. Таким образом, для рассматриваемой плоской задачи в результате удара не произойдет схода вагонов с рельсов.

В реальных условиях задача соударения двух вагонов является пространственной. Неизбежно возникают поперечные силы (например из-за несимметрии линии действия импульсов  $S_n$  относительно продольной оси пути, из-за давления соседних вагонов поезда и т.д.), поэтому сход вагонов при определенных условиях возможен, особенно если реборда колеса поднимается выше поверхности катания рельсов. Высоту подъема колес можно определить, например, с помощью теоремы об изменении кинетической энергии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Морозов С.И. Решение задач удара на лесотранспорте // Лесн. журн. – 1994. – №1. – С. 40–47. – (Изв.высш.учеб. заведений). [2]. Морозов С.И. Удар двух тел: Методические указания по решению задач. – Архангельск: АГТУ, 1995. – 68 с. [3]. Узкоколейный подвижной состав леспромхозов / Ю.Л. Шевченко, А.А. Гмызин, С.Н. Ильющкин. – М: Лесн. пром-сть, 1978. – 152 с.

Поступила 31 мая 1995г.

УДК 629.4.001.24

**С.И. МОРОЗОВ**

Архангельский государственный технический университет

### ОБ УДАРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ НА ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ

Изложен анализ ударного воздействия бревна на подвижной состав лесовозных дорог. Приведены зависимости для определения импульсов ударных сил и скоростей тел

после удара. Рассмотрено влияние коэффициента трения поверхностей соударяющихся тел на характеристики процесса удара в зависимости от угла наклона бревна к нормали. Предложен способ определения максимального сжатия рессор в результате удара.

The analysis of log's shock effect on the rolling-stock of wood-transport roads has been presented. The functions of determining the impulses of impact forces and after-impact bodies' rates are given. The effect of friction ratio of colliding bodies' surfaces on the characteristic of the impact process subject to an angle of log inclination to normal is considered. A method of determining the compression of springs by impact is suggested.

Погрузочно-разгрузочные работы могут сопровождаться ударами перемещаемых грузов о платформу подвижного состава, о поверхность земли или разгрузочной рампы.

При ударе, как известно, возникают большие силы, которые действуют на поверхность соударяющихся тел, а также на основание, где они расположены. Во всех случаях удары могут вызвать неблагоприятные последствия, такие как разрушение материала тел, повреждение рессор и т.д. Поэтому исследование процесса удара на погрузочно-разгрузочных работах имеет важное практическое значение.

Цель настоящей работы – изучить удар штучного груза (бревна) при его падении из кранового захвата на неподвижную платформу (например железнодорожного состава) и проанализировать происходящие при этом явления.

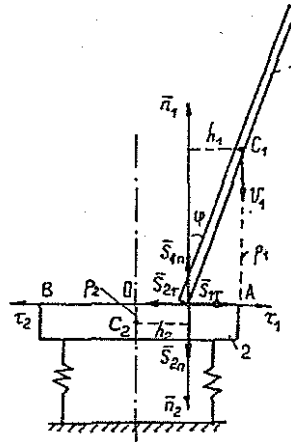
Как известно [1], для изучения удара применяют три теории. Одна из них (классическая) основана на формулах теоретической механики и служит для нахождения импульсов ударных сил и скоростей тел после удара. Методика решения задач с помощью этой теории приведена нами ранее в работе [2]. Две другие теории (деформационная и волновая) используют формулы теории упругости для определения максимального значения ударных сил и времени удара.

Эти три теории имеют свои области применения и позволяют получить предварительную оценку результата удара. Достоверность расчетных значений и соответствие их физическому процессу можно оценить только экспериментально.

Дальнейшее изложение будем вести на примере удара бревна о поверхность железнодорожной платформы.

Условная расчетная схема приведена на рис. 1.

Рис. 1. Расчетная схема



Здесь бревно (тело 1) массой  $m_1 = 100$  кг, длиной  $2l = 4$  м и диаметром  $d = 0,2$  м падает с некоторой высоты на платформу (тело 2) массой  $m_2 = 1600$  кг и шириной  $2L = 2$  м. Соударение происходит в точке  $E$ , находящейся на расстоянии  $a = 0,5$  м от центра масс платформы (точки  $C_2$ ).

В начальный момент соударения скорость центра масс бревна (точка  $C_1$ ), которую обозначим  $v_1$ , направлена вертикально вниз и равна 2 м/с. До удара бревно не вращалось, т.е. его угловая скорость  $\omega_{10} = 0$ . Угол наклона бревна к вертикали обозначим  $\varphi$ .

Платформа, удерживаемая двумя пружинами (рессорами жесткостью  $c_1 = c_2 = 360000$  Н/м), расположена горизонтально и до удара находилась в покое ( $v_2 = 0$ ;  $\omega_{20} = 0$ ).

В данной статье рассмотрим процесс соударения двух тел, используя классическую теорию.

В общем случае основные расчетные зависимости для определения импульсов ударных сил при отсутствии взаимного проскальзывания тел имеют вид [2]

$$S_\tau = \frac{H(1+\varepsilon)A_1 - GA_2}{B} ; \quad (1)$$

$$S_n = \frac{HA_2 - G(1+\varepsilon)A_1}{B} , \quad (2)$$

где  $S_\tau$ ,  $S_n$  – касательный и нормальный импульсы ударных сил;

$\varepsilon$  – коэффициент восстановления при ударе; для частично упругого удара принимаем  $\varepsilon = 0,7$ ;

$G$ ,  $G_1$  – коэффициенты, характеризующие массы соударяющихся тел,

$$G = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{h_1^2}{I_1} + \frac{h_2^2}{I_2} ; \quad (3)$$

$$G_1 = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{p_1^2}{I_1} + \frac{p_2^2}{I_2} ; \quad (4)$$

$A_1, A_2$  – скоростные коэффициенты,

$$A_1 = \overline{v_1 n_1} + \overline{v_2 n_2} + \overline{h_1 \omega_{10}} + \overline{h_2 \omega_{20}} ; \quad (5)$$

$$A_2 = \overline{v_1 \tau_1} + \overline{v_2 \tau_2} + \overline{p_1 \omega_{10}} + \overline{p_2 \omega_{20}} ; \quad (6)$$

$H, B$  – вспомогательные расчетные величины,

$$H = \frac{\overline{h_1 p_1}}{I_1} + \frac{\overline{h_2 p_2}}{I_2} ; \quad (7)$$

$$B = G G_1 - H^2. \quad (8)$$

В формулы (3) – (8) входят:

$I_1, I_2$  – моменты инерции тел относительно осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости рисунка. При расчете принимаем  $I_1 = 133,33 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;  $I_2 = 533,33 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ ;

$h_1, h_2, p_1, p_2$  – координаты точек  $C_1$  и  $C_2$  в показанной на рис.1 системе координат. В данном примере

$$h_1 = l \sin \varphi ; h_2 = 0,1 \text{ м}; p_1 = l \cos \varphi ; p_2 = a = 0,5 \text{ м};$$

$\overline{v_i n_i}, \overline{v_i \tau_i}$  – проекции скоростей центров масс тел на оси  $n$  и  $\tau$ ;

$\overline{\tau_i}, \overline{n_i}$  – орты осей координат ( $i = 1, 2$ ).

Результаты вычислений по формулам (1) – (8) в зависимости от угла наклона тела приведены в табл. 1.

Как отмечено выше, расчет значений ударных импульсов (колонки 6 и 7) выполнен при условии, что в момент удара не происходит проскальзывания тел. Необходимый для этого предельный (минимальный) коэффициент трения скольжения  $f_n$  находим как отношение  $S_\tau / S_n$  (колонка 8). Графики зависимости  $S_\tau, S_n$  и  $f_n$  от угла  $\varphi$  показаны на рис.2. При углах наклона в диапазоне от 30 до 80° значение  $f_n$  достигает больших значений. Если он, в заданном состоянии поверхности тел, реализован быть не может, то проскальзывание тел неизбежно, поэтому расчетные величины в колонках 6 и 7 требуют уточнения.

Таблица 1

Угол наклона $\varphi$ , град	Вспомогательные расчетные величины				Импульсы при отсутствии проскальзывания			Импульсы при наличии проскальзывания		
	$G \cdot 10^2$ , кг <sup>-1</sup>	$G_1 \cdot 10^2$ , кг <sup>-1</sup>	$H$ , кг <sup>-1</sup>	$B \cdot 10^{-4}$ , кг <sup>-2</sup>	$S_c$ , Н·с	$S_n$ , Н·с	$f_n$	$S_c$ , Н·с	$S_n$ , Н·с	$f$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1,109	4,064	$-9,380 \cdot 10^{-5}$	4,509	0,707	306,5	$2,31 \cdot 10^{-3}$	-	-	-
15	1,310	3,863	$-7,594 \cdot 10^{-3}$	4,486	57,56	292,8	0,20	-	-	-
30	1,859	3,314	$-1,308 \cdot 10^{-2}$	4,451	99,95	253,2	0,39	101,8	254,5	0,4
45	2,609	2,564	$-1,509 \cdot 10^{-2}$	4,413	1163	197,6	0,59	67,8	169,5	0,4
60	3,359	1,814	$-1,308 \cdot 10^{-2}$	4,833	1014	140,7	0,72	48,0	120,0	0,4
75	3,908	1,265	$-7,594 \cdot 10^{-3}$	4,369	59,10	98,5	0,60	37,7	94,3	0,4
80	4,019	1,155	$-5,224 \cdot 10^{-3}$	4,368	40,66	89,9	0,45	35,7	89,2	0,4
85	4,087	1,087	$-2,698 \cdot 10^{-4}$	4,370	21,00	84,6	0,25	-	-	-
90	4,100	1,064	$-9,375 \cdot 10^{-5}$	4,374	0,729	82,7	$8,81 \cdot 10^{-3}$	-	-	-

При наличии проскальзывания расчетные зависимости для определения  $S_\tau$  и  $S_n$  имеют вид

$$S_\tau = S_n f ;$$

$$S_n = -\frac{(1+\varepsilon)A_1}{G + Hf} ,$$

где  $f$  – фактический коэффициент трения.

Значения  $S_\tau$  и  $S_n$  при наличии проскальзывания для случая, когда  $f=0,4$ , приведены в 9 и 10 колонках табл.1. На рис.2 те части зависимостей  $S_\tau$ ,  $S_n$  и  $f$ , которые не реализуются при  $f < f_n$ , показаны пунктиром.

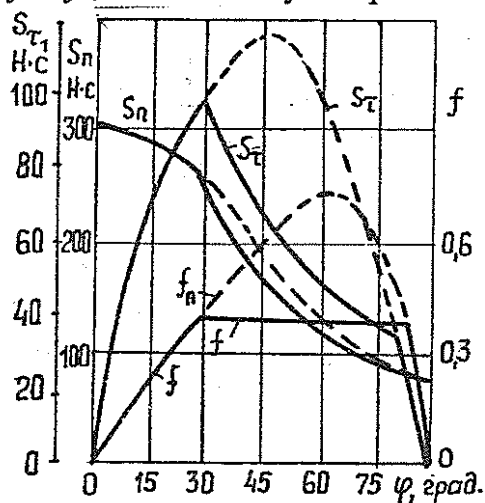


Рис.2. Зависимости  $S_\tau, S_n$  и  $f$  от угла наклона бревна  $\varphi$  к нормали

Отметим, что наиболее существенно проскальзывание тел влияет на значение  $S_\tau$ , менее существенно – на  $S_n$ . Очевидно, что в любом случае проскальзывание уменьшает оба импульса и это будет тем более заметно, чем меньше фактическое значение коэффициента трения.

Скорости тел после удара находим [2] по формулам

$$\bar{u}_1 \bar{\tau}_1 = \bar{v}_1 \bar{\tau}_1 + \frac{S_\tau}{m_1} ;$$

$$\bar{u}_2 \bar{\tau}_2 = \bar{v}_2 \bar{\tau}_2 + \frac{S_\tau}{m_2} ;$$

$$\bar{u}_1 \bar{n}_1 = \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \frac{S_n}{m_1} ;$$

$$\bar{u}_2 \bar{n}_2 = \bar{v}_2 \bar{n}_2 + \frac{S_n}{m_2} ;$$



$$\omega_1 = \omega_{10} + \frac{S_\tau p_1}{I_1} - \frac{S_n h_1}{I_1};$$

$$\omega_2 = \omega_{20} + \frac{S_\tau p_2}{I_2} - \frac{S_n h_2}{I_2};$$

где  $\bar{u}_i \bar{\tau}_i$ ,  $\bar{u}_i \bar{n}_i$  – проекции скоростей центров масс тел на оси  $\tau_i$  и  $n_i$ ;

$\omega_1$ ,  $\omega_2$  – угловые скорости тел после удара.

Результаты вычислений скоростей приведены в табл.2. Они показывают следующее:

для первого тела значение  $\bar{u}_1 \bar{\tau}_1 > 0$ , т.е. эта составляющая скорости точки  $C_1$  направлена параллельно оси  $\tau_1$  вправо;

в диапазоне  $\varphi$  от нуля до  $30^\circ$  значение  $\bar{u}_1 \bar{n}_1 > 0$ , а в диапазоне  $\varphi$  от  $45$  до  $90^\circ$   $\bar{u}_1 \bar{n}_1 < 0$ . Это означает, что в первом случае скорость  $\bar{u}_1 \bar{n}_1$  направлена вверх, а во втором – вниз;

так как  $\bar{u}_2 \bar{\tau}_2 > 0$  и  $\bar{u}_2 \bar{n}_2 > 0$ , то скорость точки  $C_2$  после удара будет направлена влево и вниз;

угловые скорости тел после удара (кроме  $\varphi = 0$ ) отрицательны, т.е. оба тела будут вращаться по часовой стрелке, что для схемы на рис.2 вполне очевидно. С увеличением  $\varphi$  значение  $\omega_1$  возрастает,  $\omega_2$  – падает. Это объясняется характером взаимодействия тел при ударе, которое рассмотрим впоследствии с помощью деформационной теории удара.

Таблица 2

Угол наклона $\varphi$ , град	Линейные скорости, м/с, точек $C_1$ и $C_2$				Угловые скорости тел, с <sup>-1</sup>	
	$\bar{u}_1 \bar{\tau}_1$	$\bar{u}_1 \bar{n}_1$	$\bar{u}_2 \bar{\tau}_2$	$\bar{u}_2 \bar{n}_2$	$\omega_1$	$\omega_2$
0	0,0071	1,065	0,0004	0,1916	0,0106	-0,2872
15	0,5756	0,928	0,0360	0,1830	-0,3029	-0,2637
30	1,0180	0,545	0,0636	0,1591	-0,5863	-0,2195
45	0,6780	-0,305	0,0427	0,1059	-1,0787	-0,1462
60	0,4800	-0,800	0,0300	0,0750	-1,1989	-0,1035
75	0,3770	-1,057	0,0236	0,0589	-1,2200	-0,0813
90	0,0073	-1,173	0,0005	0,0517	-1,2405	-0,0774

Отметим, что скорости точек  $C_1$  и  $C_2$  связаны со скоростью точки  $E$  следующими кинетическими зависимостями:

$$\bar{u}_{1E} = \bar{u}_1 + \bar{\omega}_1 \times \bar{r}_1;$$

$$\bar{u}_{2E} = \bar{u}_2 + \bar{\omega}_2 \times \bar{r}_2,$$

где  $\bar{r}_1$ ,  $\bar{r}_2$  – радиусы-векторы точки  $E$ , проведенные из точек  $C_1$  и  $C_2$ .

Переходя к проекциям на оси  $\tau$  и  $n$ , находим

$$\bar{u}_{1E}\bar{\tau}_1 = \bar{u}_1\bar{\tau}_1 + \omega_1 p_1 ;$$

$$\bar{u}_{1E}\bar{n}_1 = \bar{u}_1\bar{n}_1 + \omega_1 h_1 ;$$

$$\bar{u}_{2E}\bar{\tau}_2 = \bar{u}_2\bar{\tau}_2 + \omega_2 p_2 ;$$

$$\bar{u}_{2E}\bar{n}_2 = \bar{u}_2\bar{n}_2 + \omega_2 h_2 ;$$

Например, для  $\varphi = 15^\circ$  получим (рис.3)

$$\bar{u}_{1E}\bar{\tau}_1 = \bar{u}_1\bar{\tau}_1 - \omega_1 l \cos\varphi = 0,57558 - 0,58516 = -0,00958 \text{ м/с};$$

$$\bar{u}_{1E}\bar{n}_1 = \bar{u}_1\bar{n}_1 + \omega_1 l \sin\varphi = 0,92831 + 0,15679 = 1,08510 \text{ м/с};$$

$$\bar{u}_{2E}\bar{\tau}_2 = \bar{u}_2\bar{\tau}_2 - \omega_2 p_2 = 0,03597 - 0,02637 = 0,00960 \text{ м/с};$$

$$\bar{u}_{2E}\bar{n}_2 = \bar{u}_2\bar{n}_2 + \omega_2 h_2 = 0,18302 + 0,13187 = 0,31489 \text{ м/с}.$$

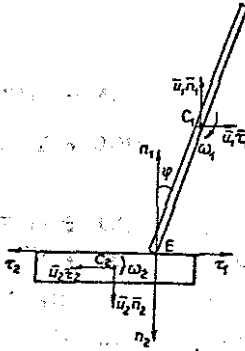


Рис.3. Вектора скоростей тел после удара

Здесь  $\bar{u}_{1E}\bar{\tau}_1 + \bar{u}_{2E}\bar{\tau}_2 = -0,0958 + 0,00960 = 0$ , что и должно быть, так как в данном случае проскальзывание тел в точке  $E$  не происходит. Скорость  $\bar{u}_{1E}\bar{n}_1$  направлена вверх, скорость  $\bar{u}_{2E}\bar{n}_2$  — вниз, т.е. после удара оба тела разъединяются. Первое тело будет двигаться вверх, одновременно вращаясь по часовой стрелке, второе — вниз, также вращаясь по часовой стрелке.

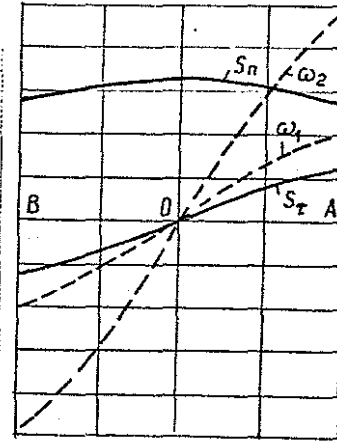
Во всех случаях, когда  $f < f_{\text{п}}$ , наблюдается проскальзывание тел в точке  $E$ . Это подтверждается примером для  $\varphi = 45^\circ$ , где  $\bar{u}_{1E}\bar{\tau}_1 = -0,8475$  м/с,  $\bar{u}_{2E}\bar{\tau}_2 = 0,02813$  м/с и  $\bar{u}_{1E}\bar{\tau}_1 + \bar{u}_{2E}\bar{\tau}_2 \neq 0$ .

Результат ударного взаимодействия тел зависит, конечно, от положения точки соударения  $E$ . Для иллюстрации этого заключения на рис.4 построены графики расчетных величин  $S_\tau$  и  $S_n$  при  $\varphi = 0$  и положении точки  $E$  на участке платформы в диапазоне от  $A$  до  $B$  (см. рис. 1).

Если соударение тел происходит в точке  $O$ , то имеем прямой центральный удар. Значение  $S_n$  достигает максимума, а  $S_\tau = 0$ . При удалении точки  $E$  от точки  $O$  удар становится косым. Появляется касательный импульс  $S_\tau$ , а импульс  $S_n$  умень-

шается. В максимальной степени эта особенность проявится при ударе по краям платформы. Аналогично изменяются и угловые скорости первого и второго тел, графики которых построены на рис.4.

Рис.4. Зависимости  $S_x$  и  $S_n$  (сплошные линии),  $\omega_1$  и  $\omega_2$  (штриховые) от положения точки удара  $E$  на поверхности платформы



Таким образом, на процесс соударения бревна (или аналогичного тела) с платформой железнодорожного вагона или автомобиля влияют следующие факторы: материал тел, относительная скорость соударения, массы тел и их моменты инерции, расположение точки удара и угол наклона бревна к вертикали. При ударе штучного бесформенного тела (глыбы минерала) влияние угла наклона несущественно.

Рассмотрев процесс удара, можно определить дальнейшее движение тел после удара. Принципиальное решение этой задачи приведено в работе [3].

В данном случае для изучения движения как первого, так и второго тела удобно использовать уравнение Лагранжа II рода. Каждое из тел совершает плоско-параллельное движение, и их положение можно определить с помощью трех обобщенных координат  $x$ ,  $y$  и  $\phi$ . Первые две характеризуют положение центров масс тел, третья — поворот тела вокруг осей, проходящих через центры масс.

Следовательно, выражение для кинетической энергии ( $T$ ) имеет вид (без индексов)

$$T = \frac{1}{2} m (\dot{x}^2 + \dot{y}^2) + \frac{1}{2} I \dot{\phi}^2.$$

При определении обобщенных сил  $Q$  учитываем, что на первое тело действуют только силы тяжести, на второе — силы тяжести и упругости. Таким образом, имеем

$$\begin{aligned} Q_{1x} &= 0; \quad Q_{1y} = m_1 g; \quad Q_{1\phi} = 0; \\ Q_{2x} &= 0; \quad Q_{2y} = m_2 g - 2c_1(y + \delta); \quad Q_{2\phi} = 0. \end{aligned}$$

В итоге, после всех преобразований, получим следующие дифференциальные уравнения движения:  
для первого тела

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 &= 0; \\ m_1 \ddot{y}_1 &= m_1 g; \\ I_1 \ddot{\varphi}_1 &= 0; \end{aligned}$$

для второго тела

$$\begin{aligned} m_2 \ddot{x}_2 &= 0; \\ m_2 \ddot{y}_2 &= m_2 g - 2c_1(y + \delta) = -2c_1 y; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 &= 0, \end{aligned}$$

где  $\delta$  – статическая деформация рессор под действием собственного веса платформы.

В вертикальной плоскости второе тело будет совершать колебательное движение. Пренебрегая сопротивлением колебаний, получаем

$$y_2 = A \sin(k_2 t + \beta),$$

где  $A$  – амплитуда колебаний,

$$A = \sqrt{y_0^2 + \dot{y}_0^2 / k_2^2};$$

$k_2$  – частота колебаний,

$$k_2 = \sqrt{(c_1 + c_2) / m_2};$$

$\beta$  – начальная фаза,

$$\operatorname{tg} \beta = \dot{y}_0 / y_0;$$

$y_0$  – начальное значение координаты  $y$ ,

$$y_0 = \delta = m_2 g / (c_1 + c_2);$$

$\dot{y}_0$  – начальная скорость по координате  $y$ ,  $\dot{y}_0 = \bar{u}_2 \bar{n}_2$ .

Максимальное сжатие пружины равно ее амплитуде.

Для рассматриваемого примера находим (при  $\varphi = 0$ )

$$k_1 = \sqrt{720000 / 1600} = 21,153 \text{ с}^{-1};$$

$$y_0 = 0,12 \text{ м};$$

$$\dot{y}_0 = 0,1916 \text{ м/с};$$

$$\operatorname{tg} \beta = 0;$$

$$A = \frac{y_0}{k_2} = \frac{0,1916}{21,163} = 0,00905 \text{ м} = 0,905 \text{ см},$$

т.е.  $y_{\max} = 0,9 \text{ см}$ .

Таким образом, классическая теория удара высокоинформативна. Она позволяет определить многие характеристики как

процесса удара, так и движение тел после удара. Однако она не дает ответа на вопрос о времени удара и возникающих при этом силах. Эти величины можно определить с помощью двух других теорий удара.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гольдсмит В. Удар. - М.: Стройиздат, 1965. - 448 с. [2]. Морозов С.И. К вопросу о решении задач удара на лесотранспорте // Лесн.журн. - 1994. - № 1. - С.40-47. - (Изв.высш.учеб.завед.). [3]. Морозов С.И. Соударение вагонов // Лесн.журн. - 1995. - № 4-5. - С.37-43. - (Изв.высш.учеб.завед.).

Поступила 19 июня 1995г.

УДК 630\*377.4

### *А.В. ЖУКОВ, А.Р. ГОРОНОВСКИЙ, С.Э. БОБРОВСКИЙ*

Жуков Анатолий Васильевич родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Белорусский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета, заведующий научно-исследовательской лабораторией механизации и автоматизации лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем. Имеет 320 печатных работ в области лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем.



Гороновский Андрей Романович родился в 1959 г., окончил в 1981 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета. Имеет 53 печатные работы в области исследования динамики и прочности лесозаготовительных машин.





Бобровский Сергей Эдуардович родился в 1963 г., окончил в 1985 г. Белорусский технологический институт, аспирант, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории механизации и автоматизации лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем. Имеет 11 печатных работ в области исследования динамики и прочности лесозаготовительных машин.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ КОЛЕСНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Предложена математическая модель, описывающая нагрузку трансмиссии колесной ЛЗМ и учитывающая особенности ее конструкции и эксплуатации. Проведен анализ результатов расчета, даны рекомендации по выбору рациональных параметров машины.

A mathematical model describing the wheeled LM transmission loading up and taking into account the features of its design and operation has been offered. The analysis of the calculation results has been carried and recommendations on the choice of rational parameters of the machine are given.

В Республике Беларусь имеется реальная возможность организации серийного выпуска колесных лесных машин на базе тракторов МТЗ.

Основой для создания лесного колесного шасси служит серийно выпускаемый трактор МТЗ в специальной комплектации. С помощью вертикально-горизонтального шарнира он связан с технологическим модулем, предназначенным для установки технологического оборудования. Реализация такой компоновочной схемы требует проведения исследований нагрузки отдельных узлов и агрегатов машин. Они необходимы для разработки мероприятий, направленных на уменьшение нагрузочных режимов трансмиссии и ходовой части.

Современные математические модели обеспечивают получение оценок нагрузки деталей и узлов с учетом крутильных колебаний трансмиссии совместно с вертикальными и продольно-угловыми колебаниями поддрессоренных и недрессоренных масс. Однако они не позволяют учесть ряд специфических особенностей конструкции, свойственных рассматри-

ваемому типу колесных лесозаготовительных машин (ЛЗМ), в частности рассогласование передаточных чисел в трансмиссии.

Разработанная нами расчетная схема для исследования колебаний ЛЗМ приведена на рис.1. Она имеет 12 степеней свободы и позволяет описать колебания машины в продольной вертикальной плоскости.

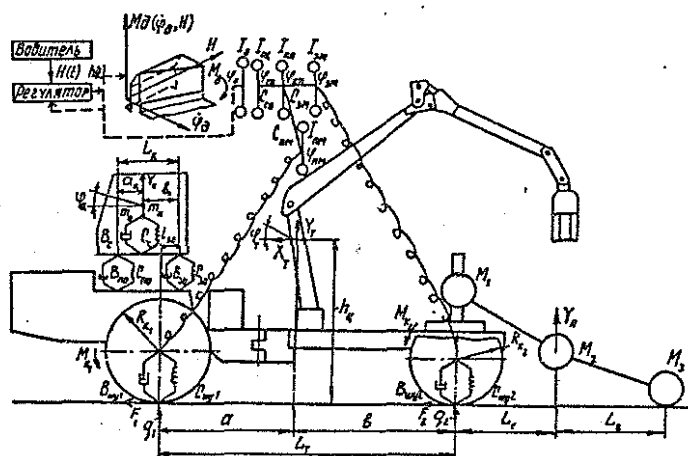


Рис.1. Расчетная схема ЛЗМ

В расчетной схеме приняты следующие допущения: ЛЗМ движется прямолинейно; высоты микронеровностей волока под колесами одной оси осредняются; упругие характеристики шин линейны, а силы неупругого сопротивления пропорциональны скорости деформации; колеса имеют постоянный контакт с поверхностью волока; технологическое оборудование жестко соединено с рамой машины, а точка опоры пакета древесины на конике при движении остается неподвижной относительно тягача; водитель находится в центре тяжести кабины; воздействие микронеровностей волока на волочающую часть пачки не учитывается.

Для данной расчетной схемы с помощью уравнений Лагранжа второго рода получена система дифференциальных уравнений. При их выводе сложную динамическую систему разбивали на две взаимосвязанные подсистемы: трансмиссия и поступательно движущаяся масса трактора [2, 3]. Для каждой подсистемы составляли дифференциальные уравнения с последующим их объединением в общую систему дифференциальных уравнений:

$$I_d \ddot{\varphi}_d = M_d - M_{сц};$$

$$I_{сц} \ddot{\varphi}_{сц} + C_{св} (\varphi_{сц} - \varphi_{кп}) + B_{св} (\dot{\varphi}_{сц} - \dot{\varphi}_{кп}) = M_{сц};$$

$$\begin{aligned}
& I_{\text{кп}} \ddot{\varphi}_{\text{кп}} - C_{\text{св}} (\dot{\varphi}_{\text{сц}} - \dot{\varphi}_{\text{кп}}) - B_{\text{св}} (\dot{\varphi}_{\text{сц}} - \dot{\varphi}_{\text{кп}}) + C_{\text{зМ}} (\dot{\varphi}_{\text{кп}} - \dot{\varphi}_{\text{зМ}}) + \\
& + B_{\text{зМ}} (\dot{\varphi}_{\text{кп}} - \dot{\varphi}_{\text{зМ}}) + C_{\text{пМ}} (\dot{\varphi}_{\text{кп}} - \dot{\varphi}_{\text{пМ}}) + B_{\text{пМ}} (\dot{\varphi}_{\text{кп}} - \dot{\varphi}_{\text{пМ}}) = 0; \\
& I_{\text{пМ}} \ddot{\varphi}_{\text{пМ}} - C_{\text{пМ}} (\dot{\varphi}_{\text{кп}} - \dot{\varphi}_{\text{пМ}}) - B_{\text{пМ}} (\dot{\varphi}_{\text{кп}} - \dot{\varphi}_{\text{пМ}}) + C_{\text{пк1}} (\dot{\varphi}_{\text{пМ}} - (\dot{X}_{\text{T}} + \\
& + (h_{\text{ц}} - R_{\text{к1}}) \dot{\varphi}_{\text{T}}) / R_{\text{к1}} i_{\text{тп1}}) + B_{\text{пк1}} (\dot{\varphi}_{\text{зМ}} - (\dot{X}_{\text{T}} + (h_{\text{ц}} - R_{\text{к1}}) \dot{\varphi}_{\text{T}}) : \\
& : R_{\text{к1}} i_{\text{тп1}}) = 0; \\
& I_{\text{зМ}} \ddot{\varphi}_{\text{зМ}} - C_{\text{зМ}} (\dot{\varphi}_{\text{кп}} - \dot{\varphi}_{\text{зМ}}) - B_{\text{зМ}} (\dot{\varphi}_{\text{кп}} - \dot{\varphi}_{\text{зМ}}) + C_{\text{пк2}} (\dot{\varphi}_{\text{зМ}} - (\dot{X}_{\text{T}} + \\
& + (h_{\text{ц}} - R_{\text{к2}}) \dot{\varphi}_{\text{T}}) / R_{\text{к2}} i_{\text{тп2}}) + B_{\text{пк2}} (\dot{\varphi}_{\text{зМ}} - (\dot{X}_{\text{T}} + (h_{\text{ц}} - R_{\text{к2}}) \dot{\varphi}_{\text{T}}) : \\
& : R_{\text{к2}} i_{\text{тп2}}) = 0; \\
& (M + m_{\text{к}} + m_{\text{б}}) \ddot{X}_{\text{T}} - C_{\text{пк1}} (\dot{\varphi}_{\text{пМ}} - (\dot{X}_{\text{T}} + (h_{\text{ц}} - R_{\text{к1}}) \dot{\varphi}_{\text{T}}) / R_{\text{к1}} i_{\text{тп1}}) \times \\
& \times i_{\text{тп1}} / R_{\text{к1}} - B_{\text{пк1}} (\dot{\varphi}_{\text{пМ}} - (\dot{X}_{\text{T}} + (h_{\text{ц}} - R_{\text{к1}}) \dot{\varphi}_{\text{T}}) / R_{\text{к1}} i_{\text{тп1}}) i_{\text{тп1}} / R_{\text{к1}} - \\
& - C_{\text{пк2}} (\dot{\varphi}_{\text{зМ}} - (\dot{X}_{\text{T}} + (h_{\text{ц}} - R_{\text{к2}}) \dot{\varphi}_{\text{T}}) / R_{\text{к2}} i_{\text{тп2}}) i_{\text{тп2}} / R_{\text{к2}} - B_{\text{пк2}} \times \\
& \times (\dot{\varphi}_{\text{зМ}} - (\dot{X}_{\text{T}} + (h_{\text{ц}} - R_{\text{к2}}) \dot{\varphi}_{\text{T}}) / R_{\text{к2}} i_{\text{тп2}}) i_{\text{тп2}} / R_{\text{к2}} + F_1 + F_2 + F_{\text{тпх}} = 0; \\
& M \ddot{Y}_{\text{T}} - C_{\text{мы1}} (q_1 - Y_{\text{T}} - a \dot{\varphi}_{\text{T}}) - B_{\text{мы1}} (\dot{q}_1 - \dot{Y}_{\text{T}} - a \dot{\varphi}_{\text{T}}) - C_{\text{мы2}} (q_2 - \\
& - Y_{\text{T}} - b \dot{\varphi}_{\text{T}}) - B_{\text{мы2}} (\dot{q}_2 - \dot{Y}_{\text{T}} - b \dot{\varphi}_{\text{T}}) - C_{\text{по}} (Y_{\text{T}} + \dot{\varphi}_{\text{T}} (a - L_{\text{з0}} + L_{\text{к}}) - \\
& - Y_{\text{к}} - \dot{\varphi}_{\text{к}} a_{\text{к}}) - B_{\text{по}} (\dot{Y}_{\text{T}} + \dot{\varphi}_{\text{T}} (a - L_{\text{з0}} + L_{\text{к}}) - \dot{Y}_{\text{к}} - \dot{\varphi}_{\text{к}} a_{\text{к}}) - C_{\text{з0}} (Y_{\text{T}} + \\
& + \dot{\varphi}_{\text{T}} (a - L_{\text{з0}}) - Y_{\text{к}} + \dot{\varphi}_{\text{к}} b_{\text{к}}) - B_{\text{з0}} (\dot{Y}_{\text{T}} + \dot{\varphi}_{\text{T}} (a - L_{\text{з0}}) - \dot{Y}_{\text{к}} + \dot{\varphi}_{\text{к}} b_{\text{к}}) - \\
& - C_{\text{х}} 2/3 (Y_{\text{п}} - 2/3 (Y_{\text{T}} + b \dot{\varphi}_{\text{T}})) - B_{\text{х}} 2/3 (\dot{Y}_{\text{п}} - 2/3 (\dot{Y}_{\text{T}} + b \dot{\varphi}_{\text{T}})) = 0; \\
& I_{\text{T}} \ddot{\varphi}_{\text{T}} - C_{\text{мы1}} a (q_1 - Y_{\text{T}} - a \dot{\varphi}_{\text{T}}) - B_{\text{мы1}} a (\dot{q}_1 - \dot{Y}_{\text{T}} - a \dot{\varphi}_{\text{T}}) + C_{\text{мы2}} (q_2 - \\
& - Y_{\text{T}} - b \dot{\varphi}_{\text{T}}) b + B_{\text{мы2}} (\dot{q}_2 - \dot{Y}_{\text{T}} - b \dot{\varphi}_{\text{T}}) b - C_{\text{по}} (Y_{\text{T}} + \dot{\varphi}_{\text{T}} (a - L_{\text{з0}} + \\
& + L_{\text{к}}) - Y_{\text{к}} - \dot{\varphi}_{\text{к}} a_{\text{к}}) (a - L_{\text{з0}} + L_{\text{к}}) - B_{\text{по}} (\dot{Y}_{\text{T}} + \dot{\varphi}_{\text{T}} (a - L_{\text{з0}} + L_{\text{к}}) - \\
& - \dot{Y}_{\text{к}} - \dot{\varphi}_{\text{к}} a_{\text{к}}) (a - L_{\text{з0}} + L_{\text{к}}) - C_{\text{з0}} (Y_{\text{T}} + \dot{\varphi}_{\text{T}} (a - L_{\text{з0}}) - Y_{\text{к}} + \dot{\varphi}_{\text{к}} b_{\text{к}}) \times \\
& \times (a - L_{\text{з0}}) - B_{\text{з0}} (\dot{Y}_{\text{T}} + \dot{\varphi}_{\text{T}} (a - L_{\text{з0}}) - \dot{Y}_{\text{к}} + \dot{\varphi}_{\text{к}} b_{\text{к}}) (a - L_{\text{з0}}) - C_{\text{пк1}} (\dot{\varphi}_{\text{пМ}} - \\
& - (\dot{X}_{\text{T}} + (h_{\text{ц}} - R_{\text{к1}}) \dot{\varphi}_{\text{T}}) / R_{\text{к1}} i_{\text{тп1}}) (h_{\text{ц}} - R_{\text{к1}}) i_{\text{тп1}} / R_{\text{к1}} - B_{\text{пк1}} \times \\
& \times (\dot{\varphi}_{\text{пМ}} - (\dot{X}_{\text{T}} + (h_{\text{ц}} - R_{\text{к1}}) \dot{\varphi}_{\text{T}}) / R_{\text{к1}} i_{\text{тп1}}) (h_{\text{ц}} - R_{\text{к1}}) i_{\text{тп1}} / R_{\text{к1}} - C_{\text{пк2}} (\dot{\varphi}_{\text{зМ}} -
\end{aligned}$$



$$- (X_T + (h_{II} - R_{K2}) \varphi_T / R_{K2} i_{TP2}) (h_{II} - R_{K2}) i_{TP2} / R_{K2} - B_{шк2} \times \\ \times (\varphi_{3M} - (X_T + (h_{II} - R_{K2}) \varphi_T) / R_{K2} i_{TP2}) (h_{II} - R_{K2}) i_{TP2} / R_{K2} - C_x 2/3 b \times \\ \times (Y_{II} - 2/3 (Y_T + b \varphi_T)) - B_x 2/3 b (\dot{Y}_{II} - 2/3 (\dot{Y}_T + b \dot{\varphi}_T)) + F_{TPy} b + \\ + F_{TPx} (h_K - h_{II}) = 0;$$

$$m_K \ddot{Y}_K - C_{по} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30} + L_K) - Y_K - \varphi_K a_K) - B_{по} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T \times \\ \times (a - L_{30} + L_K) - \dot{Y}_K - \dot{\varphi}_K a_K) - C_{30} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30}) - Y_K + \varphi_K b_K) - \\ - B_{30} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T (a - L_{30}) - \dot{Y}_K + \dot{\varphi}_K b_K) - C_c (Y_K - Y_B) - B_c (\dot{Y}_K - \dot{Y}_B) = 0;$$

$$I_K \ddot{\varphi}_K - C_{по} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30} + L_K) - Y_K - \varphi_K a_K) a_K - B_{по} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T \times \\ \times (a - L_{30} + L_K) - \dot{Y}_K + \dot{\varphi}_K a_K) a_K + C_{30} (Y_T + \varphi_T (a - L_{30}) - Y_K + \\ + \varphi_K b_K) b_K + B_{30} (\dot{Y}_T + \dot{\varphi}_T (a - L_{30}) - \dot{Y}_K + \dot{\varphi}_K b_K) b_K = 0;$$

$$m_B \ddot{Y}_B - C_c (Y_K - Y_B) - B_c (\dot{Y}_K - \dot{Y}_B) = 0;$$

$$M_{II} \ddot{Y}_{II} - C_x (2/3 (Y_T + b \varphi_T) - Y_{II}) - B_x (2/3 (\dot{Y}_T + b \dot{\varphi}_T) - \dot{Y}_{II}) = 0,$$

Где  $\varphi_D, \varphi_{сц}, \varphi_{кп}, \varphi_{пм}, \varphi_{зм}, \varphi_T, \varphi_K$  — угловые перемещения валов двигателя, сцепления, коробки передач, привода переднего и заднего мостов, трактора и кабины;

$I_D, I_{сц}, I_{кп}, I_{пм}, I_{зм}, I_T, I_K$  — моменты инерции двигателя, сцепления, коробки передач, привода переднего и заднего мостов, поступательно движущегося трактора и кабины, приведенных к двигателю;

$C_{св}, C_{пм}, C_{зм}, C_{шк1}, C_{шк2}$  — жесткости силового вала, привода переднего и заднего мостов, касательные жесткости передних и задних шин, приведенных к двигателю;

$C_{шy1}, C_{шy2}, C_{по}, C_{30}, C_c, C_x$  — вертикальные жесткости передних и задних шин, передних и задних опор кабины, сиденья тракториста и хлыста;

$M_d, M_{сц}, M, M_{п}, m_x, m_v$  – массы двигателя, сцепления, трактора, пачки деревьев, кабины, водителя;

$i_{тp1}, i_{тp2}$  – передаточные числа переднего и заднего приводов ведущих колес;

$R_{к1}, R_{к2}$  – радиусы передних и задних колес;

$X_T$  – горизонтальное перемещение центра тяжести трактора;

$Y_T, Y_K, Y_{п}$  – вертикальные перемещения центра тяжести трактора, кабины и пачки хлыстов;

$q_1, q_2$  – высоты неровностей микропрофиля волока под передними и задними мостами трактора;

$a$  – расстояние от передней оси до центра тяжести (ц.т.) машины;

$b$  – расстояние от задней оси до ц.т. машины;

$L_{зо}$  – расстояние от передней оси до задней опоры кабины;

$L_K$  – расстояние от передней до задней опоры кабины;

$a_K$  – расстояние от передней опоры до ц.т. кабины;

$b_K$  – расстояние от задней опоры до ц.т. кабины;

$h_{ц}$  – высота ц.т. машины;

$h_K$  – высота коника машины;

$F_{тpх}, F_{тpy}$  – горизонтальная и вертикальная составляющие силы, возникающей в месте контакта пачки хлыстов с коником.

Систему дифференциальных уравнений решали с помощью ПЭВМ методом Рунге – Кутта 4-го порядка точности.

На основе изложенной методики был рассмотрен процесс движения по волоку груженого колесного бесчokerного трактора на базе МТЗ-82.

Многочисленные исследования показали, что максимальные динамические моменты в трансмиссии трактора возникают при резком трогании трактора с места. Нами изучены различные варианты снижения динамической нагруженности трансмиссии в

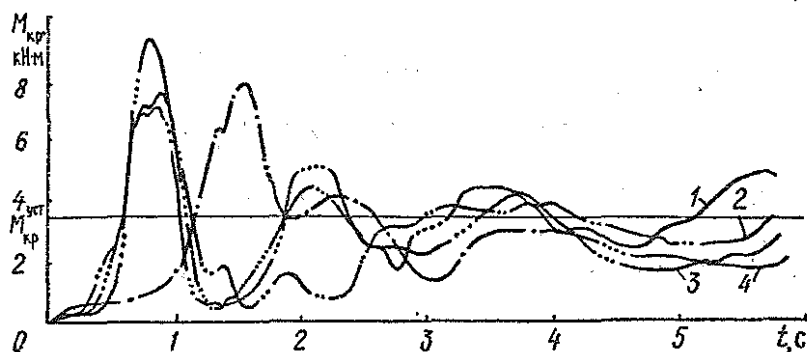


Рис.2. Фрагмент осциллограмм крутящих моментов  $M_{кр}$  на передней полуоси трактора при трогании с места в порожнем состоянии: 1–4–номера заездов;  $M_{кр}^{уст}$  – математическое ожидание крутящего момента на полуоси трактора при установившемся движении

этом режиме. Изменяли время включения муфты сцепления и загрузку трактора хлыстами. На рис.2 показан фрагмент осциллограмм крутящих моментов на передней полуоси трактора при трогании с места в порожнем состоянии на первой передаче с выключенной задней осью. Графики кривых носят колебательный характер с явно выраженными пиками, соответствующими моменту включения сцепления. Как видим, при одинаковом времени включения муфты сцепления максимальные моменты изменяются по-разному. Максимальное значение  $M_{кр}$  соответствует времени 0,8 ... 1,5 с. После этого происходит резкий спад кривой и через 4 ... 5 с начинается установившееся движение. При трогании с места с грузом кривая моментов сдвинута по времени. Включение активной оси снижает динамическую нагруженность передней полуоси на 45 ... 55 %.

Фрагмент осциллограмм установившегося движения трактора на первой передаче в груженом и порожнем состоянии приведен на рис. 3. Из рис. 3,б видно, что максимальный крутящий момент при движении с выключенной активной осью с грузом достигает 9,02 кН·м, с выключенной 4,4 кН·м. Включение активной оси при установившемся движении разгружает переднюю ось на 51,2 %. При движении без груза и активной оси  $M_{кр} = 7,96$  кН·м, с активной осью  $M_{кр} = 4,1$  кН·м (48,5 %). Осциллограммы показывают, что включение активной оси при работе в различных условиях снижает нагрузку на передние полуоси в среднем на 40 ... 60 %.

Экспериментальные и расчетные данные сравнивали по средним квадратичным отклонениям и спектральной плотности

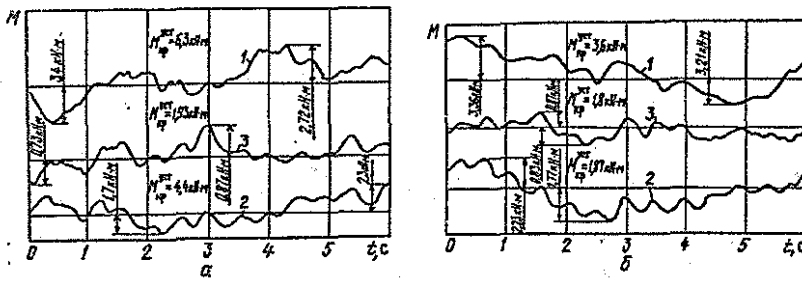


Рис.3. Фрагмент осциллограмм крутящих моментов на полуосях трактора в груженом (а) и порожнем (б) состоянии: 1,2- на полуоси тягового модуля соответственно с выключенной и включенной осью технологического модуля (масштаб: в 1см 2,12 кН·м); 3 - на полуоси технологического модуля ( масштаб: в 1см 0,73 кН·м(а) и 1,24 кН·м(б))

процессов. В таблице представлены средние квадратичные отклонения для трех передач. Как видим, эти значения различаются на 10 ... 28 %, что указывает на удовлетворительную сходимость результатов.

