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

2—3

1995

БИБЛИОТЕКА АРХАНГЕЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ИЗДАТЕЛЬ — АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

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,** чл.-кор. **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 институтов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 2—3

Редакторы Н. П. Бойкова, Л. С. Окулова. Корректор Е. Б. Краснова

Сдан в набор 05.04.95. Подписан в печать 31.07.95.
Форм. бум. 70 × 108¹/₁₆. Бумага мелованная. Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 19,872. Усл. кр.-отт. 19,872. Уч.-изд. л. 24,11. Тираж 1000 экз. Заказ 762.
Архангельский государственный технический университет

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

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

© ИВУЗ, «Лесной журнал», 1995

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. И. Обыденников, Л. Н. Рожин. Последствия использования агрегатной лесозаготовительной техники в сосняках Забайкалья 7
А. Н. Мартынов. К вопросу о связи между численностью и встречаемостью подроста 11
В. В. Беляев. Эффективность использования сеянцев с наличием трехвойных пучков при создании культур сосны обыкновенной 16
В. С. Писанов. Ельники сложные в условиях влияния водохранилища . . . 19
А. К. Артюховский, Ю. Ф. Арефьев. Активизация деятельности энтомофагов в лесопарковых насаждениях зеленых зон 22
П. М. Малаховец, В. А. Тисова. Зимостойкость интродуцированных древесных растений в условиях Севера 25
А. К. Касимов. Развитие корневой системы сосны в посадках и посевах при механической обработке почвы 30
А. В. Лебедев. Еловая губка в антропогенных древостоях и диагностика поражения деревьев 38
М. В. Сурсо. О соотношении мужских и женских гамет сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в искусственных популяциях 43

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

В. И. Варава, Г. М. Левит. Методика стендового контроля рессор 47
Е. С. Буряк, Ю. Л. Чернцов, В. В. Мосеев. Автоматизация процесса выправки пути УЖД машиной ДМ-7 51
А. И. Шведов. Классификация путей и способов утилизации лесосечных отходов 54
П. Н. Гагарин. Радиационно-оптическая аналогия механики турбулентного потока 57

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Ю. М. Стахиев, Н. А. Ларионов. Измерение частот собственных колебаний круглых пил с помощью прибора ПЧД-2 64
А. Е. Алексеев. Экспериментальная оценка влияния основных технологических факторов на характер деформированного состояния брусьев 67
Ю. Ф. Чернышев. Напряжения и перемещения деревянной втулки подшипника при стационарном неравномерном нагреве 70
Ю. Ф. Чернышев, Н. И. Остроухова. Влияние анизатропии на напряжения в деревянной втулке 74
В. В. Таратин. Определение фактических углов резания торцово-конических фрез агрегатного лесопильного оборудования 78
С. В. Ершов. Влияние скорости резания на устойчивость ленточных пил . . 83
С. В. Ершов, Ю. М. Стахиев. О поднутрении боковых поверхностей (граней) зубьев круглых пил, оснащенных износостойкими материалами . . . 87
Г. Ф. Прокофьев. Направления совершенствования ленточнопильных станков . 95

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

Ю. И. Дьяченко, Т. А. Туманова. Изучение реверсии белизны целлюлозных материалов под действием УФ-облучения 101
Д. А. Пономарев, Л. Г. Дьяченко. Тепловые эффекты реакций термолиза бензилфенилового эфира 106
Г. А. Иванов, О. В. Гулинкина. Исследование термоокисления целлюлозосодержащих отходов 111
И. И. Осовская, А. В. Каменский, Г. М. Полторацкий. Влияние кислотного гидролиза на термодинамические характеристики взаимодействия целлюлозы с водой и водными растворами гидроксида натрия 115
Д. Р. Нагимов, Ф. Х. Хакимова. Исследование отбелки сульфитной целлюлозы по бесхлорной технологии 119

А. И. Бобров, Н. Е. Самсонов, М. Г. Мутовина, Т. А. Бондарева, З. Ф. Козловская. Получение сульфатной целлюлозы из лиственной древесины с применением продленной варки и предварительной обработки щепы сульфитом натрия 122

Г. Ф. Прокшин. Сульфатная варка с добавками элементарной серы, таллового пека и упаренных щелоков 125

И. С. Гелес, Г. М. Левкина. Плотность древесины ели и свойства небеленых сульфитных и сульфатных целлюлоз 133

И. С. Гелес, М. А. Коржова, Г. М. Левкина, М. В. Мелех, В. В. Петрова. Некоторые особенности химического состава и строения целлюлозы ветвей сосны 140

Е. Д. Гельфанд. Концепция создания экологически безопасных гидролизных производств 147

Н. И. Афанасьев, Л. Н. Парфенова. Вязкость водных растворов лигносульфонатов 150

КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Р. Е. Калитеевский, А. С. Гудков. Программное обеспечение систем управления производством пиломатериалов 154

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

П. С. Гейзлер, М. П. Гейзлер. Показатели эффективности функционирования лесных комплексов 160

Н. И. Кожухов, А. М. Календарев. Принципы оценки лесных земель как рыночной недвижимости 164

В. С. Соминский, Е. В. Вирячева. Роль и значение малых предприятий в развитии целлюлозно-бумажной промышленности 167

М. Т. Бець. Анализ рентабельности предприятия по отдельным видам затрат с использованием ЭВМ 172

В. А. Гордиенко. Моделирование эколого-экономической эффективности лесозаготовок в горных условиях 175

Е. С. Романов. Холдинговые компании в лесопромышленном комплексе . . . 179

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

Р. Е. Калитеевский. Информационные технологии лесопиления 184

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

В. В. Беляев. Эффективность использования саженцев с четко выраженной мутовчатостью при создании культур ели 189

Б. Н. Шамшиев. Влияние выпаса скота и режима заповедования на лесные культуры арчи в Киргизии 191

А. В. Грязькин, Е. С. Мельников. Естественное возобновление ели на участках, пройденных комплексным уходом 195

Т. Т. Малюгин. К вопросу о рациональной формуле для определения силы тяги плугов акад. В. П. Горячкина 198

А. Д. Голяков, Г. Н. Данилова. Исследование загрузки обрезных станков . . 200

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

В. М. Ивонин, А. А. Кулыгин, И. В. Ревяко, Н. Ф. Кулик, В. М. Павлов, В. С. Майоров. 75 лет высшему лесному образованию на Дону 203

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

В. Я. Попов, В. В. Беляев. Полезная книга 207

ЮБИЛЕИ

Г. А. Чибисов, Б. А. Мочалов, П. М. Малаховец, В. Г. Кизенков, А. И. Барабин, Н. А. Бабич. Анатолию Сергеевичу Синникову — 80 лет 208

CONTENTS

FORESTRY

V. I. Obydennikov, L. N. Rozhin. Consequences of Using the Aggregate Logging Machinery in Pine Forests of Zabaikalie 7

A. N. Martynov. On the Problem of Relation of Quantity and Frequency of Young Growth 11

V. V. Belyaev. Effectiveness of Using Seedlings with Three-Needles Fascicles When Creating Common Pine Artificial Stands 16

V. S. Pisanov. Multistoreyed Spruce Forests under Conditions of Water Reservoir Influence. 19

A. K. Artyukhovsky, Yu. F. Arefiev. Stimulation of Entomophagus Activity in Forest Park Stands of Green Zones. 22

P. M. Malakhovets, V. A. Tisova. Winter Hardiness of Introduced Arboreal Plants under Conditions of the North. 25

A. K. Kasimov. Pine Root System Development in Planting and Sowing at Mechanical Cultivation of Soil. 30

A. V. Lebedev. Spruce Fungus in Anthropogenic Stands and Diagnostics of Affected Trees. 38

M. V. Surso. On Relationship of Common Pine (*Pinus silvestris* L) Male and Female Gametes in Artificial Populations. 43

WOODEXPLOITATION

V. I. Varava, G. M. Levit. Methods of Springs' Stand Control 47

E. S. Buryak, Yu. L. Chernitsov, V. V. Moseev. Automated Spot-Surfacing of Narrow-Gauge, Railroad Track by DM-7 Machine 51

A. I. Shvedov. Classification of the Ways and Methods of Logging Site Residues Utilization 54

P. N. Gagarin. Radiation-Optical Analogy of Turbulent Flow. 57

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

Yu. M. Stakhiev, N. A. Larionov. Measuring Frequences of Circular Saws Own Oscillations with Device PCHD-2 64

A. E. Alexeev. Experimental Estimation of Basic Process Factors on the Character of Deformed Timber Condition 67

Yu. F. Chernyshev. Stresses and Displacements of Wooden Bearing Bushing at Stationary Non-Uniform Heating 70

Yu. F. Chernyshev, N. I. Ostroukhova. The Effect of Anisotropy on Wooden Bushing Stress. 74

V. V. Taratin. Relationship of Angular Parameters and Determination of Actual Cutting Angles of Face-Cone Milling Cutters of Aggregate Timber Sawing Machinery 78

S. V. Ershov. Cutting Rate Effect on Band Saws Stability and Possibility of Cutting Rate Optimization 83

S. V. Ershov, Yu. M. Stakhiev. On Undercutting the Lateral Faces /Edges/ of Circular Saws' Teeth Equipped with Resistant-to-Wear Materials 87

G. F. Prokofiev. Directions of Bandsawing Machines' Improvement. 95

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

Yu. I. D'yachenko, T. A. Tumanova. Study into Cellulose Materials Whiteness Reversion by the Action of UV-Radiation. 101

D. A. Ponomarev, L. G. D'yachenko. Thermal Effects of Benzylphenyl Ether Thermalysis Reactions. 106

Translated by Korelskaya

G. A. Ivanov, O. V. Gulinkina. Investigation into Thermo-Oxidation of Cellulose-Containing Wastes 111

I. I. Osovskaya, A. V. Kamensky, G. M. Poltoratsky. The Effect of Acid Hydrolysis on Thermodynamic Characteristics of Interaction of Pulp and Water and Aqueous Hydroxide Solutions 115

D. R. Nagimov, F. H. Khakimova. Investigation into Chlorideless Sulphite Pulp Bleaching Process. 119

A. I. Bobrov, N. E. Samsonov, M. G. Mutovina, T. A. Bondareva, Z. F. Kozlovskaya. Hardwood Sulphate Pulp Manufacture by Using "Plolonged" Pulping and Sodium Sulphite Chip Pretreatment 122

G. F. Prokshin. Sulphate Pulping with Additives of Elementary Sulphur Tall Oil Pitch and Evaporated Liquors 125

I. S. Geles, G. M. Levkina. Spruce Wood Density and Properties of Unbleached Sulphite and Sulphate Pulps 133

I. S. Geles, M. A. Korzhova, G. M. Levkina, M. V. Melekh, V. V. Petrova. Certain Features of Chemical Composition and Structure of Pine Branches, Cellulose 140

E. D. Gelfand. Concept of Creating Ecologically-Safe Hydrolysis Production. . . . 147

N. I. Afanas'ev, L. N. Parfenova. Viscosity of Lignosulphonates Aqueous Solutions 150

COMPUTERIZATION OF TRAINING AND TECHNOLOGICAL PROCESSES

R. E. Kaliteevsky, A. S. Gudkov. Automatic Control On-Line Systems' Software for Sawn Timber Production 154

ECONOMICS AND MANAGEMENT

P. S. Geizler, M. P. Geizler. Efficiency Indices of Forest Complexes Functioning. . 160

N. I. Kozhukhov, A. M. Kalendarev. Principles of Forest Lands' Valuation as Market Real Property 164

V. S. Sominsky. The Role and Value of Small Businesses in the Development of Pulp-and-Paper Industry 16

M. T. Bets'. A Computer-Based Analysis of Producer's Profitability by Segregated Forms of Expenses. 172

V. A. Gordienko. Modelling of Ecologo-Economic Effectiveness of Logging Under Mountain Conditions. 175

E. S. Romanov. Holding Companies in Timber Industrial Complex. 179

METHODS AND PRACTICAL EXPERIENCE OF TEACHING

R. E. Kaliteevskv. Information Sawmilling Technologies. 184

SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

V. V. Belyaev. Effectiveness of Using Saplings with Pronounced Verticillateness when Creating Spruce Cultures. 189

B. N. Shamshiev. Influence of Livestock Pasture and Preservation Conditions on Juniperus Semiglobosa Forest Cultures in Kyrgystan. 191

A. V. Gryaz'kin, E. S. Mel'nikov. Natural Spruce Regeneration in the Areas of Combined Treatment. 195

T. T. Malyngin. On Problem of Academician V. P. Goryachkin's Rational Formula of Ploughs' Tractive Force. 198

A. D. Golyakov, G. N. Danilova. Investigation into Workload of Cutting Machines 200

FROM VUSES' LIFE

V. M. Ivonin, A. A. Kulygin, I. V. Revyako, N. F. Kulik, V. M. Pavlov, V. S.Maiorov. The 75th Anniversary of Higher Forest Education on the Don. . 203

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

V. Ya. Popov, V. V. Belyaev, Useful Book. 207

JUBILEES

G. A. Chibisov, B. A. Mochalov. Anatoly S. Sinnikov - 80. 208

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*23 : 630*36

В. И. ОБЫДЕННИКОВ, Л. Н. РОЖИН

Обыденников Виктор Иванович родился в 1939 г., окончил в 1964 г. Приморский сельскохозяйственный институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства и подсочки леса Московского государственного университета леса. Имеет 90 печатных работ в области динамической типологии леса и лесоводственно-экологических последствий рубок главного пользования с использованием агрегатной лесозаготовительной техники.

Рожин Леонид Николаевич родился в 1938 г., окончил в 1965 г. Архангельский лесотехнический институт, старший научный сотрудник лаборатории организации лесозаготовительного производства ЦНИИМЭ. Имеет 60 печатных работ в области лесохозяйственной оценки агрегатных машин и технологий лесосечных работ; лесоводственно-экологических последствий рубок главного пользования.

ПОСЛЕДСТВИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРЕГАТНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В СОСНЯКАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Рассмотрены лесоводственно-экологические последствия применения лесозаготовительной техники при сплошных рубках в сосняках. Показано формирование типов вырубок и возобновление леса через 15 ... 20 лет после рубок. Предложены мероприятия по возобновлению леса.

The silvicultural-and-ecological consequences of using logging machinery when clean cutting in pine forests have been considered. The type formation of felling areas and forest regeneration 15 - 20 years after cutting are revealed. The measures on forest regeneration are proposed.

Лесоводственно-экологические аспекты рубок главного пользования на базе агрегатной техники были предметом внимания многих исследователей. Географический диапазон изучения последствий таких рубок достаточно широк [2, 5, 7 и др.].

Нами по методике акад. И. С. Мелехова [3, 4] изучены лесоводственно-экологические последствия использования агрегатной лесозаготовительной техники при сплошных рубках в Усть-Баргузинском и Верхне-Бургузинском лесхозах Бурятии, в которых размещена лесосырьевая

база соответственно Баргузинского и Курумканского леспромхозов. Здесь преобладают сосновые леса. На климат и состояние растительности района исследования оказывает влияние оз. Байкал. На территории прибрежного Усть-Баргузинского лесхоза оно значительно и выражается прежде всего в увеличении доли лиственных в составе древостоя. Меньше влияние оз. Байкал на климат и растительный покров территории Верхне-Баргузинского лесхоза, территория которого отделена от озера высоким Баргузинским хребтом. Отмеченные особенности сказываются и на изменениях в лесорастительных условиях и возобновлении после рубок. Как правило, на сплошных вырубках после работы традиционной лесозаготовительной техники (бензопилы на валке леса, трактора с тросовой оснасткой на трелевке) возобновление сосны успешное [1, 6 и др.].

Сплошные рубки на базе агрегатной техники в лесах Забайкалья применяли эпизодически и на небольших площадях. В Баргузинском леспромхозе в 1969—1970 гг. на лесосечных работах использовали машины ВТМ-4, в Курумканском в 1972 и 1977 гг. ВМ-4 и ЛП-18 (ЛП-11). Эти машины обычно повреждают почву на 70...80 % площади вырубок и более [4].

В Усть-Баргузинском лесхозе площади сплошных рубок с применением машины ВТМ-4 приурочены к склонам разной экспозиции, их крутизна не превышает 15...16°. Преобладающим типом леса (до рубки) был сосняк злаково-разнотравный, почвы горно-лесные слабодерновые оподзоленные супесчаные (реже суглинистые). На некоторых участках созданы культуры сосны, их ряды расположены не только поперек, но и вдоль склонов. При таком расположении плужных борозд не встречалось каких либо заметных следов водной эрозии почвы. Не отмечены они (в том числе в связи с рубками) и в лесоустроительных материалах.

После рубок, выполненных в 1969—1970 гг., на месте сосняков злаково-разнотравного, брусничнo-разнотравного и рододендронового с почвами легкого механического состава чаще всего формировался вейниковый тип вырубки. В 1992 г., через 22 года после рубки, на обследованных участках в живом напочвенном покрове (общее проективное покрытие 50...55 %) преобладал вейник (30...35 %).