Режим работы	Передача	Средние квадратичные отклонения		Расхождение, %
		экспериментальные	расчетные	
Без груза и активной оси	1	6,2	5,25	15,3
	2	6,4	6,10	4,7
	3	7,5	10,50	28,6
Без груза и с активной осью	1	7,1	9,40	24,5
	2	6,5	6,20	4,6
	3	6,4	5,60	12,5
С грузом и без активной оси	1	6,5	8,90	27,0
	2	5,8	6,00	3,3
	3	6,3	8,80	28,4
С грузом и активной осью	1	6,5	8,48	23,3
	2	5,7	4,34	23,8
	3	5,6	5,09	9,1

Сопоставление данных, выполненное по эквивалентности энергетических спектров [1], показало, что значение статистики  $D^2$ , равное 27,59, на всех исследуемых режимах движения находилось в пределах области принятия гипотезы.

Разработанная математическая модель позволяет решать широкий круг задач по оценке нагруженности элементов транс-

миссии и ходовой части ЛЗМ, а также вибронагруженности рабочего места оператора.

Применение этой модели дает возможность на стадии проектирования оценивать и выбирать рациональные параметры узлов ЛЗМ с учетом условий эксплуатации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Динамика длиннобазных автопоездов / М.С. Высоцкий, А.В. Жуков, Г.В. Мартыненко и др. - Мн.: Наука и техника, 1987. - 199 с. [2]. Жуков А.В., Кадолко Л.И. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом их колебаний. - Мн.: Наука и техника, 1978. - 264 с. [3]. Миккулик Н.А. Динамические системы с реактивными звеньями. - Мн.: Выпэйш. шк., 1985. - 112 с.

---

Поступила 14 июня 1994 г.

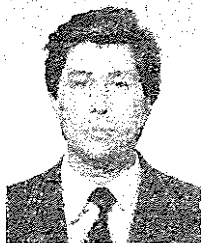
## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093

*В.Г. ТУРУШЕВ, А.Е. АЛЕКСЕЕВ*



Турушев Валентин Гурьянович родился в 1928 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 научных трудов в области разработки основ автоматизированного производства пиломатериалов.



Алексеев Александр Евгеньевич родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет свыше 70 научных трудов в области базирования при производстве пиломатериалов.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕНИЯ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ЗАДАНЫХ РАЗМЕРОВ ПРИ РАСКРОЕ ОКАНТОВАННЫХ БРЕВЕН

Приведены результаты согласования размеров получаемых пиломатериалов со стандартными на основе анализа формирования четырехкантных обзолных брусьев с предельными допусками срабатывания позиционеров фрезерных головок, а также требований, предъявляемых к экспортным пиломатериалам.

The results of correlating the dimensions of the lumber produced with those of standardized ones on the basis of the analysis of forming four-edged wane cants having limit

maximum allowance for wearing-away milling heads' positioners as well as the requirements made for export sawn goods have been presented.

Окантовка бревна при базоформировании (такое бревно будем называть пилозаготовкой) способствует приведению естественной формы бревна к удобной форме получения готового продукта.

Опыт эксплуатации базоформирующей линии в потоке на базе лесопильных рам показал в некоторых случаях несоответствие размеров пилозаготовок линейным размерам постава пил. При этом на раме 2-го ряда наблюдалось выпиливание дранки толщиной до 10 мм. Однако это не может служить основанием для утверждения о несовершенстве базирующего устройства или нетехнологичности базоформирующей линии.

Установка фрез производится с точностью срабатывания гидропозиционеров, а постанва пил – в пределах допусков на межпилльные прокладки. Появление дранки свидетельствует о несбалансированности размеров пилозаготовок и поставов на их распиловку.

Цель этой работы состоит в исследовании совместного влияния выставленных с определенной точностью фрез и постава пил с некоторыми допусками межпилльных прокладок на размеры пилопродукции.

Схема формирования технологических баз и раскроя полученных таким образом пилозаготовок из бревна показана на рис. 1.

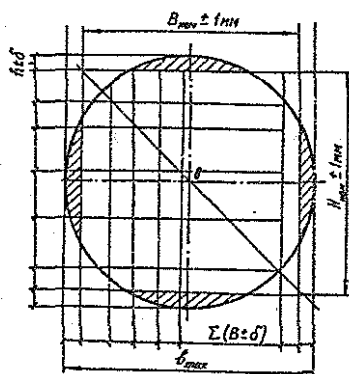


Рис.1.

Нами проанализировано несколько возможных комбинаций: максимальное выставление фрез и установка постава пил с минимальными допусками межпилльных прокладок; минимальное выставление фрез и установка постава пил с максимальными допусками прокладок и др.

Сопоставление осуществляли следующим образом. На основе условного раскроя пилозаготовок, полученных фрезерованием из бревен диаметром 14 ... 40 см, строили размерные цепи, при решении которых определяли величину замыкающего звена (рис. 2). Расчет производили по методу "максимума и минимума". При назначении размеров учитывали требования, предъявляемые к экспортным пиломатериалам.

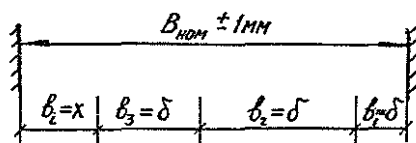


Рис.2.

Таблица 1

Линейные размеры пилозаготовок, мм, с учетом установочных отклонений

Диаметр вершинного торца, см	Число досок, шт.		Точность установки гидропозиционеров				Точность изготовления межпильных прокладок			
	I проход	II проход	$B_{\max}$	$B_{\min}$	$H_{\max}$	$H_{\min}$	$B'_{\max}$	$B'_{\min}$	$H'_{\max}$	$H'_{\min}$
14	4	6	130,2	128,2	137,6	135,6	129,8	128,6	137,6	135,6
16	5	6	157,1	155,1	133,3	131,1	156,9	155,3	133,3	131,3
18	6	6	182,5	180,5	162,0	160,0	182,5	180,5	162,0	160,0
20	6	7	215,4	213,4	188,9	186,9	215,4	213,4	189,1	186,7
22	6	6	209,4	207,4	215,8	213,8	209,4	207,4	216,2	213,2
24	7	6	261,1	259,1	244,5	242,5	261,8	259,4	245,1	241,9
26	6	9	260,1	258,1	271,4	269,4	260,1	258,1	272,0	268,8
28	7	10	287,2	285,0	298,3	296,3	287,2	284,8	299,1	295,5
30	7	9	312,3	310,3	300,1	298,1	312,5	310,1	300,7	297,5
32	8	10	339,2	337,2	327,0	325,0	339,6	336,8	327,8	324,2
34	8	11	339,2	337,2	353,9	351,9	339,6	336,8	354,9	350,9
36	8	10	364,6	362,6	374,5	372,5	365,0	362,2	375,3	371,8
38	9	11	391,5	389,5	401,4	399,4	392,1	388,9	402,4	398,4
40	10	12	418,4	416,4	428,3	426,3	419,2	415,6	429,5	425,1

Данные расчета линейных размеров пилозаготовок с учетом допусков ( $\pm 1$  мм) на выставление гидропозиционеров ( $B_{\max}$ ,  $B_{\min}$ ,  $H_{\max}$ ,  $H_{\min}$ ) и на межпильные прокладки ( $B'_{\max}$ ,  $B'_{\min}$ ,  $H'_{\max}$ ,  $H'_{\min}$ ) представлены в табл. 1. Допустимое отклонение межпильных прокладок по толщине принимали  $\pm 0,2$  мм согласно ОСТ 13-6-78. В табл. 2, 3 приведены результаты совместного



Таблица 2

Изменение толщины боковой доски в поставе при различных установочных отклонениях

Диаметр вершинного торца, см	Сокращение толщины, мм, при совпадении							
	$B_{\max}$ и $B_{\min}$	$B'_{\max}$ и $B'_{\max}$	$B_{\min}$ и $B'_{\max}$	$B_{\min}$ и $B_{\min}$	$H_{\max}$ и $H_{\min}$	$H'_{\max}$ и $H'_{\max}$	$H_{\min}$ и $H_{\max}$	$H_{\min}$ и $H'_{\min}$
	I проход				II проход			
14	1,6	0,4	-1,6	-0,4	2,0	-	-2,0	-
16	1,8	0,2	-1,8	-0,2	2,0	-	-2,0	-
18	2,0	-	-2,0	-	2,0	-	-2,0	-
20	2,0	-	-2,0	-	2,2	-0,8	-2,2	0,2
22	2,0	-	-2,0	-	2,4	-0,4	-2,4	0,4
24	1,7	-0,7	-2,7	-0,3	2,6	-0,6	-2,6	0,6
26	2,0	-	-2,0	-	2,6	-0,6	-2,6	0,6
28	2,2	-0,2	-2,2	0,2	2,8	-0,8	-2,8	0,8
30	2,2	-0,2	-2,2	0,2	2,6	-0,6	-2,6	0,6
32	2,4	-0,4	-2,4	0,4	2,8	-0,8	-2,8	0,8
34	2,4	-0,4	-2,4	0,4	3,0	-1,0	-3,0	1,0
36	2,4	-0,4	-2,4	0,4	2,7	-0,8	-2,8	0,7
38	2,6	-0,6	-2,6	0,6	3,0	-1,0	-3,0	1,0
40	2,8	-0,8	-2,8	0,8	3,2	-1,2	-3,2	1,2

Таблица 3

Отклонения, мм, размеров окантованного бревна

Диаметр вершинного торца, см	Номинал с учетом точности установки гидропозиционера		Сумма отклонений допусков межпильных прокладок	
	по ширине	по высоте	по ширине окантованного бревна	при раскрое бруса
14	129,2 ± 1,0	136,6 ± 1,0	± 0,8 / ± 0,6	± 1,2 / ± 1,0
16	156,1 ± 1,0	132,3 ± 1,0	± 1,0 / ± 0,8	± 1,2 / ± 1,0
18	181,5 ± 1,0	161,0 ± 1,0	± 1,2 / ± 1,0	± 1,2 / ± 1,0
20	214,4 ± 1,0	187,9 ± 1,0	± 1,2 / ± 1,0	± 1,4 / ± 1,2
22	208,4 ± 1,0	214,8 ± 1,0	± 1,2 / ± 1,0	± 1,6 / ± 1,4
24	260,6 ± 1,0	243,5 ± 1,0	± 1,4 / ± 1,2	± 1,6 / ± 1,6
26	259,1 ± 1,0	270,4 ± 1,0	± 1,2 / ± 1,0	± 1,8 / ± 1,6
28	286,0 ± 1,0	297,3 ± 1,0	± 1,4 / ± 1,2	± 2,0 / ± 1,8
30	311,3 ± 1,0	299,1 ± 1,0	± 1,4 / ± 1,2	± 1,8 / ± 1,6
32	338,2 ± 1,0	326,0 ± 1,0	± 1,6 / ± 1,4	± 2,0 / ± 1,8
34	338,2 ± 1,0	352,9 ± 1,0	± 1,6 / ± 1,4	± 2,2 / ± 2,0
36	363,6 ± 1,0	373,5 ± 1,0	± 1,6 / ± 1,4	± 2,0 / ± 1,8
38	390,5 ± 1,0	400,4 ± 1,0	± 1,8 / ± 1,6	± 2,2 / ± 2,0
40	417,4 ± 1,0	427,3 ± 1,0	± 2,0 / ± 1,8	± 2,4 / ± 2,2

Примечания. 1. Допуск на толщину межпильной прокладки ± 0,2 мм. 2. В числителе приведены данные для верхнего положения, в знаменателе — для нижнего.

действия выставленных с определенной точностью фрез и установки постава пил с некоторыми допусками на межпилльные прокладки.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. При совпадении выставления фрез с минимальными отклонениями и установки постава пил с минимальными допусками межпилльных прокладок во всем диапазоне диаметров наблюдается утолщение последней доски на I и II проходах с ростом диаметра вершинного торца  $d$ . Только при  $d = 14$  см возможна выпилка на I проходе доски с максимальным припуском. В остальных случаях из-за утолщения получаемые доски не соответствуют требованиям нормативных документов.

2. При совпадении выставления фрез с максимальными отклонениями и установки постава пил с максимальными допусками межпилльных прокладок для всех диаметров выявлено уменьшение толщины боковой доски по I и II проходам с увеличением  $d$ . Наблюдается несоответствие толщин досок требованиям стандартов по всем диаметрам на обоих проходах.

3. В остальных случаях доски соответствуют требованиям нормативных документов.

Таким образом, появление дранки свидетельствует об отсутствии корректных научно обоснованных технологических требований к назначению размеров пилозаготовок. Дальнейшее совершенствование процесса формирования и раскроя четырехкантных обзолных брусьев-полуфабрикатов определяет необходимость разработки технологических требований к допускам на их размеры.

Поступила 28 декабря 1994 г.

УДК 674.093

*А.Е. АЛЕКСЕЕВ, А.Г. ГЛотова, Е.В. ПАСТУХОВА,  
Л.В. АЛЕКСЕЕВА*

Архангельский государственный технический университет



Глотова Александра Германовна родилась в 1972 г., окончила в 1994 г. Архангельский государственный технический университет, стажер-исследователь кафедры лесопильно-строгальных производств АГТУ.

Пастухова Елена Витальевна родилась в 1971 г., окончила в 1994 г. Архангельский государственный технический университет, стажер-исследователь кафедры лесопильно-строгальных производств АГТУ. Имеет 1 печатную работу.

Алексеева Людмила Васильевна родилась в 1960 г., окончила в 1986 г. Архангельский лесотехнический институт, ассистент кафедры автоматизации технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета. Имеет 10 научных трудов в области совершенствования технологических процессов лесопиления.

## К ОЦЕНКЕ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ЭКСПОРТНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований раскроя бревен и брусьев на экспортные пиломатериалы, выполнена сравнительная оценка основных показателей их раскроя по зонам постава.

The results of theoretical and experimental studies into cutting of logs and cants to export lumber have been presented. A comparative estimation of the main indices of their cutting subject to multiple blade frame zones has been performed.

При выработке пилопродукции используют различные методы определения ее выхода из древесины бревна. В конечном итоге эффективный выход определяется из отношения объема полученных пиломатериалов к объему бревна. Использование такого подхода не дает возможности оценить изменение выхода пиломатериалов из различных зон постава и, следовательно, найти направления совершенствования технологии их производства. Для решения ряда технологических задач, в частности совершенствования параметров поставов, и в целях более рационального использования древесины пиловочника для производства пиломатериалов необходимо оценить возможные колебания выхода по зонам постава.

Нами на базе данных "Dosky"\*, построенной по результатам статистической отчетности одиннадцати предприятий АО "Северолесозэкспорт" за период с 1980 по 1990 гг., выполнено сортирование по годам; суммирование объемов пиломатериалов по толщине, сорту; вычисление процентного соотношения для сорта, толщин; распределение на толстые и тонкие доски. База данных "Dosky" включает следующие поля – "предприятие", "год", "толщина", "сечение", "сорт", "объем, м<sup>3</sup>". Для обработки полученных данных на ПК IBM PC XT/AT использована система управления базами данных "FoxPro".

Для наглядного представления полученные результаты с помощью пакета "Crarf in the Box" обработаны и проиллюстрированы графиками.

Постоянными при определении предельного охвата вершинного диаметра бревна  $d$  поставом являются минимальные ширина  $b_{\min}$  и длина  $l_{\min}$  доски. На основании ГОСТ 26002 – 83 [2] для обрезной доски  $b_{\min} = 100$  мм,  $l_{\min} = 1,5$  м. Длина бревен для выпилки экспортных пиломатериалов составляет 4,0 ... 7,0 м с градацией 0,3 м в соответствии с изменениями к ГОСТ 9463–72 [3].

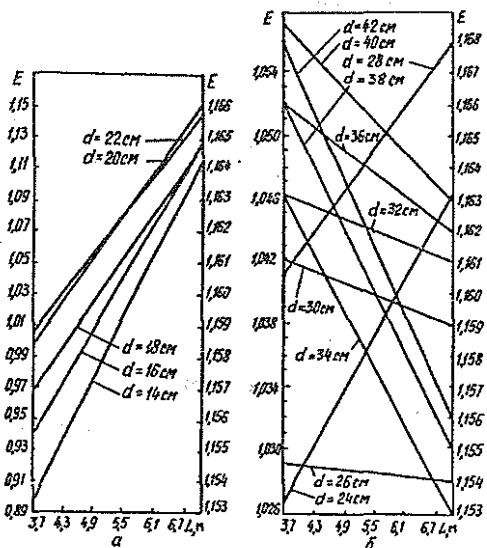


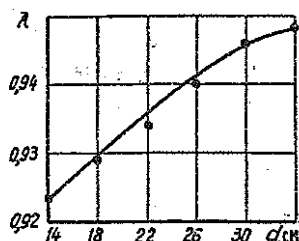
Рис.1. Номограмма определения предельного охвата бревна поставом для различных значений  $d$ : а – 14...22 см; б – 24...42 см ( $E$  – показатель эксцесса)

\* Разработчики – А.Е. Алексеев, В.Г. Царев; интерфейс – И.И. Красильников.

Характер изменения охвата вершинного диаметра бревна поставом пил для условий производства экспортных пиломатериалов наглядно иллюстрирует номограмма, приведенная на рис. 1. Согласно [1], построение номограммы выполнено по результатам расчета поставов при следующих допущениях: в спецификацию отдельного предприятия включено 14 ... 18 сечений пиломатериалов; за месяц (квартал) выпиливают 11 ... 13 сечений; на предприятиях, перерабатывающих еловый пиловочник, получают тонкие доски одной толщины (22 мм); диапазон диаметров перерабатываемых бревен 14 ... 42 см в вершинном торце; сбег – нормированный, дифференцированный по диаметрам. Для распиловки бревен на лесопильных рамах применяют поставки, составленные на основе следующих принципов: предусмотрена 100 %-я брусковка; высота бруса составляет (0,45 ... 0,80)  $d$ ; количество толщин досок, выпиливаемых по одному поставу, равно 2; толстые доски (32 мм и более) выпиливают из пласти бруса, тонкие – из параболической зоны бревна и бруса; число толстых досок в поставе 2 – 4; смежными поставами из пласти бруса можно выпиливать толстые доски одной толщины.

Полученные номограммы могут быть использованы при разработке метода выборочной оценки деятельности лесоэкспортных предприятий. Сущность оценки заключается в определении отклонений выходов пиломатериалов от нормативных при известных характеристиках пиловочного сырья и распределения объемов технологической щепы. Цель оценки – нахождение фактического объемного выхода экспортных пиломатериалов из различных зон поставов в зависимости от диаметра перерабатываемых бревен и соответствия фактического выхода расчетно-теоретическому.

Рис.2. Зависимость коэффициента выхода пиломатериалов  $\lambda$  от диаметра вершинного торца  $d$



По результатам опытных распиловок бревен диаметром 14, 18, 22, 26, 30, 32 см, проведенных на ряде предприятий г. Архангельска, определено отношение среднего фактического и расчетного объемного выхода по зонам поставов. Характер изменения коэффициентов выхода пиломатериалов по зонам поставов (отношение эмпирического распределения к теоретическому) наглядно отражен зависимостью (рис. 2), полученной в результате сравнения данных для следующих зон поставов, доли  $d$ : 0,70;

0,71 ... 0,79; 0,80 ... 0,89; 0,90 ... 0,99; 1,00 ... 1,06; 1,07 ... 1,12. Размер зоны (расстояние между симметричными наружными пластями досок) равен  $2m$  ( $m$  – ширина полупостава).

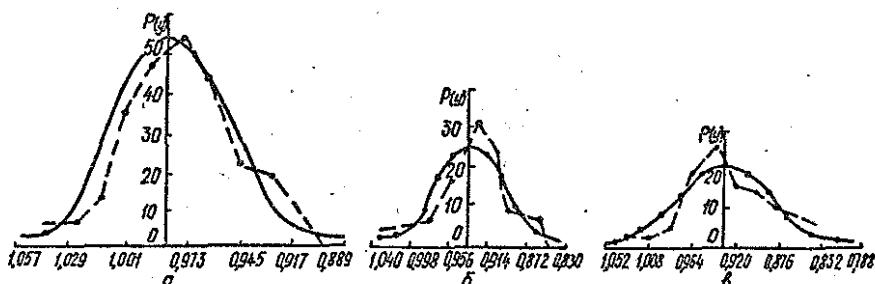


Рис.3. Гистограммы распределения  $P(\lambda)$  значений коэффициента  $\lambda$  в зоне пласти бруса (а) и в зонах, равных  $(0,71...0,79)d$  (б) и  $(0,80...0,89)d$  (в) (сплошная линия – нормальное распределение; пунктирная – распределение, полученное в ходе эксперимента)

В условиях переработки бревен диаметром  $d = 14; 18; 22; 26; 30; 32$  см получен соответственно следующий ряд значений коэффициента  $\lambda$ : 0,923; 0,929; 0,934; 0,940; 0,946; 0,948. Ранжированное изменение  $\lambda$  для условий раскря в зонах пласти бруса  $(0,71 \dots 0,79)d$  и  $(0,80 \dots 0,89)d$  приведено на рис. 3. Проверка соответствия экспериментальных кривых и кривых нормального распределения выполнена по показателям асимметрии  $A$  и эксцесса  $E$ , вычисленным согласно [4]. Значения  $A$  и  $E$  по сопоставляемым кривым распределения (рис. 3) составляют соответственно 0,260 и  $-0,37$ ;  $-0,215$  и 0,05; 0,088 и  $-0,64$ . Имеющиеся расхождения вызваны влиянием следующих факторов случайного характера: многообразие формы пиловочных бревен, состояние оборудования, эксплуатационные характеристики. Основные результаты оценки приведены в таблице.

Зона постава	Отклонение от среднего арифметического $\pm \Delta$	Среднее квадратическое отклонение
$(0,71...0,79)d$	0,002	0,032
$(0,80...0,89)d$	0,004	0,041
$(0,90...0,99)d$	0,003	0,043
$(1,00...1,06)d$	0,001	0,093
$(1,07...1,12)d$	0,001	0,013
Зона пласти бруса	0,002	0,024

Установленные отклонения между фактическим и расчетно-теоретическим объемным выходом пиломатериалов по зонам постава при распиловке бревен и брусьев дают возможность определить средний физический объемный выход при распиловке бревен на экспортные пиломатериалы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

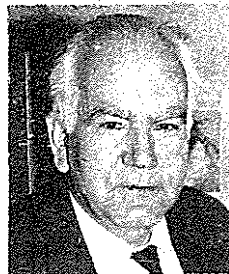
- [1]. Блох Л.С. Практическая номография. - М.: Высш. шк., 1971.- 328 с. [2]. ГОСТ 26002 – 83. Пиломатериалы хвойных пород северной сортровки, поставляемые для экспорта. - Введ. 14.12.83 до 01.01.95. - М.: Изд-во стандартов, 1984. [3]. Изменения № 2 к ГОСТ 9463 - 72 (Лесоматериалы круглые, хвойных пород) // Механическая обработка древесины. - № 4. - С. 15. [4]. Пижурин А.А., Розенбит М.С. Исследования процессов деревообработки. - М.: Лесн. пром-сть, 1984. - 232 с.

Поступила 23 января 1995 г.

УДК 674.053:621.934.2/8

### Ю.М. СТАХИЕВ

Стахийев Юрий Михайлович родился в 1934 г., окончил в 1956 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, возглавляет лабораторию круглопильного оборудования и инструмента в ЦНИИМОДе. Имеет более 300 научных работ и 65 патентов на изобретения в области производства, подготовки и эксплуатации круглых пил для распиловки древесины.



### О ДИНАМИЧЕСКОМ КОЭФФИЦИЕНТЕ ( $B$ ) КРУГЛЫХ ПИЛ С КОЛЬЦЕВЫМИ ПРОРЕЗЯМИ

Приведены результаты сравнительных опытов по определению динамического коэффициента  $B$  у пил диаметром 500 мм, толщиной 1,2 мм с цельным диском и диском с кольцевыми прорезями.

The results of comparative experiments on determining the dynamic factor  $B$  of saws 500 mm in diameter, 1,2 mm thick with both solid disk and ring slots have been presented.

Исследованиями, выполненными сотрудниками ЦНИИМОДа в последние десятилетия, показана эффективность применения круглых пил с кольцевыми прорезями – температурными компенсаторами [1].

Для оценки работоспособности дисков пил необходимо знать критическую частоту вращения  $n_{крл}$  [2], которую обычно рассчитывают по формуле

$$n_{крл} = \frac{v_{ст}}{\sqrt{\lambda^2 - B}},$$

где  $v_{ст}$  – частота собственных колебаний невращающейся пилы, Гц;

$\lambda$  – число узловых диаметров, характеризующих форму колебаний;

$B$  – динамический коэффициент, зависящий от параметра  $\lambda$  и отношения диаметра зажимных фланцев к диаметру диска.

Методы расчета и экспериментального определения параметров  $v_{ст}$  и  $B$  для пил со сплошным диском хорошо известны и изложены в работе [2]. Для пил с прорезями предпочтение отдается экспериментальным методам.

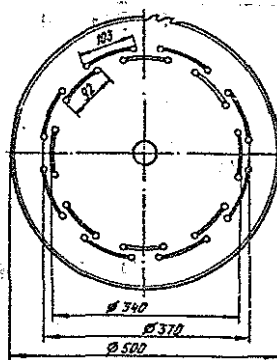
Нами проведено опытное определение параметра  $B$  у пил, которые предполагается использовать в многопильных станках СБ8-4 и Ц8Д-8М для распиловки брусев. В опытах использована пила (см. рисунок) диаметром 500 мм, толщиной 1,2 мм с кольцевыми прорезями, числом зубьев 60 и диаметром зажимных фланцев 125 мм.

На экспериментальной установке ЦНИИМОДа предварительно были измерены частоты собственных колебаний невращающейся опытной пилы с прорезями для форм колебаний с числом узловых диаметров  $\lambda = 0; 1; 2; 3; 4; 5$ . Они соответственно равны: 22; 24; 40; 69; 110; 162 Гц.

Разгонные испытания пилы, зажатой фланцами диаметром 125 мм по внутреннему контуру и свободной по наружному контуру, позволили при  $\lambda = 2; 3; 4; 5$  определить



Опытная пила с кольцевыми прорезями



следующие значения критических частот вращения  $n_{кр}$ ,  $\text{мин}^{-1}$ : 2785; 2855; 3148; 3528.

Из формулы (1) имеем

$$B = \lambda^2 - \frac{v_{ст}^2}{n_{кр}^2} \quad (2)$$

Значения коэффициента  $B$  для пил с кольцевыми прорезями, рассчитанные по формуле (2), и со сплошным диском [2, табл. 2.19] приведены в таблице.

Пила	Значение коэффициента $B$ при $\lambda$			
	2	3	4	5
С прорезями	3,26	6,90	11,60	17,41
Без прорезей	2,26	3,77	5,60	7,46

Анализ полученных данных показывает, что динамические свойства пил с прорезями существенно отличаются от свойств сплошных. Пилы с кольцевыми прорезями более устойчивы [1], торцевое биение диска таких пил при вращении существенно снижается. Например, у опытной пилы, имеющей при медленном вращении начальное торцевое биение, равное 0,75 мм, при частотах вращения  $n_{кр} = 600; 1200; 1800; 2400 \text{ мин}^{-1}$  оно снижалось соответственно до 0,55; 0,40; 0,25; 0,20 мм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Стахийев Ю.М., Лыжин Ф.В. О несущей способности диска плоских круглых пил // Лесн. журн. - 1972. - № 1. - С. 163 - 168. - (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Стахийев Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил. - М.: Лесн. пром-сть, 1989. - 384 с.

Поступила 13 октября 1994 г.

УДК 674.053:621.934.2/8

*Ю.М. СТАХИЕВ*

ЦНИИМОД

**КОНТАКТНЫЙ НАГРЕВАТЕЛЬ  
ДЛЯ ОТПУСКА (ТЕРМОПРАВКИ) КРУГЛЫХ ПИЛ**

Приведены результаты экспериментальных исследований динамики температурного поля плит разработанного ЦНИИМОДом контактного нагревателя для отпуска (термоправки) круглых пил.

The results of experimental investigations into the dynamics of plates' temperature field of the circular saws' tempering (thermo-fitting) heater developed by the Central Research Institute of Mechanical Technology of Wood are presented.

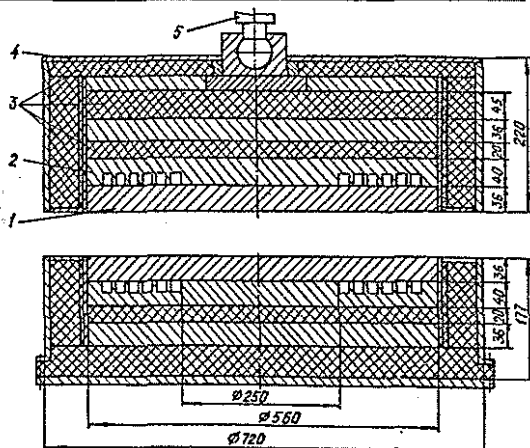
Термообработка круглых пил при их производстве на заводах-изготовителях включает закалку и отпуск. Для индивидуального отпуска обычно используют электроконтактные нагреватели (электропрессы). Иногда эту методику применяют и на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях для термоправки пил с сильными зажогами [2].

Плоскостность и натяжение диска после отпуска или термоправки зависят от распределения температуры по радиусу плит контактного нагревателя. Влияние на эти факторы давления плит нагревателя значительно меньше. Обычно стремятся обеспечить равномерный (по радиусу) нагрев плит, что при отпуске создает предпосылки для получения наибольшей плоскостности диска с ориентацией его на нулевое напряженное состояние. Натяжение диска может быть создано на последующих стадиях проковки, вальцеванием или другими методами.

Цель настоящей работы – экспериментально оценить тепловое поле плит разработанного ЦНИИМОДом контактного нагревателя\*. Для этого использовали два нагревателя, изготовленных на ЭПЗ “Красный Октябрь” в 1990 г. (рис. 1).

\* Чертеж 1149.00.00.00.

Рис.1. Нижний и верхний узлы контактного нагревателя: 1 – рабочая плита; 2 – плита с нагревательными элементами; 3 – теплоизоляция; 4 – кожух; 5 – шток пневмоцилиндра



Рабочие шлифованные плиты, между которыми нагревают заготовку пилы, имеют диаметр 560 мм и толщину 36 мм и изготовлены из чугуна СЧ20 (ГОСТ 1412 – 85). Отклонение от плоскостности у плит не превышает 0,03 мм (выпуклость не допускается). Нагревательные элементы выполнены из нихромовой проволоки Х15Н60 (ГОСТ 12766 – 77) диаметром 5,6 мм, длиной 7 м и уложены в кольцевые канавки плиты толщиной 40 мм из нержавеющей стали 45Х26Н12С2НЛ\* (отливки Бийского завода “Электропечь”). Проволоку изолировали бусами БФЧ-8/10 УЗ (ТУ 16-528.173 – 78) производства Олевского фарфорового завода, нерабочие поверхности плит – асбестовым картоном КАОН-1-5 и асбестом (ГОСТ 2850 – 80). Прижим верхней плиты к нижней осуществляли пневмоцилиндром 1012-160 х 0100-УХЛ4 (ГОСТ 15608 – 81) с силой 10 кН.

С учетом рекомендаций [1], нагревательные элементы расположены только против периферийной зоны рабочих плит; в центральной зоне, ограниченной окружностью диаметром 250 мм, они отсутствуют (рис. 1). Вследствие такого размещения нагревательных элементов контактные нагреватели условно названы двухзонными. Назначение такого расположения нагревателей – уменьшить неблагоприятный перепад температур между периферийной и центральной зонами плит. При равномерном размещении нагревательных элементов по всей поверхности плит, как известно, центральная зона прогревается сильнее периферийной, что приводит к образованию в пилах двухсторонней крыловатости (“вольности” в периферийной зоне).

Использованная в опытах блок-схема измерения температуры показана на рис. 2. Между плитами контактного нагревателя зажимают контрольную пилу диаметром 500 мм, толщиной 2,5 мм

\* По проекту – сталь 12Х18Н10Т (ГОСТ 5632 – 72).

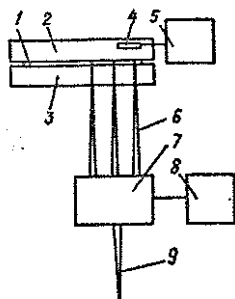


Рис.2. Блок-схема измерения температуры: 1 – пила 500×2,5 мм; 2, 3 – верхняя и нижняя плиты; 4 – термоэлектрический преобразователь (ТХК-0179); 5 – милливольтметр (Ш4541); 6 – три измерительные термопары; 7 – переключатель термопар; 8 – цифровой милливольтметр (Ф266); 9 – компенсационная термопара

с диаметром отверстия 50 мм. Она имеет 48 зубьев и оснащена тремя термопарами, размещенными на одном радиусе (линии) в точках, отстоящих от центра на 40 (центральная зона), 135 и 225 мм (периферийная зона). Измерение и двухпозиционное регулирование температуры плит производят милливольтметром Ш4541 (ТУ 2520432.058 – 86, ГОСТ 9736 – 80), работающим в комплекте с термоэлектрическим преобразователем ТХК-0179 (длина 250 мм, диапазон измеряемой температуры  $-50...+600$  °С). Предел допускаемой основной погрешности срабатывания регулирующего устройства не превышает  $\pm 1,5$  % от заданного.

Порядок выполнения опытов был следующий. На нижнюю плиту устанавливали контрольную пилу с термопарами и опускали верхнюю плиту. Милливольтметром задавали необходимую в опытах температуру (500 °С). От сварочного трансформатора (входное напряжение 380 В, сила тока 250 А) на каждую плиту подавали ток 125 А. Показания температуры снимали после первого автоматического отключения нагрева плит в течение трех циклов отключение – включение. Интервалы времени, через которые измеряли температуру: 2 мин – для нагревателя № 1; 5 мин – № 2.

Полученные данные показывают (рис. 3), что характер изменения температуры во времени в контактных нагревателях № 1 и № 2 примерно одинаков. Наибольшая разница температур имеет место при первом автоматическом отключении плит. Для точек с радиусами 225 и 40 мм она составляет 50...55 °С. Температура периферийной зоны контрольной пилы, против которой находятся нагревательные элементы, выше центральной. Последующие циклы включение – отключение идентичны между собой, а разница температур в упомянутых выше точках периферийной и центральной зон уже не превышает 15...20 °С. Наименьшая разница (5...10 °С) выявлена в середине интервалов нагрева или охлаждения плит, а наибольшая (15...20 °С) – по окончании нагрева и в начале остывания плит.

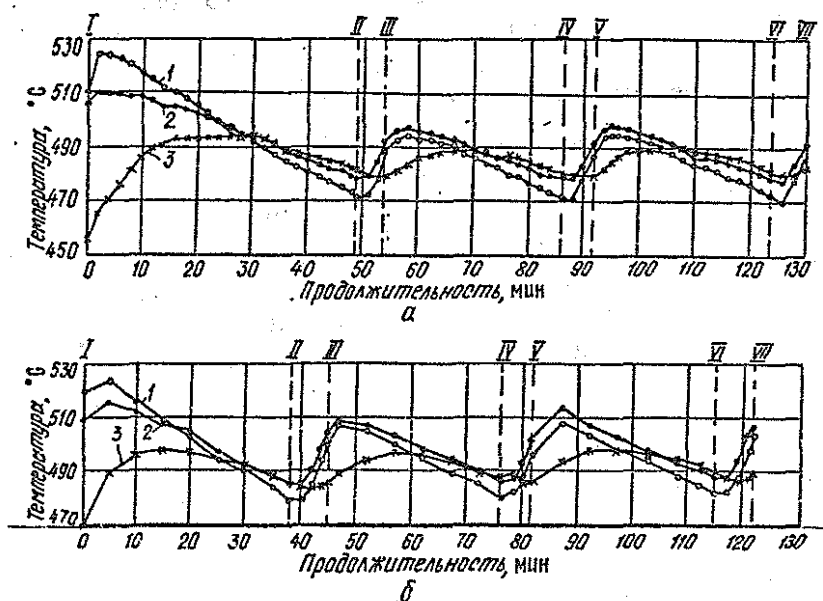


Рис.3. Характер изменения температуры в контрольных точках пилы после ее нагрева до 500 °С и перехода на автоматический режим работы: а – контактный нагреватель № 1; б – № 2; 1 – радиус 225 мм; 2 – 135; 3 – 35 мм (I, III, V, VII – отключение; II, IV, VI – включение)

В целом процесс, характеризующий изменение температуры в точках контролируемой пилы, выглядит следующим образом. По окончании нагрева температура периферийной зоны плит выше, чем центральной. Это объясняется тем, что прогрев плит от нагревательных элементов, расположенных против периферийной зоны, происходит быстрее, чем прогрев от периферии к центру плит за счет теплопроводности металла. Во время остывания температура периферийной зоны снижается на 25...28°C, центральной – не более чем на 10°C. Поэтому к моменту включения нагревательных элементов температура периферийной зоны плит ниже центральной.

При сомкнутых плитах и работе в автоматическом режиме с заданной температурой (500 °С) в цикле нагрев – охлаждение продолжительность нагрева равна 5,0...6,5 мин, охлаждения – 31,0...32,5 мин, т.е. продолжительность нагрева составляет всего 15...20 % от охлаждения. Поэтому целесообразно не отключать контактный нагреватель на третью (нерабочую) смену.

За этот период (8 ч) будет иметь место примерно 13 включений нагревателя общей продолжительностью 66,5 мин. Если учесть, что среднее время вывода охлажденного нагревателя на температуру 500 °С составляет 120 мин, то при невыключенном нагревателе потери электроэнергии будут меньше. На предприя-

тиях, работающих в таком режиме, отмечено меньшее коробление плит и снижена периодичность перешлифовки их рабочих поверхностей.

Проведенные контрольные нагревы термически обработанных пил (500×2,5 мм) до температуры 500 °С в течение 5 мин с последующим свободным охлаждением на воздухе показали, что наиболее неблагоприятным является период завершения нагрева плит и начала их охлаждения. В этом случае пилы данных размеров после нагрева имеют повышенное натяжение – закритическое напряженное состояние, приводящее к образованию тарельчатости. (При нагреве пил меньшего диаметра и большей толщины уровень натяжения диска существенно уменьшается.)

Как в отечественной, так и в зарубежной практике конструирования и эксплуатации контактных нагревателей существует несколько направлений для решения проблемы обеспечения равномерных температурных полей рабочих плит.

Первое направление связано с исключением из работы наиболее неблагоприятной периферийной зоны плит, в которой происходят основные изменения температуры при нагреве и охлаждении. При этом диаметр нагреваемых заготовок не должен превышать 0,7 диаметра плит, т.е. при диаметре плит 560 мм диаметр заготовок не должен быть более  $560 \times 0,7 = 392$  мм.

Второе направление связано с увеличением толщины рабочих плит, контактирующих с нагреваемой заготовкой, с 36 до 60 мм и более. В этом случае возрастает продолжительность вывода контактного нагревателя на заданную температуру до 4...5 ч, но при этом значительно повышается равномерность температурного поля плит. Поэтому, если предприятие планирует эксплуатацию нагревателя с постоянным включением (без отключения на третью смену), то увеличение толщины рабочих плит целесообразно.

Третье направление основано на принципиально новой конструкции контактных нагревателей. Плиты устанавливают и нагревают в камерной печи; подъем и опускание их производят с помощью пневмоцилиндров. Такой способ преимущественно используют при термообработке пил больших диаметров (1000 мм и более).

Необходимо отметить, что предприятия, изготавливающие контактный нагреватель по проекту ЦНИИМОДа, для улучшения характеристик теплового поля рабочих плит иногда при сборке контактного нагревателя между рабочей (1) и нагревательной (2) плитами (см. рис.1) закладывают лист асбестового картона. В этом случае температурные кривые более плавно изменяются во времени (рис. 4), и центральная зона плит

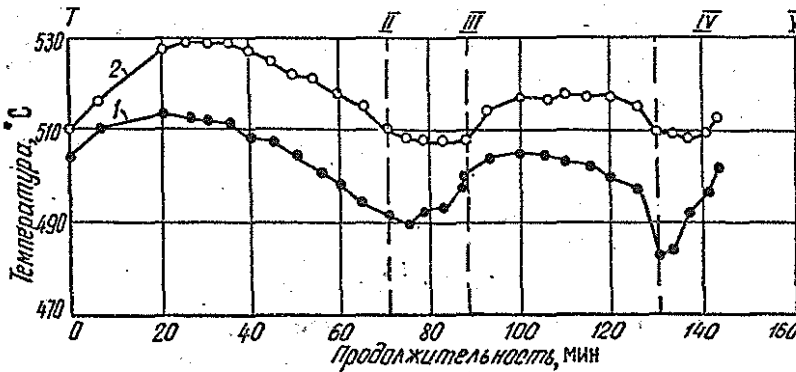


Рис. 4. Влияние асбестовой прокладки между рабочей и нагревательной шпитами на характер изменения температуры в контрольных точках пилы при переходе на автоматический режим работы контактного нагревателя № 2: 1 – радиус 225 мм; 2 – 35 мм (I, IV, VI – отключение; II, IV – включение)

прогревается сильнее периферийной. При работе в режиме автоматического поддержания температуры в цикле нагрев – охлаждение средняя продолжительность нагрева составляет 17 мин., охлаждения – 43 мин.

Для оценки работы контактных нагревателей с асбестовой прокладкой были проведены специальные опыты. Использовали следующие три группы термически обработанных пил размерами  $500 \times 2,5$  мм: 1-я – с напряжениями сжатия в периферийной зоне (двухсторонняя крыловатость); 2-я – ориентированные на нулевое напряженное состояние; 3-я – с напряжениями растяжения в периферийной зоне (тарельчатость). Каждую пилу нагревали при температуре  $500^\circ\text{C}$  в течение 5 мин и свободно охлаждали на воздухе (на листе асбеста в горизонтальном положении). Оценка натяжения дисков показала, что у пил 1-й и 3-й групп полностью устранены двухсторонняя крыловатость и тарельчатость, а пилы 2-й группы сохранили свое состояние (без внесения неблагоприятных напряжений). Эти данные подтверждают положительное (смягчающее) влияние асбестовой прокладки, а также вывод о том, что нагрев дисков в равномерном температурном поле (при температуре около  $500^\circ\text{C}$ ) приводит к снятию остаточных напряжений, вызывающих крыловатость и тарельчатость пил.

### Выводы

1. Разработанный ЦНИИМОДом контактный нагреватель обеспечивает отпуск и термоправку пил. Рекомендуемый максимальный диаметр пил – 400 мм, допустимый – 500 мм.

2. После вывода нагревателя на заданную температуру его эксплуатацию необходимо начинать, пропустив первый цикл охлаждения – нагрев автоматического режима.

3. Наименьшая (5...10 °С) разница температур по радиусу плит имеет место в середине интервалов нагрева или охлаждения, а наибольшая (15...20 °С) – по окончании нагрева и в начале охлаждения.

4. Повышение равномерности температурных полей рабочих плит можно обеспечить за счет увеличения их толщины или размещения асбестовой прокладки между рабочей и нагревательной плитами, а также за счет нагрева плит в камерных печах.

5. При двухсменном режиме работы отключение контактного нагревателя на третью (нерабочую) смену для экономии электроэнергии нецелесообразно.

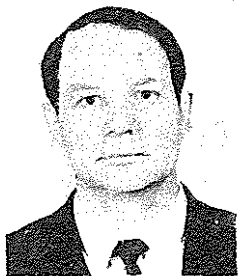
#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А.с. 639948 СССР, МКИ С 21 Д 9/24. Пресс для отпуска дисков / Б.В. Арефьев, А.С. Макарова, А.А. Настенко, Ю.М. Стахийев (СССР). - № - 2453706/22; Заявлено 16.02.77; Опубли. 30.12.78, Бюл. № 48 // Открытия. Изобретения. - 1978. - № 48. - С. 103. [2]. Стахийев Ю.М. Работоспособность плоских круглых пил. - М.: Лесн. пром-сть, 1989. - 384 с.

Поступила 13 октября 1994 г.

УДК 674.047.001.5

#### *Б.Д. РУДЕНКО*



Руденко Борис Дмитриевич родился в 1948 г., окончил в 1972 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии композиционных материалов Красноярской государственной технологической академии. Имеет 31 научный труд в области изучения процессов создания древесных композитов и массопереноса в древесине.



## УНИВЕРСАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ВЛАГОПРОВОДНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ\*

В общем виде дано математическое описание объемного движения влаги в древесине с учетом особенности распределения влажности в процессе сушки. Приведена формула проницаемости древесины с непрерывно меняющейся влажностью. Изложена методика определения коэффициента турбулентной диффузии для движения влаги в древесине.

A general mathematical description of volume movement of moisture in wood with reference to features of moisture distribution in the process of drying is given. A permeability equation for continuously variable moisture content wood is presented. The procedure of determining the coefficient of turbulent diffusion of water movement in wood is stated.

Используемое в настоящее время уравнение влагопроводности для анализа продолжительности сушки древесины не вполне универсально, так как оно справедливо лишь при влажности ниже предела насыщения клеточных стенок [1].

Рассмотрим перемещение влаги в процессе сушки древесных сортиментов. При сушке снижение влажности начинается с поверхности сортимента. В его центре имеется область повышенной влажности, а по краям находятся менее влажные участки. Постепенно центральная область уменьшается и по всему объему происходит выравнивание влажности на некотором более низком уровне.

Для описания этого процесса примем следующие допущения:

рассматриваем перемещение влаги как турбулентный процесс ее диффузии (в неограниченном объеме древесины), который характеризуется эффективным коэффициентом  $D$  ;

весь объем древесины на начальный момент распространения влаги равномерно прогрет и имеет тепловую мощность  $Q$  ;

начальную неравномерность влажности и влияние силы тяжести можно не учитывать.

При этих допущениях можно использовать зависимость, приведенную в работе [2]:

---

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда науки.

$$U(x, y, z, t) = Q \left( \frac{1}{2\sqrt{\pi Dt}} \right)^3 e^{-\frac{x^2+y^2+z^2}{4Dt}}, \quad (1)$$

где  $U$  – влажность древесины в момент времени  $t$  в некоторой точке объема, положение которого характеризуется координатами  $x, y, z$ .

Величину  $D$  можно определять по формуле

$$D = K / (C\rho), \quad (2)$$

где  $K$  – экспериментальный коэффициент;  
 $C$  – коэффициент удельной теплоемкости;  
 $\rho$  – плотность древесины.

Время сушки некоторой области в древесном сортименте зависит от его размеров, проницаемости древесины и заданной конечной влажности (размеры сортимента от  $-\infty$  до  $+\infty$ ).

Проницаемость (количество вещества, прошедшее через данную среду однородного слоя) опишем формулой

$$I = I_0 e^{-\alpha l}, \quad (3)$$

где  $I$  – проницаемость древесины;  
 $I_0$  – номинальная проницаемость древесины;  
 $\alpha$  – коэффициент проницаемости древесины, пропорциональный  $U$ ,  $\alpha = \alpha_0 U$ ;  
 $l$  – толщина слоя.