Злаки обильно разрастались в местах без подроста (чаще всего на волоках) или в молодняках с невысокой сомкнутостью крон. Так, на одном из участков вырубки (кв. 72, выдел 27) Максимихинского лесничества общее проективное покрытие живого напочвенного покрова в местах с подростом и на волоках составило соответственно 35...40 и 70....100 %, в том числе вейника 15...25 и 65...80 %. Плотность верхнего 5-сантиметрового слоя почвы различалась несущественно: на волоках 0,78...0,97, в местах слабого и среднего повреждения почвы с наличием подроста последующего возобновления 0,76 г/см^3. За 22 года после рубки она почти сравнялась с плотностью почвы исходного типа леса — сосняка брусничнo-разнотравного (0,68...0,77 г/см^3).

В составе подроста последующей генерации явно преобладала сосна (см. таблицу). На 1 га насчитывалось от 3,4 до 13,0 тыс. шт. 19—20-летних деревьев сосны высотой 3,0...3,5 м (70 %), до 6-7 м (20...25 %) и до 1,5 м (5 %). Распределение сосны по площади сравнительно равномерное (встречаемость до 80 %). На магистральных или пасечных волоках вблизи погрузочных площадок молодняк сосны был редким или отсутствовал, что связано со значительным уплотнением почвы при рубке, препятствующим возобновлению сосны.

В основном типе вырубки, образовавшемся на месте сосняка злаково-разнотравного (кв. 161 Максимихинского лесничества), молодняк обычно приурочен к отрицательным формам рельефа с почвами повы-

Номер участка	Квартал (выдел)	Тип леса (до рубки)	Год рубки	Тип вырубки	Характеристика молодняка	
					Густота, тыс. шт./га	Состав
		Максимихинское лесничество				
1	161 (10)	Сосняк злаково-разнотравный	1969	Вейниковая	5,1	7С3Б+Кд, ед. Ос
2	161 (12)	» бруснично-разнотравный	1969	»	5,5	8С2Б+Ос
3	161 (22)	» злаково-разнотравный	1969	»	7,9	8С2Ос+Б
4	161 (17)	» » »	1969	Осоковая	4,1	6Ос3Б1С
5	72 (26, 27)	» » »	1970	Вейниковая	12,0	9С1Б+Лц
6	72 (30)	» рододендроновый	1970	»	13,0	10С, ед. Б, Лц
7	95 (19)	» бруснично-разнотравный	1970	Вейниково-осоковая	14,9	5Ос4С1Б
8	91 (22)	» багульниково-брусничный	1970	Разнотравно-багульниковая	13,3	8С2Б, ед. Лц, Кд
		Шанталыкское лесничество				
9	81 (13)	» злаково-разнотравный	1969	Вейниковая	5,6	6С3Ос1Б+Лц

шенной влажности и сравнительно тяжелого механического состава. Под пологом молодняка (20 лет после рубки) проективное покрытие живого напочвенного покрова составило 70...75 % (в том числе осоки 55...60 и вейника 10 %). Здесь произошло сильное задернение почвы. Такие явления связаны с сильным повреждением почвы во время работы машины ВТМ-4. Молодняк на вырубке этого типа на 90 % представлен лиственными породами (см. таблицу).

Вейниково-осоковый тип вырубки формировался на месте сосняка бруснично-разнотравного (кв. 95, участок 7) после работы машины ВТМ-4. Почва горно-лесная слабодерновая оподзоленная суглинистая. В живом напочвенном покрове (покрытие 60...70 %) преобладали вейник (30 %) и осоки (25 %). Задернение почвы среднее. Возобновление сосны (в основном последующее) успешное (6,1 тыс. шт./га). Однако в составе преобладали лиственные породы.

На разнотравно-багульниковой вырубке (исходный тип леса сосняк багульниково-брусничный) возобновление сосны после работы машины

ВТМ-4 (кв. 91, участок 8) идет успешно (11,08 тыс. шт./га), в основном за счет подроста последующей генерации (9,2 тыс. шт./га).

В Верхне-Баргузинском лесхозе обследованные площади сплошных рубок с применением машины ВМ-4 и ЛП-18 (ЛП-11) приурочены к склонам разной экспозиции, крутизной не более 5...7°. Исходные типы леса — сосняки лишайниково-брусничный и брусничный с горно-лесными оподзоленными песчаными почвами.

Обследовано два участка молодняка, образовавшегося после рубки древостоя в сосняке лишайниково-брусничном. На первом участке (кв. 213 Куллукского лесничества, площадь 71 га) рубки произведены в 1972 г. с применением бензопил на валке и машины ЛП-11 на трелевке. После рубки сформировался лишайниково-брусничный тип вырубки. Через 20 лет (1992 г.) образовался молодняк (состав 10С) из самосева и подроста последующей генерации (33,6 тыс. шт./га), в том числе 40 % — 20...22 и 60 % — 14...16 лет. Живой напочвенный покров (проективное покрытие 45...50 %) почти полностью представлен лишайниками (20 %) и брусникой (10...15 %). На втором участке (кв. 80 того же лесничества, площадь 53 га) рубка на базе машин ВМ-4 и ЛП-18 (ЛП-11) выполнена летом 1977 г. Возобновление и формирование молодняка происходило в условиях вейниково-брусничного типа вырубки. На 15-й год после рубки сформировался чистый молодняк (состав 10С; 18,3 тыс. шт./га, в том числе 60 % — последующей генерации). Живой напочвенный покров (проективное покрытие 55...60 %) в основном состоит из вейника (35 %) и брусники (20 %). Плотность верхнего 5-сантиметрового слоя почвы на волоках 1,12...1,23, в местах с единичным подростом 1,09, в куртинах 1,09 г/см^3 (под пологом леса 1,00 г/см^3).

Изучены также два участка молодняка, образовавшегося после рубки древостоя в сосняке брусничном. Рубка (на базе машин ВМ-4 и ЛП-18) произведена зимой 1977 г. в Куллукском лесничестве. На первом участке (кв. 196, площадь 58 га) весной того же года выполнена механическая очистка вырубки сучкоподборщиком ПС-5. В условиях брусничного типа вырубки возобновление сосны было успешным. На 15-й год после рубки образовался чистый молодняк сосны (состав 10С, численность деревьев 9,7 тыс. шт./га) из самосева и подроста последующего возобновления. Под его пологом в напочвенном покрове (проективное покрытие 20 %) преобладала брусника (15 %). На втором участке (кв. 197, площадь 70 га) сформировался молодняк, представленный одной сосной (состав 10С, численность 9,9 тыс. шт./га). В живом напочвенном покрове (30...36 %) значительное участие принимала брусника (15 %), а также лишайники (5 %).

На всех обследованных участках в связи с почвенно-климатическими особенностями Верхне-Баргузинского лесхоза лиственные породы не возобновлялись.

Итак, на обследованных площадях рубок с применением агрегатной техники в сосняках Забайкалья возобновление главной породы протекает большей частью успешно. Оно связано с почвенно-климатическими условиями лесхозов, разным влиянием о. Байкал и горных хребтов.

На вейниково-осоковых вырубках в составе формирующегося молодняка преобладают лиственные породы, поэтому здесь для целенаправленного формирования хвойных молодняков необходимо вести рубки ухода. На осоковых вырубках, где хорошо возобновляются лиственные породы с небольшой долей участия сосны, следует создавать культуры сосны. На лишайниково-брусничных, брусничных и вейниково-брусничных вырубках в Баргузинской котловине отмечено успешное возобновление сосны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

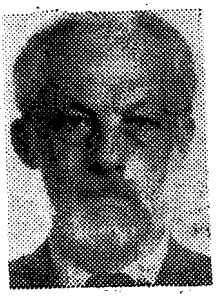
[1]. Бизюкин В. В. Экологическая оценка рубок главного пользования в сосняках юго-восточного Прибайкалья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.— Красноярск, 1987.— 18 с. [2]. Исаев А. И. Лесоводственная оценка лесосечных работ при механизированных способах производства сплошных рубок в Красноярском крае: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.— Красноярск, 1981.— 24 с. [3]. Мелехов И. С. Рубки главного пользования.— М.: Лесн. пром-сть, 1966.— 374 с. [4]. Мелехов И. С., Корконосова Л. И., Чертовской В. Г. Руководство по изучению типов вырубок.— М.: Наука, 1965.— 180 с. [5]. Обыденников В. И. Последствия использования новых машин в северотаежных сосняках // Лесн. хоз-во.— 1979.— № 11.— С. 18—21. [6]. Обыденников В. И., Рожин Л. Н. Новая лесозаготовительная техника на лесосеках с подростом // Лесн. хоз-во.— 1978.— № 4.— С. 72—76. [7]. Перевозникова В. Д. Естественное возобновление на вырубках после применения агрегатной техники в Среднем Приангарье // Лесн. хоз-во.— 1993.— № 3.— С. 22—24.

Поступила 8 июня 1994 г.

УДК 630*182.51

А. Н. МАРТЫНОВ

Мартынов Алексей Николаевич родился в 1938 г., окончил в 1961 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесоводства С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет 143 печатные работы в области химического ухода за лесом, рубок ухода в молодняках, естественного лесовозобновления, изучения горизонтальной структуры древостоев, живого напочвенного покрова в лесу, применения сверхлегких летательных аппаратов в лесном хозяйстве.



К ВОПРОСУ О СВЯЗИ МЕЖДУ ЧИСЛЕННОСТЬЮ И ВСТРЕЧАЕМОСТЬЮ ПОДРОСТА

Дан анализ соотношения численности и встречаемости подроста ели и сосны на сплошных вырубках и при несплошных рубках леса в разных регионах и типах леса.

The correlation analysis of numerosity and frequency of spruce-and-pine young growth in clear-cut areas and at partial forest cutting in different regions and forest types has been given.

Успешность естественного лесовозобновления чаще всего определяют по численности (средней густоте) подроста. При проведении лесоводственных исследований численность дополняют показателем встречаемости, т. е. доли учетных площадок, на которых имеется хотя бы один жизнеспособный экземпляр подроста. Встречаемость зависит от численности и особенностей пространственного размещения особей по площади, в известной степени характеризуя оба этих признака [2]. Достоинством встречаемости является простота определения и возможность использования материалов крупномасштабной аэрофотосъемки. Ценность этого показателя могла бы быть значительно выше при наличии его связи с численностью подроста, нормативы которой положены в основу многих шкал оценки успешности естественного лесовозобновления.

Попытка перевода встречаемости в численность предпринималась неоднократно. Установлена тесная связь между пробитом встречаемости и логарифмом среднего числа всходов сосны на учетной площадке. Она оказалась одинаковой для двух видов сосны и для двух размеров площадок (4 и 16 м^2) [15]. По данным А. И. Бузыкина [1], полученным в Восточном Забайкалье, связь между количеством подроста сосны и его встречаемостью характеризуется корреляционным отношением 0,85. Выявлена зависимость между численностью подроста и числом свободных от него площадок (корреляционное отношение 0,84 для доли свободной площади, состоящей из площадок 10 м^2 и более и 0,92 для 5 м^2 и более) [9]. Установлена тесная связь между встречаемостью и численностью подроста ели в Ленинградской области (коэффициент корреляции 0,91) [7] и подроста сосны в Кировской области (корреляционное отношение 0,90) [10].

Численность можно легко рассчитать исходя из процента встречаемости при условии случайного размещения особей по площади [2]. Однако в большинстве случаев распределение растений в сообществах неслучайное. Поэтому точный математический расчет связи между этими показателями не имеет большого практического значения. Прежде чем рассчитывать численность по встречаемости, нужно выявить тип размещения особей, что сделать сложнее, чем непосредственно определить численность. Тем не менее не исключается целесообразность использования встречаемости для определения численности и в тех случаях, когда распределение особей по площади не является случайным. В частности, представляют интерес крайние значения численности подроста при разных показателях встречаемости, которые могут быть использованы для лесоводственного обоснования шкал оценки успешности естественного лесовозобновления.

Этот вопрос обсуждается в данной статье на основе исследований автора и опубликованных материалов. К сожалению, в ряде работ либо не указан размер учетных площадок, либо учеты проводились на площадках разного размера, что не позволяет получить сопоставимые результаты. Кроме того, иногда численность и встречаемость определялись суммарно для подроста разных древесных пород. Нами были отобраны работы, в которых численность и встречаемость подроста ели и сосны устанавливали на площадках 2 × 2 м.

Исследования выполняли в Ленинградской и Кировской областях, Карелии, Финляндии и юго-западной Норвегии на объектах двух кате-

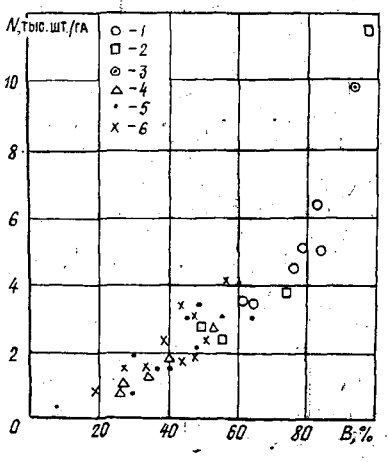


Рис. 1. Соотношение численности и встречаемости подроста ели на вырубках (средняя высота 0,4 ... 2,0 м): *1* — юго-запад Ленинградской области, черничник свежий; *2* — то же, черничник влажный; *3* — то же, кисличник; *4* — северо-восток Ленинградской области, черничник свежий; *5* — Карелия, зеленомошник [3]; *6* — то же, черничник [11]

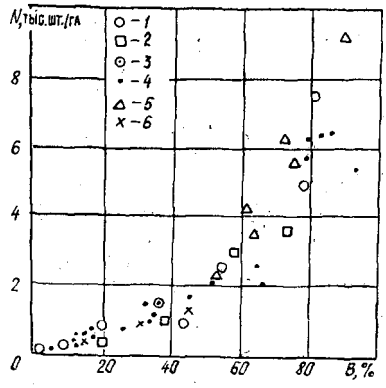


Рис. 2. Соотношение численности и встречаемости подроста сосны на вырубках (средняя высота 0,6 . . . 2,0 м): *1* — юго-запад Ленинградской области, черничник свежий; *2* — то же, черничник влажный; *3* — то же, кисличник; *4* — Карелия, зеленомошник; *5* — Кировская область, брусничник [10]; *6* — Финляндия [16]

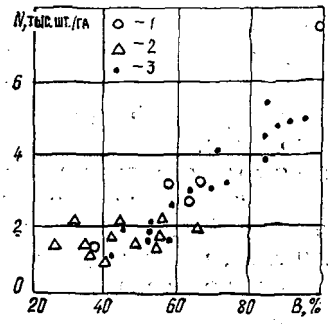


Рис. 3. Соотношение численности и встречаемости ели через 25 . . . 40 лет после сплошной рубки материнского древостоя: *1* — Ленинградская область, средняя высота 5,5 . . . 10,1 м; *2* — Карелия, средняя высота 5,5 . . . 10,5 м [11]; *3* — юго-запад Норвегии, средняя высота 14,3 . . . 18,9 м [14]

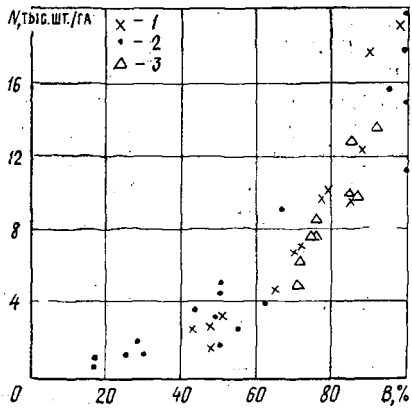


Рис. 4. Соотношение численности и встречаемости подроста ели при проведении несплошных рубок леса: *1* — кулиса после двух приемов кулисно-постепенной рубки, Ленинградская область [6]; *2* — после второго приема равномерно-постепенной рубки, подрост до 30 лет, Ленинградская область [4]; *3* — через 27 лет после второго приема равномерно-постепенной рубки, Норвегия [13]

горий: сплошные вырубки и участки несплошных рубок леса (равномерно-постепенные, кулисно-постепенные). Материалы исследований представлены на рис. 1—4. Анализ рисунков позволяет сделать некоторые обобщения.