Для двух слоев толщиной  $l_1$  и  $l_2$  с различной влажностью  $U_1$  и  $U_2$  имеем

$$I = I_0 e^{-\alpha_0 U_1 l_1} e^{-\alpha_0 U_2 l_2} = I_0 e^{-\alpha_0 (U_1 l_1 + U_2 l_2)}. \quad (4)$$

Для массива древесины с непрерывно меняющейся влажностью проницаемость определяется по формуле

$$I = I_0 e^{-\alpha_0 \int U dl}. \quad (5)$$

Продолжительность сушки находят как отношение  $I / I_0$ , значение которого зависит от значения величины  $\int U dl$ .

Обозначим буквой  $\delta$  заданную конечную влажность. Тогда при  $(I_0 - I) / I_0 < \delta$  или  $I / I_0 > 1 - \delta$  древесный сортимент высохнет, при  $(I_0 - I) / I_0 > 1 - \delta$  или  $I / I_0 < \delta$  – останется влажным, при  $\delta < I / I_0 < 1 - \delta$  – будет иметь некоторую промежуточную влажность. Ее находят из соотношения

$$I / I_0 = e^{-\alpha_0 \int U dl}. \quad (6)$$

Рассмотрим проекцию древесного сортимента в плоскости  $x, y$ . Для определения влажности различных участков в этой плоскости вычислим интеграл

$$\begin{aligned} \int U dl &= \int_{-\infty}^{\infty} U(x, y, z, t) dz = Q \left( \frac{1}{r\sqrt{\pi Dt}} \right)^3 \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{x^2+y^2+z^2}{4Dt}} dz = \\ &= Q \left( \frac{1}{2\sqrt{\pi Dt}} \right)^2 e^{-\frac{x^2+y^2}{4Dt}} \end{aligned} \quad (7)$$

Если влажность в некоторой точке достаточно мала (т.е.  $\int U dl < \delta / \alpha_0$ ), то  $I / I_0 > 1 - \delta$ , и соответствующий участок будет сухим.

Если влажность больше заданной (т.е.  $\int U dl > \Delta / \alpha_0$ ), то  $I / I_0 < e^{-\Delta} = \delta$ , и при заданных значениях  $\Delta = \ln(1/\delta)$  участок будет влажным.

При  $\delta/\alpha_0 < \int U dl < \Delta/\alpha_0$  имеем

$$\alpha_0 \int U dl = \delta \quad (8)$$

или

$$\alpha_0 Q \left( \frac{1}{2\sqrt{\pi Dt}} \right)^2 e^{-\frac{r^2}{4Dt}} = \delta, \quad (9)$$

где  $r^2 = x^2 + y^2$ .

Это условие определяет границу области, за пределами которой влажность меньше заданной. Радиус области можно найти по формуле

$$r = 2 \sqrt{-Dt \ln \left( \frac{\delta 4\pi D^2 t^2}{Q\alpha_0} \right)}. \quad (10)$$

При малых значениях  $t$  радиус области  $r$  мал и растет вместе с  $t$ .

При  $t = t_0 = \frac{\alpha_0 Q}{4\pi e \delta D}$  радиус  $r$  достигает максимума:

$$r_{\max} = 2 \sqrt{D t_0} = \frac{\sqrt{\alpha_0 Q}}{\pi e \delta}. \quad (11)$$

При  $t > t_0$  радиус области уменьшается.

При  $t_1 = \frac{\alpha_0 Q}{4\pi\delta D}$  вся область имеет равномерную конечную влажность.

Наблюдая процесс сушки древесного сортамента, можно определить коэффициент турбулентной диффузии  $D$  для движения влаги в древесине (например, из формул для  $t_1$  или  $t_0$ ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Серговский П.С., Расев А.И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины // Учебник для вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Лесн. пром-сть, 1987. - 360 с. [2]. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики // Учебное пособие для вузов. - 5-е изд., стереотипное. - М.: Наука, 1977. - 736 с.

Поступила 21 февраля 1995 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 547.024:542.938:647.046

Э.И. ЧУПКА, С.Ж. ТРОФИМОВА, А.Д. СЕРГЕЕВ**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КИСЛОТНО - ОСНОВНОГО  
КАТАЛИЗА ПРИ ОКИСЛЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ  
В ВОДНО - ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ.  
2. КАТАЛИТИЧЕСКОЕ И ФЕРМЕНТАТИВНОЕ  
ОКИСЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ И ЕЕ КОМПОНЕНТОВ\***

АО ВНИИБ

С единых позиций рассмотрены механизм и эффективность действия в процессах генерации  $\cdot\text{OH}$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$  пероксидазы, лакказы и порфиринов Fe, Cu, Co, Ni, Mn, Zn, не содержащих металл, салкомины при окислении древесины и ее компонентов.

From single positions mechanism and efficiency of action in the generation processes of  $\cdot\text{OH}$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$  peroxidase, laccase and porphyrins Fe, Cu, Co, Ni, Mn, Zn not containing metal, salcomine at oxygen delignification and its components have been considered.

В последние годы интенсивно разрабатываются проблемы, связанные с созданием биохимических и ферментативных способов делигнификации древесины [9], обеспечивающих экологическую безопасность и низкую металлоемкость процессов. Однако, несмотря на объективные преимущества биохимических способов, их внедрение в промышленность (и сама перспектива их промышленной реализации в объемах продукции, получаемой существующими химическими способами) встречает не менее объективные трудности: низкая производительность, неспособность конкурировать с химическими способами делигнификации; высокая стоимость ферментов; узкий диапазон регулируемых

\* В предыдущем сообщении рассмотрены общие предпосылки создания окислительных способов делигнификации с использованием водно-органических сред, кислотного-основного и окислительно-восстановительного катализа.

параметров (температура, рН среды); затруднения при перерождении штаммов; неоднородность получаемой продукции; проблемы удаления продуктов метаболизма из нее и т.д.

Эти трудности могут быть преодолены при использовании в качестве катализаторов окисления комплексных соединений, действующих аналогично ферментам. Действительно, для повышения эффективности делигнификации и отбелки применяют салкомин [8], феррицианид калия [1], *o*-фенантролин [4], дибутилдителиокарбамат никеля [2].

Результаты работ в области делигнификации древесины с использованием различных штаммов грибов, бактерий показывают, что наиболее активными составляющими этих систем являются пероксидаза и лакказа [9], содержащие в качестве активных начал соответственно ионы железа и меди. Ферментативный катализ представляет собой разновидность окислительно-восстановительного катализа, поэтому в качестве химических аналогов ферментов часто применяют модели – комплексные соединения, содержащие металлы переменной валентности, в том числе порфирины [6].

Эффективность окислительно-восстановительного катализа определяется реализацией нескольких механизмов действия катализаторов:

образование слабых комплексов между кислородом и катализатором, что позволяет осуществить транспорт кислорода внутрь субстрата и увеличить стационарную концентрацию окислителя в системе до значений, превышающих предел растворимости кислорода;

образование тройных комплексов между субстратом, окислителем и катализатором;

конверсия молекулярного кислорода в более активные формы ( $\cdot\text{OH}$ ,  ${}^1\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$ ) и передача энергии электронного возбуждения, выделяющейся при окислении, катализатору с последующим его участием в реакциях с молекулярным кислородом, ведущих к образованию  ${}^1\text{O}_2$ ;

целенаправленное разложение образующихся пероксидов, позволяющее осуществить процесс окисления по ионному или радикальному механизму;

генерация кислорода (на первых этапах атомарного) при разложении воды;

генерация  $\text{H}_2\text{O}_2$  и далее  $\cdot\text{OH}$ ,  $\text{O}^{\cdot-}$ ,  $\cdot\text{OON}$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$ ,  ${}^1\text{O}_2$  при окислении воды и растворов щелочи (этот вариант наиболее интересен).

Цель данной работы – выяснение возможных химических механизмов катализа пероксидазой и лакказой, а также оценка эффективности их химических аналогов (салкомина, порфиринов Co, Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, не содержащих металл) при окислении древесины и ее компонентов.

Рассмотрим влияние пероксидазы и лакказы на окисление древесины. Результаты эксперимента, представленные на рис. 1, показывают, что при взаимодействии древесины с системой пероксидаза –  $H_2O_2$  скорость окисления (интенсивность хемилюминесценции) возрастает с увеличением концентрации пероксидазы в пределах  $(0,7...7,0) \cdot 10^{-7}$  моль/л и  $H_2O_2$  – в пределах  $0,01...0,10$  моль/л (рис. 1). Таким образом, по данным хемилюминесцентного метода скорость окисления древесины при действии пероксидазы определяется концентрацией фермента и количеством  $H_2O_2$ . Это согласуется с известными положениями о механизме действия пероксидазы, заключающемся в катализе направленного распада пероксида по радикальному механизму с генерацией  $\cdot OH$  [10].

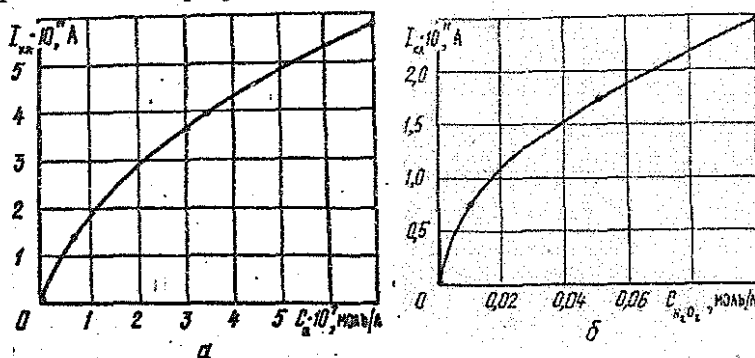


Рис. 1. Зависимость интенсивности свечения хемилюминесценции  $T_{xl}$  в процессе окисления древесины при температуре  $t = 40$  °С от концентрации пероксидазы  $C_p$  (а) (концентрация пероксида водорода  $C_{H_2O_2} = 3\%$ ) и  $C_{H_2O_2}$  (б) ( $C_p = 7 \cdot 10^{-7}$  моль/л; навеска древесины 0,02 г)

Лакказа, в отличие от пероксидазы, самостоятельно генерирует  $H_2O_2$ , что, по нашему мнению, и определяет ее эффективность. Данное предположение подтверждено опытами по определению изменения оптической плотности растворов лигнина в зависимости от концентрации лакказы (рис. 2). Результаты эксперимента указывают на резкое снижение оптической плотности данных растворов при увеличении концентрации лакказы, что может свидетельствовать о разрушении ароматических структур лигнина.

В работе [6] нами было показано, что эффективным катализатором окисления древесины и ее компонентов, отличающимся определенной избирательностью в образовании гидроксильного радикала (который превосходит молекулярный кислород по окислительной способности к фенолам на 19 порядков [3]), является  $K_3[Fe(CN)_6]$  – одно из простейших комплексных соединений.

Наиболее часто используемые при окислении различных субстратов модели ферментных систем – порфирины, содержащие металлы переменной валентности. Нами была исследована эффективность их действия при окислении древесины, лигнина и холоцеллюлозы в зависимости от входящего в их состав металла. Критерием эффективности катализа служила скорость генерации  $\cdot OH$ .

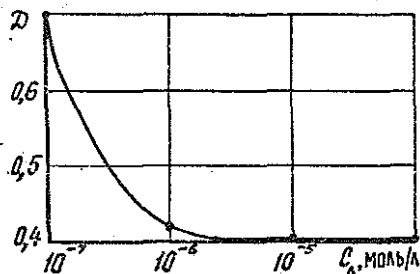


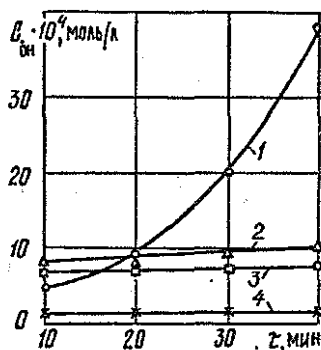
Рис. 2. Зависимость оптической плотности  $D$  от концентрации лакказы  $C_A$  при окислении лигнина ( $t = 40^\circ C$ , длина волны  $\lambda = 285 nm$ , отношение диоксан : вода = 1:1, концентрация лигнина  $C_{лиг} = 2,7 \cdot 10^{-3}$  моль/л)

Растворы порфиринов вида тетраметилпиридилпорфирин имеют интенсивное поглощение в видимой области спектра при  $\lambda = 450 nm$ . Это накладывает ограничение на использование хемилюминесцентного метода при оценке эффективности их каталитического действия в процессах окисления древесины и ее компонентов, так как хемилюминесцентное излучение лежит в видимой области спектра (интервал 420...640 nm). Поглощение растворов порфиринов в этой же области приводит к перепоглощению, следствием которого является снижение интенсивности свечения с увеличением концентрации порфирина, поэтому оценку эффективности каталитического действия порфиринов и салкомина производили по их влиянию на изменение стационарных концентраций  $\cdot OH$ .

Как видно из рис. 3, при окислении древесины порфирины и салкомин с различной эффективностью в зависимости от вида металла катализируют генерацию гидроксильного радикала. Наиболее эффективными являются порфирин  $Co^{3+}$  и салкомин, увеличивающие в сопоставимых условиях концентрацию  $\cdot OH$  соответственно в 27 и 7 раз.



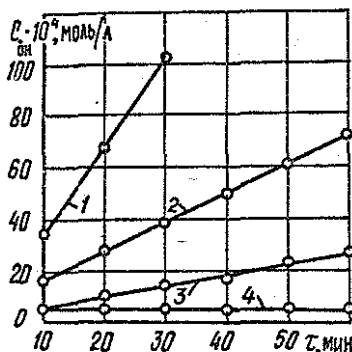
Рис. 3. Кинетические кривые образования  $\cdot\text{OH}$  при окислении древесины в 1 н NaOH при  $t = 50^\circ\text{C}$ : 1 -  $C_{\text{порф. Co}} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л; 2 -  $C_{\text{с}} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л; 3 -  $C_{\text{порф. Fe}} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л; 4 - без добавок ( $\tau$  - продолжительность процесса)



В целях выяснения эффективности действия порфиринов при разложении  $\text{H}_2\text{O}_2$  по радикальному механизму и при его генерации (без субстрата, за счет разложения или окисления воды) нами были проведены опыты, которые показали следующее:

1) при разложении 3 %-го раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  концентрация  $\cdot\text{OH}$  составила  $4 \cdot 10^{-4}$  моль/л через 30 мин после начала эксперимента (рис. 4);

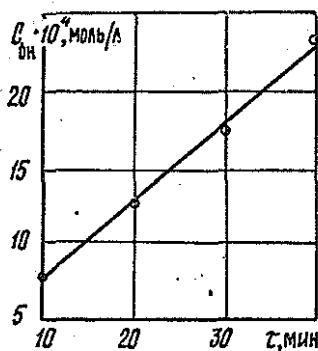
Рис. 4. Кинетические кривые образования  $\cdot\text{OH}$  при разложении 3 %-го раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  при  $t = 50^\circ\text{C}$  без добавок порфирина Fe (4) и с добавками его: 1 -  $C_{\text{порф. Fe}} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л; 2 -  $5 \cdot 10^{-4}$ ; 3 -  $2,5 \cdot 10^{-4}$  моль/л



2) при катализе распада 3 %-го раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  порфирином Fe ( $C_{\text{порф. Fe}} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л), концентрация  $\cdot\text{OH}$  составила  $110 \cdot 10^{-4}$  моль/л через 30 мин после начала эксперимента (рис. 4);

3) порфирин Co генерирует  $\text{H}_2\text{O}_2$  и катализирует его распад; при  $C_{\text{порф. Co}} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л концентрация  $\cdot\text{OH}$  составила  $20 \cdot 10^{-4}$  моль/л через 30 мин после начала эксперимента (рис. 5).

Рис. 5. Кинетическая кривая образования  $\cdot\text{OH}$  в 1 н NaOH при  $t = 50^\circ\text{C}$  ( $C_{\text{порф. Co}} = 1 \cdot 10^{-3}$  моль/л)



Таким образом, скорости образования  $\cdot\text{OH}$  под воздействием порфиринов в результате разложения 3 %-го раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$ , а также генерации  $\text{H}_2\text{O}_2$  с последующим его распадом, сопоставимы. Следовательно, указанные выше модели ферментных систем можно рекомендовать в качестве катализаторов, позволяющих избирательно генерировать гидроксильный радикал.

Ранее отмечено, что катализатор может действовать по нескольким механизмам. В предыдущих опытах акцент был сделан на выяснение вклада процесса, протекающего через генерацию  $\text{H}_2\text{O}_2$  с последующим его разложением до  $\cdot\text{OH}$ . Однако это не исключает возможности реализации и других механизмов, в частности через образование более реакционноспособного комплекса с переносом заряда (КПЗ) между субстратом и катализатором (порфирином  $\text{Co}$ , как наиболее активным). Обычно образование КПЗ сопровождается появлением новых полос в электронных спектрах. Для проверки реальности этого механизма нами были сняты дифференциальные спектры отражения древесины, обработанной порфирином  $\text{Co}$ , относительно необработанной и сопоставлены их разностный спектр и спектр порфирина  $\text{Co}$  в растворе  $\text{NaOH}$ . При этом каких-либо характерных полос, которые можно было интерпретировать как новые полосы КПЗ, не наблюдается.

Однако полученные результаты показывают, что порфирин  $\text{Co}$  энергично адсорбируется древесиной, о чем свидетельствует наличие полос при  $\lambda = 450; 565$  нм в древесном остатке. Это дает основание предполагать, что порфирин  $\text{Co}$ , адсорбированный в порах древесины, может образовывать эффективно работающие микрореакторы, в ограниченном объеме которых с высокой продуктивностью генерируется  $\cdot\text{OH}$  (по аналогии с иммобилизованными ферментами).

Поскольку порфирин  $\text{Co}$  является одним из наиболее эффективных катализаторов, была подробно исследована кинетика его действия в процессе генерации  $\cdot\text{OH}$ . (Необходимо учитывать, что концентрации  $\cdot\text{OH}$  определяются как стационарные, т.е. являющиеся производными от совокупности реакций, приводящих к его генерации, и реакций, определяющих расход  $\cdot\text{OH}$  по нескольким направлениям.)

При рассмотрении кинетических кривых реакции образования  $\cdot\text{OH}$  в диапазоне температур от 50 до 120 °C наблюдается линейная зависимость изменения концентрации гидроксильного радикала от времени, что позволяет отнести эту реакцию к нулевому порядку; а по углу наклона кривых рассчитать константы

скорости реакции образования  $\cdot\text{OH}$  ( $K$ ), которые представлены в табл. 1 ( $K = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$ ).

Таблица 1

Образец	Значение $K \cdot 10^{-3}$ , моль/(л · мин), при температуре, °C								
	50	60	65	70	75	80	90	100	120
Древесина	0,040	0,093	—	0,120	—	—	0,060	0,133	0,133
	0,073	0,100	0,307	0,433	1,400	—	1,700	1,800	2,267
Лигнин	0,033	0,053	—	0,100	—	0,127	0,093	0,100	0,100
	0,100	0,353	—	1,080	1,933	—	2,467	3,267	4,333
Холоцеллюлоза	0,003	0,002	—	0,004	—	0,020	0,020	0,025	0,023
	0,040	0,093	—	0,180	0,260	—	0,240	0,267	0,600
Порфирин Со	0,033	0,080	0,400	1,000	2,120	—	2,440	2,733	3,600

Примечание: Здесь и в табл. 2 в числителе приведены данные без катализатора, в знаменателе — с катализатором.

Полученные нами результаты показывают, что для древесины, лигнина, холоцеллюлозы как в случае каталитического, так и некаталитического окисления температурные зависимости на диаграммах Аррениуса могут быть представлены ломаными прямыми. Величины энергии активации  $E_a$  и предэкспоненциального множителя  $A$  для различных температурных интервалов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Образец	$A$ , моль/(л · с)		$E_a$ , ккал/моль	
	при температуре, °C			
	50...80	80...120	50...80	80...120
Древесина	$\frac{98,0}{1,6 \cdot 10^{11}}$	—	$\frac{12,0}{25,5}$	—
		$1,4 \cdot 10^{-3}$		2,8
Лигнин	$\frac{5,4}{5,3 \cdot 10^{11}}$	—	$\frac{10,3}{25,8}$	—
		$4,4 \cdot 10^{-2}$		5,0
Холоцеллюлоза	$\frac{92,0}{5,3 \cdot 10^4}$	$\frac{1,2 \cdot 10^{-6}}{6,0 \cdot 10^{-3}}$	$\frac{14,0}{16,1}$	$\frac{0,9}{5,2}$

Кроме того, в интервале температур от 50° до 120 °C наблюдается линейная зависимость  $\ln A - E_a$  (рис. 6), что однозначно свидетельствует о наличии компенсационного эффекта и может быть следствием возникновения (или прекращения) в ходе процесса некоторых химических реакций, в том числе и

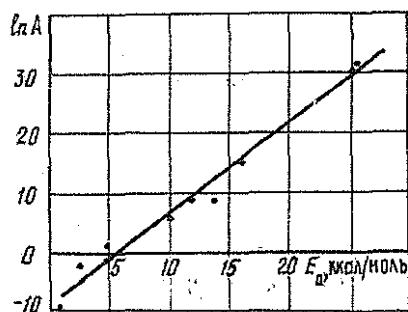


Рис.6. Зависимость предэкспоненциального множителя  $A$  от энергии активации  $E_a$  для процесса генерации  $\cdot\text{OH}$  (при окислении древесины, лигнина, холоцеллюлозы) в присутствии порфирина Со и без катализатора

противоположно направленных, соизмеримых по своим кинетическим параметрам.

В этом случае, учитывая полученные экспериментальные данные по генерации  $\cdot\text{OH}$  при окислении древесины и ее компонентов, на процесс образования  $\text{H}_2\text{O}_2$  и  $\cdot\text{OH}$  в щелочных растворах под действием порфирина Со можно распространить известные механизмы катализа окисления воды через гидроксокомплексы [5] (особенно в щелочных растворах, так как  $\cdot\text{OH}$  обладает хорошо выраженными нуклеофильными свойствами). Данные механизмы базируются на следующих положениях:

окисление  $\text{H}_2\text{O}$  осуществляется, в частности, комплексами  $\text{Fe(IV)}$ , образующимися при окислении исходных комплексов  $\text{Fe(III)}$ ;

для щелочных растворов (рН 14) по сравнению с кислыми (рН 0) наблюдается резкое снижение энергетики образования  $\cdot\text{OH}$  [7].

Известно, что для обеспечения высокого выхода  $\text{O}_2$  на взятый окислитель достаточно присутствия следовых количеств гидроксокомплексов исходных металлов ( $1 \cdot 10^{-5}$  моль/л), тогда как при тщательном удалении примесей металлов из раствора образования кислорода не происходит [7]. (Например, каталитическая активность Со(II) оказалась настолько велика, что при рН 9 и концентрации  $C_{\text{Со(II)}} = 1 \cdot 10^{-6}$  моль/л выход  $\text{O}_2$  является практически количественным.)

Следовательно, полученный экспериментальный материал по генерации  $\cdot\text{OH}$  укладывается в рамки общих положений механизма окислительного катализа через стадию окисления воды.

В целом проведенные исследования теоретически обосновывают создание способов делигнификации, в которых за счет трансформации молекулярного кислорода в  $\text{H}_2\text{O}_2$  и  $\cdot\text{OH}$  появляется возможность совмещения процесса делигнификации с непрерывной генерацией пероксида в концентрациях  $\cdot\text{OH}$ , соизмеримых с теми количествами, которые дает распад 3 %-го раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$ . При этом генерация окислителя происходит непрерыв-

но в длительном временном интервале, в то время как дискретные добавки  $H_2O_2$  приводят к значительному и непроизводительному его распаду в растворе.

Таким образом, изложенный выше материал теоретически обосновывает путь совершенствования окислительного способа делигнификации с использованием кислотно-основного и окислительно-восстановительного катализа, отличающийся селективностью в отношении лигнина.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А.с. 596687 СССР, МКИ<sup>4</sup> D 21С 9/10. Способ отбелки целлюлозы / Э.И. Чупка, С.В. Стромский, Н.А. Николаева, М.Х. Хаббаль (СССР). - №2391200/29-12; Заявлено 01.08.76; Оpubл. 05.03.78, Бюл. №9 // Открытия. Изобретения. - 1978. - № 9. - С. 129-130. [2]. А.с. 1516558 СССР, МКИ<sup>4</sup> D 21 С 3/02. Способ получения целлюлозы / В.Н. Гвоздев, П.В. Макеров, Э.И. Чупка (СССР). - № 4383140/23-12; Заявлено 25.02.88; Оpubл. 23.10.89, Бюл. № 39 // Открытия. Изобретения - 1989. - № 39. - С. 123. [3]. Активные формы кислорода при окислении лигнина / Э.И. Чупка, О.В. Шадынская, Ф.М. Гизетдинов, И.М. Лужанская // Химия древесины. - 1988. - № 3. - С.67-75. [4]. Гермер Э.И., Онохин С.А., Бутко Ю.Г. Интенсификация кислородно-щелочной делигнификации лигноцеллюлозных материалов с помощью о-фенантролина. 1. Общая характеристика действия о-фенантролина при одноступенчатой варке // Химия древесины. - 1982.-№ 3. — С.26-30. [5]. Зама-раев К.К., Паркин В.Н. Возможные пути и перспективы создания фотокаталитических преобразователей солнечной энергии // Успехи химии. - 1980. - Т.XLIX, вып.8. - С.1457-1497. [6]. Каталитическое окисление древесины и ее компонентов в условиях окислительных способов делигнификации. 1. Влияние феррицианида калия на скорость окисления древесины и ее компонентов / Э.И. Чупка, С.Ж. Трофимова, С.В. Егорова, И.М. Лужанская // Химия древесины. - 1991. - № 5. - С.19-25. [7]. Шафирович В.Я., Шиллов А.Е. Каталитическое и фотокаталитическое образование кислорода из воды // Кинетика и катализ. - 1982. - Т.23, вып.6. - С.1311-1322. [8]. Fullerton T.T., Ahern S.P. Salcomineas a catalyst for oxygen delignification // TAPPI.- 1978. - Vol.61, № 12. - P.37-39. [9]. Lignin biodegradation: microbiology, chemistry and potential application / Т.К.Кirk, Т. Higuchi, Н.М. Chang. - Boca Raton, 1980. - Vol.1. - P.241; Vol.2. - P.255. [10]. Rapoport S.M., Muller M. Catalase and glutation peroxidase // J.Cellular and Molecular Biology of Erythrocytes. - 1974. - P.167-179.

Поступила 21 февраля 1995 г.

УДК 676.017

*Я.В. КАЗАКОВ, В.И. КОМАРОВ*

Казakov Яков Владимирович родился в 1966 г., окончил в 1990 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет около 20 научных трудов в области деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой ЦБП Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 печатных работ в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.

**ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ВАРКИ НА ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

С использованием метода планирования эксперимента показано влияние различных факторов сульфатной варки на характеристики деформативности и прочности сульфатной небеленой целлюлозы.

Using a method of planning the experiment, the effect of various factors of sulfate pulping on the characteristics of deformability and strength of sulfate unbleached pulp has been revealed.

Производство целлюлозы – многостадийный и многофакторный процесс. Основными факторами, определяющими каче-

ство целлюлозы при сульфатной варке, являются режим варки, породный состав, геометрические размеры и качество щепы [10,12]. Исследования, в том числе проводимые с применением методов планирования эксперимента, посвящены в основном изучению влияния факторов сульфатной варки на такие характеристики, как выход сортированной целлюлозы и непровара, степень делигнификации полуфабриката и, в некоторых случаях, прочность целлюлозы [16-19]. Соломбальским ЦБК совместно с кафедрой технологии ЦБП Архангельского ГТУ в производственных условиях была проведена работа, которая показала избирательность влияния технологических факторов на характеристики деформативности и прочности целлюлозы [5-9, 11, 15].

С точки зрения потребителя, в некоторых случаях механические свойства получаемой целлюлозы лучше оценивать характеристиками деформативности [3, 4].

Цель нашей работы – на основе планирования эксперимента получить уравнения регрессии, связывающие характеристики деформативности с основными факторами варки, а по ним оценить степень влияния этих факторов и выявить режимы, обеспечивающие получение целлюлозы с максимальными характеристиками деформативности и прочности.

Для исследований был выбран ротатабельный композиционный униформ-план второго порядка. В качестве факторов приняты следующие:  $x_1$  – температура варки, °С;  $x_2$  – продолжительность стоянки на конечной температуре, мин;  $x_3$  – расход активной щелочи на варку, % от массы абс. сухой щепы;  $x_4$  – толщина щепы ручного приготовления из древесины сосны, мм. За постоянные условия варки приняты: сульфидность белого щелока 30 %; гидромодуль 1 : 5; продолжительность подъема до максимальной температуры 2 ч, включая стоянку при температуре 130 °С в течение 30 мин через 45 мин после начала варки.

Значения основного уровня и пределы варьирования факторов выбраны по результатам пробных варок с учетом получения целлюлозы со степенью делигнификации около 40 ед. Каппа.

Условия и результаты варок представлены в табл. 1.

В данном эксперименте были получены образцы целлюлозы со степенью делигнификации от 27 до 86 ед. Каппа. Большинство из них можно отнести к целлюлозе высокого выхода, которую применяют в производстве тарного картона типа крафт-лайнер. В качестве выходных параметров приняты деформационные и прочностные характеристики, которые определены у отливок целлюлозы с массой 1 м<sup>2</sup> 120 г и степенью помола 18°ШР, т. е. они соответствуют показателям основного слоя картона типа крафт-лайнер с массой 1 м<sup>2</sup> 150 г.

Таблица 1

Номер варки	Факторы планирования				Общий выход, %	Число Каппа
	$x_1$ , °C	$x_2$ , мин	$x_3$ , %	$x_4$ , мм		
1	165	30	16	3,5	64,7	85,8
2	175	30	16	3,5	62,7	80,8
3	165	50	16	3,5	63,0	70,3
4	175	50	16	3,5	53,7	51,7
5	165	30	20	3,5	59,4	71,1
6	175	30	20	3,5	55,1	54,4
7	165	50	20	3,5	45,0	34,3
8	175	50	20	3,5	49,8	28,5
9	165	30	16	6,5	63,7	62,4
10	175	30	16	6,5	55,3	47,0
11	165	50	16	6,5	47,0	47,2
12	175	50	16	6,5	55,4	53,7
13	165	30	20	6,5	52,8	50,9
14	175	30	20	6,5	54,4	34,8
15	165	50	20	6,5	53,7	42,4
16	175	50	20	6,5	46,6	26,9
17	160	40	18	5,0	51,3	58,1
18	180	40	18	5,0	49,7	27,9
19	170	20	18	5,0	62,3	67,2
20	170	60	18	5,0	43,4	27,2
21	170	40	14	5,0	57,6	72,9
22	170	40	22	5,0	53,1	44,8
23	170	40	18	2,0	48,6	51,1
24	170	40	18	8,0	45,2	56,5
25	170	40	18	5,0	52,4	38,4
26	170	40	18	5,0	53,5	39,6
27	170	40	18	5,0	54,8	37,0
28	170	40	18	5,0	48,4	40,8
29	170	40	18	5,0	51,3	43,9
30	170	40	18	5,0	47,1	42,5
31	170	40	18	5,0	49,4	44,0

В процессе эксперимента у образцов определяли характеристики деформативности (начальный модуль упругости  $E_1$ ; жесткость при изгибе  $EI$ ; модуль сдвига  $G_0$ ) и прочности (разрывная длина  $L$ , работа разрушения  $A_p$ , сопротивление сжатию кольца  $K$ ).

Испытания проводили по методикам, изложенным в работах [2,13]. Результаты определения деформационных и прочностных характеристик целлюлозы представлены в табл. 2.

Математическая модель, рассчитанная на основе результатов, полученных при реализации ротатабельного композиционного униформ-плана второго порядка для четырех факторов, имеет вид



$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2.$$

Расчет коэффициентов уравнений регрессии (табл.3) и оценку значимости коэффициентов по критерию Стьюдента производили с помощью специально разработанной программы на ЭВМ. Адекватность полученной модели проверяли по критерию Фишера для 5 %-го уровня значимости. В полученную модель последовательно включали незначимые, но близкие к пределу значимости коэффициенты с максимальной абсолютной величиной, оставляя их, если расчетное значение критерия Фишера уменьшалось.

Таблица 2

Номер варки	L, м	A <sub>p</sub> , мДж	K, Н	E <sub>1</sub> , МПа	EI, мН × × см <sup>2</sup>	G <sub>0</sub> , МПа
1	9 300	351	169	6 940	297	476
2	9 100	329	180	8 178	334	480
3	8 750	307	155	7 796	326	481
4	9 350	363	247	7 443	389	482
5	9 150	336	146	7 707	292	464
6	7 850	302	172	7 503	362	498
7	8 950	310	129	7 706	374	464
8	8 600	292	181	8 341	401	479
9	7 400	196	187	6 367	366	430
10	8 300	258	174	7 287	293	455
11	8 700	315	132	7 238	371	461
12	10 150	427	164	8 426	402	505
13	8 650	278	224	7 830	371	461
14	8 500	258	160	7 989	407	495
15	9 200	309	189	9 026	403	488
16	8 650	311	209	8 184	403	507
17	8 850	310	154	7 152	321	434
18	8 400	284	167	8 248	452	494
19	9 200	290	157	7 361	338	465
20	6 950	278	197	7 890	438	483
21	9 100	321	180	8 178	454	456
22	9 000	346	235	8 183	322	495
23	8 850	317	205	7 997	366	495
24	8 400	351	181	7 417	383	485
25	9 050	288	179	7 785	409	504
26	9 400	341		186	367	496
27	9 050	308	161	8 098	301	506
28	8 850	301	173	8 428	326	479
29	8 550	298	188	8 400	398	482
30	8 750	291	179	8 166	427	488
31	9 250	341	195	8 390	430	499

Характер влияния факторов варки на деформативность и прочность целлюлозы исследовали, используя в качестве модели полученные уравнения регрессии в кодированной форме. По абсолютной величине и знаку при коэффициентах можно судить о степени влияния факторов и об искривлении ими исследуемой поверхности отклика. Чем выше значения коэффициентов при линейных членах уравнения, тем сильнее выражено влияние фактора.

Таблица 3

Коэффициенты уравнения регрессии	Значение коэффициентов для характеристики					
	$E_1$	$EI$	$G_0$	$L$	$A_p$	$K$
$b_0$	8216,0	380,6	494,70	9007	310,5	180,60
$b_1$	205,7	18,9	12,40	*	—	7,59
$b_2$	225,9	22,9	5,96	—	12,6	—
$b_3$	192,7	—	6,76	—	—	4,67
$b_4$	—	11,5	—	—	-7,13	—
$b_{12}$	—	—	—	—	10,4	14,90
$b_{13}$	-204,4	—	—	-323,6	-17,4	-5,54
$b_{14}$	—	-12,7	4,23	179,4	10,9	-13,00
$b_{23}$	—	—	4,16	—	14,4	—
$b_{24}$	153,9	—	8,24	229,4	26,3	-6,05
$b_{34}$	177,1	—	7,13	149,8	—	15,6
$b_{11}$	-144,6	—	-7,95	—	—	-6,58
$b_{22}$	-163,2	—	-5,53	-207,1	—	—
$b_{33}$	—	—	-5,02	—	—	-5,18
$b_{44}$	-142,9	-5,6	—	—	—	—
	Критерий Фишера (табличный)					
	3,94	3,87	3,96	3,87	3,90	3,94
	Критерий Фишера (расчетный)					
	2,94	0,52	0,56	3,78	1,95	2,77
	Коэффициент корреляции					
	0,83	0,72	0,95	0,63	0,79	0,87

\*Незначимый коэффициент.

Влияние двойных взаимодействий выражается сложнее и зависит от численных значений факторов. Например, положительный знак при коэффициенте парного взаимодействия  $b_{ij}$  приводит к усилению влияния фактора  $x_i$  на значение отклика при увеличении фактора  $x_j$ .

Значимые коэффициенты при квадратичных эффектах  $x_i^2$  в уравнении регрессии свидетельствуют о наличии экстремальных значений в исследуемой области, причем отрицательный знак при коэффициенте говорит о наличии максимума, а

положительный – минимума на кривых, характеризующих изменение функции отклика от  $x_i$ .

Используя полученные уравнения регрессии, рассчитывали поверхности, отражающие совместное влияние двух факторов при фиксации остальных факторов на уровне, обеспечивающем получение максимальных значений характеристики.

Анализируя величины коэффициентов уравнения регрессии для модуля упругости  $E_1$ , можно отметить, что в условиях проведенного эксперимента на этот показатель оказывает существенное влияние температура варки  $x_1$ , продолжительность стоянки на максимальной температуре  $x_2$  и расход активной щелочи на варку  $x_3$ . С увеличением этих показателей  $E_1$  возрастает. Влияние толщины щепы  $x_4$  проявляется только в парных взаимодействиях, усиливая влияние  $x_2$  и  $x_3$  при возрастании толщины щепы. Отрицательная величина коэффициентов при квадратичных эффектах  $x_1^2$ ,  $x_2^2$ ,  $x_4^2$  свидетельствует о наличии максимума у поверхности отклика. На рис.1 приведены поверхности отклика для характеристики  $E_1$  в области экстремальных значений при фиксированных значениях двух факторов.

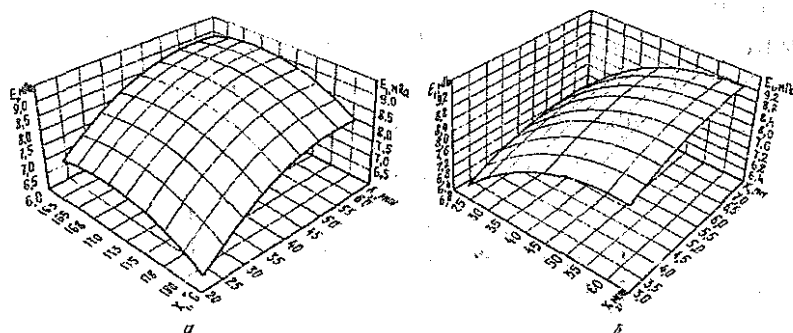


Рис.1. Поверхность зависимости величины модуля упругости  $E_1$  от различных факторов : а – максимальная температура  $x_1$  и продолжительность стоянки на конечной температуре  $x_2$  ( $x_3 = 22\%$ , толщина щепы  $x_4 = 6,5$  мм; б – толщина щепы  $x_4$  и продолжительность стоянки на конечной температуре  $x_2$  ( $x_3 = 22\%$ ,  $x_1 = 165^\circ \text{C}$ )

Влияние факторов варки на жесткость при изгибе  $EI$  проявляется иначе. Значимыми оказались преимущественно коэффициенты при линейных членах уравнения регрессии, отражающих влияние  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_4$ . Все коэффициенты для  $x_3$  оказались незначимыми, т.е. расход активной щелочи на варку не оказывает влияния на жесткость образцов целлюлозы при изгибе. Влияние парных взаимодействий и квадратичных эффектов почти не вы-

ражено, что предопределяет линейный характер зависимости  $EI$  от  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_4$  (рис. 2). С ростом величины этих факторов жесткость при изгибе увеличивается, причем влияние толщины щепы сказывается в меньшей степени.

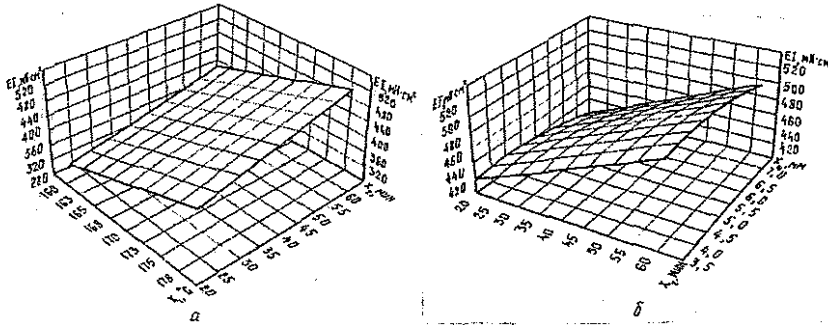


Рис.2. Поверхность зависимости величины жесткости при изгибе  $EI$  от различных факторов: *а* – максимальная температура  $x_1$  и продолжительность стоянки на конечной температуре  $x_2$  ( $x_3 = 15\%$ ,  $x_4 = 3,5$  мм); *б* – толщина щепы  $x_4$  и продолжительность стоянки на конечной температуре  $x_2$  ( $x_3 = 15\%$ ,  $x_1 = 180^\circ\text{C}$ )

Влияние факторов варки на модуль сдвига  $G_0$  аналогично влиянию на  $E_1$ , но коэффициент при  $x_1$  примерно в 2 раза больше по величине, т.е. температура оказывает более существенное влияние на  $G_0$ . Влияние толщины щепы значимо проявляется только в парных взаимодействиях с  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$ . Отрицательная величина коэффициентов при квадратичных эффектах  $x_1^2$ ,  $x_2^2$  и  $x_3^2$  свидетельствует о наличии максимума у поверхности отклика. На рис.3 приведены поверхности отклика для характеристики  $G_0$  в области экстремальных значений при фиксированных значениях двух факторов.

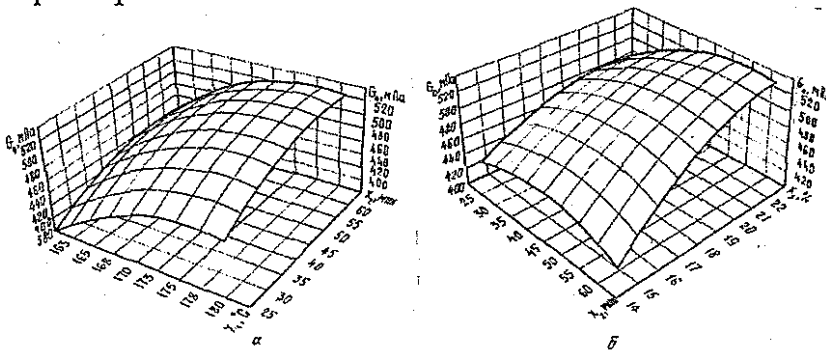


Рис.3. Поверхность зависимости величины модуля сдвига  $G_0$  от различных факторов: *а* – максимальная температура  $x_1$  и продолжительность стоянки на конечной температуре  $x_2$  ( $x_3 = 22\%$ ,  $x_4 = 8$  мм); *б* – продолжительность стоянки на конечной температуре  $x_2$ , расход активной щелочи  $x_3$  ( $x_1 = 175^\circ\text{C}$ ,  $x_4 = 6,5$  мм)

На характеристики прочности факторы варки влияют иначе. Для разрывной длины  $L$  характерно отсутствие значимых коэффициентов при линейных членах уравнения регрессии и наличие максимума у функции отклика, отражающей влияние  $x_2$ . Характерные поверхности отклика приведены на рис. 4.

Работа разрушения  $A_p$  характеризует динамическую прочность целлюлозы. Значимое влияние на нее оказывают  $x_2$  (положительное) и  $x_4$  (отрицательное). Большое число коэффициентов парных взаимодействий и отсутствие квадратичных эффектов определяют линейный характер поверхностей отклика, при этом степень влияния одного фактора меняется в зависимости от величины другого (рис. 5).

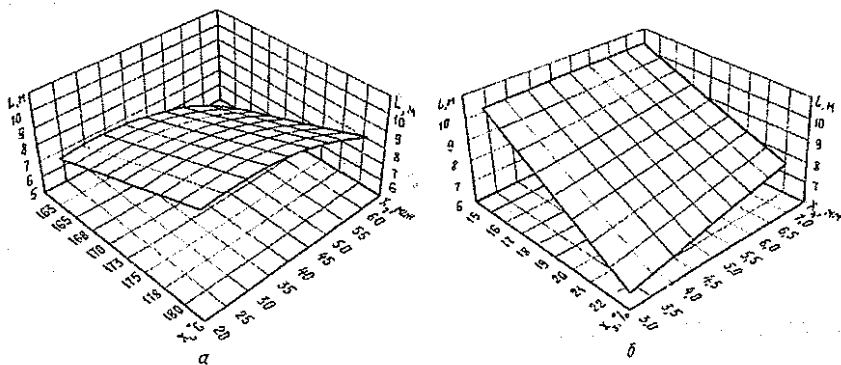


Рис. 4. Поверхность зависимости величины разрывной длины  $L$  от различных факторов:  $a$  – максимальная температура  $x_1$  и продолжительность стоянки на конечной температуре  $x_2$  ( $x_1 = 14$  %,  $x_4 = 6,5$  мм);  $b$  – расход активной щелочи  $x_3$  и толщина щепы  $x_4$  ( $x_1 = 180$  °C,  $x_2 = 30$  мин)

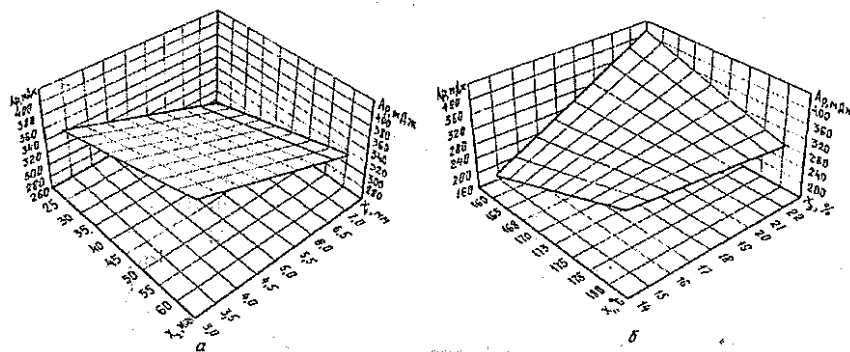


Рис. 5. Поверхность зависимости величины работы разрушения  $A_p$  от различных факторов:  $a$  – толщина щепы  $x_4$  и продолжительность стоянки на конечной температуре  $x_2$  ( $x_3 = 22$  %,  $x_1 = 160$  °C);  $b$  – максимальная температура  $x_1$  и расход активной щелочи  $x_3$  ( $x_3 = 60$  мин,  $x_4 = 2,5$  мм)

Сопротивление сжатию кольца  $K$  характеризует устойчивость материала к сжатию. Значимыми и положительными оказались коэффициенты при  $x_1$  и  $x_3$ , т. е. влияние факторов варки сказывается иначе, чем на динамическую прочность. Наличие в этом случае большого числа коэффициентов парных взаимодействий отражается на характере поверхностей отклика (рис. 6).

По специальной программе на ЭВМ были рассчитаны значения факторов, при которых обеспечивается максимальное значение аппроксимирующего полинома в области их варьирования (табл. 4), т. е. определены параметры варки, соответствующие максимальным величинам характеристик деформативности и прочности и по уравнениям регрессии рассчитаны остальные показатели (табл. 5).

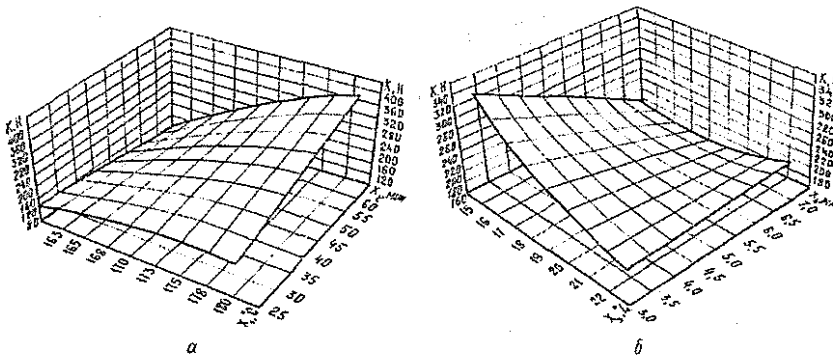


Рис. 6. Поверхность зависимости величины сопротивления сжатию кольца  $K$  от различных факторов:  $a$  – максимальная температура  $x_1$  и продолжительность стоянки на конечной температуре  $x_2$  ( $x_3 = 14\%$ ,  $x_4 = 2$  мм);  $b$  – расход активной щелочи  $x_3$  и толщина щепы  $x_4$  ( $x_1 = 180^\circ\text{C}$ ,  $x_2 = 55$  мин)

Таблица 4

Номер режима варки	Характеристика	Максимальное значение характеристики	Параметры варки, соответствующие получению целлюлозы с максимальными характеристиками			
			Максимальная температура, $^\circ\text{C}$	Продолжительность стоянки на максимальной температуре, мин	Расход активной щелочи, %	Толщина щепы, мм
1	$E_1, \text{МПа}$	9 300	165	55	22	6,5
2	$EI, \text{мН}\cdot\text{см}^2$	525	180	60	15	3,5
3	$G_0, \text{МПа}$	535	175	50	22	8,0
4	$L, \text{м}$	10 600	180	30	14	6,5
5	$A_p, \text{мДж}$	430	160	60	22	2,5
6	$K, \text{Н}$	380	180	55	14	2,0

Таблица 5

Характеристика	Значение характеристики для режима варки					
	1	2	3	4	5	6
СД, ед. Каппа	37,4	20,5	32,4	57,4	56,5	59,1
$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	0,750	0,733	0,802	0,678	0,673	0,763
$E_1$ , мПа	9 300	7 830	8 760	7 900	7 860	8 127
$EI$ , мН·см <sup>2</sup>	480	525	465	440	360	504
$G_0$ , мПа	486	445	535	445	430	450
$L$ , м	10 000	8 300	9 550	10 600	10 450	9 023
$A_p$ , мДж	325	345	290	345	430	337
$K, H$	210	320	240	105	120	380

Примечание. СД – степень делигнификации;  $\rho$  – плотность.

Таким образом, влияние факторов сульфатной варки на характеристики деформативности и прочности проявляется по-разному, причем для характеристик деформативности это влияние выражено в большей степени. Различная природа этих характеристик, различное влияние на них факторов варки и фундаментальных свойств волокна обуславливают необходимость применения различных режимов варки для получения максимальной прочности или максимальной деформативности целлюлозы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Богданович Н.И. Расчеты в планировании эксперимента // Учеб.пособие. - Л.: Изд-во ЛТА, 1978.- 80 с. [2]. Казаков Я.В., Комаров В.И. Математическая обработка кривых зависимости напряжение-деформация, полученных при испытании целлюлозно-бумажных материалов на растяжение // Лесн. журн. - 1995. - № 1. - С.109. - 114. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Комаров В.И. Анализ зависимости напряжение – деформация при испытании на растяжение целлюлозно- бумажных материалов // Лесн. журн. - 1993. - № 2-3. - С. 123-131. - (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Комаров В.И. Жесткость при изгибе целлюлозно-бумажных материалов. Анализ методов измерения и влияния технологических факторов // Лесн. журн. - 1994. - № 3. - С.112 - 142. - (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Комаров В.И., Личутина Т.Ф. Влияние производственных процессов на деформационные свойства сульфатной небеленой целлюлозы // Состояние и перспективы развития технологии и оборудования ЦБП: Материалы Всесоюз.науч.-техн. конф., 29 сент.-1окт. 1981 г. - Л.: РИО ЛТА, 1982.— С. 87. [6]. Комаров В.И., Личутина Т.Ф. Влияние размеров щепы на деформативность и прочность сульфатной небеленой целлюлозы // Бум. пром-сть. - 1988. - № 12. - С.8-9. [7]. Комаров В.И., Личутина Т.Ф., Легкодухов Н.Г. Изменение физико-механических свойств целлюлозы в производственных процессах ее получения // Химическая переработка древесины: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: РИО ЛТА, 1982. - С.64-68. [8]. Комаров В.И., Личутина Т.Ф., Пахтусова В.П. Влияние температуры целлюлозы, выгружаемой из аппарата “Камюр”, на ее физико-механические свойства // Химическая переработка древесины: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: РИО ЛТА, 1982. -

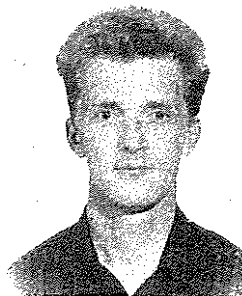
- С. 61 - 64. [9]. Комаров В. И., Личутина Т.Ф. Формирование физико-механических свойств сульфатной небеленой целлюлозы в процессе производства // Бум. пром-сть. - 1985. - № 3. - С.15-17. [10]. Лендьел П., Морвай Ш. Химия и технология целлюлозного производства / Пер. с нем. - М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 544 с. [11]. Личутина А.Ф., Комаров В.И. Влияние размеров щепы на стабильность физико-механических свойств сульфатной небеленой целлюлозы // Целлюлоза, бумага и картон: Экспресс-информация. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1988. - Вып.10. - С. 2-15. [12]. Непенин Ю.Н. Технология целлюлозы: В 3 т. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - Т.2: Производство сульфатной целлюлозы // Учеб.пособие для ВУЗов. - 600 с. [13]. ОСТ 13.163-83. Полуфабрикаты целлюлозно-бумажного производства. Резонансный метод определения модуля сдвига и добротности. - Введ. с 01.01.84. [14]. Пен Р.З., Менчер Э.М. Статистические методы в целлюлозно-бумажном производстве. - М.: Лесн.пром-сть, 1973. - 120 с. [15]. Стабилизация качества небеленой сульфатной целлюлозы при варке в аппарате "Камюр" / В.Н.Пахтусова, С.В.Дедов, Т.Ф.Личутина, В.И.Комаров // Лесн. журн. - 1992. - № 1. - С.101-106. - (Изв. высш. учеб. заведений). [16]. Akntaruzzamaim A.F.M., Virkola N.E. Influence of chip dimensions in kraft pulping. Part 2. Present state and scope of the study // Paperi ja Puu. - 1979. - № 9. - P.578-590. [17]. Akntaruzzamaim A.F.M., Virkola N.E. Influence of chip dimensions in kraft pulping. Part 3. Effect on delignification and a mathematical model for predicting pulping parametrs // Paperi ja Puu. - 1979. - № 10. - P. 680-692. [18]. Akntaruzzamaim A.F.M., Virkola N.E. Influence of chip dimensions in kraft pulping. Part 5. Effect on total yield and screening rejects, prediction models // Paperi ja Puu. - 1980.- №1. - P.15. [19]. Akntaruzzamaim A.F.M., Virkola N.E. Influence of chip dimensions in kraft pulping. Part 6. Effect on the viscosity, fibre length and Bauer-McNett classification of unbleached pulp; predictive mathematical models // Paperi ja Puu. - 1980. - № 2. - P. 70-79.

Поступила 24 апреля 1995 г.

УДК 676.017

### В.И. КОМАРОВ, И.Б. ФИЛИППОВ

Архангельский государственный технический университет



Филиппов Илья Борисович родился в 1969 г., окончил в 1992 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет 10 научных трудов в области деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



## ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ ПОЛУФАБРИКАТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ ДЛЯ ОФСЕТНОЙ ПЕЧАТИ\*

Дана сравнительная характеристика фундаментальных, деформационных и прочностных свойств полуфабрикатов, используемых для производства офсетной бумаги. Оценена стабильность качества полуфабрикатов во времени. Показано, что при различном состоянии структуры образца полуфабриката фундаментальные свойства волокон неоднородно влияют на величину характеристик деформативности и прочности.

A comparative characteristic of deformation and strength properties of offset paper pulp is given. The durability of pulp quality stability has been estimated. It has been shown that under various pulp sample structure conditions the fundamental properties of fibers ambiguously influence the value of deformability and strength characteristics.

Бумага для печати должна обладать рядом специфических свойств, хотя, как отмечается в монографии [11], печатные свойства бумаги – "... это понятие весьма неопределенное", включающее большое количество различных характеристик. Свойства бумаги, от которых зависит ее поведение в печатном процессе, могут быть разделены на следующие группы [ 8 ]:

а) определяющие качество прохождения бумаги через транспортную систему печатной машины;

б) определяющие отложение компонентов бумаги на печатных цилиндрах или печатных формах.

К первой группе, кроме механической прочности, относятся такие характеристики бумаги, как модуль упругости и жесткость при изгибе, которые изучены недостаточно, несмотря на то, что оказывают большое влияние на качество [6-8, 10]. Эти характеристики отечественными стандартами не нормируются.

Известно, что обрывы полотна в процессе печати происходят не за счет увеличения соотношения нагрузка – прочность, а связаны с вариацией величин характеристик качества бумаги.

---

\* Статья является первой в серии подготовленных к печати работ, в которых рассматриваются вопросы влияния технологических факторов на деформативность и прочность книжно - журнальной бумаги для офсетной печати.

Таким образом, снижение вариации этих характеристик позволяет повышать стабильность технологического процесса. В анализе [9] работы российских бумажных предприятий отмечен ряд “технических слабостей”, в том числе и “нестабильное качество продукции”.

В технологической системе производства бумаги большое внимание уделяется качеству полуфабрикатов. Создание материала с заранее заданными свойствами невозможно без использования в прогнозировании этого фактора.

Цель данной работы – определить стабильность во времени величин характеристик, оценивающих фундаментальные [1], деформационные и прочностные свойства полуфабрикатов, которые используют при производстве книжно-журнальной бумаги для офсетной печати, и установить их корреляцию между собой.

При проведении эксперимента в течение квартала было отобрано по 20 проб следующих полуфабрикатов: хвойная беленая сульфатная целлюлоза; лиственная беленая сульфатная целлюлоза; хвойная и лиственная ХТММ; ТММ. Лабораторные образцы изготавливали из полуфабриката, не подвергавшегося дополнительному размолу. Масса 1 м<sup>2</sup> образцов соответствовала массе готовой бумаги и составляла 52 г.

При испытании образцов определяли следующие характеристики: фракционный состав по длине волокна; средняя длина волокна  $l_{\text{ср}}$ ; критическая длина волокна  $l_{\text{к}}$  (длина, ниже которой при приложении разрушающей нагрузки волокно не разрушается [4], а выдергивается из структурной матрицы); средняя ширина волокна  $d_{\text{ср}}$ ; межволоконные силы связи по Иванову  $F_{\text{св}}$ ; когезионная способность волокон по Кларку  $SV$ ; адгезия волокон по Скотту  $F_z$ ; нулевая разрывная длина  $L_0$ ; пухлость  $V$ ; начальный модуль упругости  $E_1$ ; эффективный модуль упругости  $E_3$ ; модуль упругости в области предразрушения  $E_2$ ; предел упругости  $\sigma_1$ ; эффективное напряжение  $\sigma_3$ ; разрушающее напряжение  $\sigma_p$ ; работа разрушения  $A_p$ ; предел упругой деформации  $\epsilon_1$ ; эффективная деформация  $\epsilon_3$ ; деформация разрушения  $\epsilon_p$ ; жесткость при изгибе  $EI$ ; модуль сдвига  $G_0$ ; разрушающее усилие  $P$ ; разрывная длина  $L$ ; стойкость поверхности к выщипыванию с внешней  $P_{\text{зв}}$  и сеточной  $P_{\text{zc}}$  сторон листа; сопротивление излому  $N$ .

Экспериментальные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

## Физико-механические характеристики полуфабрикатов, поступающих на бумажную фабрику

Характеристики	Хвойная целлюлоза				Лиственная целлюлоза				Хвойная ХТММ				Лиственная ХТММ				ТММ				
	$\bar{X}$	max	min	V, %	$\bar{X}$	max	min	V, %	$\bar{X}$	max	min	V, %	$\bar{X}$	max	min	V, %	$\bar{X}$	max	min	V, %	
Фундаментальные:																					
в, МПа	1,01	1,25	0,40	9,1	0,86	1,10	0,30	11,8	1,11	1,45	0,38	13,8	1,14	1,50	0,41	12,1	0,87	1,08	0,60	17,0	
У, МПа	2,79	3,10	1,99	11,3	2,28	2,91	1,72	11,6	3,45	4,17	2,10	14,4	3,48	4,30	2,63	11,7	2,99	3,87	1,99	20,7	
Е, Дж / м <sup>2</sup>	146	201	102	15,1	120	155	88	11,8	139	177	115	10,9	122	162	99	13,4	109	125	85	11,4	
σ, М	3076	3630	1183	9,5	2207	2796	818	10,2	2186	2747	670	11,9	2130	2627	512	12,4	1835	2093	1548	8,9	
σ, см <sup>2</sup> / г	1,68	1,85	1,59	4,5	1,64	1,78	1,54	4,5	1,96	2,19	1,73	6,7	1,9	2,11	1,65	7,8	2,21	2,33	2,07	4,1	
σ, мм	2,04	2,55	1,22	16,1	1,14	1,46	0,9	14,6	1,84	2,41	0,93	18,5	1,6	2,58	1,05	28,2	1,58	2,22	1,09	25,7	
ρ, МКМ	35,6	43,6	28,4	11,0	31,9	35,3	26,8	7,6	40,6	50,0	33,6	10,6	39,0	47,0	31,4	10,9	43,2	47,9	38,4	6,1	
σ, мм	0,41	-	-	-	0,32	-	-	-	0,27	-	-	-	0,25	-	-	-	0,25	-	-	-	
Фракционный состав по длине волокон, %:																					
<0,6	6,5	11,3	2,1	41,5	7,3	17,3	0,7	...	7,3	18,0	0,7	...	7,3	12,8	0,7	46,1	15,1	28,2	2,0	...	
0,6 ... 1,2	22,8	51,3	12,0	41,6	58,5	73,5	38,7	16,3	23,4	60,7	4,5	...	34,5	61,1	2,7	...	28,2	49,3	12,7	37,4	
1,2 ... 1,8	20,4	30,0	11,3	20,0	28,0	46,0	16,7	27,9	24,2	31,4	18,0	17,6	29,3	42,7	16,0	24,0	24,7	32,7	16,0	21,8	
1,8 ... 2,4	14,9	22,4	6,0	26,8	4,2	10,7	0,7	...	20,6	30,0	10,7	27,1	13,8	32,0	3,3	...	15,7	27,3	5,4	40,8	
2,4 ... 3,0	16,0	22,7	4,7	25,8	2,8	6,0	0,7	...	14,8	26,7	1,3	39,8	9,3	24,7	2,0	...	10,8	18,7	2,7	48,7	
3,0 ... 3,6	12,4	21,3	2,7	35,4	2,0	4,0	0,7	...	8,5	12,0	4,0	29,3	6,3	18,7	0,7	...	6,8	17,3	1,3	...	
3,6 ... 4,2	6,4	17,2	1,3	...	1,3	2,0	0,7	34,6	4,1	9,3	1,3	...	3,0	9,3	0,7	...	2,6	6,7	0,7	...	
4,2 ... 4,8	2,4	6,0	0,7	...	0,7	0,7	0,7	0,0	1,1	2,1	0,7	46,7	2,0	5,7	0,7	...	1,1	2,0	0,7	...	
>4,8	1,3	2,8	0,7	...	-	-	-	-	0,7	0,7	0,7	0,0	0,7	0,7	0,7	0,0	0,7	0,7	0,7	0,0	

Продолжение табл. 1

Характеристики	Хвойная целлюлоза			Лиственная целлюлоза			Хвойная ХТММ			Лиственная ХТММ			ТММ			
	$\bar{X}$	max	min	V, %	$\bar{X}$	max	min	V, %	$\bar{X}$	max	min	V, %	$\bar{X}$	max	min	V, %
Деформационные:																
$E_1$ , МПа	3500	5000	2330	24,8	3920	5460	3170	20,5	2890	3890	1920	30,7	2740	3620	2010	20,7
$E_2$ , МПа	1711	2550	1175	19,9	2049	2630	1399	11,6	1700	3252	1050	25,7	1647	2316	1019	19,6
$E_3$ , МПа	624	1076	457	25,4	777	988	531	15,2	739	1667	449	34,4	736	1029	350	24,4
$\sigma_1$ , МПа	12,8	17,5	5,6	23,7	13,2	15,8	5,7	17,7	10,2	23,5	5,4	36,9	10,4	15,9	4,8	28,1
$\sigma_2$ , МПа	17,5	21,7	10,7	10,4	16,9	21,3	8,9	11,2	14,4	20,1	6,8	18,8	16,0	21,7	6,9	20,0
$\epsilon_1$ , %	0,37	0,44	0,28	7,9	0,35	0,44	0,25	10,6	0,37	0,48	0,28	14,3	0,39	0,52	0,28	18,0
$\epsilon_2$ , %	0,61	0,97	0,49	18,2	...	...	...	...	0,64	0,84	0,42	13,8	0,67	0,89	0,52	13,6
$\epsilon_3$ , %	1,91	2,40	1,52	13,0	1,33	1,68	1,00	13,2	1,42	1,72	1,28	7,3	1,35	1,68	1,14	9,9
$EI$ , МН·см <sup>2</sup>	32,5	51,3	21,2	26,4	34,3	80,0	21,0	42,4	34,7	56,4	23,0	25,3	33,4	71,3	24,6	32,0
$G_0$ , МПа	611	692	544	6,8	622	717	489	9,4	431	558	367	13,6	463	605	366	15,2
Прочностные:																
$R$ , Н	39,8	73,8	31,4	23,1	33,8	62,9	22,2	23,2	33,2	41,0	27,4	11,2	33,8	40,0	20,4	13,6
$L$ , М	5060	6090	4330	23,3	4350	5610	3610	23,0	4280	5250	3800	10,8	4300	5020	3650	12,9
$\sigma_p$ , МПа	30,3	55,0	22,6	22,4	26,7	48,2	15,9	23,4	22,3	31,1	15,4	18,3	23,2	30,5	13,1	20,4
$A_p$ , мДж	48,2	64,1	26,6	22,4	29,0	47,4	14,7	25,7	29,3	35,6	22,1	13,9	28,5	39,4	12,4	19,4
$R_{20}$ , М/с	1,82	2,20	1,50	11,9	1,65	1,90	1,48	7,1	1,82	2,10	1,40	11,0	1,89	2,36	1,52	13,1
$R_{20}$ , М/с	2,04	2,40	1,66	9,5	1,88	2,18	1,68	6,5	2,13	2,60	1,50	11,3	2,19	2,60	1,80	8,4
$N$ , ч.д.п.	44	148	8	...	7	27	3	...	8	16	3	39,0	5	13	3	44,4

Примечание.  $\bar{X}$ , max, min – соответственно средняя, максимальная и минимальная величина характеристики; V – коэффициент вариации.

При испытании образцов целлюлозы и бумаги промышленного производства коэффициенты корреляции характеристик деформативности и прочности, как правило, не имеют высоких значений (хотя у образцов лабораторного производства, в некоторых случаях, наблюдается противоположная закономерность [3]). В данном случае представлялось возможным в условиях производства проследить вариацию комплекса характеристик качества полуфабрикатов, поступающих на бумажную фабрику.

Проведенный эксперимент показал, что вариация во времени (в течение квартала) всех характеристик весьма высока, практически во всех случаях коэффициент вариации выше 5 %, которые приняты в ЦБП при оценке изменчивости величин параметров и характеристик.

Обращает на себя внимание высокая нестабильность средней длины волокна и фракционного состава по длине волокна как у целлюлозы, так и у механических масс. Вероятно, именно этим можно объяснить тот факт, что вариация характеристик деформативности и прочности полуфабрикатов в среднем в 2,0 – 2,5 раза выше по сравнению с фундаментальными характеристиками.

Хвойная целлюлоза, как и ожидалось, оказалась наиболее прочным полуфабрикатом. Она отличается от других исследуемых полуфабрикатов более высокими значениями нулевой разрывной длины и средней длины волокна.

Лиственная целлюлоза имела высокие характеристики деформативности. Вариация характеристик деформативности у механических масс выше, чем у целлюлозы, что, очевидно, можно объяснить более высокой вариацией у этих полуфабрикатов величин когезионной способности волокон и средней длины волокна. В отличие от характеристик деформативности, величины характеристик прочности механических масс более стабильны.

По данным работы [8] величина начального модуля упругости при прохождении бумаги через печатную машину без осложнений должна составлять  $(4000 \pm 360)$  МПа.

В нашем эксперименте модуль упругости хвойной целлюлозы был равен  $(3500 \pm 868)$  МПа, лиственной целлюлозы –  $(3920 \pm 804)$  МПа, хвойной ХТММ –  $(2890 \pm 887)$  МПа, лиственной ХТММ –  $(2740 \pm 567)$  МПа, ТММ –  $(1940 \pm 371)$  МПа. Причем минимальное значение начального модуля упругости у образцов выборок полуфабрикатов составляло половину от требуемого. В этих условиях особое значение в технологической системе производства приобретает процесс размола.

## Корреляция фундаментальных свойств и

Характеристики	Коэффициент корреляции	Хвойная целлюлоза				Лиственная целлюлоза			
		$SV$	$V$	$l_{cp}$	$d_{cp}$	$SV$	$V$	$l_{cp}$	$d_{cp}$
$L$	Парный	0,123	-0,442	-0,043	0,108	-0,029	0,029	0,297	-0,054
	Частный	0,207	-0,485	0,056	0,031	-0,033	0,088	0,300	-0,015
	Множественный	0,500				0,309			
$P_{zv}$	Парный	0,272	0,054	-0,180	0,149	0,342	0,293	-0,103	-0,029
	Частный	0,172	0,010	-0,111	0,040	0,244	0,160	-0,061	-0,089
	Множественный	0,292				0,385			
$P_{zc}$	Парный	0,089	-0,033	-0,117	0,304	0,412	0,098	-0,132	-0,206
	Частный	-0,116	-0,024	-0,157	0,323	0,437	-0,115	-0,150	-0,283
	Множественный	0,347				0,506			
$E_1$	Парный	-0,195	-0,140	0,107	0,251	0,252	0,213	-0,105	0,006
	Частный	0,183	-0,211	0,179	0,143	0,174	0,106	-0,070	-0,038
	Множественный	0,362				0,283			
$E_I$	Парный	0,144	-0,005	0,132	0,344	-0,021	0,390	-0,127	0,287
	Частный	0,033	-0,046	0,143	0,288	-0,274	0,443	-0,052	0,275
	Множественный	0,371				0,520			

Важная задача при прогнозировании качества целлюлозно-бумажных материалов — установить связь фундаментальных свойств волокнистого материала с характеристиками деформативности и прочности. Корреляция некоторых фундаментальных свойств с физико-механическими характеристиками полуфабрикатов представлена в табл. 2, из которой следует, что величины парной и частной [5] корреляции имеют низкие значения.

Можно утверждать, что изменение одной или нескольких характеристик волокна зачастую препятствует полноценному проявлению влияния других. Об этом свидетельствуют наблюдаемые во многих случаях более высокие значения частной корреляции по сравнению с парной. Коэффициенты множественной корреляции в некоторых случаях значительно превосходят коэффициенты частной корреляции. Это свидетельствует о более сильном совокупном влиянии факторов по сравнению с влиянием отдельных характеристик. Принимая во внимание вышеизложенное и тот факт, что зависимость между фундаментальными и физико-механическими свойствами исследуемых материалов скорее всего нелинейна, для выяснения характера и степени влияния фундаментальных показателей более целесообразно использо-

Таблица 2

## физико-механических характеристик полуфабрикатов

Хвойная ХТММ				Лиственная ХТММ				ТММ			
$SV$	$V$	$l_{cp}$	$d_{cp}$	$SV$	$V$	$l_{cp}$	$d_{cp}$	$SV$	$V$	$l_{cp}$	$d_{cp}$
0,212	-0,751	-0,706	0,168	0,107	-0,585	-0,315	-0,743	0,357	0,165	0,123	0,141
-0,329	-0,628	-0,559	0,243	0,282	-0,317	0,269	-0,572	0,321	-0,036	0,090	-0,147
0,846				0,784				0,393			
0,220	0,081	0,057	0,266	0,266	-0,155	-0,215	-0,252	0,054	0,240	0,779	-0,284
0,286	0,132	0,087	0,271	0,199	0,103	-0,132	-0,237	0,235	0,477	0,877	-0,602
0,394				0,367				0,905			
0,246	0,035	-0,030	0,182	0,387	-0,048	-0,240	-0,316	0,458	0,567	0,205	0,622
0,272	0,129	0,008	0,179	0,345	0,402	-0,338	-0,474	-0,442	0,724	0,440	0,732
0,332				0,616				0,852			
0,093	-0,724	-0,586	0,305	0,207	-0,681	-0,529	-0,484	0,224	-0,090	0,231	-0,107
-0,456	-0,673	-0,473	0,453	0,348	-0,484	0,077	-0,029	0,502	-0,342	0,185	-0,440
0,840				0,728				0,551			
-0,701	0,303	0,153	-0,094	-0,073	0,134	-0,125	0,320	0,264	0,025	-0,503	-0,014
-0,699	0,195	-0,295	-0,064	-0,194	0,192	-0,363	0,273	0,571	-0,341	-0,625	-0,439
0,734				0,487				0,705			

вать наряду с корреляционным анализом и расчет зависимостей от нескольких переменных (фундаментальных свойств).

Представленные в табл. 3 данные о корреляции характеристик прочности и деформативности исследуемых полуфабрикатов подтверждают имеющиеся сведения, что в случае использования для расчетов представительной выборки образцов, отобранных в производственных условиях, тесной корреляции между характеристиками деформативности и прочности, как правило, не наблюдается и отсутствует четкая закономерность в тесноте корреляции между характеристиками при переходе от одного полуфабриката к другому.

В работе [2] показано, что кривую зависимости напряжение-деформация, являющуюся интегральной характеристикой механических свойств материала, можно использовать для оценки качества целлюлозно-бумажных материалов. Отмечается сложность явлений, обуславливающих механическое поведение данных материалов, и то, что к основным факторам, влияющим на физико-механические свойства, относятся межволоконные силы связи (когезионная способность волокон) и средняя длина волокна.

Достаточно представительная выборка позволила отобрать образцы по следующим признакам: равенство межволокон-

ных сил связи; одинаковая средняя длина волокна; отличающиеся в сильной степени величиной начального модуля упругости; отличающиеся в сильной степени величиной разрывной длины (т.е. прочностью). Кроме того, она дала возможность проследить различия в ходе кривых  $\sigma - \varepsilon$ , соответствующих данным образцам.

Таблица 3

Корреляция характеристик деформативности и прочности полуфабрикатов

Характеристики	$P$	$L$	$\sigma_p$	$A_p$	$N$	$P_{2b}$	$P_{2c}$
Хвойная целлюлоза							
$E_1$	0,624	0,620	0,834	0,265	0,352	0,370	0,115
$E_3$	0,517	0,491	0,738	-0,013	0,261	0,407	0,109
$E_2$	-0,008	-0,054	0,028	-0,506	0,090	0,118	-0,201
$\varepsilon_p$	0,266	0,271	0,036	0,773	0,074	-0,137	0,200
$G_0$	0,269	0,307	0,288	0,080	0,308	0,177	-0,012
$EI$	0,584	0,571	0,589	0,197	0,423	0,432	0,325
Лиственная целлюлоза							
$E_1$	-0,726	0,765	0,729	0,609	-0,220	0,574	0,541
$E_3$	0,764	0,820	0,750	0,534	-0,050	0,454	0,508
$E_2$	-0,198	-0,138	-0,193	-0,538	-0,080	-0,415	0,002
$\varepsilon_p$	0,486	0,508	0,560	0,856	0,286	0,332	-0,142
$G_0$	0,067	0,256	0,274	0,090	0,109	0,297	0,084
$EI$	0,511	0,430	0,521	0,568	0,087	0,022	-0,250
Хвойная ХТММ							
$E_1$	0,809	0,728	0,749	0,554	0,150	-0,144	-0,080
$E_3$	0,811	0,880	0,922	0,589	0,030	-0,258	-0,162
$E_2$	0,290	0,342	0,363	0,075	-0,129	-0,103	-0,076
$\varepsilon_p$	0,026	-0,016	0,164	0,514	-0,377	0,395	0,433
$G_0$	0,739	0,772	0,859	0,523	-0,068	-0,179	-0,261
$EI$	0,748	0,602	0,581	0,583	0,201	-0,032	0,037
Лиственная ХТММ							
$E_1$	0,678	0,591	0,723	0,245	-0,374	0,091	0,027
$E_3$	0,704	0,604	0,813	0,324	-0,311	-0,080	-0,231
$E_2$	0,602	0,580	0,619	0,393	-0,026	-0,191	-0,356
$\varepsilon_p$	0,200	0,316	0,191	0,720	0,151	-0,057	0,160
$G_0$	0,665	0,609	0,892	0,503	-0,488	0,203	0,102
$EI$	-0,071	-0,223	-0,192	-0,258	-0,082	-0,237	0,020
ТММ							
$E_1$	0,879	0,862	0,654	0,272	0,256	0,579	-0,076
$E_3$	0,774	0,825	0,790	0,050	0,079	0,374	0,029
$E_2$	0,473	0,548	0,462	-0,158	0,184	0,223	-0,059
$\varepsilon_p$	-0,526	-0,579	-0,477	0,430	0,026	-0,121	0,317
$G_0$	0,150	0,179	0,330	-0,709	-0,181	-0,270	-0,556
$EI$	0,520	0,560	0,824	0,096	-0,376	-0,108	-0,267

Примечание. Минимальный значимый коэффициент корреляции равен 0,774.



В табл. 4 (где 1 и 2 – номера образцов, соответствующие номерам кривых на рисунках) и на рис. 1 представлены результаты испытаний образцов, имеющих у данного вида полуфабриката равные межволоконные силы связи.

Из рис. 1 видно, что ход кривых  $\sigma - \epsilon$  отличается большим разнообразием.

Таблица 4

**Фундаментальные, прочностные  
и деформационные характеристики образцов  
с равными когезионными силами в структуре**

Характеристики	Хвойная целлюлоза		Лиственная целлюлоза		Хвойная ХТММ		Лиственная ХТММ		ТММ	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<b>Фундаментальные:</b>										
$F_{св}$ , МПа	1,12	1,05	0,85	0,86	1,36	1,22	1,31	1,02	0,93	0,99
$SV$ , МПа	2,80	2,78	2,17	2,13	3,66	3,69	3,38	3,34	3,25	3,27
$F_z$ , Дж/м <sup>2</sup>	122	102	125	133	172	115	117	99	123	125
$L_0$ , м	2560	3170	2010	2350	2060	2280	2470	2340	1690	1920
$V$ , см <sup>3</sup> /г	1,61	1,70	1,62	1,58	1,72	1,93	1,65	2,10	2,23	2,12
$l_{ср}$ , мм	1,22	1,51	1,03	1,41	0,93	2,11	1,27	2,08	1,44	2,08
$d_{ср}$ , мкм	31,3	36,6	30,3	26,8	39,0	42,7	31,4	40,5	45,6	47,9
$k$ , мм	0,30	0,40	0,27	0,28	0,23	0,28	0,24	0,29	0,25	0,29
<b>Деформационные:</b>										
$E_1$ , МПа	3652	2070	4520	3320	3590	2890	3410	2190	2020	1600
$E_3$ , МПа	1790	1180	2310	1680	2020	1420	2020	1290	1290	1170
$E_2$ , МПа	680	460	870	680	1080	470	880	630	580	610
$\sigma_1$ , МПа	15,7	9,0	15,8	10,8	16,7	9,2	14,8	7,7	7,5	5,8
$\sigma_3$ , МПа	18,8	17,6	18,4	14,9	19,9	12,8	17,3	13,8	9,4	9,0
$\sigma_p$ , МПа	27,9	27,5	27,4	25,7	29,6	20,1	30,1	21,4	14,8	13,0
$\epsilon_1$ , %	0,44	0,44	0,36	0,34	0,48	0,35	0,44	0,37	0,39	0,37
$\epsilon_3$ , %	0,60	0,97	0,45	0,56	0,62	0,58	0,70	0,89	0,53	0,61
$\epsilon_p$ , %	1,60	2,40	1,28	1,68	1,32	1,32	1,40	1,48	1,16	1,20
$EI$ , мН·см <sup>2</sup>	23,1	29,7	34,0	24,9	56,4	30,5	24,6	26,4	41,4	21,6
$G_0$ , МПа	661	585	624	584	558	408	605	366	327	334
<b>Прочностные:</b>										
$P$ , Н	35,6	39,2	33,4	33,7	39,3	31,0	37,0	33,9	24,0	21,0
$L$ , м	4460	4960	4340	4330	5090	3850	4760	4490	3180	2750
$A_p$ , мДж	39,2	60,2	29,5	37,0	32,4	27,1	33,0	30,4	16,9	15,7
$P_{zc}$ , м/с	1,90	1,54	1,60	1,60	1,88	2,02	1,92	1,92	1,52	1,50
$P_{zc}$ , м/с	2,00	2,12	1,80	1,80	2,00	2,14	2,30	1,16	2,00	2,40
$N$ , ч.д.п.	8	32	4	8	5	7	4	6	2	3

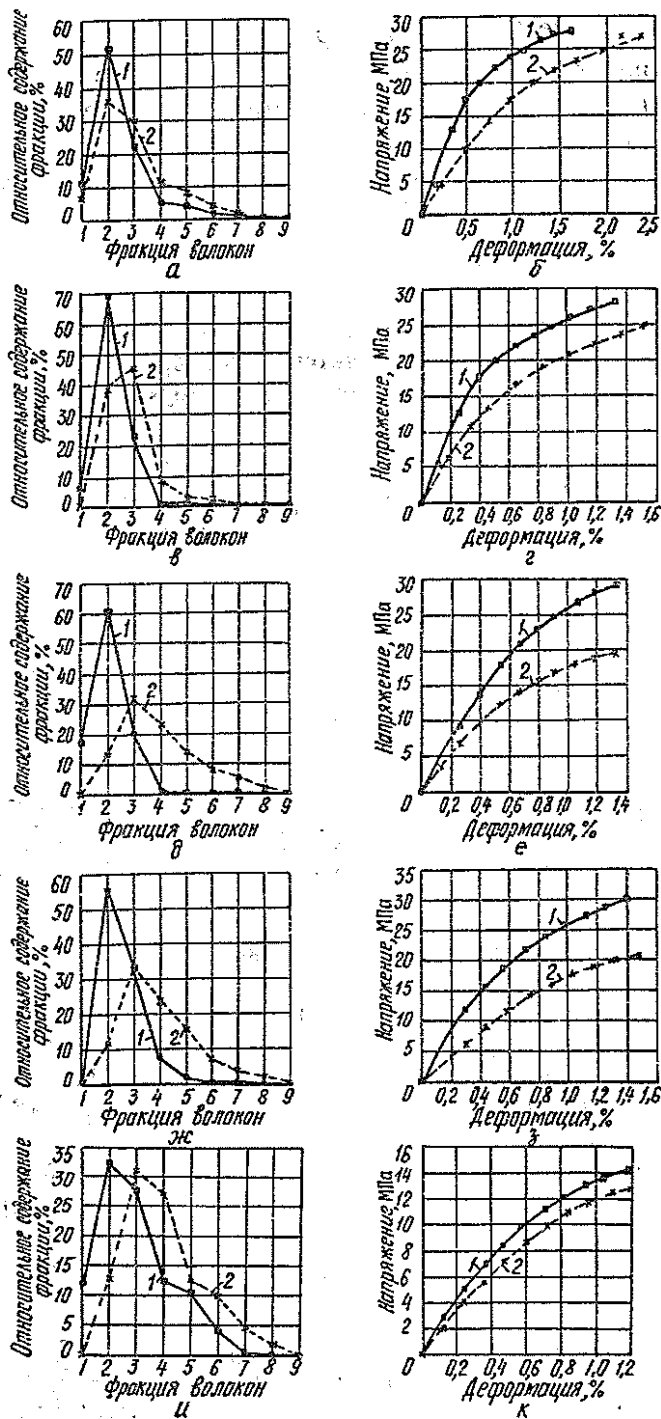


Рис.1. Фракционный состав ( а, в, д, ж, и) и зависимость  $\sigma - \epsilon$  ( б, г, е, з, к) для хвойной ( а, б) и лиственной ( в, г) целлюлозы, хвойной ( д, е) и лиственной ( ж, з) ХТММ и ТММ ( и, к) ( фракция волокон: 1 - <math>< 0,6 \text{ мм}</math>; 2 - <math>0,6 \dots 1,2</math>; 3 - <math>1,2 \dots 1,8</math>; 4 - <math>1,8 \dots 2,4</math>; 5 - <math>2,4 \dots 3,0</math>; 6 - <math>3,0 \dots 3,6</math>; 7 - <math>3,6 \dots 4,2</math>; 8 - <math>4,2 \dots 4,8</math>; 9 - > <math>4,8 \text{ мм}</math> )

Рассматривая фундаментальные свойства, необходимо отметить следующие закономерности: образцы, которые характеризуются более пологим ходом кривых (кривые 2), т. е. менее жесткие, отличались более прочным волокном с большей средней длиной и меньшим относительным содержанием фракций с длиной волокна до 1,8 мм; при значительно меньшей величине начального модуля упругости (а также жесткости при изгибе и модуля сдвига) эти образцы имели большую деформацию разрушения; почти во всех случаях у образцов с более пологой кривой зависимости  $\sigma - \varepsilon$  пухлость была выше.

Таблица 5  
Фундаментальные, прочностные и деформационные характеристики образцов с равной средней длиной волокна

Характеристики	Хвойная целлюлоза		Лиственная целлюлоза		Хвойная ХТММ		Лиственная ХТММ		ТММ	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Фундаментальные:										
$F_{св}$ , МПа	1,07	1,05	0,91	0,79	1,11	0,94	1,33	1,13	0,90	0,67
$SV$ , МПа	2,69	3,03	2,30	1,94	3,52	3,07	3,75	3,66	3,00	2,37
$F_z$ , Дж/м <sup>2</sup>	187	154	128	107	149	136	100	124	124	85
$L_0$ , м	3440	3170	2360	1930	2080	2160	2290	1600	1820	1550
$V$ , см <sup>3</sup> /г	1,61	1,85	1,62	1,59	2,03	2,09	1,81	2,08	2,14	2,28
$l_{ср}$ , мм	1,97	1,95	1,06	1,05	1,89	1,89	1,50	1,54	1,12	1,14
$d_{ср}$ , мкм	34,2	35,1	29,3	34,5	44,9	46,4	44,1	47,0	41,8	43,3
$k$ , мм	0,43	0,42	0,29	0,33	0,25	0,34	0,24	0,19	0,24	0,29
Деформационные:										
$E_1$ , МПа	4710	3340	5350	3630	3060	2530	3150	2640	1870	1640
$E_2$ , МПа	1950	1540	2630	1960	1620	1500	1980	1390	1120	1090
$E_3$ , МПа	560	540	960	700	450	710	760	350	400	420
$\sigma_1$ , МПа	17,5	13,1	15,6	12,5	8,3	10,7	11,2	7,0	7,7	7,3
$\sigma_2$ , МПа	21,7	16,1	18,7	15,8	13,6	16,1	14,4	11,3	10,1	10,3
$\sigma_p$ , МПа	35,2	25,9	28,6	23,5	22,1	22,9	23,3	16,5	13,9	13,6
$\varepsilon_1$ , %	0,38	0,40	0,30	0,36	0,28	0,43	0,36	0,28	0,42	0,45
$\varepsilon_2$ , %	0,56	0,56	0,39	0,50	0,59	0,70	0,63	0,55	0,61	0,68
$\varepsilon_p$ , %	2,00	1,76	1,28	1,36	1,36	1,44	1,16	1,20	1,16	1,20
$EI$ , мН·см <sup>2</sup>	40,4	24,1	37,4	29,8	42,4	44,2	24,6	41,1	38,7	28,6
$G_0$ , МПа	647	591	642	667	434	420	486	391	344	317
Прочностные:										
$R$ , Н	46,1	34,7	36,1	29,8	35,0	35,2	34,5	27,1	22,5	23,3
$L$ , м	6090	4600	4940	3630	4610	4460	3950	3650	2790	2990
$\sigma_p$ , МПа	35,2	25,9	28,6	23,5	22,1	22,9	23,3	16,5	13,9	13,6
$A_p$ , мДж	64,1	42,2	32,7	28,3	31,8	33,6	23,7	21,3	16,3	16,9
$R_{zc}$ , м/с	1,62	1,70	1,70	1,60	1,90	1,72	1,90	2,06	1,40	1,48
$R_{zc}$ , м/с	1,94	1,82	2,00	1,80	2,20	2,00	1,98	2,38	1,60	2,34
$N$ , ч.д.п.	148	63	7	3	11	12	6	4	2	2

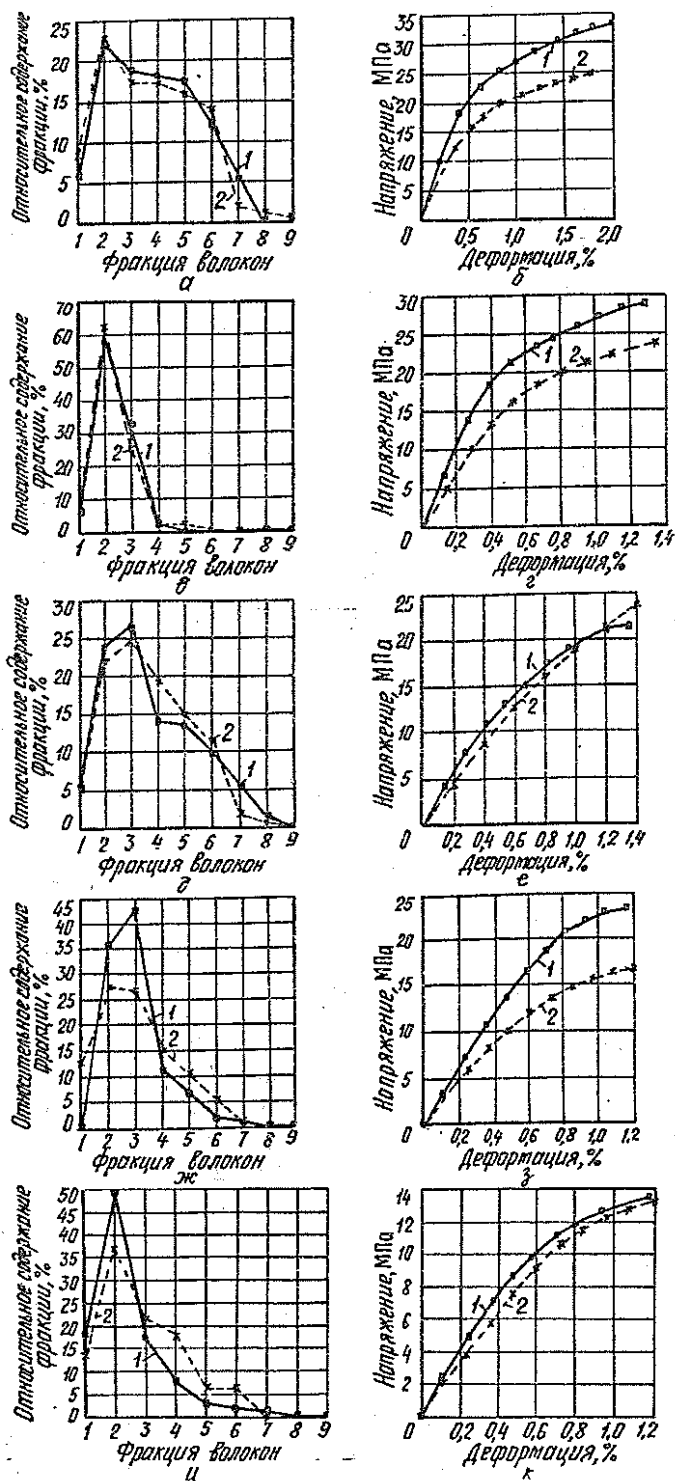


Рис.2. Фракционный состав и зависимость  $\sigma - \epsilon$  при равенстве средней длины волокна (обозначения рисунков и номера фракций приведены на рис.1)

Таблица 6

Фундаментальные и прочностные характеристики образцов с минимальными и максимальными значениями начального модуля упругости

Характеристики	Хвойная целлюлоза		Лиственная целлюлоза		Хвойная ХТММ		Лиственная ХТММ		ТММ	
	Значения характеристик при $E_1$ , МПа									
	5000	2330	5460	3170	3890	1920	3620	2010	2460	1250
Фундаментальные:										
$F_{св}$ , МПа	1,25	1,12	0,89	0,90	1,23	1,06	1,29	0,96	1,09	0,79
$SV$ , МПа	3,10	2,88	2,23	2,30	3,38	3,39	3,73	3,06	3,87	2,87
$F_z$ , Дж/м <sup>2</sup>	201	152	124	111	150	136	138	117	102	103
$L_0$ , м	2990	3010	2450	2080	2140	2490	1910	2620	1830	2000
$V$ , см <sup>3</sup> /г	1,59	1,65	1,61	1,63	1,76	2,05	1,85	2,05	2,28	2,33
$l_{ср}$ , мм	1,91	2,18	1,36	0,90	1,49	2,25	1,25	2,28	1,20	1,71
$d_{ср}$ , мкм	40,9	28,4	31,8	29,8	46,7	34,4	33,6	41,4	46,3	43,1
$l_k$ , мм	0,29	0,36	0,31	0,30	0,29	0,26	0,19	0,36	0,22	0,29
Прочностные:										
$P$ , Н	46,4	39,0	42,7	29,5	41,0	27,4	39,3	31,0	26,0	21,0
$L$ , м	5900	4990	5610	3910	5250	3800	5020	4210	3320	2750
$\sigma_p$ , МПа	35,0	28,0	34,0	23,8	31,1	17,1	28,5	18,7	16,6	12,3
$A_p$ , мДж	63,7	54,6	47,4	23,9	35,6	25,5	33,1	28,1	19,2	19,0
$P_{зв}$ , м/с	2,04	1,76	1,82	1,48	1,62	1,48	1,56	1,52	1,58	1,60
$P_{зс}$ , м/с	2,20	1,90	2,00	1,90	2,20	1,50	2,20	2,00	2,40	2,16
$N$ , ч.д.п.	100	27	27	4	9	8	6	8	2	5

При изучении прочности исследуемых образцов установлено, что менее жесткие образцы хвойной целлюлозы обладали большей прочностью, у образцов лиственной целлюлозы различий в прочности практически не наблюдалось ( кроме показателя работы разрушения ). Образцы механических масс с большей жесткостью имели и большую прочность.