При одном и том же показателе встречаемости численность подроста значительно варьирует. Это связано с различиями в характере его пространственного распределения по площади, обусловленными неодинаковой степенью агрегации и мозаичностью среды обитания. С. Спур [17] равномерность размещения по площади ряда лиственных пород

связывает с неоднородностью микрорельефа и почвы. В частности, подрост березы желтой концентрировался в понижениях на влажной почве, что обусловило низкую встречаемость при высокой численности. Если численность подроста ели невелика, его агрегация выражена слабо [14]. По мере увеличения встречаемости варьирование численности возрастает, достигая максимума при 90...100 %. Это особенно заметно на участках несплошных рубок леса. Как видно из рис. 3, при встречаемости 70 % численность подроста ели варьирует от 4 до 10 тыс. шт./га; встречаемости 90 % соответствует верхний предел численности 18 тыс. шт./га. В «окнах» и на волоках после постепенной рубки численность подроста ели достигала 40...50 тыс. шт./га и более [4, 6]. Ее варьирование при несплошных рубках усугубляется неодинаковыми условиями для последующего возобновления на отдельных частях лесосеки. Различия в численности подроста на отдельных опытных участках не позволяют выявить особенности размещения особей по регионам и типам леса. Судя по рисункам, эти различия незначительны.

В сформировавшихся древостоях в результате дифференциации и естественного отпада численность ели при высоких показателях ее встречаемости заметно снижается (рис. 4). Так, спустя 25...40 лет после сплошной рубки верхний предел численности для встречаемости 90 % не достигал 6 тыс. шт./га. Нижний и верхний пределы численности для средних показателей встречаемости также оказались меньше, чем на вырубках.

Для сосны по сравнению с елью характерно снижение верхнего и нижнего пределов численности, соответствующей одной и той же встречаемости (см. рис. 1 и 2). Различие составляет примерно 0,5... 1,0 тыс. шт./га, что свидетельствует о более выраженной степени агрегации елового подроста.

Для практических целей важно определить минимальную численность подроста, которая обеспечит в будущем формирование продуктивного древостоя. В южной тайге в зеленомошной группе типов леса возобновление ели оценивается как удовлетворительное при встречаемости жизнеспособного подроста не менее 50 % [8]. Как показано на рис. 5, на сплошных вырубках встречаемости 50 % соответствует нижний предел численности подроста ели примерно 2, сосны — 1 тыс. шт./га.

В Инструкции по сохранению подроста [5] и Технических указаниях [12] равномерно размещенным считается подрост при его встречаемости на площадках по 10 м² 65 % и более или в пересчете на учетные площадки по 4 м² — около 40 %. Минимальный предел численности подроста ели на сплошных вырубках при встречаемости 40 % составит при-

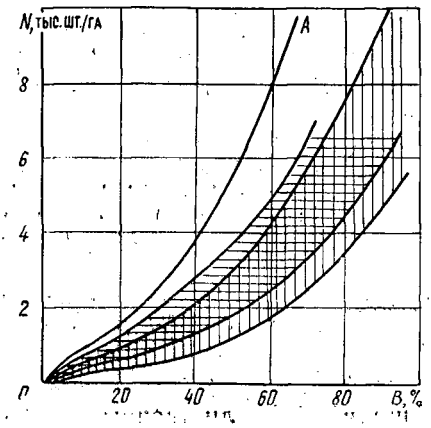


Рис. 5. Диапазон численности подроста ели и сосны в зависимости от показателя встречаемости: горизонтальная штриховка — ель, вертикальная — сосна; *A* — верхний предел численности ели при несплошных рубках

мерно 1,5, сосны — 1,0 тыс. шт./га, что значительно меньше рекомендованного в упомянутых документах. Если в качестве критерия успешности естественного возобновления ели принять встречаемость 50...60 %, то минимальный предел численности подроста составит 2,0...2,5 тыс. шт./га. Для сосны, судя по таблицам хода роста модальных древостоев, эти показатели должны быть выше, особенно в трудных условиях возобновления. Так, в сухих борах Карелии формирование сосняков с полнотой 0,7 обеспечивалось лишь при густоте не менее 3,5 тыс. шт./га, что соответствует встречаемости 80 %. Для обоснования минимально допустимой численности и встречаемости сосны и других древесных пород необходимы дальнейшие исследования.

Определение верхнего предела численности — задача менее актуальная, поскольку при современных механизированных рубках не приходится ожидать чрезмерной густоты подроста. В загущенных хвойных молодняках, где могут иметь место снеголом, снеговал и другие негативные последствия чрезмерной густоты, необходимость разреживания можно определить и без трудоемких учетных работ.

Выводы

1. Численность подроста ели и сосны значительно варьирует, особенно при максимальных значениях показателя встречаемости.

2. В соотношении численности и встречаемости подроста по регионам и типам леса различия не выявлены.

3. Подрост сосны в целом распределен по площади более равномерно, чем ель.

4. Для практических целей наибольший интерес представляет определение нижнего предела численности подроста при встречаемости, обеспечивающей формирование продуктивных древостоев. Встречаемости 50...60 % соответствует минимальная численность подроста ели 2,0...2,5 тыс. шт./га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Бузыкин А. И. К методике учета подроста // Возобновление и формирование лесов Сибири.— Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР, 1969.— С. 165—168. [2]. Грейг-Смит П. Количественная экология растений.— М.: Мир, 1967.— 228 с. [3]. Громцев А. Н. Ландшафтные закономерности структуры и динамики среднетаежных сосновых лесов Карелии.— Петрозаводск: КНЦ РАН, 1993.— 160 с. [4]. Емельянов Е. А. Естественное возобновление хвойных пород на лесосеках механизированной постепенной рубки в Сиверском лесхозе // Системы рубок в лесах Северо-Запада РСФСР: Сб. науч. тр.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1981.— С. 130—137. [5]. Инструкция по сохранению подроста и молодняка хозяйственно ценных пород при разработке лесосек и приемке от лесозаготовителей вырубок с проведенными мероприятиями по восстановлению леса.— М.: Гослесхоз СССР, 1984.— 16 с. [6]. Лесоводственная оценка двух вариантов узкополосных кулисно-постепенных рубок в спелых древостоях / В. Н. Федорчук, О. Р. Адашевская, Е. А. Емельянов, М. Л. Кузнецова // Лесоводственные способы формирования и оценки насаждений эксплуатационного и рекреационного назначения: Сб. науч. тр.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1989.— С. 85—94. [7]. Мартынов А. Н. Лесоводственное значение размещения подроста и культур на площадях возобновления // Новое в лесовыращивании.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— С. 114—142. [8]. Мартынов А. Н. Оценка естественного возобновления ели // Лесоведение.— 1992.— № 4.— С. 43—50. [9]. Мегалинский П. Н. О классификации площадей по успешности естественного возобновления // Лесн. журн.— 1963.— № 2.— С. 29—33.— (Изв. высш. учеб. заведений). [10]. Санников Ю. Г., Баранцев А. С. Способ оценки естественного возобновления // Лесн. хоз-во.— 1983.— № 10.— С. 38. [11]. Синькевич М. П. Роль подроста хвойных пород в лесовосстановлении сплошных концентрированных вырубок // Восстановление и мелиорация лесов Карелии: Сб. науч. тр.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1983.— С. 8—20. [12]. Технические указания по вводу естественных молодняков в категорию хозяйственно ценных насаждений.— М.: Гослесхоз СССР, 1987.— 30 с. [13]. Bergan J., Skjermforyngelse av gran sammenlignet med plantning i Grane i Nordland // Medd. fra det Norske Skogf.— 1971.— Vol. 28, N 104.— P. 191—211. [14]. Braathe P. Undersokelser over utviklingen av glissen gjenvekst av gran // Medd. fra det Norske Skogf.— 1953.—

Vol. 12, N 42.— P. 209—301. [15]. Linch D. W., Schumacher F. X. Concerning the dispersion of natural regeneration // J. Forestry.— 1941.— Vol. 39, N 1.— P. 49—51. [16]. Pohtila E. Taimiston inventoinuin tarkkuus // Com. Instituti For. Fenn.— 1977.— Vol. 92, N 2.— P. 1—43. [17]. Spurr S. H. Natural restocking of forest following the 1938 hurricane in central New England // Ecology.— 1956.— Vol. 37, N 3.— P. 443—451.

Поступила 4 февраля 1994 г.

УДК 630*232.411

В. В. БЕЛЯЕВ

Беляев Владимир Васильевич родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории лесных культур Архангельского института леса и лесохимии. Имеет более 45 научных трудов в области искусственного лесовосстановления.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕЯНЦЕВ С НАЛИЧИЕМ ТРЕХХВОЙНЫХ ПУЧКОВ ПРИ СОЗДАНИИ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Приведены результаты исследований по изучению эффективности использования 2—3-летних сеянцев сосны обыкновенной, отобранных перед посадкой по наличию треххвойных пучков. Показано состояние и рост опытных культур в средней подзоне тайги в условиях осушенного переходного болота и вырубки из-под ельника-черничника свежего.

The results of investigations into effectiveness of using common pine 2 - 3-year seedlings selected before planting by the presence of three-needles fascicles have been presented. The state and growth of sample trees in the mid-subzone of taiga under conditions of drained transitional bog and felled areas of young bilberry spruce forest are revealed.

Вопросы ранней диагностики быстроты роста растений, особенно древесных, приобретают особую актуальность в связи с тем, что в будущем неизбежен переход лесовосстановления на селекционно-генетическую основу [2, 4 — 6]. Хвоя — самый чувствительный орган растений, чутко реагирующий на экологические условия обитания дерева. Ее развитие тесно связано с высотой, приростом и продуктивностью индивида [4 — 6]. Морфология хвои во многом зависит от генетических свойств дерева. По данным И. Э. Этверка [7], сила влияния наследственности на морфологические особенности хвои у 13-летних деревьев ели составляет 31 . . . 56 % от суммы всех факторов. На генетическую природу треххвойности сосны обыкновенной указывали В. Я. Попов, В. М. Жариков [4] и М. С. Ковалев, Л. С. Ковалев [2], которые отмечали лучший рост деревьев с треххвойными пучками. По данным этих авторов, такие особи в 10 лет в среднем на 20 % выше растений с двуххвойными пучками. В 38-летней популяции это преимущество еще более существенно (по высоте в среднем на 35, по диаметру на высоте груди на 47 % [4]).

Мы изучали эффективность отбора 2—3-летних сеянцев по наличию треххвойных пучков в опытных культурах, заложенных на осушенном переходном болоте (почва переходная торфяно-глеевая, мощность торфяного слоя около 0,5 м) и вырубке из-под ельника черничного свежего (почва мелкоподзолистая поверхностно-глеевая легкосуглинистая). Перед посадкой культур отбирали 2—3-летние сеянцы с наличием треххвойных пучков, контролем служили несортированные растения. Каждый вариант заложен в трех повторностях. Технология создания культур на осушенном болоте включала полосную вспашку плугом ЛКН-600, посадку производили по пластам вручную под лопату. На минеральных почвах вырубок предварительно выполняли полосную корчевку пней машиной КМ-1 в агрегате с трактором ТДТ-55 и вспашку плугом ПЛМ-1,3. Сеянцы высаживали в микроповышения также вручную под лопату.

Анализ биометрических показателей 3-летних сеянцев сосны показал, что особи с наличием треххвойных пучков крупнее несортированных по высоте на 37,6, диаметру корневой шейки на 44 % (табл. 1).

Наблюдения за состоянием и ростом опытных культур позволили выявить ряд особенностей. В целом сеянцы сосны с наличием треххвой-

Таблица 1

Вид 3-летних сеянцев	Высота $M \pm m$, см	Диаметр $M \pm m$, мм	D^2H, см
Несортированные	15,4 ± 0,41	2,5 ± 0,08	0,96
Отобранные по относительной массе (более 1,2 от средней)	19,8 ± 0,38	3,2 ± 0,10	2,02
С наличием треххвойных пучков	21,2 ± 0,55	3,6 ± 0,11	2,74

Таблица 2

Вид посадочного материала	Приживаемость, %, в возрасте, лет		Высота, $M \pm m$, см	Прирост по высоте, см, в возрасте, лет				
	1	2		1	2	3	4	5
Осушенное переходное болото: 5-летние культуры								
Сеянцы 3 лет:								
несортированные	47,4	24,7	90,3 ± 2,3	3,1	10,6	16,4	25,6	26,9
отобранные по относительной массе	66,3	48,0	120,7 ± 3,1	3,3	11,3	21,5	30,5	29,9
с наличием треххвойных пучков	75,3	71,2	108,0 ± 3,2	3,3	11,8	—	31,0	29,3
4-летние культуры								
Сеянцы 2 лет (1 год в теплице + 1 год без пленки):								
несортированные	92,9	74,8	59,2 ± 1,6	9,8	—	12,9	14,4	—
отобранные по относительной массе	96,8	77,9	61,6 ± 2,4	10,8	—	13,2	15,7	—
с наличием треххвойных пучков	99,3	88,1	66,0 ± 3,0	9,3	—	14,4	16,9	—
Вырубка из-под ельника черничного, 4-летние культуры								
Сеянцы 3 лет:								
несортированные	75,6	73,5	35,3 ± 1,3	1,2	3,4	9,9	14,7	—
отобранные по относительной массе	79,0	71,5	41,6 ± 1,8	1,4	3,6	10,4	15,9	—
с наличием треххвойных пучков	78,0	73,8	45,6 ± 1,3	1,3	4,3	10,4	14,4	—

ных пучков отличаются повышенной приживаемостью по сравнению с несортированными (табл. 2). Низкая приживаемость несортированных сеянцев в 5-летних культурах на осушенном болоте объясняется тем, что еще в питомнике они были заражены склеродерриозом (побеговый рак сеянцев) [1]. Так, если на второй год в этих условиях их приживаемость снизилась на 50, то у сеянцев с треххвойными пучками только на 4 % (табл. 2). Это совпадает с данными В. Я. Попова и В. М. Жарикова [4] о повышенных защитных функциях особей сосны с наличием треххвойных пучков.

Отмечен также более интенсивный рост этих растений в опытных посадках. Так, в 5-летних культурах (биологический возраст 8 лет) их высота на 16 % больше, чем у растений из несортированных сеянцев. Годичные приросты по высоте больше на 9...21 % (табл. 2).

Биометрические показатели растений в 4-летних культурах на вырубке также выше в варианте посадки сеянцев с наличием треххвойных пучков (табл. 3).

Таблица 3

Вид 3-летних сеянцев	Высота, $M \pm m$, см	Диаметр $M \pm m$, мм	Прирост по высоте $M \pm m$, см	D^2H, см
Несортированные	3,5 ± 1,3	9,1 ± 0,5	14,7 ± 0,8	29,2
Отобранные по относительной массе	41,6 ± 1,8	10,3 ± 0,6	15,9 ± 0,7	44,1
С наличием треххвойных пучков	45,6 ± 1,3	9,8 ± 0,6	14,8 ± 0,8	43,8

Различия в показателе D^2H между растениями с треххвойными пучками и несортированными составили 51 % (табл. 3). Их преимущества в росте по сравнению с растениями, отобранными по относительной массе [3], не так существенны.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о повышенной энергии роста и устойчивости в культурах растений с наличием треххвойных пучков.

Селекция на треххвойность сосны обыкновенной при сортировке посадочного материала позволит существенно повысить продуктивность создаваемых насаждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Беляев В. В., Елизаров Ф. П. Эффективность использования селекционно улучшенного посадочного материала на осушенном болоте средней подзоны тайги // Селекция и семеноводство хвойных пород на Европейском Севере.— Архангельск, 1990.— С. 97—104. [2]. Ковалев Л. С., Ковалев М. С. Диагностика роста сосны обыкновенной по морфологическим признакам.— Южно-Сахалинск, 1986.— 84 с. [3]. Пигарев Ф. Т., Беляев В. В., Сунгуров Р. В. Комплексная оценка посадочного материала и его применение на Европейском Севере: Методич. указания.— Архангельск, 1987.— 14 с. [4]. Попов В. Я., Жариков В. М. Изменчивость потомства сосны обыкновенной по числу семядолей в разные репродуктивные годы // Вопросы лесокультурного дела на Европейском Севере.— Архангельск, 1974.— С. 4—14. [5]. Попов В. Я., Жариков В. М. Ранняя диагностика наследственных свойств плюсовых деревьев сосны и ели: Методич. пособие.— Архангельск, 1978.— 14 с. [6]. Роне В. Н. Генетический анализ лесных популяций.— М.: Наука, 1980.— 154 с. [7]. Etverk I. Pluss punde benotunbi hinddamisest «Metsandusl nurimused».— Tallin: Valgus, 1972.— P. 5—13.

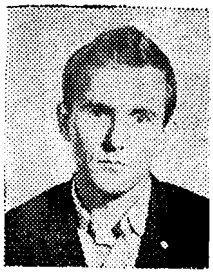
Поступила 21 февраля 1994 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

УДК 630*187

В. С. ПИСАНОВ



Писанов Виктор Сергеевич родился в 1938 г., окончил в 1973 г. Московский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Дарвинского государственного заповедника (Вологодская область). Имеет 26 печатных работ в области изучения динамики антропогенных лесов, экологического мониторинга.