В табл. 5 и на рис. 2 представлены результаты испытаний образцов, имеющих у данного вида полуфабриката равную среднюю длину волокна. У образцов целлюлозы фракционный состав был практически идентичен. Менее жесткие образцы механической массы, как и в предыдущем случае, имели более низкое относительное содержание фракций с длиной волокна до 1,8 мм.

Менее жесткие образцы полуфабрикатов в этом случае отличались меньшими прочностью волокна и межволоконными силами связи, но большей пухлостью.

При невысоких значениях модулей упругости и сдвига более вялые в процессе испытаний на растяжение образцы, как правило, обнаруживали и меньшую жесткость при изгибе, но более высокие значения таких характеристик, как предел упругой деформации и деформации разрушения.

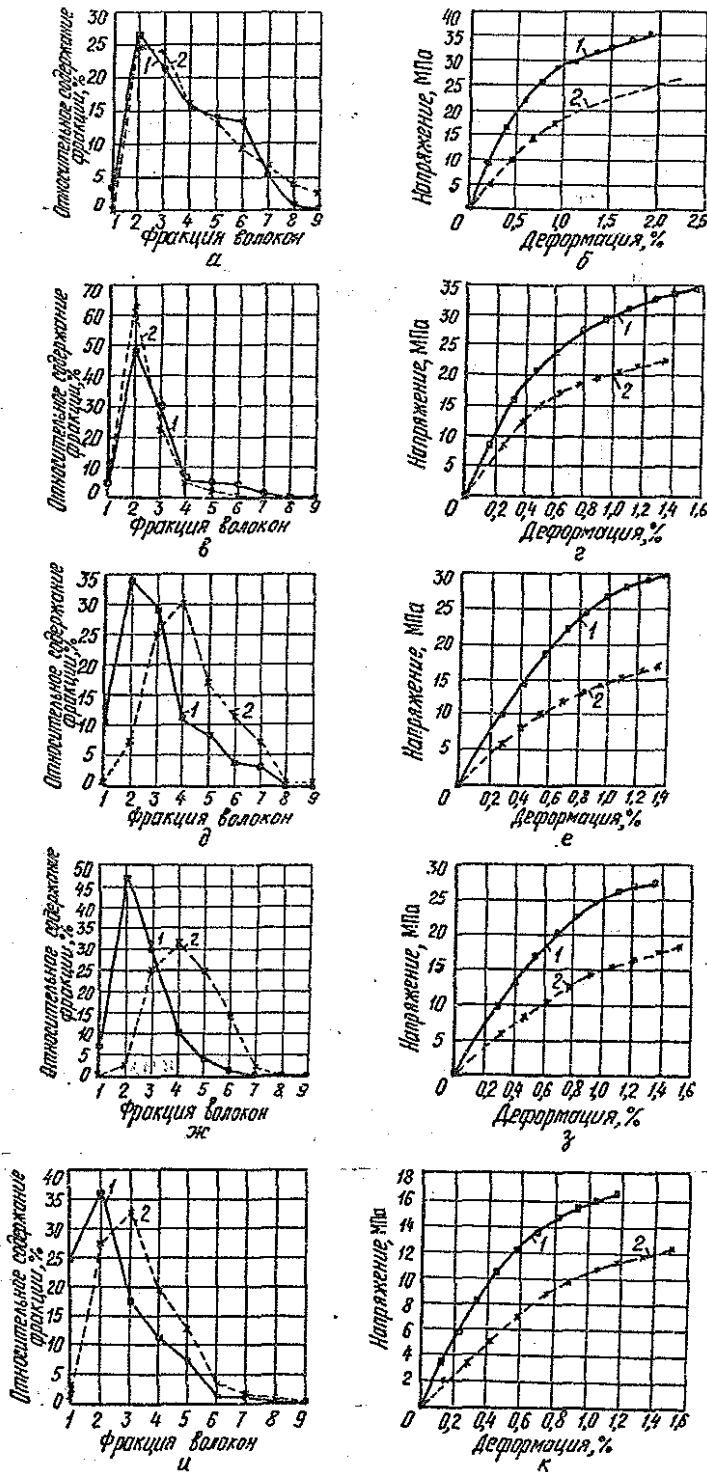


Рис. 3. Фракционный состав и зависимость  $\sigma - \epsilon$  образцов с максимальной (1) и минимальной (2) величиной начального модуля упругости (см. рис.1)

Прочностные характеристики образцов с одинаковой средней длиной волокна, в отличие от образцов с одинаковыми силами связи, ниже у тех, которые имели более пологую кривую зависимости  $\sigma - \varepsilon$ .

В табл. 6 и на рис. 3 представлены результаты испытаний образцов, обнаруживших максимальный и минимальный начальный модуль упругости. Образцы с максимальной величиной начального модуля обладали более высокими межволоконными силами связи, средней шириной волокна, но более низкими средней длиной и прочностью волокон. Образцы с большей жесткостью (кривые 1) имели более высокую относительную долю коротковолокнистых фракций. У каждого образца большему значению начального модуля упругости соответствовали более высокие характеристики прочности. В табл. 7 представлены результаты испытаний образцов с максимальными и минимальными значениями разрывной длины. В этом случае четкой закономерности влияния фундаментальных свойств волокна на деформативность не наблюдается.

Таблица 7

Фундаментальные и деформационные характеристики образцов с минимальными и максимальными значениями разрывной длины

Характеристики	Хвойная целлюлоза		Лиственная целлюлоза		Хвойная ХТММ		Лиственная ХТММ		ТММ	
	Значения характеристик при $L, \mu\text{м}$									
	6090	4330	5610	3610	5250	3800	5020	3650	3440	2550
Фундаментальные:										
$F_{\text{св}}, \text{МПа}$	1,07	1,11	0,89	0,90	1,23	1,06	1,29	1,13	0,99	0,79
$SU, \text{МПа}$	2,69	3,06	2,23	2,17	3,38	3,39	3,73	3,66	3,47	2,87
$F_z, \text{Дж/м}^2$	187	139	124	124	150	136	138	141	114	103
$L_0, \text{м}$	3440	3630	2450	2450	2140	2490	1910	1600	2090	2000
$V, \text{см}^3/\text{г}$	1,61	1,77	1,61	1,54	1,76	2,05	1,85	2,08	2,25	2,33
$l_{\text{ср}}, \text{мм}$	1,97	1,86	1,36	0,96	1,49	2,25	1,25	1,54	2,22	1,71
$d_{\text{ср}}, \text{мкм}$	34,2	32,4	31,8	33,9	46,7	34,4	33,6	47,0	43,4	43,1
Деформационные:										
$E_1, \text{МПа}$	4710	3640	5460	3480	3890	1920	3620	2640	2420	1250
$E_3, \text{МПа}$	1950	1710	3000	1890	2310	1310	2120	1390	1350	830
$E_2, \text{МПа}$	560	520	740	820	690	650	620	350	620	400
$\sigma_1, \text{МПа}$	17,5	13,2	15,5	13,8	11,2	8,4	11,3	7,0	7,3	4,6
$\sigma_3, \text{МПа}$	21,7	17,8	21,3	17,4	20,1	11,4	18,5	11,3	9,4	8,7
$\sigma_p, \text{МПа}$	35,2	28,0	34,0	24,3	31,1	17,1	28,5	16,5	14,1	12,3
$\varepsilon_1, \%$	0,38	0,37	0,30	0,40	0,30	0,45	0,32	0,28	0,32	0,38
$\varepsilon_3, \%$	0,56	0,59	0,49	0,57	0,64	0,66	0,64	0,55	0,47	0,77
$\varepsilon_p, \%$	2,00	1,84	1,56	1,52	1,40	1,36	1,36	1,20	1,16	1,48
$EI, \text{мН} \cdot \text{см}^2$	40,4	21,2	44,5	21,0	34,3	23,0	32,7	41,1	30,7	25,0
$G_0, \text{МПа}$	647	544	684	694	516	382	482	391	317	281

### Выводы

1. Из исследованных полуфабрикатов, которые используют для производства книжно-журнальной бумаги для офсетной печати, более высокие характеристики деформативности имеет лиственная беленая целлюлоза; затем в порядке убывания идут хвойная беленая целлюлоза, ХТММ (как хвойная, так и лиственная обнаруживают примерно равную деформативность) и ТММ.

2. Большой прочностью обладает хвойная беленая целлюлоза. Лиственная беленая целлюлоза и ХТММ обнаруживают примерно равные по величине характеристики прочности. Наименее прочной оказалась ТММ.

3. Статистический анализ показал, что фундаментальные, деформационные и прочностные характеристики всех исследованных полуфабрикатов имеют высокие коэффициенты вариации (особенно фракционный состав по длине волокна), т. е. стабильность качества в течение квартала была низкой. Причем у механических масс по сравнению с целлюлозой в большей степени подвержены колебаниям характеристики фундаментальных и деформационных свойств, а характеристики прочности более стабильны.

4. При переходе от парной к множественной корреляции теснота корреляции фундаментальных свойств с характеристиками деформативности и прочности повышается.

5. Теснота корреляции характеристик деформативности и прочности у образцов заводского производства оказалась невысокой. Причем для разных видов полуфабрикатов наблюдаются свои закономерности.

6. Величины коэффициентов корреляции характеристик прочности и деформативности подтверждают сведения о том, что в случае использования для расчетов выборки образцов материала, отобранных в производственных условиях, тесной корреляции между исследуемыми характеристиками, как правило, не наблюдается, отсутствует закономерность в тесноте корреляции при переходе от одного вида материала к другому.

7. Более жесткие при испытаниях на растяжение образцы (т. е. имеющие большую величину начального модуля упругости и меньшую величину деформации разрушения) имеют большее относительное содержание в структуре фракций с длиной волокна до 1,8 мм.

8. Очевидно, можно предположить, что величина критической длины волокна обуславливает ход кривой зависимости на втором участке деформирования материала, т. е. в области замедленной упругости. С ее увеличением эффективный модуль упругости снижается.



9. При различном состоянии структуры образца полуфабриката ( в нашем случае равенство межволоконных сил связи или средней длины волокна) фундаментальные (по Кларку) свойства волокна неоднозначно влияют на величину характеристик деформативности и прочности. Этим, очевидно, и объясняются затруднения, возникающие при прогнозировании качества целлюлозно-бумажных материалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Кларк Дж. Технология целлюлозы. - М.: Лесн. пром-сть, 1983. — 456 с. [2]. Комаров В.И. Анализ зависимости напряжение-деформация при испытаниях на растяжение целлюлозно-бумажных материалов // Лесн. журн. - 1993. - № 2-3. - С. 123 - 131. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Комаров В.И., Казаков Я.В. Связь фундаментальных свойств ( по Кларку) неразмотой сульфатной небеленой целлюлозы с характеристиками деформативности и прочности // Лесн.журн. - 1993. - № 2-3. - С. 112 - 116. [4]. Комаров В.И. Критическая длина волокна - фактор деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов // Лесн.журн. - 1993. - № 4. - С. 79 —83. - (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Митропольский А.К. Элементы математической статистики. Введение в статистическое исчисление. - Л.: ЛТА, 1969. - 274 с. [6]. Муслех эль-Дордур Самир. Динамика бумажной ленты в печатных машинах: Автореф. дис ... канд.техн.наук. - М., 1987. —20 с. [7]. Остреров М.А. Бумага для офсетной печати : практика использования // Целлюлоза, бумага, картон. - 1994. - № 1 -2.- С. 20 - 21. [8]. Остреров М.А. и др. Факторы, определяющие качество прохождения бумаги через печатную машину // Целлюлоза, бумага и картон. - 1993. - № 1. —С. 26 - 29. [9]. Пулккайнен С. Качество как движущая сила развития российских бумажных предприятий // Целлюлоза, бумага, картон. - 1994. — № 3 - 4.- С. 23 - 25. [10]. Силенко П.М. Динамика бумажного листа в транспортных системах полиграфических машин : Дис ... докт. техн. наук. —М., 1993. - 155 с. [11]. Фляте Д.М. Свойства бумаги. - М.: Лесн. пром-сть, 1986.- 680 с.

Поступила 19 мая 1995 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.45:519:674

*Н. Ф. ПАВЛОВА*

Архангельский государственный технический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ  
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ ДОМОВ  
МЕТОДАМИ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА**

Методами анализа однофакторных и множественных регрессий произведена оценка уровня конкурентоспособности домов из натуральной древесины по сравнению с домами из других материалов. Выведены показатели конкурентоспособности продукции домостроения. Получено уравнение связи между ценой дома и его основными потребительскими характеристиками (комфортность, долговечность, огнестойкость).

Using methods of single-factor and multiple regressions analysis the valuation of natural wood houses' competitiveness in comparison with houses made of other materials has been carried out. The competitiveness indices of house building products have been deduced. The equation of connection between house cost and its basic consumers' characteristics such as comfort, durability and fire-resistance has been derived.

Конкурентоспособность продукции определяется тремя взаимозависимыми факторами – качеством, ценой, спросом. Успешная реализация зависит от набора определенных потребительских свойств товара, удовлетворяющего покупателя в данный момент времени на данном рынке. Тезис о том, что о конкурентоспособности товара может свидетельствовать наличие требуемого соотношения между ценой и потребительскими характеристиками, позволяет ставить вопрос об изучении этой взаимосвязи математико-статистическими методами.

Методы анализа корреляций и регрессий, первоначально развитые биологом К.Пирсоном, активно использовались в экономических исследованиях с конца 30-х гг. (У.С.Митчелл, Г.Мур, Г.Уэллес – исследования конъюнктуры; Х.Уоркинг, Г.Толлей – сельскохозяйственная экономика; А.Хансен, Д.М.Кейнс, Я.Тинберген – макроэкономика). Типы проблем, решаемых этими методами, разнообразны: зависимость товарных цен от экономических условий, факторы, влияющие на международную торговлю, и т.д. [2].

В последние годы с развитием компьютерной техники методы регрессионного анализа стали использовать при оценке уровня конкурентоспособности продукции. В частности, система КОРТЕР [3] оценивает технический и технико-экономический уровень изделия на основе корреляционных зависимостей между техническими, эстетическими, другими потребительскими и экономическими его параметрами. Метод построен на использовании однофакторных регрессий. Однако при оценке уровня конкурентоспособности могут быть использованы также и множественные регрессии.

Актуальность исследований в области конкурентоспособности деревянных домов, поставляемых на экспорт и на рынок Европейского Севера России, отмечена нами ранее [7,8]. В данной работе предлагается оценить математико-статистическими методами уровень конкурентоспособности домов из натуральной древесины, изготавливаемых по технологии оцилиндровки бревен фирмы «Макрон» (Финляндия), и сходных отечественных, по сравнению с домами других конструкций, наиболее широко представленных на рынке Севера России.

Товары-конкуренты должны относиться к одному классу, поэтому сравниваем дома общей площадью 94 м<sup>2</sup> из следующих типов стеновых материалов:

- 1) оцилиндрованные бревна (сосна, ель). Предлагается рассмотреть два варианта. По сравнению с первым во втором бревна антисептированы, подвергнуты огнезащитной обработке;
- 2) деревянные панели (фанера, ДВП, утеплитель, стены оштукатурены, имеется пароизоляция);
- 3) красный кирпич (слой штукатурки, утепляющий пакет из минеральной ваты, обернутой пергамином);
- 4) силикатный кирпич (штукатурка, утеплитель, как в п.3);
- 5) бетонные панели (керамзитобетон, утеплитель);
- 6) арболитовые блоки (офактурены цементом, утеплитель – термолит).

Данные о ценах на дома приведены в наиболее стабильной валюте – долларах США.

Состав и значение показателей качества (потребительских характеристик), по которым сравниваются изделия, определяются запросами потребителей и нормативными требованиями к стеновым материалам в строительстве [4, 5, 7, 9 – 11]. Эти данные приведены в табл.1, размерность физико-технических показателей для удобства математических расчетов сохранена в соответствии со СНиПами [9 – 11].

В системе КОРТЕР при определении технико-экономического уровня изделия применяют один экономический показатель - цену, однако в экономике домостроения, с точки зрения эффективности производства, большое значение имеют и показатели трудоемкости заводского изготовления и монтажа 1 м<sup>2</sup> стен. Поэтому их целесообразно включить в состав анализируемых.

Весомость каждого из параметров качества для потребителей приведена для условий рынка северной и центральной России, стран Западной Европы. В сейсмоопасных районах с теплым климатом (юг России и Дальний Восток; Япония, США) повышается вес показателя сейсмостойкости [12].

Показатели качества в системе КОРТЕР оценивают по двум критериям: изменению качества в зависимости от параметров и относительному весу последних. Уровень конкурентоспособности определяется как набор регрессионных функций, со значениями которых сравниваются параметры анализируемого изделия [3].

Один из параметров изделия определяется как главный; он служит независимой переменной. Применительно к рынку Европейского Севера России в качестве главного показателя в домостроении согласно табл. 1 выступает коэффициент теплопроводности.

Представим зависимость между параметрами в виде простой регрессионной функции:

$$\bar{Y}_x = f(X_i), \quad (1)$$

где  $\bar{Y}_x$  – теоретические значения;

$X_i$  – главный параметр  $i$ -го изделия,  $i = \overline{1, n}$ ;

$n$  – число наблюдений в выборке.

В случае предположения прямолинейной зависимости между  $Y$  и  $X$ :

$$\bar{Y}_x = a + b X \quad (2)$$

Таблица 1

Параметры	Оцилиндрованные бревна		Деревянные панели	Кирпич		Бетонные панели	Арболитовые блоки	Вес параметра для потребности, %	Характер изменения
	Вариант 1	Вариант 2		красный	силикатный				
	1. Экономические: Цена дома, доллары США Трудоёмкость заводского изготовления 1м <sup>2</sup> стен, чел.-ч Трудоёмкость сборки 1м <sup>2</sup> , чел.-ч	14 000 1,8 21		14 300 1,8 21	11 578 3,62 15				
2. Физико-технические: 2.1. Теплотехнические: Коэффициент теплопроводности, кКал/(м·ч·°С) Коэффициент паропроницаемости, г/(м·ч·мм рт.ст.) Сопротивление воздухообмену- цианию, м <sup>2</sup> ·ч·мм вод.ст./кг	0,15 0,008 0,96	0,15 0,008 0,96	0,115 0,010 15,96	0,574 0,014 2	0,614 0,014 2	0,478 0,013 242	0,19 0,014 186	18 14 14	-1 -1 -1
2.2. Статические: Сейсмостойкость, доли ед. Нормативное значение ветрового давления, Па	0,7 230	0,7 230	1,4 230	1,3 320	1,3 320	1,2 350	1,2 300	1,5 1,5	-1 +1

Продолжение табл. 1

Параметры	Оцилиндрованные бревна		Деревянные панели	Кирпич		Бетонные панели	Арболитовые блоки	Вес параметра для потребителя, %	Характер изменения
	Вариант 1	Вариант 2		красный	силикатный				
2.3. Акустические – коэффициент звукоизоляции, дБ	38	38	34	44	44	48	48	10	+1
2.4. Защита от радиации – толщина слоя половинного ослабления $\gamma$ - излучения, см	28	28	32	19	19	10	15	7	-1
2.5. Противопожарные – минимальный предел огнестойкости, ч	0,25	0,5	0,5	2	2	2	0,5	10	+1
2.6. Долговечность – срок службы, лет	50	100	30	200	200	200	75	10	+1
3. Привлекательность для жизни – комфортность, балл	1	1	4	7	11	18	14	14	-1

Примечание. Значение +1 в последней графе характеризует прямую связь с изменением уровня конкурентоспособности; -1 – обратную.

задачу определения параметров уравнения решают методом наименьших квадратов. Тесноту линейной зависимости устанавливают с помощью коэффициента корреляции  $r$ .

Нелинейные функции более точно характеризуют зависимость  $Y$  от  $X$ . Способами, известными в математической статистике, приводим нелинейную функцию к линеаризованному виду

$$\bar{Y}_x' = a + bX' \quad (3)$$

и решаем это уравнение, составляя систему нормальных уравнений.

Для определения тесноты криволинейной связи между признаками рассчитываем корреляционное отношение.

При криволинейной зависимости может быть дополнительно найден коэффициент линейной корреляции. Из нескольких регрессионных функций выбираем ту, которой соответствуют наибольшее корреляционное отношение (нелинейная зависимость) и коэффициент корреляции (линейная). Это трудоемкий процесс в оценке конкурентоспособности, поэтому мы использовали программу STAT 13 [6], а вид зависимости выбирали на компьютере.

После расчета значений регрессионных функций необходимо определить уровень технических характеристик по формуле

$$TU_j = \left(\frac{Y_i}{\bar{Y}_x}\right)^S, \quad (4)$$

где  $Y_i$  - значения технических и экономических параметров  $i$ -го

изделия,  $i = \overline{1, n}$  (эмпирическая функция);

$S$  - характер изменения параметра (по табл.1),  $S = \{-1; 1\}$ ;

$j$  - номер параметра  $i$ -го изделия,  $j = \overline{1, m}$ .

Уровень качества изделия в целом ( $I_k$ ):

$$TU = I_k = \sum_{j=1}^m TU_j R_j, \quad (5)$$

где

$$R_j = \frac{V_j \eta_j}{\sum_{j=1}^m V_j \eta_j}; \quad (6)$$

$V_j$  - вес параметра для потребителя (табл.1).

В методике [3] введено понятие ориентировочной цены, которую мы назовем конкурентной ( $C_0$ ):

$$C_0 = C_T I_k, \quad (7)$$

где  $C_T$  - теоретическая цена (значение регрессионной функции).

Методика сводится к определению технико-экономического уровня изделия, который мы обозначим  $I_1$ :

$$I_1 = \frac{C_T}{C_D} I_K, \quad (8)$$

где  $C_D$  - действительная цена изделия.

Применительно к продукции домостроения интегральный показатель конкурентоспособности, как отмечалось выше, должен быть дополнен оценкой трудоемкости заводского изготовления и сборки 1 м<sup>2</sup> стен:

$$I_2 = \frac{T'_T}{T'_D} I_K; \quad (9)$$

$$I_3 = \frac{T''_T}{T''_D} I_K; \quad (10)$$

$$I_4 = \frac{T_T}{T_D} \frac{C_T}{C_D} I_K, \quad (11)$$

где  $I_2, I_3$  - технико-экономические уровни продукции домостроения, рассчитанные на основе показателей трудоемкости;

$T', T''$  - соответственно трудоемкость заводского изготовления и сборки 1 м<sup>2</sup> стены;

$I_4$  - интегральный показатель конкурентоспособности применительно к домостроению.

Оценка потребительских характеристик домов различных конструкций с использованием корреляции от главного параметра - коэффициента теплопроводности (по двум вариантам) - приведена в табл.2.

Результаты корреляционного анализа показали, что с точки зрения технических, эстетических и других потребительских характеристик наиболее конкурентоспособны дома из оцилиндрованных бревен, наименее - из арболитовых блоков. С применением антисептиков и антипиренов показатель уровня качества домов из натуральной древесины увеличился на 12,8 пункта.

С учетом анализа цен (табл.3) деревянные дома также наиболее конкурентоспособны, но разница между экстремальными значениями показателя  $I_1$  здесь уменьшается по сравнению с уровнем качества из-за применения менее дорогих изделий. Конкурентная цена дома из бревен составляет 20 231 доллар США, что больше действительной в 1,4 раза.



Таблица 2

Параметры	Оцилиндрованные бревна	Деревянные панели	Кирпич		Бетонные панели	Арболитовые блоки
			красный	силикатный		
Комфортность:						
$Y_i$	1	4	7	11	18	14
$\bar{Y}_x$	2,433	1,867	9,202	9,833	7,683	3,078
$I_k, \%$	243,30	46,68	131,46	89,39	42,68	21,99
$\eta; R$			$\eta = 0,826; R = 0,170$			
Влагоизоляция:						
$Y_i$	0,008	0,010	0,014	0,014	0,013	0,014
$\bar{Y}_x$	0,0107	0,0093	0,0139	0,0139	0,0136	0,0116
$I_k, \%$	133,75	93,00	99,29	99,29	104,62	82,86
$\eta; R$			$\eta = 0,754; R = 0,156$			
Воздухопроницаемость:						
$Y_i$	0,96	15,96	2	2	242	186
$\bar{Y}_x$	2,829	2,821	2,850	2,850	2,848	2,835
$I_k, \%$	294,69	17,68	142,50	142,50	1,18	1,52
$\eta; R$			$\eta = 0,721; R = 0,149$			
Долговечность						
(вариант 1)						
(вариант 2)						
$Y_i$	$\frac{50}{100}$	$\frac{30}{30}$	$\frac{200}{200}$	$\frac{200}{200}$	$\frac{200}{200}$	$\frac{75}{75}$
$\bar{Y}_x$	$\frac{54,366}{70,340}$	$\frac{25,009}{44,080}$	$\frac{202,640}{202,806}$	$\frac{210,083}{209,420}$	$\frac{182,419}{184,742}$	$\frac{80,484}{93,630}$
$I_k, \%$	$\frac{91,97}{142,20}$	$\frac{119,96}{68,06}$	$\frac{98,70}{98,62}$	$\frac{95,20}{95,50}$	$\frac{109,64}{108,26}$	$\frac{93,19}{80,10}$
$\eta; R$			$\eta = 0,993; R = 0,146$			
			$\eta = 0,969; R = 0,143$			
Огнестойкость						
(вариант 1)						
(вариант 2)						
$Y_i$	$\frac{0,25}{0,50}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{0,5}{0,5}$
$\bar{Y}_x$	$\frac{0,449}{0,531}$	$\frac{0,318}{0,407}$	$\frac{2,031}{2,030}$	$\frac{2,180}{2,171}$	$\frac{1,673}{1,690}$	$\frac{0,598}{0,672}$
$I_k, \%$	$\frac{55,68}{94,16}$	$\frac{157,23}{122,85}$	$\frac{98,47}{98,55}$	$\frac{91,74}{92,12}$	$\frac{119,55}{118,34}$	$\frac{83,61}{74,40}$
$\eta; R$			$\eta = 0,970; R = 0,143$			
			$\eta = 0,975; R = 0,144$			

Продолжение табл. 2

Параметры	Оцилиндрованные бревна	Деревянные панели	Кирпич		Бетонные панели	Арболитовые блоки
			красный	силикатный		
Звукоизоляция:						
$Y_i$	38	34	44	44	48	48
$\bar{Y}_x$	38,61	36,07	46,58	46,80	45,91	40,59
$I_k, \%$	98,42	94,26	94,46	94,02	104,55	118,26
$\eta; R$			$\eta = 0,826; R = 0,122$			
Защита от радиации:						
$Y_i$	28	32	19	19	10	15
$\bar{Y}_x$	25,41	29,71	14,98	14,74	15,72	22,44
$I_k, \%$	90,75	92,83	78,84	77,58	157,21	149,58
$\eta; R$			$\eta = 0,773; R = 0,080$			
Сейсмостойкость:						
$Y_i$	0,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
$\bar{Y}_x$	1,011	0,994	1,274	1,306	1,203	1,031
$I_k, \%$	144,43	71,00	98,00	100,46	100,25	85,92
$\eta; R$			$\eta = 0,602; R = 0,0133$			
Ветровое давление:						
$Y_i$	230	230	320	320	350	300
$\bar{Y}_x$	254,2	230,5	339,2	341,8	331,3	273,8
$I_k, \%$	90,47	99,80	94,35	93,62	105,64	109,58
$\eta; R$			$\eta = 0,965; R = 0,021$			
Уровень качества по вариантам:						
1	1,506	0,870	1,087	0,999	0,857	0,723
2	1,634	0,745	1,086	0,999	0,852	0,689

Применение высокопроизводительной технологии оцилиндровки бревен выражается в том, что показатель  $I_2=2,595$  (вариант 1), или в 3,5 раза больше, чем у бетонно-панельного дома. При анализе показателя  $I_3$ , который учитывает трудоемкость сборки домов, выигрышно выглядят дома из бетонных панелей, но во втором варианте наиболее конкурентоспособны все-таки дома из натурального дерева (табл.4).

Интегральный показатель конкурентоспособности ( $I_4$ ) также наиболее высок для домов из оцилиндрованных бревен (табл.5).

Применение экологически чистого и недорогого утеплителя в изготовлении дома из бревен снизит коэффициент теплопроводности в 1,9 раза [4], а уровень конкурентоспособности такого дома еще увеличится.

Таблица 3

Стеновой материал дома	Уровень качества	Цена, доллары США			Уровень ценовой конкурентоспособности
		теоретическая	конкурентная	действительная	
Оцилиндрованные бревна	1,506	12286	18502	14000	1,322
	1,634	12381	20231	14300	1,415
Деревянные панели	0,870	11460	9970	11578	0,861
	0,745	11559	8611	11578	0,744
Кирпич: красный	1,087	39613	43059	42300	1,017
	1,086	39613	43020	42300	1,017
силикатный	0,999	43843	43799	39000	1,123
	0,999	43828	43785	39000	1,123
Бетонные панели	0,857	30623	26244	35250	0,745
	0,852	30654	26117	35250	0,741
Арболитовые блоки	0,723	13496	9758	9195	1,061
	0,689	13588	9362	9195	1,018

Примечание. В числителе данные для первого варианта бревен; в знаменателе – для второго.

Анализ логической связи между ценой дома и его потребительскими характеристиками можно выполнить с помощью множественной корреляции на основе выборки данных о домах различных конструкций (см. табл.1). Рассмотрим уравнение множественной линейной регрессии

$$X_1 = a_{1.234} + b_{12.34} X_2 + b_{13.24} X_3 + b_{14.23} X_4, \quad (12)$$

где:

$X_1$  - цена дома, доллары США;

$X_2$  - комфортность, балл;

$X_3$  - долговечность, лет;

$X_4$  - огнестойкость, ч;

$a_{1.234}$  - свободный член уравнения;

$b_{12.34}(b_2), b_{13.24}(b_3), b_{14.23}(b_4)$  - чистые коэффициенты регрессии.

Для определения коэффициентов регрессии составляют систему нормальных уравнений. Она решается методом Дулитла [2], могут быть использованы также матричные методы. В результате получаем уравнение

$$X_1 = 6035,74 - 546,13 X_2 + 26,80 X_3 + 16922,32 X_4. \quad (13)$$

Коэффициент множественной корреляции  $R_{1.234} = 0,9935$ ; коэффициент множественной детерминации  $R_{1.234}^2 = 0,987$ . Коэффициенты частной корреляции  $r_{12.34} = -0,868$ ;  $r_{13.24} = 0,312$ ;  $r_{14.23} = 0,9193$ .

Таблица 4

Стеновой материал дома	Уровень качества		Трудоемкость, чел.-ч/м <sup>2</sup>		I <sub>2</sub> /I <sub>3</sub>	
	Вариант 1	Вариант 2	теоретическая	фактическая	Вариант 1	Вариант 2
Оцилиндрованные бревна	1,506	1,634	3,102	1,80	2,595	2,815
			16,012	21	1,148	1,245
Деревянные панели	0,870	0,745	3,218	3,62	0,773	0,662
			15,496	15	0,899	0,770
Кирпич: красный	1,087	1,086	2,852	2,5	1,240	1,239
			33,10	37	0,973	0,972
силикатный	0,999	0,999	2,847	2,5	1,138	1,138
			35,745	37	0,965	0,965
Бетонные панели	0,857	0,852	2,868	3,29	0,747	0,743
			27,478	19,6	1,202	1,195
Арболитовые блоки	0,723	0,689	3,026	12,8	0,171	0,163
			16,769	15	0,808	0,770

Примечание. В числителе показатели трудоемкости изготовления; в знаменателе – сборки.

Интерпретация результатов может быть такой. Уравнение регрессии (13) показывает, что цена, определяемая спросом на дома, в значительной мере зависит от трех факторов: комфортности, долговечности, огнестойкости. Исходя из значений коэффициентов регрессии, делаем вывод, что цена дома имеет тенденцию уменьшаться на 546,13 доллара при снижении уровня комфортности на 1 балл при неизменных сроке службы здания и огнестойкости. Увеличение предела огнестойкости стенового материала на 0,25 ч вызывает рост цены в среднем на 4231 доллар (при исключении влияния двух других факторов). Если срок службы здания больше исходного, его цена теоретически должна быть выше (при элиминировании влияния уровня комфортности и огнестойкости).

Коэффициенты частной корреляции свидетельствуют, насколько понижается определяемая часть вариации после того, как исключено влияние двух других независимых переменных [2]. Например,  $r_{12,34}^2 = 0,753$  означает, что после элиминирования влияния долговечности и огнестойкости определяемая часть вариации понижается на  $100,0 - 75,3 = 24,7\%$ .

Таблица 5

Стеновой материал дома	Уровень качества	Уровень ценовой конкурентоспособности ( $I_1$ )	Сравнительный коэффициент $T_7/T_d$	Интегральный показатель конкурентоспособности ( $I_4$ )
Оцилиндрованные бревна	1,506	1,322	0,961	1,270
	1,634	1,415		1,360
Деревянные панели	0,870	0,861	1,154	0,994
	0,745	0,744		0,859
Кирпич: красный	1,087	1,017	0,908	0,923
	1,086	1,017		0,923
силикатный	0,999	1,123	0,963	1,081
	0,999	1,123		1,081
Бетонные панели	0,857	0,745	1,366	1,018
	0,852	0,741		1,012
Арболитовые блоки	0,723	1,061	0,810	0,859
	0,689	1,018		0,825

Примечание. См. в табл.3.

Таким образом, в результате исследования связей между экономическими и потребительскими характеристиками домов различных конструкций методами регрессионного анализа выведены показатели конкурентоспособности, в том числе интегральный  $I_4$  (как функция трех аргументов – цены, уровня качества и трудоемкости заводского изготовления и сборки 1 м<sup>2</sup> стены). Уровень этого показателя наиболее высок у дома со стенами из оцилиндрованных бревен. По мере улучшения его потребительских характеристик (обработка антисептиками, антипиренами, применение утеплителя) уровень конкурентоспособности становится еще больше.

Получено уравнение зависимости цены дома от его основных потребительских характеристик: комфортности, долговечности и огнестойкости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Дружинин Н.К. Основные математико-статистические методы в математических исследованиях. Введение в изучение статистической методологии. - М.: Статистика, 1968. - 248 с. [2]. Езекиэл М., Фокс К.А. Методы анализа корреляций и регрессий - линейных и криволинейных/ Пер. с англ., Под ред. Н.К. Дружинина. - М.: Статистика, 1966. - 560 с. [3]. Использование системы КОРТЕР для оценки технического и технико-экономического уровня изделий. - М.: Информэлектро, 1987. - 15 с. [4]. Структурные свойства бревенчатых домов // Современное домостроение. Технология бревенчатого домостроения. - Финляндия, АО «Макрон», 1992. - С. 12-14.

- [5]. Кухлинг Х. Справочник по физике / Пер. с нем. - М.: Мир, 1982. - 520 с.  
 [6]. Мариничев А.Н., Турбович М.Л., Зенкевич И.Г. Физико-химические расчеты на микро-ЭВМ: Справ. изд. - Л.: Химия, 1990. - 256 с.  
 [7]. Павлова Н.Ф. Состояние и перспективы рынка малых деревянных домов на Европейском Севере России // Лесн.журн. - 1993. - №1. - С.102-105. - (Изв.высш.учеб. заведений). [8]. Павлова Н.Ф. Повышение конкурентоспособности деревянных домов заводского изготовления на внешнем рынке // Лесн.журн. - 1995. - №1. - С.124-127. - (Изв.высш.учеб.заведений). [9]. СНиП 2.01.02 - 85. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1991. - 12 с. [10]. СНиП II-3-79. Ч.2. Нормы проектирования. Гл.3. Строительная теплотехника / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1979. - 32 с. [11]. СНиП II-7-81. Ч.2. Нормы проектирования. Гл.7. Строительство в сейсмических районах / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1982. - 49 с. [12]. Forest Products Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 1974. Wood handbook: Wood as an engineering material. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. 72. - 432 p.

Поступила 19 июня 1995 г.

УДК 630\*779

### Н.М. ГОНЧАРОВА



Гончарова Наталья Михайловна родилась в 1970 г., окончила в 1992 г. С.-Петербургскую лесотехническую академию, аспирант кафедры экономики лесного комплекса. Имеет 2 печатные работы в области экономической оценки сортиментной заготовки леса и интеграции производства в лесопромышленном комплексе.

## ВЛИЯНИЕ СОРТИМЕНТНОЙ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ НА ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Показаны преимущества новых организационных структур в лесопромышленном комплексе. Увеличение доли сортиментной заготовки древесины признано приоритетным направлением развития в рамках деятельности холдинговой компании Ленпромлес.

The advantages of new organizational structures in forestry industrial integrated enterprises have been revealed. The increase of assortment proportion of logging is recognized as a priority trend of development within the activity framework of holding "Lenpromles" Co.,

Технологическая структура лесозаготовительного производства формировалась в основном в послевоенный период. Так, в Ленинградском регионе, как и в целом по стране, заготовка и вывозка древесины с лесосек осуществляется, главным образом, в хлыстах; незначительные объемы составляют сортименты и деревья. В современных условиях такая структура не способствует улучшению использования лесных ресурсов, снижению затрат, тормозит рост производительности труда и эффективности производства.

Преодоление отставания в работе лесного комплекса и вывод его из нынешнего кризисного состояния возможны лишь при развитии рыночных отношений, эффективном решении проблем рационального использования и воспроизводства лесных ресурсов, сбалансировании структуры производств, появлении новых форм и типов предприятий, совершенствовании системы управления [4]. Одним из путей может стать изменение технологической структуры лесозаготовок в сторону расширения заготовки в сортиментах и снижения – в хлыстах.

Повсеместное использование на лесосеке тяжелой гусеничной техники приводит к большим негативным экологическим последствиям. При децентрализованном пространственном расположении лесосечного фонда и нынешнем соотношении цен на оборудование и заработной платы ясно, что заготовка и раскряжевка древесины с использованием легких механизмов (бензомоторных пил) более выгодна, чем применение тяжелых машин на лесосеках и дорогостоящих поточных линий по раскряжевке хлыстов на нижних складах.

Лесоводственные и экологические требования при эксплуатации лесов второй и особенно первой групп также существенно ограничивают применение на лесосеках тяжелой техники, способствуют использованию легких механизмов.

Передовыми технологиями и лесозаготовительными машинами обладают Швеция и Финляндия. Они же наиболее близки к Ленинградскому региону по природным условиям. Это позволяет использовать опыт наших северных соседей для организации экологически безопасных лесозаготовок. Преобладающим там является сортиментный метод заготовки древесины, который может осуществляться: с использованием бензомоторных пил;

многооперационных машин – процессоров и харвестеров, а также форвардеров. Объем древесины, заготавливаемый многооперационными машинами, из года в год возрастает. Однако процесс их внедрения сдерживается следующими факторами:

благодаря высокому уровню подготовки вальщиков и сдельной системе оплаты труда при определенных условиях производительность на лесозаготовительных операциях с использованием бензомоторных пил и конкурентоспособность ручной валки остаются все еще высокими;

при механизации технологических операций необходимо обеспечить работой высвобождаемых людей;

быстрое моральное старение машин в связи с разработкой нового оборудования повышает степень риска предпринимателей, делающих капитальные вложения в лесозаготовки. Кроме того, владельцы лесных участков опасаются повреждений, которые могут нанести машины остающимся деревьям и почве [3].

Для оценки эффективности технологических процессов нами были рассмотрены следующие варианты заготовки в сортиментах с использованием: 1) тяжелых многооперационных машин и механизмов (скандинавская технология); 2) легких механизмов, мотопил, скандинавского форвардера и лесовоза; 3) отечественных мотопил и оборудования.

Наименьших затрат требует третий способ. В условиях нестабильности экономики и девальвации рубля именно он в ближайшие годы может стать наиболее распространенным. Первоначальные вложения при внедрении скандинавской технологии велики, поэтому очень важно полностью использовать ее эффективность. Это возможно только при двухсменном режиме работы [2].

Современная стратегия развития отраслей лесного комплекса предусматривает разработку новых отношений собственности и форм организации предприятий: создание фирм-объединений, промышленно-финансовых групп, холдингов, корпораций, концернов, ассоциаций и других формирований нового рыночного типа [1].

В настоящее время номенклатура производимой отечественной лесозаготовительной техники ограничена. Дальнейшее развитие и внедрение сортиментной технологии сдерживает монополизм лесного машиностроения. Вот почему в рамках деятельности созданной в Ленинградской области холдинговой компании Ленпромлес предусматривается организовать собственное производство колесной техники, лесозаготовительной и деревообрабатывающей техники на предприятиях оборонной промышленности, а также совместное производство лесозагото-



вительной техники для сортиментной заготовки с зарубежными фирмами.

Переход на сортиментную технологию при наличии развитой транспортной сети и достаточной близости перерабатывающих предприятий значительно уменьшит объемы перевозок и затраты на них, увеличит объем прямой вывозки леса непосредственно на двор потребителя. А объединение деревоперерабатывающих и лесопильных предприятий с лесозаготовительными в течение ближайшего периода позволит увеличить объемы производства.

Затраты на функционирование нижних складов примерно равны стоимости заготовки и транспортировки древесины. Операции, выполняемые в настоящее время на нижних складах, вскоре будет значительно выгоднее выполнять в лесу. Постепенный отказ от нижних складов является наиболее важным преимуществом сортиментной заготовки.

Таким образом, для выхода лесной и перерабатывающей отраслей из кризиса приоритет в инвестициях должен быть отдан лесозаготовительной промышленности, что даст возможность включить простаивающие мощности перерабатывающих производств. Для этого экономически целесообразно наряду с технологией заготовки в хлыстах вводить скандинавскую сортиментную технологию по мере поступления техники. Этот способ с применением бензомоторных пил и легких механизмов на колесном ходу позволяет поднять эффективность инвестиций, требует небольших сроков реализации и рекомендуется к широкому применению на рубках ухода за лесом, объем которых на ежегодно восстанавливаемых площадях следует в ближайшие годы довести до 80 %, а при проведении рубок главного пользования — до 20...30 %.

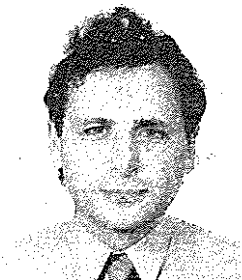
#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Буркова Е.Н. Совершенствование форм организации производства лесного комплекса в условиях рыночной экономики // Экономика и управление в лесной, целлюлозно-бумажной промышленности и лесохимии: Экспресс-информ. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1991. - Вып.12. - С. 6-13. [2]. Заготовка сортиментов на лесосеке. Технология и машины / А.В.Жуков, И.Ф.Иевинь, А.С.Федоренчик и др. - М.: Экология, 1993. [3]. Лесозаготовки в Финляндии // Лесозаготовка и лесосплав: Экспресс-информ. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1990. - Вып.36; 1991. - Вып.3. [4]. Федеральный лесной бюллетень экономико-правовой и деловой информации. - М.: Экономика и жизнь, 1994. - №4.

УДК 630\*652:630\*905.2

**С.Г. КУЛИШКИНА, В.Н. КОСИЦЫН**

Кулишкина Светлана Геннадьевна родилась в 1964 г., окончила в 1986 г. Сибирский технологический институт, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, менеджмента и учета в лесном хозяйстве Всероссийского института повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства. Имеет 19 печатных работ в области экономики стоимостной оценки лесных ресурсов.



Косицын Владимир Николаевич родился в 1959 г., окончил в 1985 г. Московский государственный университет, научный сотрудник ВНИИЛМ. Имеет 12 научных работ по оценке ресурсного потенциала недревесной продукции леса.

**К ВОПРОСУ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ  
РЕСУРСОВ МОРОШКИ В ПОДЗОНЕ ЮЖНОЙ ТАЙГИ**

Предложена конкретизация рентного подхода к экономической оценке ресурсного потенциала лесов применительно к дикорастущим ягодникам. Установлены зависимости натуральных и стоимостных показателей от потенциальной и эксплуатационной урожайности.

A more specific rental approach to the economic estimation of forest resources potential as applied to wild berry bushes has been proposed. Interrelations of natural-and-value indices and potential-and-operational productivity are stated.

Развитие отечественного лесного хозяйства на принципах многоцелевого лесопользования невозможно без рассмотрения вопросов экономической эффективности использования каждого гектара лесных земель. В этих условиях остро встает проблема стоимостной оценки ресурсного потенциала лесов.

В настоящее время в отечественной лесозащитной науке разработан ряд методик определения экономической оценки лесных ресурсов [2, 4]. Однако, несмотря на многообразие продуктов леса, практически оценивается лишь один из них – древесина [4]. Ресурсам побочного пользования, в частности дикорастущим ягодникам, все еще не уделяется достаточного внимания [1, 3, 6, 7].

Наши исследования проведены в подзоне южной тайги на территории Куйского лесничества Борисово-Судского МЛХ Вологодской области. В качестве объекта исследования была выбрана дикорастущая морошка приземистая (*Rubus chamaemorus* L.), широко распространенная в заболоченных лесах и на верховых болотах таежной зоны. Пробные площади-трансекты размером 1х300 м, в количестве 42 шт., закладывали методом случайной выборки в наиболее характерном и продуктивном для морошки южнотаежном типе леса – сосняке сфагновом с разными показателями биологической урожайности ягодника ( $U_6$ ) – от 30 до 300 кг/га. Общее количество ягод морошки ( $U_6$ ) и собранных ягод – эксплуатационную урожайность морошки ( $U_3$ ) – на каждой трансекте определяли методом подсчета.

В основу расчетов нормативных натуральных и стоимостных показателей экономической оценки заготовки ягод морошки были заложены следующие условия.