ЕЛЬНИКИ СЛОЖНЫЕ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА

Дана характеристика разных компонентов ельника сложного, показана их динамика за 45 лет. Выявлена относительная устойчивость данного типа леса на рассмотренном этапе жизни. С позиций динамической типологии его следует считать этапом ускоренного развития одноименного типа — ельника сложного.

The characteristics of multi-storeyed spruce forest components has been given. Their dynamics during 45 years is shown and relative stability of the above forest type at its life period examined is revealed. It should be considered as a stage of accelerated development of spruce forest of the same type from the point of view of dynamic typology.

Ельник сложный — редко встречающийся в заповеднике тип леса, хотя на затопленной ныне пойменной территории он был довольно широко распространен. А. А. Корчагин, изучавший леса Молого-Шекснинского междуречья, отмечал, что сложные еловые леса с липой аналогичны ассоциации дубового леса с липой [1]. Дубовые леса были приурочены к участкам поймы, заливаемым в половодье; ельники же росли на более возвышенных местах, не затапливаемых весенними пойменными водами.

Древесный ярус в ельниках представлен елью с примесью осины, березы, изредка дуба. Почвенно-гидрологические условия благоприятны для роста деревьев, поэтому бонитет этих насаждений был высокий (I класс).

В таких лесах хорошо выражен второй ярус из липы, рябины, клена и черемухи; кустарниковый ярус из жимолости, крушины, малины, смородины. Значительным разнообразием отличался травяно-кустарничковый ярус.

В 1946 г., когда все пойменные леса оказались под водой, на территории озерной террасы был найден участок сложного ельника, где заложили пробную площадь. Мезорельеф представляет собой невысокую гриву среди заболоченных березово-черноольховых лесов. На пробной

площади выражен микрорельеф в виде приствольных повышений. Высотная отметка поверхности на 1,0...1,5 м превышает проектный уровень водохранилища (102 м над у. м.), участок удален от зоны временного затопления почти на 1 км.

Почва в ельнике сложном дерновая слабо- и среднеподзолистая среднеоглеенная пылевато-песчаная. По количеству гумуса она наиболее плодородна из всех встречающихся в заповеднике [3]. Лесная подстилка богата подвижными формами фосфора и калия. По кислотности почва близка к нейтральной, благоприятной для развития почвенных микроорганизмов.

Анализ режима грунтовых вод [2] по данным 1964 г. (климатические характеристики года близки к средним многолетним) показал, что глубина залегания грунтовых вод составляла 30...100 см (средняя 60 см). Эти данные характеризуют гидрологический режим почвы как далекий от оптимального. Об этом же свидетельствует и тот факт, что основная масса корней деревьев сосредоточена в 30-сантиметровом слое почвы.

В 1946 г. древостой на пробной площади был спелым (89 лет), имел состав 9Е1Ос, класс бонитета II,6, полноту 0,8. На 1 га росло 676 деревьев, их запас составлял 320 м^3, диаметр среднего дерева 23,4 см, высота — 21,4 м.

При описании подроста было учтено на 1 га 3,7 тыс. елей разной высоты, причем треть подроста относилась к категории неблагонадежного. Ярус подлеска на пробной площади, как ни на одной другой, был хорошо выражен и отличался видовым разнообразием. На 1 га насчитывалось 5,5 тыс. лип, причем преобладали деревца высотой 4...5 м (максимальная 8 м), состояние хорошее. Рябины было 1,8 тыс. шт./га высотой до 0,5 м; крушины — 0,1 тыс. шт./га высотой до 2 м. Из редких видов встречались черемуха, смородина черная и красная, волчеягодник. В небольшом количестве отмечены жимолость лесная, малина, ива пятитычинковая и несколько кленов остролистных.

Травяно-кустарничковый ярус при первом описании отличался видовым разнообразием (28 наименований) и хорошим состоянием (проективное покрытие 60 %). К фоновым видам относились кислица (20 % покрытия), щитовник игольчатый (10 %), хвощ лесной (10 %), звездчатка, линнея. Меньше обилие костяники, дудника, брусники, черники, копытня европейского, двулепестника горного, селезеночника очередолистного, ландыша, сныти. Редко встречались щитовник буковый, медуница лекарственная, перловник поникший, бор развесистый, седмичник, гравилат речной, грушанка однобокая, бодяк разнолистный и огородный, ожика волосистая, земляника лесная, воронец колосовидный.

Моховой покров был неравномерным, покрывал около половины поверхности. Преобладали плеуроциум Шребера и гилокомий блестящий. Отмечены также дикран волнистый, родобрий розовый, ритидиадельфус трехгранный, мниум.

Из приведенного описания ельника сложного, которое соответствовало началу последующего 45-летнего периода его изучения, можно представить, как выглядел этот очень редкий для зоны южной тайги тип леса.

За исследуемый период (1946—1991 гг.) проведено шесть перечетов древостоя и для каждого временного этапа рассчитаны таксационные показатели. Анализ этих показателей раскрывает следующую картину динамики древесного яруса. Состав древостоя в 1946 г. был 9Е1Ос, в 1963 г.— 8Е2Ос, ед. Б, Лп, в 1991 г.— 6Е3Ос1Лп+Б. Существенное изменение состава обусловлено значительным разрушением древостоя от сильного штормового ветра, который пронесся над территорией заповедника в ноябре 1983 г. За исследуемый период класс бонитета не

изменился (II, 6). Средние показатели древостоя увеличились незначительно (диаметр от 22,5 до 24,4; высота от 20,7 до 22,4 м), относительная полнота с 1946 г. по 1981 г. возросла от 0,8 до 1,0, а после разрушения в 1983 г. снизилась до 0,7 (перечет 1991 г.). Запас с 1946 г. по 1976 г. увеличился от 320 до 480, к 1981 г. снизился до 450, к 1991 г. до 350 м^3 на 1 га.

Число живых деревьев за 45 лет уменьшилось от 676 до 598, причем в I ярус вышла липа, численность которой к 1991 г. достигла 322 шт. на 1 га. Число деревьев отпада увеличилось от 44 до 544 шт. На долю сухостоя в 1991 г. приходилось 22 м^3, а валежника 272 м^3 на 1 га (запас последнего после ветровала в 1983 г. возрос почти в 4 раза).

Выделяется ярус подроста, представленный куртинами прямоствольных хорошо развитых лип высотой до 8 м и численностью до 300 шт. на 1 га, которые со временем выйдут в I ярус. Единично встречаются березы удовлетворительного состояния высотой до 10 м и менее высокие ели и осины. Состояние возобновления главной породы — ели — пока бесперспективное.

В подлеске отмечены куртины из лип. Тонкие деревца, наклоненные, прижатые к земле поваленными деревьями, дают густую поросль численностью местами до 100 шт. на 1 сотке и высотой до 2 м. Единично встречаются шиповник, красная смородина, клен остролистный, жимолость лесная, крушина ломкая, малина (небольшая куртинка), рябина, черемуха, ольха черная, ива.

Видовой состав травяно-кустарничкового яруса существенно не изменился, но проективное покрытие некоторых видов, бывших ранее фоновыми, значительно сократилось. В настоящее время основным фоновым видом в напочвенном покрове стал щитовник игольчатый, покрывающий 50 % площади. Оценки обилия других видов невысокие (1-2 балла), у кислицы и звездчатки — балл 3 по шкале Друде.

Моховой покров существенно изменился как по проективному покрытию (менее 5 %), так и по видовому составу. Вместо прежних мхов появились брахитеций, кукушкин лен обыкновенный и сфагнум Гиргензона.

Анализируя изменения, происшедшие в ельнике сложном за 45-летний период, видим, что они затронули все компоненты типа леса. Но в совокупности эти изменения пока не выводят рассматриваемый тип из его экологической ниши, он по-прежнему относится к ельнику сложному (липняковому).

Однако тенденции развития разных компонентов леса довольно очевидны. Так, в верхний ярус выходит липа, а возобновление преобладающей породы — ели — пока не обеспечено. Значит, через несколько десятилетий этот тип леса превратится в смешанный липово-еловый, которого в настоящее время нет в типологическом списке лесов заповедника.

Итак, с позиций динамической типологии (по И. С. Мелехову) рассматриваемый тип леса можно считать этапом ускоренного развития с тенденцией перехода в липово-еловый и возможным значительным изменением напочвенного покрова. Однако новый тип леса будет недолговечным и со временем вернется к исходному.