1. Количество ягод морошки, служащих кормом для представителей лесной фауны, по данным опроса работников лесного и охотничьего хозяйств южнотаежной подзоны, составляет около 5 % от  $U_6$ . В наших исследованиях эта величина оказалась ниже потерь урожая ягод при их сборе (15 ... 30 % от  $U_6$ ) и поэтому при расчете  $U_3$  не учитывалась.

2. В подзоне южной тайги наблюдается довольно интенсивный уровень ведения лесного хозяйства и может быть освоена практически вся территория лесного фонда [3]. В связи с этим экономически доступный урожай морошки фактически соответствует эксплуатационному. Поэтому последний и был принят за основу экономических расчетов ресурсного потенциала морошки.

3. Для расчета основных нормативных показателей на заготовке ягод морошки: нормы времени основной работы ( $t_{осн, мин/кг}$ ), производительности труда сборщика ( $Pr$ , кг/ч), нормы выработки ( $N_{выр}$ , кг/чел.-дн.) – использовали нормативное средневзвешенное расстояние переходов сборщика к месту сбора и обратно и с одного ягодоносного участка на другой в процессе сбора (для условий Вологодской области 6,5 км) [4] и среднюю скорость передвижения сборщика по лесистой мест-

ности (3 км/ч). Время, затрачиваемое на сбор ягод и высыпание их в тару по мере передвижения по трансекте, а также очистку и сортировку ягод, определяли методом хронометража.

4. Затраты, связанные с заготовкой морошки в период сбора, рассчитывали по следующей номенклатуре калькуляционных статей расходов: затраты на оплату труда, отчисления на социальные нужды, расходы на тару, спецодежду и материалы, транспортные, общепроизводственные и общехозяйственные. Расстояние вывозки сырья составляло 15 км в одну сторону.

Результаты исследований обработаны на ЭВМ ЕС-1033М. Как показал анализ, при средних значениях  $U_6 = 30 \dots 65$  кг/га относительное значение  $U_3$  составляет 85 % от  $U_6$ . При  $U_6 > 65$  кг/га у сборщика появляется право выбора ягод в зависимости от их качества, степени крупности и доступности, поэтому  $U_3$  снижается до 70 ... 75 % и в дальнейшем остается примерно на этом уровне. Зависимость между количественными величинами  $U_3$  (кг/га) и  $U_6$  (кг/га) хорошо аппроксимируется регрессионным уравнением прямой линии

$$U_3 = 3,77 + 0,72 U_6.$$

Результаты регрессионного анализа приведены в таблице.

Зависимость натуральных показателей экономической оценки ресурсов морошки от биологической и эксплуатационной урожайности ягодника (по данным на 01.06.1994 г.)

Уравнение зависимости	Ошибка уравнения, %
$t_{осн} = 39,51 - 3,51 \ln U_6$	13,46
$Pr = 3,51 - 65,23/U_6$	20,46
$H_{выр} = 1,79 + 1,29 \ln U_6$	14,89
$H_{выр} = 9,51 - 121,91/U_6$	14,97

На основании регрессионного уравнения связи  $H_{выр}$  и  $U_3$  установлены зависимости стоимостных показателей экономической оценки ресурсов морошки – общих нормативных затрат  $C$ , р./кг и ренты  $r$ , р./кг – от  $U_3$  в виде следующих уравнений:

$$C = 553 + 3324,47 / U_3 + 254220,5 / U_3^2;$$

$$r = 781,14 - 4322,89 / U_3 - 330491,69 / U_3^2.$$

Полученные зависимости позволяют рассчитать экономическую оценку имеющихся ресурсов морошки, что будет способствовать определению целесообразности заготовки ягод в конкретных зонально-типологических условиях, повышению уровня организации рационального использования эксплуатационных ресурсов и передаче их в долгосрочное пользование.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Багинский В.Ф. Оценка комплекса лесных ресурсов и полезностей леса в системе природопользования // Экологические и социальные проблемы лесного хозяйства Беларуси. - Гомель : БелНИИЛХ, 1991. - С.8 -22. [2]. Макаревский М.Ф., Максимова Т.А. Экономическая оценка запасов *Menyanthes trifoliata* L. // Растит. ресурсы. - 1992. - Т.28, вып. 4. - С.35-39. [3]. Методика оценки запасов дикорастущих ягод ( семейства брусничных) и грибов при лесоустройстве в центральной части подзоны южной тайги и северной подзоны смешанных лесов европейской территории РСФСР. - М. : ВНИИЛМ, 1990. - 27 с. [4]. Методические указания по экономической оценке лесов. - М.: ВНИИЛМ, 1980. - 45 с. [5]. Нормативы затрат на заготовку недревесной продукции леса.- Архангельск: АИЛиЛХ, 1983. - 16 с. [6]. Пермяков Б.Г. Экономическая оценка растительных ресурсов как основа их рационального освоения // Организационно-экономические вопросы промыслово-охотничьего хозяйства потребительской кооперации. - Киров: ВНИИОХЗ, 1985. - С.71-77. [7]. Сенько Е.И. К вопросу экономической оценки ресурсов недревесных пищевых продуктов леса // Лесн. журн. - 1987. - № 2. - С.93-96. - (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 13 февраля 1995 г.

УДК 630\*652

*Н.П. ЧУПРОВ, М.М. КУДРЯШОВ, Е.Д. АНТУФЬЕВА*

Архангельский институт леса и лесохимии  
Архангельское управление лесами

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ И ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ**

Приведена методика разработки нормативов для экономической оценки лесных ресурсов и лесных земель в природно-экономических условиях Европейского Севера.

The methods of working out the norms for economic evaluation of forest resources and forest lands under natural-economic conditions of European North have been presented.

Разнообразные ресурсы леса представляют большую ценность для человека и должны быть экономически оценены, особенно в условиях рыночной экономики. Подлежит оценке и сама земля, используемая в сельском и лесном хозяйстве и являющаяся основным природным ресурсом. Необходимость экономической оценки ресурсов связана с платностью пользования ими, расчетами потребности средств на воспроизводство и мерами по стимулированию рационального использования.

Теория экономической оценки природных ресурсов в нашей стране начала создаваться сравнительно давно. Вначале она разрабатывалась для оценки земли в сельском хозяйстве, а затем и для других природных ресурсов. Были предложены две группы методов оценки: первая – на основе натуральных показателей (по естественным свойствам почвы, урожайности культур и др.), вторая – на основе стоимостной оценки (по валовой продукции растениеводства в стоимостном выражении, чистому доходу, себестоимости продукции, фактической дифференциальной ренте, ренте, определяемой на основе валового дохода и затрат на производство продукции, ренте в оптимальном плане развития хозяйства и др.) [1, 7, 12, 14, 15, 16, 21, 23 и др.].

Однако многие экономисты пришли к выводу, что оценивать ресурсы надо не по затратам, а по эффективности использования. В настоящее время большинство экономистов считает, что земля и другие природные ресурсы должны оцениваться по приносимому ими народнохозяйственному эффекту, исчисленному на основе дифференциальной ренты, так как оценка по чистому доходу является показателем не оценки ресурса, а уровня ведения хозяйства. Теория оценки ресурсов на основе дифференциальной ренты связана с именами Л.В. Канторовича [8], В.В. Новожилова [13], Ю.В. Сухотина [18], М.Н. Лойтера [10] и др.

До последнего времени, в условиях плановой экономики, был довольно широко признан метод оценки ресурсов на рентной основе с применением метода замыкающих затрат. К.Г. Гофман и Н.П. Федоренко [4, 5, 20] разработали “Основные положения методики экономической оценки природных ресурсов в массовых планово-проектных расчетах”, цель которых – создание единой методической основы для оценки всех природных ресурсов в планово-проектных решениях на основе замыкающих затрат. Экономическую оценку ресурса ( $D_p$ ) в данном случае определяли как разность между приведенными замыкающими  $ПЗ_з$  и прямыми (индивидуальными) ( $ПЗ_и$ ) затратами на производство данной продукции:

$$D_p = ПЗ_з - ПЗ_и. \quad (1)$$

Экономическая оценка природных ресурсов базируется на оптимизационных расчетах, позволяющих выявить наиболее эффективный (по величине ренты) вариант природопользования.

В соответствии с этой методикой экономическая оценка, например сельхозугодий, равна сумме годовых экономических оценок (дифференциальных рент) за весь срок эксплуатации угодия с учетом фактора времени. Если годовая рента ( $r$ ) остается неизменной в течение срока эксплуатации, а сам срок бесконечно велик, то применение сложных процентов для учета фактора времени приведет к известной формуле "капитализации" годовой ренты ( $R$ ) для оценки земли:

$$R = \frac{r}{1+E} + \frac{r}{(1+E)^2} + \dots = \frac{r}{E}, \quad (2)$$

где  $E$  – норматив приведения разновременных затрат к началу первого года.

В.В. Варанкин [2] считает, что при оценке ресурсов в регулирующие (замыкающие) и индивидуальные необходимо включать затраты: на производство продукции ( $П_з$  и  $П_и$ ); на доставку ее в район потребления ( $T_з$  и  $T_и$ ); на освоение и воспроизводство ресурсов ( $B_з$  и  $B_и$ ). Поэтому формула для расчета дифференциальной ренты получает вид

$$Д_з = (П_з + T_з + B_з) - (П_и + T_и + B_и) = (П_з - П_и) + (T_з - T_и) + (B_з - B_и). \quad (3)$$

Сторонниками оценки лесных ресурсов на основе дифференциальной ренты являются многие лесоэкономисты и экономисты (Т.С. Лобовиков [11], К.Я. Судачков [17], В.Л. Джикович [6], К.Г. Гофман [4, 5], В.В. Варанкин [2], И.В. Туркевич [19], П.Т. Воронков [3] и др.), в трудах которых имеются предложения и разработки по вопросам теории и методологии оценки лесных ресурсов. В соответствии с ними для текущей оценки лесных ресурсов (спелых насаждений) может быть использована формула (3). Текущая оценка неспелых насаждений ( $O_{нс}$ ) выполняется путем учета времени, необходимого для их поспевания:

$$O_{нс} = \frac{O_t}{(1+E_{нп})^t}, \quad (4)$$

где  $O_t$  – текущая оценка спелого леса;

$t$  – период доращивания насаждений до возраста спелости;

$E_{нп}$  – норматив приведения разновременных затрат к началу первого года.

В.В. Варанкин [2] и др. считают, что затраты на воспроизводство лесных ресурсов  $K$  предпочтительнее определять исходя из общих фактических годовичных затрат на лесное хозяйство ( $З_{л.х}$ ) и общего среднего ( $M_{ср}$ ) или текущего прироста в расчете на  $1 \text{ м}^3$ :

$$K = \frac{Z_{л.х}}{M_{ср}} \quad (5)$$

или 
$$K = \frac{Z_{л.х}A}{M_a}, \quad (6)$$

где  $M_a$  – наличный запас древесины в хозяйстве;

$A$  – возраст спелых насаждений.

В разработанной И.В. Туркевичем [19] и П.Т. Воронковым [3] методике использованы теоретические и методические положения, предложенные ранее рядом экономистов, установлены замыкающие затраты на древесину по областям, а также коэффициенты по оценке средозащитных и рекреационных функций леса.

Лабораторией экономики Архангельского института леса и лесохимии в 1981 – 1984 гг. были разработаны конкретная методика и нормативы для оценки лесных ресурсов Севера, основанные на использовании метода замыкающих затрат, и выполнена оценка ресурсов в условиях Архангельской области [22].

В настоящее время, в связи с переходом к рыночной экономике и передачей лесов в аренду, условия оценки существенно изменились. В частности, практически невозможно определить замыкающие затраты. Был предложен (ВНИИЛМ; И.В. Туркевич, П.Т. Воронков) подход, использовавшийся до революции для установления попенной платы. В основе его – применение средних рыночных и индивидуальных цен на продукцию. В данном случае оценка ресурса определяется дифференциальной рентой, рассчитанной как разница между рыночной ценой продукции и индивидуальной ценой ее получения на данном участке.

Нами в 1992 г. предложена методика оценки лесных ресурсов на рентной основе, в которой использованы результаты исследований других экономистов, в том числе для рыночных условий. Разработан детальный математический механизм оценки, составлена программа расчетов для ЭВМ СМ 1420, на основе которых выполнена экономическая оценка лесных ресурсов Архангельской и Мурманской областей.

В принципе оценка лесных ресурсов сходна с оценкой сельскохозяйственных земель, однако в связи со спецификой лесного хозяйства и разнообразием ресурсов она имеет существенные особенности и намного сложнее. Основные положения использованной методики следующие. Оцениваются: земля как основной природный ресурс; наличные ресурсы, в том числе древесина от главного и промежуточного пользования, неспелые древостои, продукция прижизненного (живица) и побочного



(грибы, ягоды) пользования, основные средозащитные функции леса.

Оценка земли ( $O_3$ ) выполнена по сумме оценок всей ожидаемой максимальной (потенциальной) продукции, которая может быть получена на этой земле в эталонных древостоях за неограниченный срок использования земли с учетом фактора времени:

$$O_3 = O_{др} + O_{пр} + O_{поб} + O_{ср} + O_{рекр}, \quad (7)$$

где  $O_{др}$ ,  $O_{пр}$ ,  $O_{поб}$ ,  $O_{ср}$ ,  $O_{рекр}$  – оценки соответственно древесного запаса, продукции прижизненного и побочного пользования, средозащитной и рекреационной роли лесов.

Оценка древесного запаса ( $O_{др}$ ) – это оценка всей древесины на корню по главному пользованию в спелых эталонных древостоях ( $O_{др.гл.эт}$ ), начиная с первого и в последующие обороты рубки, и промежуточному пользованию в неспелых древостоях в ходе лесовыращивания ( $O_{др.пр.эт}$ ):

$$O_{др} = O_{др.гл.эт} + O_{др.пр.эт}. \quad (8)$$

В отличие от продукции сельскохозяйственного производства в лесном хозяйстве древесина по главному пользованию на одном и том же участке может быть получена не ежегодно, а один раз за оборот рубки. Ее оценку рассчитывали по формуле

$$O_{др.гл.эт} = \frac{C_{др.ср.гл.эт} - (C_{др.инд.гл.эт} + Z_{лв} + Z_{тр})M_{эт}S}{(1 + E_{нп})^{A_{эт}} - 1}, \quad (9)$$

где  $C_{др.ср.гл.эт}$  – средневзвешенная рыночная цена 1 м<sup>3</sup> круглого леса франко-пункт потребления, определяемая исходя из процента выхода сортиментов в древостое и рыночной цены сортиментов;

$C_{др.инд.гл.эт}$  – нормативная индивидуальная цена 1 м<sup>3</sup> заготовленного круглого леса в эталонном спелом древостое без попенной платы, устанавливаемая на этапе франко-пункт отправления и рассчитываемая по формуле (10);

$Z_{лв}$  – затраты на выращивание 1 м<sup>3</sup> спелой древесины;

$Z_{тр}$  – транспортные расходы на перевозку древесины до потребителя;

$M_{эт}$  – ликвидный запас эталонного древостоя в возрасте главной рубки;

$S$  – площадь оцениваемого участка;

$A_{эт}$  – возраст главной рубки эталонного древостоя.

Индивидуальную цену 1 м<sup>3</sup> круглого леса для конкретного участка брали по специальным нормативам. В основе их лежит полная себестоимость заготовки древесины без попенной платы

( $C_n$ ) в условиях оцениваемого участка и нормативная плановая прибыль (рентабельность) лесозаготовителя, остающаяся в предприятии и принимаемая для современных условий в размере 20...30 % себестоимости:

$$C_{др.инд.гл.эт} = C_n K_{рент}, \quad (10)$$

где  $K_{рент}$  – коэффициент, учитывающий нормальный уровень рентабельности лесозаготовок.

Затраты на лесовыращивание ( $Z_{лв}$ ), приходящиеся на 1 м<sup>3</sup> древесины, определяли в среднем для объекта (лесхоз, область) по формуле

$$Z_{лв} = \frac{Z_{лх}}{z_{ср}}, \quad (11)$$

где  $Z_{лх}$  – полные годовые затраты объекта на ведение лесного хозяйства;

$z_{ср}$  – средний годичный прирост древесины в объекте.

В связи с тем, что в настоящее время применяют рыночные цены по франко-пункту отправления, а расходы на перевозку древесины до потребителя оплачивает потребитель, в формуле (9) затраты на транспортировку ( $Z_{тр}$ ) не учитывали. Различие в затратах на транспортировку древесины из разных районов отражается в самих рыночных (договорных) ценах, которые следует группировать по районам со сходными условиями и затратами на перевозку.

Оценка древесины от промежуточного пользования в составе оценки земли за весь первый и последующие обороты рубки определена в процентах от оценки древесины по главному пользованию на основе специальных нормативов.

Оценку продукции прижизненного пользования лесом (живицы) выполняли аналогично оценке древесины в эталонных сосновых древостоях ( $O_{пр.эт}$ ) по формуле

$$O_{пр.эт} = \frac{(C_{пр.ср.эт} - C_{пр.инд.эт}) Q_{эт} S}{(1 + E_{нп})^{A_{эт} - a/2} - 1}, \quad (12)$$

где  $C_{пр.ср.эт}$  – средняя рыночная цена продукции подсочки в области (районе);

$C_{пр.инд.эт}$  – индивидуальная цена в эталонном древостое;

$Q_{эт}$  – объем живицы с 1 га за период подсочки в эталонном древостое;

$A_{эт}$  – возраст главной рубки эталонного древостоя;

$a$  – период подсочки.

Знаменатель формулы учитывает периодичность подсочки по оборотам рубки и продолжительность периода подсочки.

Среднюю рыночную и индивидуальную цену живицы находили аналогично цене древесины.

Оценка побочного пользования лесом (сбор грибов, ягод) ( $O_{\text{поб.эт}}$ ) складывается из оценки ежегодного их объема в эталонных насаждениях за неограниченное время:

$$O_{\text{поб.эт}} = \frac{[V'_{\text{эт}} (C'_{\text{ср.эт}} - C'_{\text{инд.эт}}) + V''_{\text{эт}} (C''_{\text{ср.эт}} - C''_{\text{инд.эт}}) + \dots + V^n_{\text{эт}} (C^n_{\text{ср.эт}} - C^n_{\text{инд.эт}})] S}{E_{\text{нп}}}, \quad (13)$$

где  $C'_{\text{ср.эт}}, C''_{\text{ср.эт}}, \dots, C^n_{\text{ср.эт}}$  – средняя рыночная цена 1 кг продукции побочного пользования по видам;  
 $C'_{\text{инд.эт}}, C''_{\text{инд.эт}}, \dots, C^n_{\text{инд.эт}}$  – индивидуальная цена 1 кг продукции;  
 $V'_{\text{эт}}, V''_{\text{эт}}, \dots, V^n_{\text{эт}}$  – объем продукции по видам;  
 $S$  – площадь оцениваемого участка.

Средозащитные и рекреационные функции леса ( $O_{\text{ср.рекр.эт}}$ ) при оценке земли оценивали только для тех категорий лесов, которые имеют защитное и рекреационное значение: запретных и защитных полос, зеленых зон, лесопарковых, притундровых лесов и др. Для этого определяли суммарную оценку всех ресурсов эксплуатационного значения и увеличивали в соответствии с коэффициентами, предложенными ВНИИЛМом:

$$O_{\text{ср. рекр. эт}} = \sum O_{\text{эксп. эт}} K_{\text{ср. рекр}}, \quad (14)$$

где  $\sum O_{\text{эксп. эт}}$  – суммарная оценка эксплуатационных ресурсов на участке;

$K_{\text{ср.рекр}}$  – оценочный коэффициент.

Оценка наличных лесных ресурсов. Отличие ее от оценки лесной земли в том, что в данном случае оценивали не те ресурсы, которые ожидаются в будущем в эталонном древостое, а наличные, которые уже можно передавать в аренду и использовать.

Оценку древесины в спелых и приспевающих древостоях на момент учета ( $O_{\text{др.нал.сп}}$ ) производили по формуле

$$O_{\text{др.нал.сп}} = (C_{\text{др.сп}} - C_{\text{др.инд}} - Z_{\text{лв}}) M_{\text{сп}} S, \quad (15)$$

где  $C_{\text{др.сп}}, C_{\text{др.инд}}$  – соответственно средняя рыночная и индивидуальная цена 1 м<sup>3</sup> круглого леса без попенной платы;

$Z_{\text{лв}}$  – затраты на выращивание 1 м<sup>3</sup> древесины;

$M_{\text{сп}}$  – ликвидный запас на 1 га спелого древостоя;

$S$  – площадь оцениваемого участка.

Оценка запаса древесины в неспелом насаждении складывается из оценки древесины, которая может быть получена в будущем от главного пользования (прогнозируемый запас) и при рубках ухода, если насаждение в них нуждается. Оценку древе-

сины при главной рубке (по прогнозируемым запасам) ( $O_{др.гл.прогн}$ ) рассчитывали по формуле

$$O_{др. гл. прогн} = \frac{(C_{др.сп.прогн} - C_{др.инд.прогн} - Z_{лв}) M_{прогн} S}{(1 + E_{ип})^{T-t}}, \quad (16)$$

где  $C_{др.сп.прогн}$ ,  $C_{др.инд.прогн}$  – средняя рыночная и индивидуальная цена круглого леса, заготовленного в прогнозируемом древостое в возрасте спелости;

$M_{прогн}$  – прогнозируемый запас будущего спелого древостоя;

$T$  – возраст главной рубки прогнозируемого древостоя;

$t$  – возраст насаждения в момент оценки.

В данном случае оценку давали на основе ущерба, который понесло бы лесное хозяйство при отчуждении или уничтожении участка неспелого леса.

Оценку ликвидной древесины от промежуточного пользования наличных неспелых насаждений ( $O_{др.пр.нал.нсп}$ ) определяли по формуле

$$O_{др. пр. нал. нсп} = \frac{(C_{др.ср.пр} - C_{др.инд.пр}) MPS}{100}, \quad (17)$$

где  $C_{др.ср.пр}$ ,  $C_{др.инд.пр}$  – соответственно средняя рыночная и индивидуальная цена 1 м<sup>3</sup> древесины от рубок ухода, рассчитываемая по специальным нормативам выхода сортиментов, нормативам себестоимости, с учетом нормативной рентабельности;

$M$  – запас ликвидной древесины на 1 га;

$P$  – интенсивность рубок по запасу.

Оценку ресурсов прижизненного пользования лесом ( $O_{пр.нал}$ ) выполняли аналогично оценке древесины:

$$O_{пр. нал} = \frac{(C_{пр.ср.нал} - C_{пр.инд.нал}) Q_{нал} S}{(1 + E_{ип})^{T-t-a/2}}, \quad (18)$$

где  $C_{пр.ср.нал}$ ,  $C_{пр.инд.нал}$  – соответственно средняя и индивидуальная цены единицы продукции подсочки в наличном участке леса;

$Q_{нал}$  – объем живицы с 1 га за период подсочки в наличном насаждении;

$T$  – возраст главной рубки наличного древостоя.

С помощью формулы (18) оценивали живицу, полученную за один (первый) оборот рубки в наличных спелых и неспелых насаждениях.

Оценку продукции побочного пользования лесом ( $O_{\text{поб.нал}}$ ) производили по формуле

$$O_{\text{поб.нал}} = \frac{[(C'_{\text{ср.нал}} - C'_{\text{инд.нал}})V' + (C''_{\text{ср.нал}} - C''_{\text{инд.нал}})V'' + \dots + (C^n_{\text{ср.нал}} - C^n_{\text{инд.нал}})V^n S][(1 + E_{\text{нп}})^{T-t} - 1]}{(1 + E_{\text{нп}})^{T-t} E_{\text{нп}}}, \quad (19)$$

где  $C'_{\text{ср.нал}}$ ,  $C''_{\text{ср.нал}}$ , ...,  $C^n_{\text{ср.нал}}$  – средняя рыночная цена 1 кг продукции побочного пользования лесом по ее видам в наличном насаждении;

$C'_{\text{инд.нал}}$ ,  $C''_{\text{инд.нал}}$ , ...,  $C^n_{\text{инд.нал}}$  – индивидуальная цена 1 кг продукции;

$V'$ ,  $V''$ , ...,  $V^n$  – объем продукции побочного пользования в год с 1 га;

$T$ ,  $t$  – возраст соответственно главной рубки и насаждения в момент оценки.

Оценку средозащитных и рекреационных функций наличных лесов осуществляли по той же методике, что и эталонных при оценке земли.

В наличном насаждении сумма оценок всех эксплуатационных ресурсов и средозащитных функций вместе дает оценку лесных ресурсов на участке без учета стоимости земли.

В расчетах использована система натуральных и стоимостных исходных нормативов, позволяющих дифференцировать оценку по лесорастительным условиям (типам леса), лесоводственно-таксационным особенностям насаждений (порода, запас на 1 га, средние диаметр и высота, средний объем хлыста, класс товарности, потенциальная продуктивность по видам ресурсов, возраст спелости и др.), производственно-экономическим условиям (рыночные цены, себестоимость, районные и северные коэффициенты, расстояние вывозки и др.). Цены и себестоимость приняты по состоянию на 1992 г.

Расчеты выполнены с дифференциацией для всего диапазона условий по областям. Для обобщения итоговых показателей оценки всех лесов области по выделам авторами применен метод составления нормативов для базисных условий. Для про-

чих условий рассчитаны и приведены в таблицах поправочные коэффициенты, что позволяет оценить ресурсы на любом выделе, без применения сложных расчетов и ЭВМ. Наличие же программы расчетов на ЭВМ и записи на магнитных носителях таксационной характеристики выделов при необходимости позволяет выполнить их оценку в пределах квартала, лесничества, лесхоза.

Инфляция, быстрое изменение цен, себестоимости и рентабельности производства вызывают изменения и в оценке ресурсов, поскольку она построена на рентной основе. В связи с этим базисные показатели рассчитаны по вариантам для фактической рентабельности лесозаготовок 10, 20, 30, 40, 50 % и выражены в относительных коэффициентах по отношению к рыночной цене. Кроме того, разработаны специальные нормативы поправок к оценке в связи с изменением цен и себестоимости (рентабельности), позволяющие вычислить показатели оценки для любого уровня фактической рентабельности. Рассчитаны также поправочные коэффициенты, учитывающие разный уровень нормативной рентабельности (20, 25, 30 %). Таблицы для базисных условий и таблицы поправочных коэффициентов объединены в сборник нормативов.

Для получения показателя оценки ресурса с использованием данных нормативов достаточно базовый оценочный коэффициент умножить на три-четыре поправочных коэффициента и среднюю рыночную цену единицы ресурса по состоянию на расчетный момент.

Пример 1. Требуется оценить древесину по главному пользованию в целях установления размера арендной платы в выделе 23, кв. 150 Ракульского лесничества Холмогорского лесхоза Архангельской области. Площадь выдела 35 га, преобладающая порода сосна (10С + Е), средний возраст древостоя 150 лет, общий запас на 1 га 185 м<sup>3</sup>, ликвидный – 167 м<sup>3</sup>, средний диаметр 22 см, класс товарности 1. Северная подзона тайги. Расстояние вывозки 40 км. Средняя рыночная цена 1 м<sup>3</sup> круглого леса на расчетный момент 30 тыс.р. Фактическая средняя рентабельность лесозаготовок – 10 %, нормативная (принятая администрацией) – 30 %.

Из табл. 1.1-г сборника нормативов, составленной для базисных условий при фактической рентабельности 10 %, берем относительный коэффициент по оценке  $K_{др.сп.б} = 147,1$ . Из табл. 1.2 находим поправочный коэффициент по нормативной рентабельности (30 %) :  $K_p = 0,65$ , из табл. 1.3 – по расстоянию вывозки:

$K_b = 0,46$ ; из табл. 1.5 – по запасу на 1 га :  $K_z = 0,32$ ; из табл. 1.6 – учитывающий районные и северные надбавки к зарплате (принимаяем 1,7) :  $K_{p,c} = 0,74$ . Относительный коэффициент по оценке с учетом поправочных коэффициентов :  $K_{др.сп} = 147,1 \cdot 0,65 \cdot 0,46 \cdot 0,32 \cdot 0,74 = 10,415$ . Оценка древесины на 1 га :  $O_{др.сп} = K_{др.сп} C_p = 10,415 \cdot 30 = 312,45$  тыс.р. Оценка 1 м<sup>3</sup> древесины :  $O'_{др.сп} = 312,45 : 167 = 1871$  р. Оценка древесины на всем участке :  $\Sigma O_{др.сп} = 312,45 \cdot 35 = 10935,7$  тыс.р.

Пример 2. Условия те же, что в примере 1. Средняя фактическая рентабельность лесозаготовок повысилась с 10 до 30 %. Из табл. 1.1-б сборника нормативов для базисных условий при фактической рентабельности 30 % находим относительный коэффициент по оценке :  $K_{др.сп.б} = 190,7$ . Поправочные коэффициенты остаются без изменений. Относительный коэффициент по оценке с учетом поправочных коэффициентов :  $K_{др.сп} = 190,7 \cdot 0,65 \cdot 0,46 \cdot 0,32 \cdot 0,74 = 13,502$ . Оценка древесины на 1 га :  $O_{др.сп} = 13,502 \cdot 30 = 405,06$  тыс.р. Оценка 1 м<sup>3</sup> древесины :  $O'_{др.сп} = 405,06 : 167 = 2426$  р. Оценка древесины на всем участке :  $\Sigma O_{др.сп} = 405,06 \cdot 35 = 1417,71$  тыс.р.

Аналогично по нормативам выполняют оценку для других условий и видов ресурсов.

Разработанные нормативы предназначены для учета стоимости земли и лесных ресурсов как национального достояния, установления платы за землю и ресурсы при переводе их в другие виды пользования, определения арендной платы, штрафных санкций за лесонарушения, ведения лесного кадастра.

Применять нормативы надо следующим образом. При аренде лесов лесозаготовители вносят арендную плату за передаваемый в рубку объем древесины на корню в размере ее оценки по нормативам. Кроме того, они платят за землю (площадь, равную годичной лесосеке) в размере 5...10 % ее полной оценки в год.

При передаче лесов в подсочку взимается плата по нормативам, исходя из площади арендуемых древостоев. Годичная плата за этот ресурс равна его оценке по нормативам, деленной на срок подсочки.

Годичную арендную плату за лесные земли для сбора грибов и ягод также рассчитывают по данным нормативам, исходя из арендуемой площади.

При отчуждении лесных участков в другие виды пользования (строительство, линии электропередач и др.) потребитель выплачивает нормативную полную стоимость земли данного участка, а также полную плату за имеющуюся спелую или неспелую древесину, ресурсы подсочки (для приспевающих и спелых

сосняков, в которых возможна подсочка), за годичный объем побочного пользования лесом (грибы, ягоды).

Нормативы переданы производству и находятся в стадии внедрения. По главному пользованию они должны заменить таксы. Последние в современных рыночных условиях фактически ничего не отражают, очень низки и слабо дифференцированы. Для лучших условий таксы за древесину (лесные подати) низки, для худших высоки. Поэтому лесозаготовителям при использовании такс намного выгоднее подбирать и вырубать лучшие, близлежащие участки леса и бросать худшие. Разработанные же на рентной основе нормативы выравнивают экономические условия лесозаготовки для любых древостоев и их положения, способствуют рациональному использованию лесных ресурсов. Кроме того, являясь ценовым механизмом в руках владельца леса – лесхоза и местной администрации, – нормативы могут служить эффективным экономическим рычагом для стимулирования комплексного использования ресурсов и развития производства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Витт М.К. К вопросу об оценке земли // Плановое хоз-во. - 1969. - № 9. - С. 58-62. [2]. Варанкин В.В. Методологические вопросы региональной оценки природных ресурсов. - М.: Наука, 1974. - 240 с. [3]. Воронков П.Т. Экономическая оценка лесных угодий. - Новосибирск: Наука, 1976. - 134 с. [4]. Гофман К.Г. Методические основы экономической оценки природных ресурсов // Экономические проблемы оптимизации природопользования. - М.: Наука, 1973. [5]. Гофман К.Г. Экономическая оценка природных ресурсов в условиях социалистической экономики. - М.: Наука 1977. - 236 с. [6]. Джикович В.Л. Экономическая оценка лесных ресурсов // Экономические проблемы оптимизации природопользования. - М.: Наука, 1973. [7]. Ильев Л.И. О цене земли в лесном хозяйстве // Лесн. хоз-во. - 1969. - № 8. - С.7-11. [8]. Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. - М.: АН СССР, 1960. - 347 с. [9]. Кассиров Л. Рентные отношения в экономическом механизме // Вопросы экономики. - 1973. - № 4. [10]. Лойтер М.Н. Природные ресурсы и эффективность капитальных вложений. - М.: Наука, 1974. - 280 с. [11]. Лобовиков Т.С. Лес как экономическое явление // Вопросы экономики лесного хозяйства. - Воронеж, 1968. - С. 126-140. [12]. Маркова М.В. Практическое применение экономической оценки земли // Экономическая оценка земли. - М.: Колос, 1968. [13]. Новожилов В.В. Измерение затрат и результатов. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. - М.: Экономика, 1967. - 376 с. [14]. Сегендинов А., Томсек А. Оценка городских территорий // Экономика строительства. - 1968. - № 4. - С. 43-44. [15]. Степин В.В. Экономические основы природопользования. - М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 153 с. [16]. Струмилин С.Г. О дифференциальной земельной ренте в условиях социализма // Вопросы экономики. - 1960. - № 7. - С.81-97. [17]. Судацков Е.Я., Шараева О.А. Кадастр лесных угодий // Вопросы лесоведения. Т.1. - Красноярск, 1970. - С. 459-474. [18]. Сухотин Ю.В. Об оценке природных ресур-



сов // Вопросы экономики. - 1967. - № 12. - С. 87-98. [19]. Туркевич И.В. Кадастровая оценка лесов. - М.: Лесн. пром-сть, 1977. - 168 с. [20]. Федоренко Н.П. Экономические проблемы оптимизации природопользования // Экономические проблемы оптимизации природопользования. - М.: Наука, 1973. [21]. Черемушкин С.Д. Теория и практика экономической оценки земли. - М.: Соцэкгиз, 1963. - 279 с. [22]. Чупров Н.П., Антуфьева Е.Д., Кузнецова Н.П. Экономическая оценка лесов и лесных земель в условиях Севера // Лесн. хоз-во. - 1984. - № 6. - С. 26-29. [23]. Экономическая оценка ущерба, причиняемого лесам атмосферными загрязнениями: Методич. указания / Госплан СССР; Фил. Ин-та экономики промышленности АН СССР; ВНИИЛМ. - Ворошиловград, 1978. - 27 с.

---

Поступила 8 ноября 1994 г.

## МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

УДК 42. = 20 (07,07)

*Л.А. КОРЕЛЬСКАЯ*

Корельская Лилия Алексеевна родилась в 1944 г., окончила в 1966 г. Смоленский государственный педагогический институт; в 1980 г. 2-годичные Высшие педагогические курсы по подготовке высококвалифицированных преподавателей для вузов при ЛГУ; стажер Оксфордской Саммер Скул 1991 г. (Англия), доцент кафедры иностранных языков Архангельского государственного технического университета. Имеет 6 печатных работ на основе лесотехнической тематики по обучению английскому языку для специальных целей.

## АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ (ESP)

Рассмотрены вопросы использования английского языка при общении специалистов разных стран. Проанализирована методика его применения в учебном процессе.

The need of English for specific purposes in communicating specialists of different nations has been considered. The methods of using ESP in the teaching process are analysed.

Понятие ESP – язык для специальных целей – возникло на основе изучения речевого продуцирования в процессе общения людей по специальным, профессиональным темам и включает способность и подготовленность к общению, анализ законченных диалогических высказываний, различных разновидностей речи, регистров и другие направления.

Необходимость в международном языке родилась еще в конце второй мировой войны вместе со значительным расширением научной, технической и экономической деятельности в мире, а затем разрослась в связи с нефтяным кризисом 70-х годов и массовым потоком средств и специалистов с Запада в другие страны. Поскольку лидером в экономике и производстве технологий оказались США, то именно английский язык приобрел роль международного языка промышленности, торговли и нау-

ки, развив то, что прежде осуществлялось за счет процветания и влияния британской империи.

В то же время новые идеи появлялись при изучении языка как такового, а не формальных его черт или особенностей. Постепенно происходило смещение акцентов познания от педагогических задач к лингвистическим и возникал ряд важнейших вопросов: как строится речь в пределах регистра общения, как осуществляется само общение в процессе передачи информации и др.

Лингвисты стали исследовать способы применения языка в реальной коммуникации. Вместе с тем новые достижения в психологии обучения показали, что центральное место занимает обучающийся и его отношение к учебе. Расширялся спрос не на общие курсы английского языка, а на более специализированные, т.е. английский для специальных целей.

Еще большее значение ESP приобретает сейчас в связи с коренными изменениями в Центральной и Восточной Европе и бывшем Советском Союзе, России в том числе, и расширением торговых, деловых, промышленных и научных обменов между странами и партнерами. Возрастает спрос на постоянное общение, что и происходит через использование английского языка.

В то время как другие языки (французский, немецкий, испанский, японский), несомненно, играют свою роль, английский все же имеет первостепенное значение. Большая часть исследований, обучение и преподавание выполняются преимущественно на английском языке. В своей книге «English for Specific Purposes» [2] Kennedy и Volito пишут, что «правительства разных стран вводят программы массового образования с английским как первым, а иногда единственным языком; рост бизнеса и увеличение профессиональной мобильности приводят к потребности в английском как общей среде общения; доступ к большому объему научно-технической литературы затрудняется без знания английского языка». Итак, английский язык стал *lingua franca*\* международного, делового, академического и научного мира.

Чтобы стать профессионально компетентным в английском языке, будущим специалистам недостаточно базового курса, следует работать с материалом, соответствующим их будущей деятельности. При этом преподаватель иностранного языка не обязательно должен быть ученым в той или иной области, чтобы понять многие формативные единицы текста или статьи на английском языке. Но нужно суметь понять, что, например, некоторые слова приобретают специфическое значение, когда

---

\* *Lingua franca* – это язык или способ общения, который используется людьми, говорящими на разных языках.

являются терминами, что, например, химический термин «adsorption» не содержит спеллинговой ошибки и т. д. Преподавателей языка должно волновать не столько научное содержание статьи, с которой они имеют дело, сколько организация и структура текста, его связность, наличие задачи, которую нужно решить или которая уже решена.

Один из крупнейших теоретиков ESP Дж. Л. М. Трим указывает на то, что язык для специальных целей следует рассматривать как язык, «присоединяющий специальный (профессионально ориентированный) словарь к тому слою языка, который составляет его «общее ядро» (common core) и остается неизменным независимо от социальной (или профессиональной) роли, выполняемой говорящим». В связи с этим Трим отмечает, что студент-иностранец не может отказаться от изучения общего ядра языка на том основании, что его профессиональные цели сводятся к использованию лишь особой разновидности языка, соответствующей данной сфере деятельности. Напротив, обучающийся как бы присоединяет эти специальные особенности профессионального языка (в основном систему терминов) к общему языковому ядру.

Ранее [1] нами была сделана попытка выделить проблемы, возникающие при общении специалистов через переводчика. В данной статье хотелось бы поделиться некоторым опытом в беспереводном или, точнее, смешанном общении на английском для специальных целей. Речь касается обучения будущих оценщиков недвижимости совместно с норвежскими специалистами в России.

Практика оценки недвижимости, равно как и рынок недвижимости, еще молодая в России отрасль, находится в процессе становления и развития, и обучение этой специальности впервые в истории высшей школы России включено в программу Архангельского государственного технического университета, и это тем сложнее, что лекции ведутся на английском языке, ставшем для аудитории *lingua franca*.

Учебный материал оформлен в виде информативных блоков (Letters), которые выдаются слушателям. Рабочая группа состоит из двух норвежских преподавателей, специалистов-оценщиков, двух преподавателей университета, также практикующих в области оценки недвижимости в России, и преподавателя английского языка, не являющегося специалистом по оценке.

В данной ситуации: 1) английский язык является инструментом передачи профессиональной информации; 2) лицо, передающее эту информацию, пользуется *lingua franca*; 3) обучаю-

щийся должен воспринимать не только общее ядро высказывания на иностранном языке, но и присоединять специальные особенности профессионального языка к этому общему языковому ядру; 4) преподаватель иностранного языка, как и слушатель, не являющийся специалистом в этой новой для него сфере, выступает не только слушателем и наблюдателем, но и координатором происходящего, осуществляя своеобразный мониторинг, т. е. постоянно проверяет, как и какие происходят изменения, как развивается процесс обучения и т. д.

Происходит смешанное общение в сочетании разных регионов, на английском - на родном, национальном языке:

- между преподавателями-иностранцами, специалистами и слушателями на английском языке: а) в регистре разговорной речи; б) ESP;

- между преподавателями-иностранцами, специалистами: 1) на английском языке: а) в регистре разговорной речи; б) ESP; 2) на родном языке;

- между преподавателями-иностранцами, специалистами и российскими преподавателями-специалистами на английском языке в регистре разговорной речи +ESP;

- между преподавателем-филологом и специалистами с обеих сторон: 1) на английском языке: а) в регистре разговорной речи; б) ESP; 2) на родном языке;

- между преподавателем-филологом и слушателями: 1) на родном языке; 2) на английском языке: а) в регистре разговорной речи; б) общенаучной речи; в) ESP;

- общая дискуссия на *lingua franca* и т. д.

В данной ситуации при общении с использованием ESP важны различные педагогические и лингвистические приемы обучения. Все средства в соразмерном сочетании способствуют успешному функционированию и применению ESP в учебном процессе для становления и формирования будущего специалиста с ориентацией на международное общение в своей профессиональной деятельности.

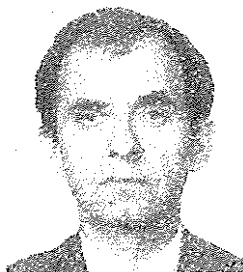
#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Корельская Л.А. Язык как средство межкультурного общения для специальных целей // Лесн.журн.-1994.-№5-6.-С.153-155.- (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Kennedy, Volito. English for Specific Purposes. - London: Mc Millan Press, 1984.

Поступила 21 апреля 1995 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*812

**В.П. РЯБЧУК, В.Я. ЗАЯЧУК**

Рябчук Василий Петрович родился в 1939 г., окончил в 1967 г. Львовский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесных культур и древесиноведения Украинского государственного лесотехнического университета. Имеет 106 печатных трудов в области изучения недревесных ресурсов леса.



Заячук Василий Яремович родился в 1967 г., окончил в 1991 г. Львовский лесотехнический институт, аспирант кафедры лесных культур и древесиноведения Украинского государственного лесотехнического университета. Имеет 5 печатных трудов в области изучения недревесных ресурсов леса.

### **СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ КАЛИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

Рассмотрены особенности анатомического строения древесины калины обыкновенной, их зависимость от возраста кустарника. Определены показатели основных физико-механических свойств. Рекомендовано разведение ее в лесокультуре.

Features of anatomical wood structure of cranberry (*V. opulus*), their relationship to the age of the bush have been considered. The indicators of the principal physical and mechanical properties are determined. It is recommended for cultivation in artificial stands.

Проблема обеспечения деревообрабатывающей промышленности древесиной ценных пород, пригодной для производства мебели и сувениров, весьма актуальна. Необходим поиск новых ресурсов среди малоизученных, но широко распространенных пород. Одна из них – калина. Ее декоративные свойства могут быть использованы при разукрашивании разнообразных изделий, отделке помещений и зданий. Глубокая химическая переработка древесины делает возможным получение лекарственных препаратов и многих других продуктов. Поэтому нужна достоверная информация о физико-механических свойствах этой породы.

В древесиноведческой литературе калина остается малоизученной породой. Если о внешнем виде ее древесины и прошлом использовании есть краткие сведения [3, 9], то данных о физико-механических свойствах мы не обнаружили. Хотя калина не относится к промышленным древесным породам, но ее использование в разных сферах народного хозяйства, бесспорно, велико, поэтому сведения о физико-механических свойствах древесины для расширения области ее применения имеют практическое и научное значение.

Нами выполнены исследования анатомического строения и физико-механических свойств древесины калины. Полученные результаты могут служить основой для разработки системы мероприятий по рациональному использованию и воспроизводству ее ресурсов.

Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.) относится к семейству *Caprifoliaceae*. Это ветвистый куст высотой 2...4 м с серой корой [8]. В благоприятных условиях развиваются мощные кусты с 4...12 крупными скелетными осями диаметром 5...10 см и глубокими стержневыми корнями [11, 12]. Порода требовательна к почвам, зимостойкая, светолюбивая. Согласно данным А.А. Воронина [4], на полянах и речных долинах в зарослях кустов на единице площади растет больше кустов, чем в лесу. Обильно плодоносит на открытых местах.

Естественный ареал калины охватывает почти всю территорию Восточно-Европейской равнины. Распространена в Крыму, на Кавказе, в некоторых районах Башкирии, Казахстана, Сибири. На территории Украины наибольшие ее запасы находятся в Киевской, Черниговской, Львовской, Ивано-Франковской, Тернопольской и Закарпатской областях [1]. В Карпатах плодоносящие кусты встречаются на высоте до 1500 м [4].

Исследования проводили в Ивано-Франковском лесокombинате. Модельные кусты находились на опушке 55-летнего грабово-букового древостоя. Его средняя высота 23 м, класс бонитета II, полнота 0,7, склон северо-восточной экспозиции.

Средняя высота модельных кустов 3,2 м, скелетных веток 7 м, диаметр 8,5 см.

Анатомическое строение древесины калины изучали согласно методике А.А. Яценко-Хмелевского [13] с использованием микроскопа МБС-10. Физико-механические свойства определяли в соответствии с действующими стандартами [5, 6] на универсальной машине ИР 5057Р-50.

Исследования показали, что древесина калины ядровая с желтовато-белой заболонью и желтовато-красноватым, реже темно-коричневым ядром. Порода рассеянно-сосудистая. Сосуды мелкие, сердцевинные лучи плохо заметны невооруженным глазом, годовичные слои слабо выражены. Средняя ширина годовичных колец 1,45, максимальная 1,80 мм. Количество годовичных слоев в 1 см составляет 6,8. Для сравнения скажем, что у рябины обыкновенной их 6, березы бородавчатой – 7,8, бука лесного – 4,8 [2]. Соотношение ядра и заболони, составляющее соответственно 24,3 и 75,7 %, приблизительно постоянно и мало изменяется с возрастом дерева.

Как установлено нашими исследованиями, анатомическое строение древесины калины характеризуется следующими данными: волокна либриформа – 67,0; сосуды – 21,0; сердцевинные лучи – 10,5; древесная паренхима – 1,5 %. Для сравнения в рассеянно-сосудистой древесине липы эти элементы составляют соответственно 36; 55,4; 6,2; 0,2 % [2].

Размеры волокон либриформа: средняя длина 0,59 мм, диаметр 18 мкм, толщина стенок 2,7 мкм. Диаметр клеток в среднем 14,5 мкм.

Показатель	Статистические показатели				
	<i>n</i>	<i>M</i>	$\pm m$	<i>V, %</i>	<i>P, %</i>
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	30	639	2,9	2,0	0,5
Коэффициент усушки, %:					
радиальной	30	0,213	0,015	20,7	4,9
тангентальной	30	0,272	0,024	18,9	4,7
объемной	30	0,489	0,019	17,6	3,9
Предел прочности, МПа:					
при сжатии вдоль волокон	36	51,308	1,019	11,9	2,0
при статическом изгибе	36	94,525	1,425	9,1	1,5
Ударная твердость, Дж/см <sup>2</sup> :					
радиальная	30	0,931	0,027	9,2	2,9
тангентальная	30	1,150	0,030	8,2	2,6

В таблице приведены результаты исследований физико-механических свойств древесины калины, обработанные методами вариационной статистики на IBM. Плотность древесины (при влажности 12 %) отличается от данных В.А. Туркина [9] (639



против  $890 \text{ кг/м}^3$ ). Древесина калины по плотности соизмерима с рябиной обыкновенной, лесным орехом, черешней [7]. По классификации Б.Н. Уголева [10], ее, наряду с древесиной березы, вяза и др., необходимо отнести к второй группе (средняя плотность).

По способности к усушке древесина калины близка к глоговине, буку и ясеню [10]: Она имеет сильноусыхающую структуру, поскольку коэффициент ее объемной усушки равен  $0,489\%$  (радиальной –  $0,213$ , тангентальной –  $0,272\%$ ).

По значениям предела прочности при сжатии вдоль волокон и статического изгиба древесина калины близка к рябине, груше, ореху грецкому, черешне [10]. Ее необходимо отнести к твердым древесным породам, таким как береза и бук, поскольку ударная твердость ее радиальной поверхности составляет  $0,931$ , а тангентальной –  $1,15 \text{ Дж/см}^2$ .

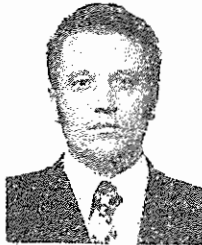
Как свидетельствуют результаты исследований, твердую, прочную, плотную древесину калины наряду с древесиной рябины, груши, ореха лесного, черешни можно использовать для изготовления сувениров, чубуков, рукояток и других поделок.

Результаты изучения физико-механических свойств древесины калины, приведенные в нашей работе, насколько нам известно, получены впервые. Эти данные необходимы для теории и практики и могут быть использованы в лесном семеноводстве, при целевых заготовках древесины определенного качества.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. - М.: Картография, 1980. - 340 с. [2]. Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. - М.: Лесн. пром-сть, 1989. - 294 с. [3]. Верещагин В.И. и др. Полезные растения Западной Сибири. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. - 367 с. [4]. Воронин А.А. Дикie ягодники Калужской области. Продуктивность дикорастущих ягодников. - Киров, 1972. - 225 с. [5]. Древесина. Отбор образцов и методы испытаний: Сб. стандартов. - М.: Изд-во стандартов, 1986. - 216 с. [6]. Леонтьев Н.Л. Техника испытаний древесины. - М.: Лесн. пром-сть, 1970. - 160 с. [7]. Полубояринов О.М. Плотность древесины. - М.: Лесн. пром-сть, 1976. - 159 с. [8]. Рябчук В.П. Дари лісів. - Львів: Світ, 1991. - 126 с. [9]. Туркин В.А. Использование дикорастущих плодово-ягодных и орехоплодных растений. - М., 1954. - 439 с. [10]. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. - М.: Лесн. пром-сть, 1986. - 334 с. [11]. Флора СССР. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958. - Т.23. - 776 с. [12]. Хохлов С.С., Ковалева А.С. Деревья и кустарники Нижнего Поволжья. - Саратов, 1950. [13]. Яценко-Хмелевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. - 337 с.

УДК 630\*425

**А.И. БАРАБИН**

Барабин Александр Иванович родился в 1939г., окончил в 1966г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесных культур и механизации лесохозяйственных работ Архангельского государственного технического университета. Имеет более 85 печатных работ в области лесосеменного мониторинга древесных пород на Европейском Севере России.

**ВЛИЯНИЕ  
АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ КОТЛАСКОГО ЦБК  
НА СЕМЕНОШЕНИЕ СОСНЫ**

Отмечено усыхание деревьев хвойных пород под действием промышленных выбросов и увеличение ряда показателей семеношения сосны с удалением от источника загрязнения.

Drying of coniferous trees affected by industrial discharges and an increase in a number of indices of pine seed-bearing subject to the distance away from the source of pollution have been stated.

В характере действия промышленных эксгалатов на растительность есть много общего: нарушение регуляторных функций биомембран, инактивация ряда важнейших ферментов из-за распада белков, нарушение синтеза многих соединений в др. [4]. Особенно ощутимо влияние загрязнения атмосферы на хвойные леса.

Сведения об антропогенном воздействии биогеохимических выбросов на семеношение хвойных древесных пород неоднозначны.

Большинство исследователей доказывают отрицательное влияние загрязнения атмосферного воздуха на урожай сосны [2, 5, 6], что выражается в увеличении количества аномальных пыльцевых зерен, летальности семян, снижении морфологических показателей шишек и качества семян. В то же время есть данные о большей урожайности деревьев ели со значительными потерями ассимиляционного аппарата эмиссионного воздействия [7], а также об отсутствии влияния промвыбросов на репродуктивную способность сосны [1].

Нами в 1990-1991 гг. были проведены наблюдения за семеношением сосны в пригородной зоне г.Коряжмы Архангельской области. Основным источником загрязнения окружающей среды здесь является Котласский ЦБК, который в 1990 г. выбросил в атмосферу 37 414,8 т вредных веществ. В числе токсикантов сернистый ангидрид, окись углерода, окислы азота, серная кислота, сероводород, хлор, метилмеркаптан и даже ртуть металлическая, относящаяся к I классу опасности.

Для рекогносцировочного обследования были заложены два участка по направлению господствующих ветров. Участок 1 расположен в 250 м от комбината. По старым лесоустроительным материалам, раньше здесь был ельник разнотравный VII класса возраста. Напочвенный коренной покров очень бедный, включает единично седмичник, золотую розгу, майник, ожику, костянику, северную линнею. Там, где деревья почти сплошь усохли, отмечены заросли крапивы, мать-и-мачехи, мхов нет.

Из 102 деревьев в перечете сосна составила 16,7, ель 63,7, береза 19,6 %. Наибольший отпад наблюдался у сосны: сухих – 70,6, полусухих – 11,8 %, у ели соответственно 36,9 и 41,5 %. Отмирали в основном деревья большего диаметра. У сухих деревьев частично или полностью отслаивается кора, у полусухих имеются большие натёки смолы по стволам и сильный некроз хвои. Для сосны характерна многовершинность, искривление приростов последних лет, что свидетельствует о повреждении ее основным побеговьемом. Хвоя расположена только на верхних приростах, т. е. живет всего 1 год. Единичные шишки сосны и ели пораженные, полусухие, кожистые и малые по размеру.

Участок 2 заложен на территории городского парка в 300 м от ЦБК в бывшем типе леса сосняк-черничник. На 1 га насчитывается 660 деревьев сосны, других пород мало. Средняя высота деревьев 13 м, средний диаметр 22 см. Все сосны многовершинные. Охвоенность побегов 20 %. Продолжительность жизни хвои 1 год (без учета вновь образовавшейся в 1991 г.).

Напочвенный покров беден; крапивы, мать-и-мачехи мало, мхов нет.

Таблица 1

Номер пробной площади	Расстояние от источника выброса, км	Процент плодоносящих деревьев	Условный выход здоровых шишек, %	Урожай шишек		Размер шишек, см		Теснота связи		Число семян в шишке, шт.	Полнота зрелости, %	Масса семян	
				в кроне, шт.	на 1 га, тыс.шт.	Высота	Ширина	$r \pm m$	$t$			1000 шт., г	на 1 га, кг
1	0,5	67	29,5	43	22,49	3,3	1,9	$0,80 \pm 0,08$	9,88	10,6	78	5,11	1,22
2	2,5	84	36,7	49	34,15	4,3	2,0	$0,70 \pm 0,11$	6,36	8,5	62	7,25	2,10
3	4,5	82	58,9	87	41,76	4,6	2,4	$0,81 \pm 0,01$	20,9	29,3	55	5,03	6,15
4	7,0	74	100,0	124	56,54	4,8	2,5	$0,82 \pm 0,07$	11,2	30,7	65	5,05	8,77

Таблица 2

Номер пробной площади	Процентное уменьшение показателей						
	Размер шишек		Урожай шишек		Выход здоровых шишек	Число семян в шишке	Масса семян с 1 га
	Высота	Ширина	в кроне	на 1 га			
1	31,0	24,0	65,3	60,2	70,1	65,5	86,1
2	10,0	20,0	60,5	39,6	63,3	72,3	76,1
3	4,0	4,0	29,8	26,2	41,1	4,6	29,9

Вершины деревьев усыхают, хотя при помощи бинокля 7-кратного увеличения смоляных потеков не обнаружено. Урожай шишек практически нет. Лиственные породы всех классов возраста чувствуют себя нормально.

Довольно детальный анализ состояния и семеношения сосны проведен на пробных площадях 1–4, заложенных в противоположную сторону от направления господствующих ветров на разном расстоянии от комбината. Подбирали участки с одинаковыми таксационными показателями: тип леса сосняк-брусничник, состав 10 С, ед. Б, класс возраста IV, класс бонитета III, полнота 0,6. Число стволов сосны на 1 га 760...830, средний диаметр сосны 16,5...19,5 см, средняя высота 16...17 м. Тип почвы подзол маломощный, иллювиально-железистый, мелкопесчаный песок на хорошо отсортированном песке. Данные о семенной продуктивности сосны приведены в табл.1.

Из табл.1 видно отсутствие четких закономерностей по проценту семеносящих деревьев, полнозернистости и массе 1000 семян на разных площадях. Другие же показатели (размер и урожай шишек, масса семян на 1 га) возрастают с удалением древостоев от источника выбросов.

При сравнении данных пробных площадей 1–3 с материалами пробы 4 (взятыми за 100 %) видно явное уменьшение показателей (табл.2).

На основании изложенного следует, что атмосферные выбросы ЦБК влияют на размеры и состояние шишек, число и массу семян. Чем дальше расположены древостои от источника загрязнения, тем эти показатели лучше.

Условное принятие пробной площади 4 за относительно чистую неверно, ибо, например, сернистый газ может подниматься на 1...3 км и опускаться в 500...1000 км от источника,  $\text{NH}_3$  – соответственно до 1 км в высоту и на расстояние 10...20 км [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Баталова А.А., Мартьянов Н.А. К экологии семенного размножения сосны обыкновенной в окрестностях нефтехимических предприятий // Экология. - 1981. - №2. - С. 84-85. [2]. Луганский Н.А., Калинин В.А. Влияние атмосферных промышленных загрязнений на семеношение и качество семян сосны // Лесн.журн. - 1990.- № 1. - С. 7-10. (Изв.высш.учеб. заведений). [3]. Методика определения предельно допустимых концентраций вредных газов для растительности /Госкомлес СССР. - М., 1988. - 15 с. [4]. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. - Новосибирск: Наука, 1979. - 278 с. [5]. Подзоров Н.В. Влияние задымления воздуха на качество семян сосны обыкновенной // Лесн.хоз-во. - 1965. - №7. - С.47-49. [6]. Федорков А.Л. Половая репро-

дукция сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении в условиях Субарктики // Лесн.журн. - 1992. - №4. - С.60-64. - (Изв.вышш.учеб. заведений). [7]. Stutz H.P., Frehmer E., Burkart A. Nadelversucht der Fichte und Samenqualitat // Forstwiss. Gbl. - 1987. - 106, № 2. - S.68 - 77.

УДК 630\*23

### Б.Н. ШАМШИЕВ



Шамшиев Бакытбек Нуркамбарович родился в 1968 г., окончил в 1990 г. Воронежский лесотехнический институт, аспирант Московского государственного университета леса. Научные интересы — изучение состояния арчовых лесов, роли выпаса скота в естественных и искусственных насаждениях, поиск реальных путей их восстановления и сохранения.

## СОСТОЯНИЕ АРЧИ ПОЛУШАРОВИДНОЙ В САРЫ-ЧЕЛЕКСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ КИРГИЗИИ

Изучены рост и естественное возобновление арчи в биосферном заповеднике. Сделан вывод об удовлетворительном состоянии арчовников и плохом семенном возобновлении.

The juniper growth-and-natural regeneration in biosphere reserve have been studied. The juniper stands' satisfactory condition and poor seeds' regeneration are stated.

Арчовые леса Юго-Западного Тянь-Шаня расположены в основном в среднегорье на склонах крутизной 20...35°, на высоте 1400...2600 м над у.м. В большинстве случаев они сильно изрежены, особенно на каменистых склонах южных экспозиций, и представлены низкополнотными (0,3...0,5) насаждениями.

Нами было исследовано современное состояние арчовых лесов в хозяйственной части Сары-Челекского биосферного заповедника, расположенного в Восточно-Чаткольском лесорастительном районе Южно-Киргизской лесорастительной области [1].

В заповеднике арчовые леса распространены на 1403 га, что составляет 6% от общей или 13 % от лесной площади. Наибольшую часть лесопокрытой площади занимают насаждения арчовых типов (33,9 %). Подавляющее большинство арчовников представлено среднегорными типами. Это вполне соответствует лесорастительным условиям заповедника, где наибольшее распространение среди арчовников имеет арча полушаровидная.

Для детального изучения арчовых насаждений на высоте 1600 ... 2100 м было заложено пять пробных площадей размером 1 га (100 x 100 м), на которых проведен пересчет всех деревьев по 4-сантиметровым ступеням толщины, а также измерены высоты стволов. Одновременно на каждой пробной площади выполнено описание древостоя, кустарников, травянистого покрова и почвы, самосева и подроста.

Таксационная характеристика 160-летних древостоев на пробных площадях приведена в табл.1. Почва на всех пробных площадях горная коричневая суглинистая. Подлесок располагается главным образом под кронами арчи и состоит из барбариса продолговатого, жимолости Королькова, шиповника кокандского, кизильника малоцветкового, алычи согдийской и яблони киргизов.

Таблица 1

Номер пробной площади	Экспозиция склона	Крутизна склона, град	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup>	Полнота	Класс бонитета	Число деревьев на 1га, шт.	Запас, м <sup>3</sup> на 1 га
1	ЮЗ	22	9,1	21,1	10,7	0,39	II	181	43,3
2	Ю	20	7,2	27,6	8,1	0,35	III	136	29,1
3	ЮВ	25	7,7	26,9	7,2	0,29	III	127	26,1
4	В	18	6,9	35,4	11,2	0,51	III	114	39,8
5	СВ	25	7,4	28,4	5,9	0,25	III	93	25,1

Среди доминантов травяного покрова наибольшее распространение имеют: мятлик обыкновенный, тимофеевка степная, шалфей мускатный, василек русский, скабиоза джунгарская и др.

Анализируя состояние древостоя на пробных площадях, можно заключить, что в арчовниках сохраняются основные закономерности, свойственные другим горным лесам. Полнота арчовников, как правило, низкая, запас незначительный.

На основании полученных данных следует, что полнота тесно связана с условиями местопроизрастания. В таких лесорастительных условиях арча полушаровидная не может сформировать высокополнотные древостои.

На всех пробных площадях имеется валежник, сухостойные, фаутные, суховершинные и усыхающие деревья. Усыхание арчовников, очевидно, связано с недостаточным количеством влаги в почве и нарушением ее физических свойств вследствие выпаса скота, который практиковался в заповеднике в прошлом. Санитарное состояние арчовников можно признать удовлетворительным (табл.2).

Таблица 2

Номер пробной площади	Распределение деревьев арчи по состоянию, экз./%			
	Живые	Отмирающие	Сухие	Всего
1	148	—	33	181
	80,0		20,0	100
2	103	8	25	136
	75,7	5,9	18,4	100
3	93	12	18	127
	76,4	9,4	14,2	100
4	93	5	16	114
	81,5	4,4	14,4	100
5	77	4	12	93
	82,7	4,3	13,0	100

Было изучено также естественное возобновление арчи полушаровидной. На всех пробных площадях проведено детальное исследование, которое включало описание и сплошной переучет подроста. Результаты учета приведены в табл.3.

Таблица 3

Номер пробной площади	Экспозиция склона	Высота, м над у.м.	Полнота	Количество подроста, экз./га, по группам высот, м					всего
				0,10... 0,25	0,26... 0,50	0,6... 1,0	1,1... 1,5	1,6 и >	
4	В	2050	0,5	5	7	11	8	15	46
2	Ю	2000	0,4	1	8	8	9	22	48
1	ЮЗ	2100	0,4	3	3	4	19	23	52
5	СВ	1800	0,3	1	8	7	24	21	61
3	ЮВ	1600	0,3	2	9	11	16	28	66

Из таблицы видно, что на восточном и южном склонах количество подроста составляет всего лишь 46...48 экз./га. Наиболее успешно арча возобновляется на юго-восточном склоне (более 66 экз. благонадежного подроста на 1 га). С уменьшением полноты древостоя количество подроста возрастает.



Согласно шкале СредазНИИЛХ [2] естественное возобновление арчи полушаровидной слабое. Однако более половины учтенного подроста (в среднем около 45 экз. на 1 га) имеет высоту более 0,5 м. Сохранение этого количества молодых деревьев до 100...150 лет все же дает предпосылку для формирования арчового насаждения, хотя и редкого.

Изучение хода предшествующего естественного возобновления арчи показало, что основным условием возникновения и развития самосева и подроста является влажность почвы и возможность заделки семян. Поэтому основное возобновление идет под кронами материнских деревьев. Однако слабое плодоношение не дает появиться самосеву, и пространство под кронами, лишенное подроста, является лучшим местом для искусственного восстановления арчи.

На основании изучения состояния арчовников и хода естественного возобновления можно сделать следующие основные выводы.

1. На территории Сары-Челекского биосферного заповедника состояние арчовников можно признать удовлетворительным. В части заповедника, где разрешена хозяйственная деятельность, целесообразно удалить валежник, сухостойные, фаутовые, а также усыхающие и суховершинные деревья.

2. Запас арчи оказался невысоким, полнота – низкой.

3. Естественное семенное возобновление арчи полушаровидной в заповеднике крайне неудовлетворительно. Основная причина – физико-географические условия, состояние насаждения и антропогенный фактор, в первую очередь нерегулируемый выпас скота в прошлом.

4. Лучшее возобновление арчи наблюдается на юго-восточных и северо-восточных склонах.

5. С увеличением полноты количество подроста уменьшается.

6. Естественное возобновление арчи чаще всего возникает под пологом материнских деревьев и кустарников, у вывалившихся старых деревьев, с северной стороны пней, камней и прочих выступов. В качестве мер содействия естественному возобновлению необходим подсев шишкоягод арчи под кронами деревьев, лишенных подроста, или создание культур в хозяйственной части заповедника.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Мухамедшин К.Ф. Лесоводственно-географические особенности арчовников Сары-Челекского заповедника // Тр. Сары-Челекского за-

поведника. - 1968. - Вып.3. [2]. Нигматов У.Н. Особенности естественного возобновления в арчовниках Узбекистана // Сб. работ молодых ученых. - Ташкент, 1962. - Вып.1.

УДК 65.011.54:630\*

### Т.Т. МАЛЮГИН



Малюгин Тимофей Тимофеевич родился в 1913 г., окончил в 1941 г. Киевский политехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры лесохозяйственных работ и лесозаготовки Украинского государственного аграрного университета, изобретатель СССР, член Академии оригинальных идей Украины. Имеет более 180 печатных трудов в области механизации лесохозяйственных работ.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА ЛЕСХОЗОВ

В связи с нестабильностью цен на топливо принят такой наиболее объективный показатель оптимального состава машинно-тракторного парка лесхозов, как минимум энергозатрат на выполнение всех механизированных работ.

Due to instability of fuel prices of optimal forestry machine and tractor stock it has been adopted such most objective index as minimum of power consumption for carrying out all mechanized operations.

В настоящее время, при нестабильности цен на топливо, смазочные материалы, технические средства и зарплаты, для определения оптимального состава машинно-тракторного парка лесхозов наиболее объективным критерием является минимум энергозатрат на выполнение всех работ.

В модели для решения поставленной задачи функцией цели является минимум затрат энергии на выполнение заданных объемов работ машинно-тракторными агрегатами:

$$\Theta = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Theta_{ij} O_i \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} W_{ij} = O_i; \quad (2)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad (3)$$

- где  $\Theta$  – энергозатраты на выполнение всех работ в лесхозе;  
 $m$  – виды механизированных работ;  
 $n$  – число тракторов, используемых на механизированных работах;  
 $\Theta_{ij}$  – энергозатраты на выполнение единицы  $i$ -го вида работ  $j$ -м трактором, Н · м/га;  
 $O_i$  – объем  $i$ -го вида работ, га;  
 $x_{ij}$  –  $j$ -й трактор на выполнении  $i$ -го вида работ;  
 $W_{ij}$  – сменная производительность на выполнении  $i$ -го вида работ агрегатом с  $j$ -м трактором, га/см.

Учитывая, что часть времени смены затрачивается непосредственно на работу, а часть на холостые повороты и переезды, когда также работает двигатель и расходуется топливо, погектарный расход топлива ( $\theta$ , кг/га) можно подсчитать по формуле

$$\theta = \frac{Q_T}{W_i}, \quad (4)$$

- где  $Q_T$  – расход топлива за  $T$  часов работы, кг,  
 $Q_T = G_p T_p + G_x T_x$ . (5)  
 Здесь  $G_p$  – расход топлива за 1 ч непосредственной работы, кг;  
 $T_p$  – время непосредственной работы, ч;  
 $G_x$  – расход топлива за 1 ч смены на холостые повороты и переезды, кг;  
 $T_x$  – время на холостые повороты и переезды, ч;  
 $W_i$  – производительность за  $T$  часов работы агрегата,

$$W_i = \frac{360NB\eta T_p}{R}, \quad (6)$$

- где  $N$  – мощность двигателя трактора, кВт;  
 $B$  – ширина захвата агрегата, м;  
 $\eta$  – коэффициент полезного действия трактора;

$R$  – тяговое сопротивление рабочей машины.

Подставляя в формулу (4) значения  $Q_T$  и  $W_i$ , получаем

$$\theta = \frac{(G_p T_p + G_x T_x) R}{360 N B \eta T_p} \quad (7)$$

Отношение  $\frac{G_p}{N}$  обозначим  $g_e$ . Оно определяет удельный расход топлива, кг/кВт. Следовательно,

$$\theta = (g_e + \frac{G_x T_x}{N T_p}) \frac{R}{360 B \eta} \quad (8)$$

Зная механический тепловой эквивалент (4189 Н·м/ккал) и обозначая низшую теплоту сгорания через  $Q_H$ , ккал/кг, получаем

$$\Theta_m = 4189 Q_T Q_H \quad (9)$$

Выражая в формуле (7) расход топлива через его тепловой эквивалент, находим полный удельный расход энергии ( $\Theta_{ij}$ , Н·м/га) по формуле

$$\Theta_{ij} = 11,636 \frac{Q_H R}{B \eta} (g_e + \frac{G_x T_x}{N T_p}) \quad (10)$$

Для дизельного топлива  $Q_H = 10\,200$  ккал/кг, поэтому формулу (10) представим в виде

$$\Theta_{ij} = 11,87 \cdot 10^4 \frac{R}{B \eta} (g_e + \frac{G_x T_x}{N T_p}) \quad (11)$$

При комплектовании машинно-тракторного агрегата, в зависимости от агротехнических требований, для каждой технологической операции выбираем рабочую машину и соответствующий ей трактор с тем, чтобы коэффициент использования его тягового усилия был как можно выше. На основании технико-эксплуатационных показателей трактора находим полный удельный расход энергии для каждой технологической операции, а далее, пользуясь формулой (1), определяем оптимальный состав машинно-тракторного парка лесхоза.

УДК 536.24

*В.Б. КУНТЫШ, В.В. АКСЕНОВ, С.П. РОЩИН*

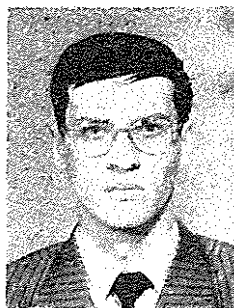
Кунтыш Владимир Борисович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики Архангельского государственного технического университета. Имеет 261 печатный труд в области интенсификации конвективного теплообмена развитых поверхностей при внешнем обтекании их однофазными газовыми теплоносителями и теоретических основ для проектирования высокоэффективных теплообменников воздушного охлаждения энергоносителей.



Аксенов Василий Викторович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры физики Архангельского государственного технического университета. Имеет более 10 печатных трудов в области теплофизики и молекулярной физики.



Рощин Сергей Павлович родился в 1968 г., окончил в 1994 г. Архангельский государственный технический университет. В настоящее время является аспирантом кафедры промышленной теплоэнергетики Архангельского государственного технического университета.



## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА МЕТОДОМ СТРУЙНОГО ОБДУВА ШАХМАТНОГО ПУЧКА ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ

Приведены результаты опытного исследования теплоотдачи первых трех рядов труб с алюминиевыми спиральными ребрами шахматного пучка, обдуваемых системой цилиндрических воздушных струй, которые формируются перфорационными решетками, установленными на различном расстоянии от труб первого ряда, а также изучено аэродинамическое сопротивление этого пучка.

The results of experimental investigation into heat transfer of the first three aluminium spiral staggered finned-banks blowed-off by a system of cylinder jets which are formed by slotted arrays arranged at a different distance of the first row bank have been presented as well as this bank's aerodynamic resistance has been studied.

Эффективным способом интенсификации теплообмена гладкотрубных и плоских поверхностей является их струйный обдув [3, 5] воздушным потоком. В опубликованных исследованиях отсутствуют данные о применении этого метода к пучкам из оребренных труб, которые являются основным теплообменным элементом калориферов лесосушильных камер, систем воздушного отопления зданий и сооружений, теплообменников воздушного охлаждения энергоносителей и различных технологических продуктов. Цель данной работы – восполнить этот пробел.

Эксперименты проводили в аэродинамической трубе разомкнутого типа поперечного сечения  $400 \times 400$  мм [4], в рабочем участке которой устанавливали шестирядный шахматный пучок из биметаллических труб с накатными алюминиевыми спиральными ребрами. Они накатаны на стальной трубе наружного диаметра  $d_n = 25$  мм с толщиной стенки  $\delta = 2$  мм. Их геометрические размеры, мм : наружный диаметр  $d = 55,41$ ; диаметр у основания  $d_0 = 27,59$ ; высота  $h = 13,41$ ; шаг  $S = 2,56$ ; средняя толщина  $\Delta = 0,45$ . Коэффициент оребрения трубы  $\phi = F/F_0 = 16,74$  ( $F$  – площадь полной наружной поверхности оребрения;  $F_0$  – площадь поверхности гладкой трубы по основанию ребер на диаметре  $d_0$ ). Оребренные трубы в решетках пучка размещены с поперечным  $S_1 = 69$  мм и продольным  $S_2 = 55$  мм шагами. В нечетных поперечных рядах установлено 5 цельных трубок, в четных – 4 (рис. 1). Для обеспечения одинакового (проходного по воздуху) поперечного сечения каждого ряда пучка в его четных рядах с боковых сторон расположены полутрубки.

Струйный обдув воздухом оребренных труб пучка созда-

вали с помощью перфорационной решетки (рис. 2), которая представляла плоский лист бакелитовой фанеры толщиной 14 мм с просверленными в нем одинаковыми отверстиями диаметром  $d_n = 20; 25$  мм. Поперечный шаг отверстий  $a = 0,5 S_1 = 34,5$  мм; шаг отверстий по вертикали  $b = 40$  мм. Число рядов отверстий по ширине пучка 11; в каждом ряду по высоте решетки 10 отверстий. Общее число отверстий в каждой из перфорационных решеток 110.

Рис. 1. Схема оребренного пучка: 1 — оребренные трубки; 2 — перфорационная решетка; 3 — трубка-калориметр; 4 — вытеснитель

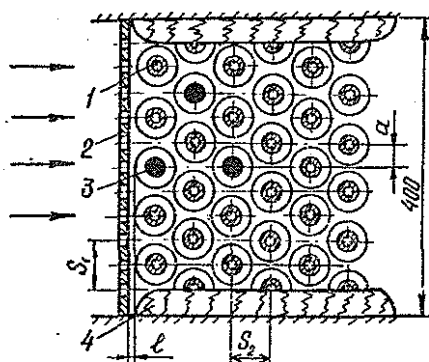
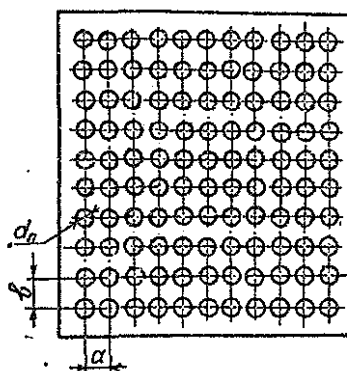


Рис. 2. Схема перфорационной решетки



Размеры решетки (400 × 400 мм) соответствовали поперечному сечению аэродинамической трубы. Перфорационную решетку в опытах устанавливали перед первым рядом пучка на расстоянии  $l$  от наружного диаметра ребер труб. В опытах принято  $l = 0; 10; 30; 70; 130$  мм. При  $l = 0$  мм перфорационную решетку располагали вплотную к ребрам первого ряда труб. Входные и выходные кромки отверстий в решетках острые и неподвергнуты скруглению после сверловки.

Опыты осуществляли следующим образом. Сначала испытывали пучок из оребренных труб, называемый в последующем базовым. При выполнении остальных опытов через открывающийся проем в верхней трубной решетке перед пучком на различном расстоянии крепили перфорационную решетку.

Теплоотдачу исследовали методом локального теплового моделирования. Пароэлектрический калориметр [6] последовательно устанавливали в середине 1-, 2- и 3-го поперечного ряда

пучка. Полагали [4], что теплоотдача в последующих рядах не изменяется и соответствует теплоотдаче 3-го ряда. Приведенный коэффициент  $\alpha_i$  теплоотдачи  $i$ -го поперечного ряда пучка определяли по тепловому потоку, отнесенному к полной наружной поверхности  $F$  оребрения трубы и арифметической разности средних температур трубы у основания ребер и потока воздуха на входе в рабочий участок. Приведенный средний коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  вычисляли арифметическим усреднением коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_i$  всех рядов пучка.

Данные обработаны в безразмерных числах подобия:

$$Nu_i = \alpha_i d_0 / \lambda; Nu = \alpha d_0 / \lambda;$$

$$Re = wd_0 / \nu; Eu = \Delta p / \rho w^2,$$

где  $w$  – скорость воздуха в сжатом поперечном сечении пучка, м/с;

$\Delta p$  – перепад статистического давления воздуха в пучке, Па;

$\lambda, \nu, \rho$  – физические параметры воздуха.

Для пучков с перфорационной решеткой  $\Delta p$  представляет общий перепад статического давления воздуха на решетке и пучке. Средняя скорость воздуха в отверстиях перфорационной решетки  $w_0 = \psi w$ , где  $\psi = 2,13$  для отверстий с  $d_n = 20$  мм и  $\psi = 1,36$  – для  $d_n = 25$  мм. Скорость воздуха в свободном поперечном сечении перед пучком  $w_n = 0,533w$ .

Физические параметры воздуха  $\lambda, \nu, \rho$  принимали по его средней температуре в пучке. Опыты проведены в диапазоне изменения чисел  $Re$  от  $3 \cdot 10^3$  до  $25 \cdot 10^3$ . Более подробно методика приведена в [4, 6].

Экспериментальные данные теплоотдачи и аэродинамического сопротивления пучков обобщены критериальными уравнениями подобия в степенной форме

$$Nu_i = C_i Re^{n_i}; \quad (1)$$

$$Nu = C Re^n; \quad (2)$$

$$Eu = B Re^{-m}. \quad (3)$$

Здесь  $C_i, C, n_i, n, B, m$  – константы.

Числа  $Eu$  даны для шести рядов с включением сопротивления перфорационной решетки. Среднеквадратичная ошибка при определении  $C_i, C, n_i, n, B, m$  не превышала 3%. Значения констант для 1-, 2- и 3-го рядов ( $i = 1; 2; 3$ ) опытных пучков I–XI и средние для каждого пучка приведены в таблице.

Для оценки эффекта интенсификации теплообмена струйным обдувом введены коэффициенты  $\epsilon_i$  для  $i$ -го ряда и  $\epsilon$  для пучка в целом, которые при  $Re = idem$  вычисляли по выражениям



$$\varepsilon_i = Nu_{ip} / Nu_{i6}; \quad (4)$$

$$\varepsilon = Nu_p / Nu_6; \quad (5)$$

где  $Nu_{ip}, Nu_{i6}$  – соответственно числа Нуссельта для  $i$ -го ряда пучка с перфорационной решеткой и базового пучка XI;

$Nu_p, Nu_6$  – средние значения чисел Нуссельта для этих же пучков.

#### Основные характеристики опытных пучков

Номер пучка	$l, \text{мм}$	$c_1 \cdot 10^2$	$n_1$	$c_2 \cdot 10^2$	$n_2$	$c_3 \cdot 10^2$	$n_3$	$c \cdot 10^2$	$n$	$B$	$m \cdot 10^2$
Перфорационная решетка с $d_n = 25 \text{мм}$											
I	0	4,33	0,75	4,98	0,75	4,61	0,75	4,62	0,75	8,58	8
II	10	5,02	0,75	5,02	0,75	5,02	0,75	5,02	0,75	22,80	18
III	30	5,02	0,75	5,02	0,75	5,02	0,75	5,02	0,75	22,80	18
IV	70	5,02	0,75	5,02	0,75	5,02	0,75	4,80	0,75	22,80	18
V	130	4,22	0,75	4,51	0,75	5,02	0,75	4,80	0,75	22,80	18
Перфорационная решетка с $d_n = 20 \text{мм}$											
VI	0	2,22	0,83	2,74	0,83	2,42	0,83	2,44	0,83	6,25	0
VII	10	2,51	0,83	3,00	0,83	2,51	0,83	2,60	0,83	14,00	8
VIII	30	2,44	0,83	2,78	0,83	2,44	0,83	2,50	0,83	14,00	8
IX	70	2,33	0,83	2,33	0,83	2,33	0,83	2,33	0,83	14,00	8
X	130	4,60	0,75	4,60	0,75	4,60	0,75	4,60	0,75	14,00	8
Базовый пучок											
XI	–	14,8	0,60	7,00	0,70	5,02	0,75	5,67	0,73	44,40	28

Рост аэродинамического сопротивления при струйном обдуве оценивали коэффициентом  $\varepsilon'$  при  $Re = \text{idem}$ :

$$\varepsilon' = Eu_p / Eu_6, \quad (6)$$

где  $Eu_p, Eu_6$  – соответственно числа Эйлера для пучка с перфорационной решеткой и базового пучка XI.

Как показывает анализ рис. 3 и данных таблицы, характер изменения параметра интенсификации теплообмена  $\varepsilon_i$  в рядах пучка и показателя степени  $n_i$  в критериальном уравнении (1) существенно различен и зависит от расстояния  $l$  и диаметра перфорации  $d_n$ .

Установлено, что при  $d_n = 25 \text{мм}$  в критериальном уравнении (1)  $n_i = 0,75$  для каждого ряда труб независимо от  $l$ . Для  $d_n = 20 \text{мм}$  показатель степени  $n_i = 0,83$  в каждом ряду пучка при  $l = 0...70 \text{мм}$  и лишь при  $l = 130 \text{мм}$  показатель  $n_i = 0,75$ .

Наибольшая степень интенсификации теплообмена достигается в 1-м ряду пучка оребренных труб, причем меньшему диаметру перфорации соответствует большее значение  $\varepsilon_1$ . При этом

максимальные значения  $\epsilon_1$  наблюдаются для  $d_n = 20$  мм при  $l = 10$  мм ( $\epsilon_1$  изменяется от 1,07 до 1,75 при  $Re = (3 \dots 25) \times 10^3$ ), для  $d_n = 25$  мм – при  $l = 10 \dots 70$  мм ( $\epsilon_1$  изменяется от 1,30 до 1,55 при  $Re = (3 \dots 25) \cdot 10^3$ ). Минимальные значения достигнуты для обоих диаметров перфорации при  $l = 130$  мм.

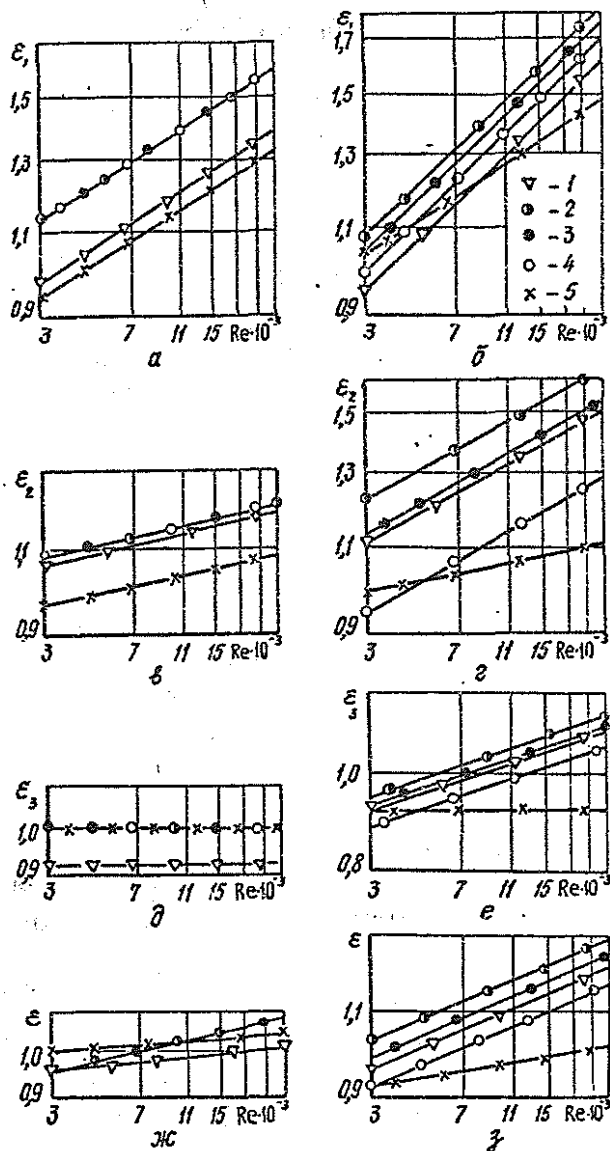


Рис.3. Коэффициенты интенсификации теплоотдачи  $\epsilon$  перфорационной решеткой при  $d_n = 25$  мм (а, в, д, ж) и  $d_n = 20$  мм (б, г, е, з) для первого (а, б), второго (в, г), третьего (д, е) ряда и пучка в целом (ж, з) (Здесь и на рис.4: 1, 2, 3, 4, 5 – расчетные точки для  $l = 0; 10; 30; 70; 130$  мм.)

Во 2-м ряду пучка теплообмен интенсифицируется в меньшей степени, чем в 1-м. Изменение параметра  $\varepsilon_2$  аналогично по характеру изменению параметра  $\varepsilon_1$  в 1-м ряду для различных  $l$ . Однако для  $d_{\text{п}} = 25$  мм разница в значениях  $\varepsilon_2$  при  $l = 0$  и  $l = 10 \dots 70$  мм становится незначительной, а для  $d_{\text{п}} = 20$  мм  $\varepsilon_2$  принимает при  $l = 0$  более высокие значения, чем при  $l = 70$  мм.

В 3-м ряду пучка при  $d_{\text{п}} = 20$  мм выявлены более низкие, чем в 1-м и во 2-м рядах, значения параметра  $\varepsilon_3$  (рис. 3,е). При этом характер изменения параметра  $\varepsilon_3$  для этого диаметра перфорации качественно аналогичен характеру изменения  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  для 1-го и 2-го рядов пучка. В 3-м ряду при  $d_{\text{п}} = 25$  мм параметр  $\varepsilon_3 \leq 1$  во всем интервале изменения чисел Re:  $\varepsilon_3 = 0,920$  ( $l = 0$ );  $\varepsilon_3 = 1,000$  ( $l = 10; 30; 70$  мм);  $\varepsilon_3 = 0,999$  ( $l = 130$  мм).

Характер изменения параметров интенсификации теплообмена по рядам пучка определяет характер изменения и величину параметра интенсификации теплообмена  $\varepsilon$  для пучка в целом. Максимальные значения  $\varepsilon$  в зависимости от числа Re находятся в пределах от 1,040 до 1,085 (для  $d_{\text{п}} = 25$  мм при  $l = 10 \dots 70$  мм), либо — от 1,020 до 1,260 (для  $d_{\text{п}} = 20$  мм при  $l = 10$  мм).

Наличие перфорационной решетки приводит к увеличению аэродинамического сопротивления пучка, что количественно характеризуется параметром  $\varepsilon'$  (рис. 4). Установлено, что  $\varepsilon'$  возрастает при увеличении числа Re и уменьшении  $d_{\text{п}}$ . В частности, при изменении числа Re в интервале от  $5 \cdot 10^3$  до  $25 \cdot 10^3$  и  $l = 10 \dots 130$  мм параметр  $\varepsilon'$  при  $d_{\text{п}} = 20$  мм возрастает от 1,72 до 2,24, а при  $d_{\text{п}} = 25$  мм — от 1,14 до 1,46. Максимальная скорость изменения параметра  $\varepsilon'$  наблюдается при  $l = 0$ . Однако абсолютные значения этого параметра в широком диапазоне изменения чисел Re (при  $Re \leq 15 \cdot 10^3$ ) при  $l = 0$  значительно меньше, чем при  $l = 10 \dots 130$  мм для обоих диаметров перфорации (рис. 4,а,б).

Наблюдаемые в эксперименте закономерности объясняются аэродинамическими особенностями обтекания пучка оребренных труб потоком струй воздуха. Наличие перфорационной решетки турбулизирует поток воздуха перед пучком. При этом локальная скорость на оси каждой струи, а также неравномерность поля скоростей в потоке воздуха возрастают при уменьшении диаметра перфорации. Поэтому теплообмен при струйном обдуве пучка оребренных труб становится более интенсивным, чем в базовом пучке, а коэффициент интенсификации теплообмена возрастает при уменьшении диаметра перфорации.

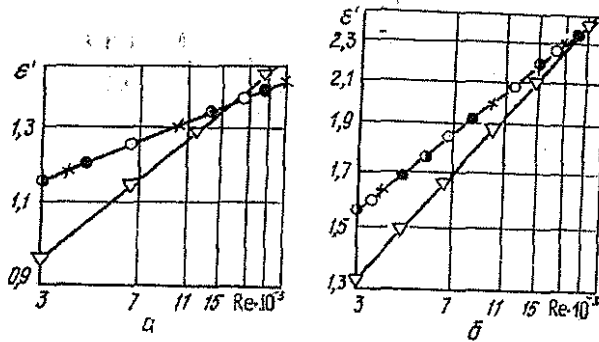


Рис. 4. Коэффициенты роста аэродинамического сопротивления пучка  $\varepsilon'$  с перфорационной решеткой при  $d_n = 25$  мм (а) и  $d_n = 20$  мм (б)

На малых расстояниях от перфорационной решетки до труб 1-го ряда пучка поперечный размер струи, обтекающей оребренную трубу, становится меньше сечения такой трубы [4]. Поэтому параметр  $\varepsilon_1$  для 1-го ряда труб при  $l = 0$  меньше, чем при  $l = 10...70$  мм.

Как известно [1], воздушный поток, формируемый системой струй перфорационной решетки, подразделяется (вниз по потоку) на следующие участки: участок одиночных струй, для которого характерно резкое уменьшение скорости на оси струи; участок смещения со слабо меняющейся скоростью и участок эквивалентной затопленной струи с монотонно убывающей скоростью потока по мере удаления от перфорационной решетки [1, 2].

Первый ряд оребренных труб ( $l = 10...70$  мм) при  $d_n = 25$  мм находится на участке смещения, при  $d_n = 20$  мм — на участке одиночных струй. Это приводит в эксперименте к постоянству параметра  $\varepsilon_1$  (при постоянном числе  $Re$ ) для  $d_n = 25$  мм и уменьшению  $\varepsilon_1$  при  $d_n = 20$  мм.

Участок одиночных струй для  $d_n = 20$  мм заканчивается на расстоянии  $l \approx 130$  мм. Поэтому при  $l = 130$  мм для этого диаметра перфорации характерно уменьшение показателя степени  $m_1$  для 1-го ряда оребренных труб с 0,83 до 0,75 (см. таблицу).

Коэффициент интенсификации теплообмена  $\varepsilon_1$  при  $d_n = 25$  мм и  $l = 130$  мм меньше, чем при  $l = 0...70$  мм, что связано со снижением скорости эквивалентной затопленной струи при возрастании  $l$  от перфорационной решетки до пучка оребренных труб.

В эксперименте во 2-м ряду труб достигаются более низкие значения  $\varepsilon_2$  при  $l = 0$  по сравнению с его значениями

при  $l = 10...70$  мм для  $d_n = 25$  мм и при  $l = 10...30$  мм для  $d_n = 20$  мм, так как при малых  $l$  поперечный размер струи становится меньше миделева сечения для 1-го ряда труб. Это приводит к падению локальной скорости струи за трубой 1-го ряда, а значит, к уменьшению скорости потока, набегающего на трубы 2-го ряда, и, следовательно,  $\varepsilon_2$  при  $l = 0$  по сравнению со значениями этого параметра при  $l = 10...70$  мм для  $d_n = 25$  мм и при  $l = 10...30$  мм для  $d_n = 20$  мм.

Уменьшение  $\varepsilon_2$  в случае  $d_n = 20$  мм при возрастании  $l$  от 10 до 70 мм связано со снижением локальной скорости на оси струи на участке одиночных струй при возрастании расстояния от перфорационной решетки до оребренной трубы.

Уменьшение  $n_2$  при  $l = 130$  мм для  $d_n = 20$  мм, как и ранее, для 1-го ряда, объясняется переходом воздушного потока от участка одиночных струй к участку смещения при  $l = 130$  мм [3].

Характер изменения  $\varepsilon_3$  при изменении  $l$  в 3-м ряду труб для  $d_n = 20$  мм обусловлен, как и в предыдущем ряду, снижением локальной скорости воздуха на оси струи при увеличении  $l$ , влиянием труб 1-го ряда на характер обтекания 3-го ряда труб при малых значениях  $l$  и уменьшением скорости эквивалентной затопленной струи при  $l \geq 130$  мм.

Уменьшение  $\varepsilon_3$  до 0,92 в 3-м ряду при  $d_n = 25$  мм для  $l = 0$  объясняется снижением локальной скорости потока за 1-м рядом труб. При больших  $l$  поле скоростей выравнивается, и характер теплообмена в 3-м ряду при наличии перфорации практически не отличается от базового пучка.

Рост аэродинамического сопротивления в пучке с перфорационной решеткой по сравнению с базовым пучком обусловлен потерей энергии воздушным потоком. При этом меньшему диаметру перфорации соответствуют большие потери энергии, а значит, и большее аэродинамическое сопротивление.

Более значительные потери энергии в случае струй меньшего диаметра связаны с наличием больших локальных градиентов скоростей и образованием локальных вихрей между струями [3].

Большие скорости возрастания параметра  $\varepsilon$  при  $l = 0$  (по сравнению с этим показателем при больших значениях  $l$ ) объясняются ухудшением условий обтекания 1-го ряда пучка оребренных труб системой струй на малых расстояниях, где поперечный размер струи меньше миделева сечения [3].

На больших расстояниях ( $l = 10...130$  мм) от перфорированного листа поперечные размеры струи, обтекающей трубу 1-го ряда, больше миделева сечения. Ее обтекание становится аналогичным обтеканию цилиндра в безграничном потоке. По-

этому для обоих диаметров перфорации с увеличением числа  $Re$  скорость возрастания параметра  $\epsilon$  при  $l = 10...130$  мм меньше, чем при  $l = 0$ .

Таким образом, метод струйного обдува является перспективным способом интенсификации теплообмена в пучках оребренных труб. Его эффективность определяется диаметром перфорации, расстоянием перфорационной решетки до пучка оребренных труб, а также скоростью и характером их обтекания воздушных потоком.

Отметим, что наиболее перспективным представляется использовать этот метод в малорядных пучках оребренных труб.

В связи с тем, что аэродинамическое сопротивление при струйном обдуве возрастает сильнее, чем интенсивность теплообмена, возникает необходимость проведения дополнительных исследований аэродинамики потока струй, обтекающих оребренную поверхность, для нахождения оптимальных условий работы теплообменников воздушного охлаждения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. - М.: Физматгиз, 1960. - 715 с. [2]. Гиневский А.С. Теория турбулентных струй и следов. - М.: Машиностроение, 1969. - 400 с. [3]. Дыбан Е.П., Мазур А.И. Конвективный теплообмен при струйном обтекании тел. - Киев: Наукова думка, 1982. - 303 с. [4]. Кунтыш В.Б., Кузнецов Н.М. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения. - Спб.: Энергоатомиздат, 1992. - 280 с. [5]. Манохин В.Я., Турбин В.С. Теплоотдача цилиндра при обтекании его воздушными струями // Инж.-физич. журн. - 1982. - Т. XIII, № 4. - С.544-547. [6]. Экспериментальное исследование теплоотдачи и сопротивления пучков АВО из биметаллических труб / В.Б.Кунтыш, А.Э. Пиир, А.И. Егоров и др. // Энергетика. - 1977.- № 12. - С. 89-93. - (Изв. высш. учеб. заведений).

## ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 06.091

УКРАИНСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОМУ УНИВЕРСИТЕТУ – 50 ЛЕТ

Начало лесного образования на Украине было положено еще в 1874 г., когда Министерством земледелия Австро-Венгрии было принято решение о создании лесной школы во Львове. Но лишь в 1939 г. при Львовском политехническом институте был создан лесохозяйственный факультет.

Львовский лесотехнический институт – единственный на Украине лесной вуз – создан по решению Правительства бывшего СССР в апреле 1945 г. Первые студенты и преподаватели пришли в его аудитории в опаленных войной шинелях.

В октябре 1945 г. начались занятия на лесохозяйственном, инженерно-экономическом факультетах и факультете механической обработки древесины. В 1949 г. был открыт лесохозяйственный, в 1964 г. – механический, а в 1968 г. – заочный факультеты. Факультет механической обработки древесины реорганизован и на его основе создан факультет технологии деревообработки. В 1994 г. организован факультет довузовской и последипломной подготовки специалистов.

В связи с перестройкой высшей школы на базе лесотехнического института в 1994 г. образован Украинский государственный лесотехнический университет.

Сегодня на лесохозяйственном, лесомеханическом, технологии деревообработки, инженерно-экономическом, заочном факультетах и факультете довузовской и последипломной подготовки около 2,5 тыс. студентов овладевают специальностями: лесное и садово-парковое хозяйство, экология, технология лесозаготовок и деревообработки, дизайн, учет и аудит, менеджмент, оборудование лесного комплекса, химико-механическая технология древесины и древесных материалов.

Университет постоянно развивается, расширяет свою учебно-экспериментальную и социальную базу. Сегодня это крупный учебный и научный центр, готовящий кадры для лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности. На 29 кафедрах работают свыше 345 квалифицированных преподавателей, среди них известные ученые, профессора, доктора наук, доценты, кандидаты наук. За время функционирования вуза подготовлено более 30 тыс. специалистов высшей квалификации.

К услугам студентов современные учебные аудитории, научно-исследовательские лаборатории, вычислительный центр и дисплейные классы, учебно-исследовательский лесокомбинат, заповедник "Расточье", ботанический сад, учебный полигон, библиотека с фондом книг более 300 тыс. экземпляров. В учебном процессе применяются аудиовизуальные средства, лингафонные кабинеты. Студенты пользуются учебниками и учебными пособиями, подготовленными преподавателями университета. Самостоятельной научной работой они занимаются в студенческом научном обществе, студенческом конструкторском бюро, принимают участие в кафедральных исследованиях.

Учеными университета разработана государственная научно-техническая программа "Возобновление, охрана и рациональное использование лесных ресурсов" до 2015 г. Цель программы – содействие выходу Украины из эколого-экономического кризиса и обеспечение условий ее стабильного развития в перспективе путем увеличения лесистости территории до оптимального уровня, удовлетворения потребностей в лесосырьевых ресурсах и средообразующих функциях лесных экосистем.

Разработано положение о создании совместно с лучшими предприятиями лесного хозяйства, лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности экспериментальной учебно-научно-производственной корпорации "Абиес". Реализуя переход к рыночным реформам, корпорация дает возможность решить непростые взаимоотношения между вузом, производителями и коммерческими структурами. Это позволяет повысить уровень подготовки высококвалифицированных специалистов для народного хозяйства при сокращении ассигнований из бюджета, помочь производителям рабочей силой студентов, эффективнее внедрять научные разработки в производство.

Студенты умеют не только учиться и работать, но и отдыхать. В университете функционируют кружки художественной самодеятельности, народные ансамбли, хоровая капелла, фольклорный ансамбль. Созданы благоприятные условия для занятий физической культурой и спортом.



Древний и вместе с тем молодой Украинский государственный лесотехнический университет переживает путь становления. Его коллектив в пути и постоянном поиске.

**Ю.Ю. Туныця, В.П. Рябчук**  
Украинский государственный лесотехнический университет

---

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630\*(092)

## КНИГА О ПИОНЕРЕ СТЕПНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ\*

В марте 1995 г. на представительном собрании ведущих лесных работников и научных сотрудников в Киеве состоялась презентация новой книги доктора сельскохозяйственных наук, профессора Г.И. Редько "Полковник Корпуса лесничих", изданной на средства Министерства лесного хозяйства Украины. В книге подробно описана жизнь и деятельность выдающегося лесовода – основоположника степного лесоразведения Виктора Егоровича Граффа, 175-летие со дня рождения которого отмечалось научной общественностью.

Увлекательна биография Виктора Егоровича Граффа, документально засвидетельствованная в книге. Родился он в г. Овруче в семье военного. Отец – немец, мать – итальянка, по воспитанию и образованию русский, а после 23 лет работы на Украине считал себя украинцем. В течение этих лет, когда Графф прошел путь от прапорщика до полковника Корпуса лесничих, а затем профессора Петровской земледельческой и лесной академии, его жизнь по праву можно назвать подвижнической.

В книге объемом 32 издательских листа обстоятельно изложена история, описаны природные условия южных губерний России, где происходили события, связанные с деятельностью Граффа. Малоизвестные подробности заселения юга запорожскими и донскими казаками и другими переселенцами, их жизни и быта, зависящих от неблагоприятного воздействия засушливого климата на человека и сельскохозяйственное производство, – все это приводит к пониманию сложности и большого значения деятельности Граффа.

---

\*Редько Г.И. Полковник Корпуса лесничих. - Киев: МЛХ Украины, 1994.

В то далекое время зарубежные авторитеты отрицали саму возможность разведения лесов в открытой степи. В книге показано, как Графф целенаправленно, преодолевая очень сложные природные, бытовые, материальные, бюрократические препятствия, шел к опровержению этого мнения. Образное изложение очень специфической работы лесовода в условиях степи, многочисленные практические примеры, описание последовательных этапов создания Велико-Анадольского массива (выращивание посадочного материала в питомниках и древесных школах, подготовка почвы и уход за посадками, защита их от грызунов, вредителей леса, саранчи) не могут оставить равнодушным даже человека, далекого от вопросов лесоразведения.

Атмосферу того непростого времени, в котором жил и работал выдающийся исследователь-лесовод, передает и воссоздание в отдельных главах монографии условий жизни и обычаев местных поселян, особенностей общения Граффа с ними, а также со своими учениками, помощниками, лесной охраной, последователями, характеристика его отношений с правительственными чиновниками, руководителями лесного ведомства.

Рассказывается в книге и о том времени, когда Графф, приобретя заслуженный авторитет, инспектирует состояние лесоразведения в южных губерниях России, находится в зарубежных командировках. обстоятельно излагается разработанная им программа организации и развития степного лесоразведения, во многом предвосхитившая грандиозные работы, выполненные работниками лесного хозяйства после второй мировой войны.

Завершает книгу характеристика современного состояния защитного лесоразведения и искусственно созданных лесов в Донецкой, Днепропетровской, Запорожской областях, показана их роль в защите полей и населенных пунктов от ветровой эрозии, благотворное влияние на урожай сельскохозяйственных культур.

Преобладающая часть иллюстраций и цитированных трудов, помещенных в книгу, до сих пор не публиковалась. Приведенная библиография трудов о В.Е. Граффе и результатах его работы содержит более 130 наименований.

Небольшой тираж книги практически полностью разошелся среди лесоводов Украины, и уже сейчас она стала библиографической редкостью. Поэтому очевидна необходимость второго ее издания.

В.А. Бузун

Полесская агролесомелиоративная  
научно-исследовательская станция

## ЮБИЛЕИ

УДК 06. 091

**БОРИС НАУМОВИЧ УГОЛЕВ**  
( к 70-летию со дня рождения )

В июле 1995 г. исполнилось 70 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора Московского университета леса, академика Международной академии наук о древесине (ИАВС) Бориса Наумовича Уголева.

После окончания в 1948 г. Московского лесотехнического института Борис Наумович работал в ЦНИИМОДе, обучался в аспирантуре и в 1953 г. защитил кандидатскую диссертацию.

Ведущий древесиновед проф. Б.Н. Уголев почти четыре десятилетия посвятил педагогической деятельности. В 1957 г. Б.Н. Уголев был избран доцентом курса древесиноведения МЛТИ. После кончины в 1959 г. выдающегося ученого проф. Л.М. Перельгина он стал руководить курсом древесиноведения, достойно продолжая дело своего учителя. В 1968 г. он защитил докторскую диссертацию. В настоящее время Б.Н. Уголев возглавляет Российский координационный совет по современным проблемам древесиноведения под эгидой ИАВС (с 1991 г.) и является руководителем секции древесиноведения Научного совета Миннауки РФ по проблеме "Комплексное использование и воспроизводство лесных ресурсов".

Б.Н. Уголев внес крупный вклад в отечественное древесиноведение. Его исследования, послужившие основой таких научных направлений, как реология, внутренние напряжения, неразрушающие методы контроля состояния древесины, были развиты его учениками и последователями. Широко известны работы проф. Б.Н. Уголева и его школы по деформативности древесины и характеристике напряжений, возникающих в ней при сушке. В 1952 г. он впервые разработал метод измерения остаточных напряжений в древесине, позднее – соответствующий ГОСТ.

Более тридцати лет Б.Н. Уголев плодотворно работает в области стандартизации методов испытаний древесины, качества лесоматериалов, терминологии.

Результаты исследований плотности, характеристик влажности, усушки, цвета, блеска и других свойств древесины составляют содержание многочисленных публикаций. Его перу принадлежит более 200 работ. Среди них такие известные, как монография “Испытания древесины и древесных материалов (1965 г.), учебник для вузов “Древесиноведение с основами лесного товароведения” (1975 г., 1986 г.) и учебники для техникумов. Он автор многих учебных программ.

Научный авторитет Б.Н. Уголева признан за рубежом. По приглашению национальных академий наук, университетов и других организаций он читает лекции и выступает с докладами в Англии, Австрии, Германии, Польше, Болгарии, Словакии, Венгрии. По его инициативе систематически проводятся конференции по древесиноведению в нашей стране. Он входит в состав оргкомитетов международных конференций и симпозиумов.

Проф. Б.Н. Уголев – научный консультант и автор многих статей по древесине в “Лесной энциклопедии” и других изданиях, член редколлегии журнала “Деревообрабатывающая промышленность”, участвует в работе советов по присуждению ученых степеней. На протяжении многих лет он сотрудничает с “Лесным журналом”, являясь ведущим рецензентом по вопросам древесиноведения.

Сердечно поздравляем Бориса Наумовича Уголева с 70-летием, желаем ему крепкого здоровья, дальнейших успехов в науке и благородном труде на ниве высшего лесотехнического образования.

Коллектив факультета  
механической и химической  
переработки древесины  
Московского государственного  
университета леса

УДК 06.091

## ЮБИЛЕЙ Б.С. ФИЛИПОВА



25 ноября 1995 г. исполнилось 60 лет профессору, заведующему кафедрой лесохимических производств, декану химико-технологического факультета Архангельского государственного технического университета Борису Сергеевичу Филипову.

Окончив в 1958 г. Архангельский лесотехнический институт, Борис Сергеевич работал старшим варщиком Архангельского гидролизного завода. После воинской службы он вернулся в АЛТИ на должность старшего инженера Проблемной лаборатории химической переработки древесины и использования отходов целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности.

Вся дальнейшая трудовая деятельность Б.С.Филипова связана с родным институтом. Окончив в 1963 г. аспирантуру, он стал работать ассистентом кафедры лесохимических производств. В 1968 г. Борис Сергеевич защитил кандидатскую диссертацию. Его научные интересы относятся к области интенсификации лесохимических производств, в том числе процессов переработки и использования талловых продуктов.

Старший преподаватель, доцент, заведующий кафедрой лесохимических производств (с 1974 г.), декан химико-технологического факультета (с 1970 г.) – таковы основные этапы педагогической деятельности Б.С. Филипова. В 1994 г. ему присвоено ученое звание профессора.

На всех должностях Б.С. Филиппов проводил и ведет ныне огромную работу по совершенствованию учебного процесса. Им опубликовано множество учебно-методических разработок, он является соавтором учебника по переработке сульфатных и сульфитных щелоков и учебного пособия по процессам и аппаратам лесохимических и гидролизных производств.

Особенно велики заслуги Бориса Сергеевича как декана химико-технологического факультета. Выпускники ХТФ АЛТИ и АГТУ трудятся на самых разных должностях в целлюлозно-бумажной, гидролизной и лесохимической промышленности, на водорослевом комбинате, в НИИ, администрации области и т.д. Все они, как и их коллеги – преподаватели и сотрудники АГТУ, с благодарностью и теплотой вспоминают о своем декане.

За заслуги в высшем образовании Б.С. Филиппов награжден медалью « За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина », Почетной грамотой Президиума Верховного Совета РСФСР и грамотами Архангельского областного совета профсоюзов.

Его высокие человеческие качества – тактичность, сдержанность, рассудительность, скромность, умение разрешить конфликтную ситуацию, внимательно выслушать и дать необходимый совет – вызывают уважение со стороны коллег, сотрудников, студентов.

Сердечно поздравляя Бориса Сергеевича со знаменательным юбилеем, преподаватели, сотрудники и студенты Архангельского государственного технического университета желают ему крепкого здоровья, долгих лет жизни и творческих успехов в благородной деятельности по подготовке высококвалифицированных специалистов.

Ректорат Архангельского  
государственного технического университета,  
коллектив химико-технологического факультета,  
кафедра лесохимических производств

## НОВОСТИ НАУКИ

В СЕКЦИИ НАУК О ЛЕСЕ  
АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК РФ

Прошло уже два года, как 9 декабря 1993г. было образовано Отделение наук о лесе АЕН РФ (см. "Лесной журнал" № 4 за 1994г.) Теперь уже можно утверждать, что новое научное подразделение набирает силу и авторитет.

Формальным, но достаточно важным моментом является преобразование Отделения наук о лесе в секцию АЕН РФ (которая, кстати, отметила 5 октября 1995 г. свое пятилетие). АЕН, согласно уставу, состоит из секций. Лесные науки, вошедшие в академию несколько позже, были на начальном этапе оформлены как отделение, и вот теперь они стали равноправной секцией АЕН.

Энергично работают председатель бюро секции Ю.Я. Дмитриев, его заместители В.К. Антонов, В.П. Немцов, члены бюро. Проведены общие собрания отделения, на которых решались актуальные вопросы организации научной деятельности, продолжилось формирование состава теперь уже Секции наук о лесе (СНЛ). В частности, было признано целесообразным несколько уточнить перечень научных направлений (специальностей) СНЛ. Теперь он выглядит так (слева указан шифр, в скобках – дополнительные сведения):

01. лесное хозяйство (лесное биоресурсопользование, защитное лесоразведение, генетика; селекция, семеноводство, рекреация);
02. лесозаготовка (лесосплав);
03. деревообработка;
04. целлюлоза, бумага, картон; лесохимия;
05. недревесные продукты леса;
06. экология и защита леса;
07. экономика, лесное право (внешнеэкономические связи, эконометрика);
08. лесное машиностроение;
09. информатика;
10. ландшафтная архитектура, садово-парковое строительство.



Именно по этим десяти специальностям 21 июня 1995г. состоялись выборы новых действительных членов и членов-корреспондентов академии по СНЛ. На конкурс поступили заявления и документы более 90 ученых, педагогов, руководителей производства лесного профиля.

В соответствии с принципами, принятыми во всем научном мире, и положениями устава АЕН выборы проводились тайным голосованием, в котором должны участвовать все ранее избранные академики и члены-корреспонденты СНЛ.

Естественно, что состав претендентов был неоднородным по научным достижениям, степени известности, роду и профилю деятельности, регионам.

Бюро секции, руководители научных направлений (специальностей) СНЛ и региональных отделений (их пока восемь) предварительно рассмотрели все кандидатуры и высказали общему собранию свои рекомендации, подчеркнув, конечно, что каждый голосующий совершенно свободен в своем выборе.

Закономерно, что желательны определенные пропорции между научными направлениями, тогда как количество заявлений по одним (лесное хозяйство, лесозэксплуатация, деревообработка) было особенно велико, а по другим (недревесные продукты леса, лесное машиностроение, ландшафтная архитектура) явно мало.

Участникам голосования было также рекомендовано учесть, что численность уже избранных до 21 июня 1995 года членов АЕН от разных регионов России непропорциональна долям регионов в лесных ресурсах и в численности научных кадров.

В результате тайного голосования были избраны академиками 26 и членами-корреспондентами 33 претендента. Ниже публикуется полный список членов АЕН по секции наук о лесе по состоянию на 04.10.95 г.

### Действительные члены ( академики)

Азаров

Василий Ильич  
р.16.04.1936 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор,  
зав.кафедрой химической технологии  
древесины и полимеров Московского  
государственного университета леса

Алексеев

Владислав Александрович  
р.26.11.1935 г.  
избр. членом-кор. 19.05.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.

д-р биол. наук, профессор, зав. лабораторией лесной биогеоценологии  
Института леса им. В.Н. Сукачева СО  
РАН, г. Красноярск

- Александров  
Валентин Александрович  
р.06.05.1941 г.  
избр. членом-кор. 19.05.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.
- Алябьев  
Виктор Иванович  
р.05.11.1921 г.  
избр. 21.06.1995 г.
- Амалицкий  
Виктор Васильевич  
р.08.08.1932 г.  
избр. 19.05.1994 г.
- Анисимов  
Георгий Михайлович  
р.14.12.1932 г.  
избр. 06.09.1994 г.
- Антонов  
Валерий Кузьмич  
р.26.02.1925 г.  
избр. членом-кор. 06.04.1992 г.  
академиком 09.12.1993 г.
- Бартенев  
Иван Михайлович  
р.20.08.1936 г.  
избр. членом-кор. 19.05.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.
- Бирюков  
Михаил Васильевич  
р.11.05.1932 г.  
избр. 06.10.1994 г.
- Бурдин  
Николай Алексеевич  
р.21.12.1934 г.  
избр. 21.06.1995 г.
- Верхунов  
Павел Максимович  
р.26.05.1929 г.  
избр. 19.05.1994 г.
- д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой проектирования лесных машин С. -Петербургской лесотехнической академии
- д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор кафедры транспорта леса Московского государственного университета леса
- д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, зав. кафедрой станков и инструментов Московского государственного университета леса
- д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой лесных гусеничных и колесных машин С.-Петербургской лесотехнической академии
- д-р экон. наук, профессор, заслуженный лесовод РФ, сопредседатель Бюро Секции наук о лесе
- д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии
- канд. техн. наук, старший научный сотрудник, директор научно государственного - кооперативного объединения Втордрев, г. Балабаново Калужской обл.
- д-р экон. наук, профессор, генеральный директор АО НИПИЭИлеспром, зав. кафедрой экономики и организации деревообрабатывающих производств Московского государственного университета леса
- д-р с-х. наук, профессор, действительный член Академии Чувашской Республики, заслуженный лесовод РФ, профессор кафедры лесной таксации и лесоустройства Марийского государственного технического университета

Воскобойников  
Игорь Васильевич  
р.01.02.1930 г.  
избр.19.05.1994 г.

канд. техн. наук, профессор, действительный член Российской и Международной инженерных академий, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор Всероссийского проектно-конструкторского технологического института лесного машиностроения

Габузов  
Олег Семенович  
р.28.06.1933 г.  
избр.06.09.1994 г.

д-р биол. наук, старший научный сотрудник, директор Центральной научно-исследовательской лаборатории охотничьего хозяйства, г. Москва

Грунин  
Юрий Борисович  
р.10.06.1941 г.  
избр.19.05.1994 г.

д-р хим. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Республики Марий Эл, зав. кафедрой физики Марийского государственного технического университета, член Бюро Секции наук о лесе

Дмитриев  
Юрий Яковлевич  
р.08.05.1919 г.  
избр.09.12.1993 г.

д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ и Республики Марий Эл, директор НИИУправления лесобиологическим потенциалом регионов России АЕН, зав. кафедрой водного транспорта леса Марийского государственного технического университета, председатель Бюро Секции наук о лесе

Зарубин  
Михаил Яковлевич  
р.10.12.1930 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р хим. наук, профессор, проректор по учебной работе, зав. кафедрой органической химии С. - Петербургской лесотехнической академии

Катаев  
Олег Александрович  
р.25.11.1923 г.  
избр.членом-кор. 19.05.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.

д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой зоологии и охотоведения С.-Петербургской лесотехнической академии

Киприанов  
Алексей Иванович  
р.20.03.1928 г.  
избр.19.05.1994 г.

д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, член-корреспондент С.-Петербургской инженерной академии, почетный д-р техн. наук Университета лесного хозяйства и деревообработки Венгрии, зав. кафедрой процессов и аппаратов химической технологии древесины С.-Петербургской лесотехнической академии

Кириллов  
Алексей Николаевич  
р.01.03.1930 г.  
избр.19.05.1994 г.

д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, декан факультета механической и химической переработки древесины, зав. кафедрой технологии изделий из древесины Московского государственного университета леса

Кожухов  
Николай Иванович  
р.18.01.1938 г.  
избр.членом-кор. 09.12.1993 г.  
академиком 19.05.1994 г.

д-р экон.наук, профессор, заслуженный экономист РФ, декан факультета международных связей, зав. кафедрой экономики и организации внешних связей Московского государственного университета леса, Почетный доктор наук Дрезденского лесного университета

Коробов  
Павел Николаевич  
р.09.11.1924 г.  
избр.членом-кор. 06.09.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.

д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры управления в лесном комплексе С. - Петербургской лесотехнической академии

Леванов  
Вячеслав Ефимович  
р.28.11.1928 г.  
избр.членом-кор. 14.05.1993 г.  
академиком 09.12.1993 г.

д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой экономики лесного комплекса С.-Петербургской лесотехнической академии

Липман  
Давид Натанович  
р.04.04.1935 г.  
избр.09.12.1993 г.

д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник лесной промышленности РФ, действительный член Российской и Международной инженерных академий, президент Союза лесопромышленников России

Луганский  
Николай Алексеевич  
р.10.03.1931 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р с.-х. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры лесоводства Уральской государственной лесотехнической академии

Мозолевская  
Екатерина Григорьевна  
р.08.11.1930 г.  
избр.19.05.1994 г.

д-р биол. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, зав. кафедрой промышленной экологии и защиты леса Московского государственного университета леса

Моисеев  
Николай Александрович  
р.13.12.1929 г.  
избр.09.12.1993 г.

д-р с.-х. наук, профессор, заслуженный лесовод РФ, действительный член Российской Академии сельскохозяйственных наук, директор Всероссийского научно - исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, член Бюро Секции наук о лесе, Почетный доктор Дрезденского лесного университета

Немцов  
Виктор Петрович  
р.27.04.1931 г.  
избр.09.12.1993 г.

д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник лесной промышленности РФ, действительный член Российской и Международной инженерных академий, зам. председателя Бюро Секции наук о лесе, ученый секретарь Секции

Обливин  
Александр Николаевич  
р.16.09.1932 г.  
избр.09.12.1993 г.

д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, действительный член Международной академии высшей школы, ректор Московского государственного университета леса, член Бюро Секции наук о лесе

Овчинников  
Михаил Михайлович  
р.05.11.1930 г.  
избр.членом-кор. 19.05.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой водного транспорта леса и гидравлики С. - Петербургской лесотехнической академии

Онегин  
Владимир Иванович  
р.24.07.1935 г.  
избр.09.12.1993 г.

д-р техн. наук, профессор, действительный член С.-Петербургской инженерной академии, ректор С.-Петербургской лесотехнической академии, член Бюро Секции наук о лесе

Патякин  
Василий Иванович  
р.10.05.1935 г.  
избр.19.05.1994 г.

д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, зав. кафедрой технологии лесозаготовительных производств С. - Петербургской лесотехнической академии

Петров  
Анатолий Павлович  
р.18.01.1938 г.  
избр.членом-кор. 09.12.1993 г.  
академиком 19.05.1994 г.

д-р экон. наук, профессор, ректор Всероссийского института повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства

Пижурин

Андрей Абрамович

р.05.12.1927 г.

избр.19.05.1994 г.

д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, зав. кафедрой технологии лесопиления и деревообработки Московского государственного университета леса

Полетайкин

Владимир Федорович

р.15.08.1935 г.

избр.членом-кор. 06.09.1994 г.

академиком 21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой проектирования лесного оборудования Красноярской государственной технологической академии

Попов

Владимир Ксенофонтович

р.05.03.1938 г.

избр.членом-кор. 09.12.1993 г.

академиком 06.10.1994 г.

канд. с.-х. наук, профессор, ректор, зав.кафедрой лесных культур и селекции Воронежской государственной лесотехнической академии

Ратанин

Павел Ильич

р.20.07.1932 г.

избр.09.12.1993 г.

д-р экон. наук, доцент, президент акционерного лесопромышленного банка «Леспромбанк»

Редькин

Анатолий Константинович

р.03.05.1937 г.

избр.06.09.1994 г.

д-р техн. наук, профессор, проректор по учебной работе, зав.кафедрой технологии и оборудования лесопромышленного производства Московского государственного университета леса

Редько

Георгий Иванович

р.25.11.1930 г.

избр.19.05.1994 г.

д-р с.-х. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, действительный член лесоводственной АН Украины, зав.кафедрой лесных культур С.-Петербургской лесотехнической академии

Репях

Степан Михайлович

р.28.11.1937 г.

избр.членом-кор. 06.09.1994 г.

академиком 21.06.1995 г.

д-р хим.наук, профессор, проректор по научной работе, зав.кафедрой химической технологии древесины Красноярской государственной технологической академии

Романов

Евгений Самуилович

р.02.12.1929 г.

избр.членом-кор.06.09.1994 г.

академиком 21.06.1995 г.

д-р экон. наук, профессор, зав.кафедрой экономики и финансов Архангельского государственного технического университета

Санев

Валентин Ильич

р.02.03.1930 г.

избр.19.05.1994 г.

д-р техн.наук, профессор, зав. кафедрой станков и инструментов деревообрабатывающих производств С.-Петербургской лесотехнической академии

Свиридов  
Владислав Владимирович  
р.28.06.1941 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой физической, аналитической и органической химии Уральской государственной лесотехнической академии

Симонов  
Михаил Никифорович  
р.20.08.1929 г.  
избр.членом-кор. 19.05.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией окорки и переработки древесины АО ЦНИИМЭ

Старжинский  
Валентин Николаевич  
р.15.06.1941 г.  
избр.членом-кор. 06.09.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор, ректор Уральской государственной лесотехнической академии, член Бюро Секции наук о лесе

Теодоронский  
Владимир Сергеевич  
р.28.12.1934 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой садово-паркового строительства Московского государственного университета леса

Терентьев  
Отто Алексеевич  
р.11.06.1934 г.  
избр.06.09.1994 г.

д-р техн.наук, профессор, действительный член Российской инженерной академии, ректор С.-Петербургского технологического университета растительных полимеров

Харин  
Олег Александрович  
р.29.03.1937 г.  
избр.06.09.1994 г.

д-р с.-х. наук, профессор, заслуженный лесовод РФ, декан лесного факультета, зав. кафедрой лесоустройства и охраны леса Московского государственного университета леса

Харченко  
Николай Алексеевич  
р.16.11.1935 г.  
избр.членом-кор. 19.05.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.

д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой экологии, защиты леса и лесного охотоведения Воронежской государственной лесотехнической академии

Харчевников  
Виталий Иванович  
р.05.09.1934 г.  
избр.членом-кор. 19.05.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой сопротивления материалов и теоретической механики Воронежской государственной лесотехнической академии

Худоногов  
Виктор Нестерович  
р.01.03.1924 г.  
избр.членом-кор. 06.09.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры водного транспорта леса Красноярской государственной технологической академии, член Бюро Секции наук о лесе

Часовских Виктор Петрович  
р.15.11.1947 г.  
избр.21.06.1995 г.  
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой менеджмента и внешнеэкономической деятельности предприятий Уральской государственной лесотехнической академии

Черепнин Виктор Леонидович  
р.08.05.1931 г.  
избр.членом-кор. 06.09.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.  
д-р биол. наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г.Красноярск

Чибисов Генрих Андреевич  
р.24.02.1937 г.  
избр.21.06.1995 г.  
д-р с.-х. наук, старший научный сотрудник, член-корреспондент Российской и Международной инженерных академий, директор Архангельского института леса и лесохимии Рослесхоза

Шаталов Виктор Григорьевич  
р.28.10.1938 г.  
избр.членом-кор. 19.05.1994 г.  
академиком 21.06.1995 г.  
д-р с.-х. наук, профессор, проректор по научной работе, зав.кафедрой агролесомелиорации и почво-ведения Воронежской государственной лесотехнической академии

Щербаков Анатолий Сергеевич  
р.02.07.1936 г.  
избр.21.06.1995 г.  
д-р техн. наук, профессор, лауреат Государственной премии, проректор по научной работе, зав. кафедрой охраны труда и окружающей среды Московского государственного университета леса

### Члены-корреспонденты

Агеев Аркадий Яковлевич  
р.17.08.1936 г.  
избр.21.06.1995 г.  
д-р техн.наук, профессор, зав. кафедрой химии древесины и технологии ЦБП Уральской государственной лесотехнической академии

Алашкевич Юрий Давыдович  
р.16.04.1940 г.  
избр.21.06.1995 г.  
д-р техн.наук, профессор, зав. кафедрой машин и аппаратов химических производств Красноярской государственной технологической академии, главный инженер АО Сибэлэст



Балихин  
Владимир Васильевич  
р.14.10.1937 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р техн.наук, профессор, зав. кафедрой технологии лесного машиностроения и ремонта, декан лесомеханического факультета С. - Петербургской лесотехнической академии

Беленков  
Дмитрий Андреевич  
р.31.12.1923 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р биол.наук, профессор, профессор кафедры ботаники и защиты леса Уральской государственной лесотехнической академии

Большаков  
Борис Михайлович  
р.16.03.1947 г.  
избр.21.06.1995 г.

канд.техн.наук, генеральный директор АО ЦНИИМЭ

Валендик  
Эрик Николаевич  
р.04.10.1930 г.  
избр.19.05.1994 г.

д-р с.-х. наук, старший научный сотрудник, заслуженный лесовод РФ, зав. сектором пироэкологии Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г.Красноярск

Ветшева  
Вера Федоровна  
р.05.10.1927 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии деревообработки Красноярской государственной технологической академии

Вольф  
Игорь Викторович  
р.13.04.1924 г.  
избр.19.05.1994 г.

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов С.- Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров

Гусев  
Иван Иванович  
р.07.03.1930 г.  
избр.06.09.1994 г.

д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета

Елкин  
Валентин Андреевич  
р.24.02.1939 г.  
избр.19.05.1994 г.

канд.техн.наук, профессор, декан химико-технологического факультета, профессор кафедры гидролизных и микробиологических производств С.- Петербургской лесотехнической академии

Ефимов  
Юрий Петрович  
р.27.11.1935 г.  
избр.21.06.1995 г.

канд.с.-х. наук, старший научный сотрудник, зам. директора по научной работе, зав. лабораторией семеноводства НИИ лесной генетики и селекции Рослесхоза

- Иванов  
Леонид Борисович  
р.09.03.1936 г.  
избр.19.05.1994 г.
- Исянбаев  
Масгар Насипович  
р.15.09.1936 г.  
избр.06.09.1994 г.
- Казанцев  
Геннадий Миронович  
р.07.11.1932 г.  
избр.19.05.1994 г.
- Калиниченко  
Николай Петрович  
р.12.12.1926 г.  
избр.21.06.1995 г.
- Калитеевский  
Ростислав Евгеньевич  
р.18.05.1924 г.  
избр.19.05.1994 г.
- Киреев  
Николай Дмитриевич  
р.03.05.1940 г.  
избр.21.06.1995 г.
- Киркин  
Станислав Федорович  
р.23.06.1935 г.  
избр.19.05.1994 г.
- Князева  
Галина Алексеевна  
р.08.09.1948 г.  
избр.21.06.1995 г.
- Козлов  
Адольф Васильевич  
р.04.03.1936 г.  
избр.21.06.1995 г.
- д-р экон.наук, профессор, декан инженерно-экономического факультета, зав. кафедрой управления в лесном комплексе С.-Петербургской лесотехнической академии
- д-р экон.наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Башкортостан, член-корреспондент Академии наук Республики Башкортостан, советник президента Республики Башкортостан
- канд.техн. наук, старший научный сотрудник, директор АО научно-исследовательского и проектно-конструкторского института механизации и энергетики лесной промышленности
- д-р с.-х. наук, старший научный сотрудник, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, главный научный сотрудник отдела лесовосстановления и защитного лесоразведения ВНИИЛМА
- д-р техн.наук, профессор, профессор кафедры лесопильного производства и гидротермической обработки С.-Петербургской лесотехнической академии
- Президент АО Свердлеспром
- канд.техн.наук, доцент, заслуженный деятель науки и техники Республики Марий Эл, профессор кафедры деталей машин и ТММ Марийского государственного технического университета
- канд.экон.наук, старший научный сотрудник, первый заместитель министра экономики Республики Коми, г.Сыктывкар
- канд.техн.наук, старший научный сотрудник, директор Волжско-Камского НИИ водного лесотранспорта

- Константинов  
Виктор Кузьмич  
р.04.10.1932 г.  
избр.19.05.1994 г.
- д-р с.-х. наук, профессор,  
зав.лабораторией гидромелиорации  
С.-Петербургского НИИ лесного хо-  
зяйства
- Корепанов  
Анатолий Анатольевич  
р.20.03.1935 г.  
избр.21.06.1995 г.
- д-р с.-х. наук, профессор, зав.кафедрой  
лесоводства Нижегородской государ-  
ственной сельскохозяйственной ака-  
демии
- Корпачев  
Василий Петрович  
р.01.03.1937 г.  
избр.21.06.1995 г.
- канд.техн.наук, доцент, декан лесоин-  
женерного факультета, профессор  
кафедры водного транспорта леса  
Красноярской государственной техно-  
логической академии
- Куров  
Виктор Сергеевич  
р.31.10.1953 г.  
избр.21.06.1995 г.
- д-р техн. наук, профессор, член-  
корреспондент С.-Петербургской ин-  
женерной академии, проректор по  
научной работе С.-Петербургского  
технологического университета расти-  
тельных полимеров
- Курьянов  
Виктор Кузьмич  
р.07.12.1934 г.  
избр.19.05.1994 г.
- д-р техн.наук, профессор, декан лесо-  
инженерного факультета, зав. ка-  
федрой транспорта леса и инженерной  
геодезии Воронежской государствен-  
ной лесотехнической академии
- Леонов  
Лев Васильевич  
р.26.04.1936 г.  
избр.21.06.1995 г.
- д-р техн. наук, профессор, заслужен-  
ный деятель науки и техники РФ, зав.  
кафедрой автоматизации производ-  
ственных процессов Московского го-  
сударственного университета леса
- Летягин  
Владимир Иванович  
р.08.08.1936 г.  
избр.21.06.1995 г.
- канд.экон.наук, директор Российского  
государственного проектно-  
изыскательского института Росгипро-  
лес Рослесхоза
- Матвеева  
Римма Никитична  
р.06.02.1942 г.  
избр.21.06.1995 г.
- д-р с.-х. наук, профессор, зав. ка-  
федрой лесных культур Красноярской  
государственной технологической  
академии
- Меньшиков  
Владимир Николаевич  
р.16.04.1935 г.  
избр.06.09.1994 г.
- д-р техн. наук, профессор, декан лесо-  
инженерного факультета С.- Петер-  
бургской лесотехнической академии

- Михайлов  
Альфа Иванович  
р.10.02.1939 г.  
избр.19.05.1994 г.
- Можаев  
Дмитрий Васильевич  
р.12.09.1933 г.  
избр.06.09.1994 г.
- Мясников  
Альберт Дмитриевич  
р.10.09.1930 г.  
избр.09.12.1993 г.
- Огурцов  
Виктор Владимирович  
р.29.09.1949 г.  
избр.06.09.1994 г.
- Ощепков  
Геннадий Сергеевич  
р.05.08.1935 г.  
избр.09.12.1993 г.
- Пикушов  
Анатолий Никитович  
р.30.06.1937 г.  
избр.21.06.1995 г.
- Питухин  
Александр Васильевич  
р.23.03.1948 г.  
избр.06.09.1994 г.
- Прокофьев  
Геннадий Федорович  
р.24.03.1940 г.  
избр.21.06.1995 г.
- Прохоров  
Леонид Николаевич  
р.25.03.1933 г.  
избр.19.05.1994 г.
- д-р хим. наук, профессор, зав. лабораторией молекулярной динамики природных полимерных материалов Института химической физики РАН, пос. Черноголовка Московской обл.
- канд.техн.наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией промышленной собственности и внешних экономических связей АО ЦНИИМЭ
- д-р мед. наук, профессор, заслуженный работник культуры РФ, проректор по научной работе Курского государственного медицинского института
- д-р техн. наук, профессор, декан факультета механической технологии древесины, зав. кафедрой механической технологии древесины Красноярской государственной технологической академии
- канд.экон. наук, доцент, ректор Марийского государственного технического университета
- д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой тракторов и автомобилей Кубанского аграрного университета
- д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии металлов и ремонта Петрозаводского государственного университета
- д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры прикладной механики и основ конструирования Архангельского государственного технического университета
- канд. техн. наук, заслуженный машиностроитель РФ, зам. директора по научной работе Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, начальник ЦОКБ лесхозмаш

Рыкунин  
Станислав Николаевич  
р.18.05.1938 г.  
избр.19.05.1994 г.

д-р техн. наук, профессор, проректор по учебной работе и внешнеэкономическим связям Московского государственного университета леса

Рымарь  
Валерий Трофимович  
р.06.07.1940 г.  
избр.21.06.1995 г.

канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, генеральный директор НПО «Каменная степь», директор НИИ сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы

Самойленко  
Валерий Григорьевич  
р.10.04.1949 г.  
избр.21.06.1995 г.

канд. техн. наук, доцент, зам. директора по управлению Академического НИИ управления лесобиологическим потенциалом регионов России (АЕН), доцент кафедры водного транспорта леса и гидравлики Марийского государственного технического университета

Самошкин  
Егор Никитич  
р.01.11.1934 г.  
избр.19.05.1994 г.

д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой дендрологии и лесной селекции Брянского технологического института

Санников  
Александр Александрович  
р.18.07.1934 г.  
избр.21.06.1995 г.

канд. техн. наук, профессор, зав. кафедрой машин и оборудования ЦБП Уральской лесотехнической академии

Слуцкер  
Исаак Иосифович  
р.11.07.1927 г.  
избр.21.06.1995 г.

заслуженный работник лесной промышленности РФ, заслуженный гражданин Новгорода, президент АО «Новгородские лесопромышленники»

Соловьев  
Виктор Александрович  
р.10.12.1935 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р биол. наук, профессор, действительный член Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, зав. кафедрой общей экологии, анатомии и физиологии растений С.-Петербургской лесотехнической академии

Соколов  
Петр Алексеевич  
р.20.09.1933 г.  
избр.06.10.1994 г.

д-р с.-х. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Республики Марий Эл, зав. кафедрой лесной таксации и лесоустройства Марийского государственного технического университета

Стахийев

Юрий Михайлович  
р.19.02.1934 г.  
избр.21.06.1995 г.

канд. техн. наук, старший научный сотрудник, лауреат премии Ломоносовского фонда, зав. лабораторией круглопильного оборудования и инструмента АО Научдревпром - ЦНИ-ИМОД, г. Архангельск

Таранков

Владимир Иванович  
р.07.03.1929 г.  
избр.06.09.1994 г.

д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой лесоводства Воронежской государственной лесотехнической академии

Тацюн

Мирон Васильевич  
р.28.06.1955 г.  
избр.09.12.1993 г.

канд. экон. наук, председатель Российской государственной лесопромышленной компании Рослеспром

Токмаков

Владимир Николаевич  
р.05.07.1939 г.  
избр.21.06.1995 г.

канд. экон. наук, зав. кафедрой товарных и фондовых бирж лесного рынка Московского государственного университета леса, президент АО «Российская лесная биржа»

Турушев

Валентин Гурьянович  
р.13.07.1928 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета

Федоров

Павел Николаевич  
р.13.07.1935 г.  
избр.19.05.1994 г.

канд. биол. наук, доцент, заслуженный деятель науки и техники Республики Марий Эл, лауреат Государственной премии Республики Марий Эл, профессор кафедры ботаники, дендрологии и садово-паркового строительства Марийского государственного технического университета

Фергин

Вячеслав Рудольфович  
р.09.06.1937 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры автоматизации производственных процессов Московского государственного университета леса

Харитонов

Виктор Яковлевич  
р.18.10.1929 г.  
избр.06.09.1994 г.

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета

Харук

Вячеслав Иванович  
р.18.12.1949 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р биол. наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории морфологии леса Института леса им В.Н. Сукачева СО РАН

Хромов  
Юрий Борисович  
р.02.05.1937 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р архитектуры, профессор, зав. кафедрой озеленения населенных мест и садово-паркового хозяйства С. - Петербургской лесотехнической академии

Худков  
Николай Николаевич  
р.14.05.1940 г.  
избр.09.12.1993 г.

канд. техн. наук, лауреат Государственной премии СССР, член-корреспондент Ракетно-артиллерийской академии, генеральный директор Центрального научно - исследовательского института «Буревестник»

Чижов  
Георгий Иванович  
р.26.02.1942 г.  
избр.19.05.1994 г.

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой целлюлозно-бумажного производства С.-Петербургской лесотехнической академии

Чистоклетов  
Виктор Николаевич  
р.24.07.1932 г.  
избр.06.09.1994 г.

д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой органической химии С. - Петербургского государственного университета растительных полимеров

Чупров  
Николай Прокопьевич  
р.28.02.1931 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р с.-х. наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией экономики и организации лесного хозяйства Архангельского института леса и лесохимии Рослесхоза

Шиятов  
Степан Григорьевич  
р.24.12.1933 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р биол. наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией дендрохронологии Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН

Шубин  
Валерий Александрович  
р.01.11.1949 г.  
избр.09.12.1993 г.

руководитель Федеральной службы лесного хозяйства России

Ягодин  
Владимир Иванович  
р.06.08.1944 г.  
избр.21.06.1995 г.

д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе, зав. кафедрой технологии лесохимических продуктов С.-Петербургской лесотехнической академии

Якунин  
Николай Константинович  
р.06.08.1920 г.  
избр.06.09.1994 г.

канд.техн.наук, старший научный сотрудник, заслуженный работник лесной промышленности РФ, ведущий инженер Центрального научно - исследовательского технологического института (ЦНИИТИ) оборонной промышленности, г. Москва

Всего по состоянию на 4 октября 1995 г., т. е. после утверждения итогов голосования Президиумом АЕН РФ, в Секции наук о лесе АЕН РФ 55 действительных членов (академиков) и 64 члена-корреспондента. Несомненно, что подавляющее большинство членов АЕН по СНЛ являются выдающимися учеными и продолжают активно работать как организаторы и непосредственные участники исследований. Пока они трудятся, в основном, каждый по своей проблематике, своему региону. Смысл и задача академических структур – объединять усилия, поднимать и решать большие комплексные проблемы, помогая повышению эффективности и авторитета Академии естественных наук и всей российской науки.

---

**Е.С. Романов**

Архангельский государственный технический университет