Проведенные ранее исследования показали, что все еловые леса заповедника сохранили свою однотипность за 45-летний период исследований, тогда как сосновые оказались более динамичными и проявили признаки изменения даже за более короткие (15 и 30 лет) периоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Корчагин А. А., Сенянинова-Корчагина М. В. Леса Молого-Шекснинского междуречья // Тр. ДГЗ.— Вологда, 1957.— Вып. 4.— С. 291—402. [2]. Ле-

онтьев А. М. Из материалов изучения режима почвенно-грунтовых вод в характерных типах леса Дарвинского заповедника // Тр. ДГЗ.— Вологда, 1968.— Вып. 9.— С. 25—42. [3]. Успенская А. А. Материалы к изучению почвенного покрова основных типов леса Дарвинского заповедника // Там же.— С. 123—181.

Поступила 29 марта 1994 г.

УДК 595.792

А. К. АРТЮХОВСКИЙ, Ю. Ф. АРЕФЬЕВ

Артюховский Анатолий Константинович родился в 1923 г., окончил в 1951 г. Воронежский лесохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 105 печатных работ в области изучения экологической роли леса, биологических методов борьбы с вредителями.

Арефьев Юрий Федорович родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 72 печатные работы в области устойчивости древесных растений и насаждений к вредным организмам, интегрированной защиты леса.

АКТИВИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭНТОМОФАГОВ В ЛЕСОПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ЗЕЛЕНЫХ ЗОН

Показана необходимость трофического обеспечения имаго энтомофагов в условиях обедненных лесопарковых биоценозов. Изучена роль ряда растений в привлечении энтомофагов.

The necessity for trophic provision of entomophagus imago under conditions of depleted forest park biocoenose is shown. The role of a number of plants in attracting entomophagi.

В последнее время в лесопарковых насаждениях зеленых зон все чаще возникают и длительное время действуют очаги массового размножения вредных насекомых. Так, например, зеленая дубовая листовертка уже многие годы вызывает значительную дефолиацию дуба черешчатого, особенно в местах, где рекреационная дигрессия достигает III—IV стадии (по 5-балльной шкале). Экстенсивность заражения вредителя паразитами остается очень низкой (не более 10...12 %). Одной из причин этого является, на наш взгляд, крайняя обедненность лесопарковых насаждений нектаро-пергоносными растениями, необходимыми для дополнительного питания энтомофагов. Видовой состав цветущих растений, способных удовлетворить потребность паразитических перепончатокрылых и двукрылых в дополнительном питании, обширен. По данным Л. Р. Рогочая [4], среди тахин, собранных на цветах

борщевика, дикой моркови и сныти, наиболее часто встречались виды, паразитирующие на шелкопрядах, совках, стеклянницах, листовертках и других вредителях. По сведениям В. М. Чумаковой [6], специальное возделывание фацелии, гречихи, укропа и клевера красного способствует усиленному размножению наездников, что увеличивает их воздействие на популяцию вредителя. В. И. Галунько и Н. П. Дядечко [2] указывали, что посев фацелии привлекает 86 видов различных энтомофагов. Они установили, что большое значение в сохранении некоторых яйцеедов имеют посевы мышиного горошка и эспарцета. Цветущие горчица белая и кориандр привлекают кокцинеллид, сирфид, хищных клопов и паразитов из семейства афидиид [1].

Из древесно-кустарниковых пород, по данным Б. В. Рывкина [5], наиболее охотно посещаются энтомофагами калина, спирея калинолистная и рябинолистная, аморфа.

По сообщению М. М. Доровской, В. В. Попова и Л. С. Скачковой [3], среднее число энтомофагов на опытном участке с посевом клевера составило 42, а на контрольном — 32 особи. Собранные паразитические насекомые были представлены четырьмя видами из семейств ихневмониды, бракониды, хальциды.

По нашим наблюдениям, важнейшее значение для увеличения численности энтомофагов имеют повсеместно распространенные в ЦЧР, но ставшие редкими в лесах зеленых зон зонтичные растения. Их мелкие цветки, собранные в соцветия — сложные, реже простые зонтики, привлекают многих насекомых. На соцветиях обычно встречаются ихневмониды, бракониды, некоторые хальциды, многочисленные представи-

Отряд	Семейство	Видовое многообразие энтомофагов на цветущих растениях			
		зонтичных	фацелии	эспарцета	боярышника
Клопы (*Hemiptera*)	Щитники (*Pentatomoidae*)	2	1	1	2
	Хищнецы *Reduviidae*)	2	1	0	1
	Слепняки (*Miridae*)	2	0	0	0
Итого	—	6	2	1	3
Сетчатокрылые (*Neuroptera*)	Мантисипиды (*Mantisipidae*)	1	0	0	0
	Златоглазки (*Chrysopidae*)	1	0	0	1
Итого	—	2	0	0	1
Жуки (*Coleoptera*)	Мягкотелки (*Cantharidae*)	6	2	1	4
	Пестряки (*Cleridae*)	1	0	0	1
	Блестянки (*Nitidulidae*)	4	2	2	3
	Кокцинеллиды (*Coccinellidae*)	12	4	3	8
Итого	—	23	8	6	16
Перепончатокрылые (*Hymenoptera*)	Ихневмониды (*Ichneumonidae*)	8	3	2	4
	Бракониды (*Braconidae*)	3	2	2	2
	Хальциды (*Chalcididae*)	1	0	0	0
	Сколии (*Scoliidae*)	3	1	0	2
Итого	—	15	6	4	8
Двукрылые (*Diptera*)	Жужжала (*Bombyliidae*)	3	1	0	2
	Тахины (*Tachinidae*)	3	1	1	2
Итого	—	6	2	1	4
Всего	—	52	18	11	32

тели двукрылых. Здесь же собираются и хищные энтомофаги, привлекаемые большим выбором жертв. Стандартные учеты (кошением энтомологическим сачком — 100 взмахов) на зонтичных показали наибольшее видовое многообразие энтомофагов по сравнению с учетами на другой цветущей растительности — фацелии, эспарцете, боярышнике (см. таблицу).

Как видно из таблицы, наибольшее видовое разнообразие характерно для энтомофауны зонтичных.

В снытьево-осоковой дубраве на сныти нами были обнаружены ихневмониды *Phaeogenes invisor* Th., *Apechtis rufata* Gm. (паразиты дубовой зеленой листовертки), из тахинид — *Alophora hemiptera* F. и *A. pusilla* Mg., паразитирующие на растительноядных клопах; среди хищных энтомофагов преобладали мягкотелки *(Coleoptera)*, истребляющие тлей, мелких гусениц и других вредителей леса.

В пойменных лесах Подворонежья на зонтичных (борщевик, дягиль) часто встречались виды ихневмонид *Pimpla* и *Epiurus*, хальцидид *Brachymeria intermedia* Nees.— паразиты многих лесных чешуекрылых.

В зеленых зонах ЦЧР из зонтичных наиболее распространены купырь лесной (*Anthriscus silvestris* L.), торилис обыкновенный (*Torilis japonica* L.), бутень клубеньковый (*Chaerophyllum bulbosum* L.), тмин обыкновенный (*Carum carvi* L.), сныть (*Aegopodium podagraria* L.), дудник лесной (*Angelica silvestris* L.), дягиль лекарственный (*Archangelica officinalis* Hof.), борщевик (*Heracleum sibiricum* L.), бедренец камнеломковый (*Pimpinella saxifraga* L.), бедренец большой (*P. major* L.). Практически уже из этих видов можно создать цветущий конвейер, который обеспечит нектаром взрослых особей паразитических перепончатокрылых и двукрылых в течение всего вегетационного периода. Так, купырь лесной цветет в мае — августе, торилис обыкновенный и бутень клубеньковый — в июне — августе, тмин обыкновенный — в мае — июле, дудник лесной — в июне — августе, сныть, дягиль лекарственный и борщевик — в июне — июле, бедренец камнеломковый — в июле — сентябре, бедренец большой — в июне — сентябре. Лучше ориентироваться на местные виды зонтичных. При необходимости могут быть собраны семена в других местах и высеяны на лесных опушках и полянах защищаемых насаждений. Созревшие семена собираются легко и быстро. В сырой почве всхожесть семян очень хорошая, практически стопроцентная. Норма высева может быть очень небольшой (примерно 100 г на 100 м), затем растения расселяются естественным путем. По нашему мнению, зонтичные наиболее эффективны для привлечения имаго энтомофагов, хотя можно следовать и другим рекомендациям — создавать специальные посевы фацелии, эспарцета, гречихи, клевера, а также производить посадку различных кустарников — боярышника, облепихи, спиреи и др., которые привлекают не только членистоногих энтомофагов, но и насекомоядных птиц.

Следует отметить большую положительную роль акации желтой в привлечении многих энтомофагов в сосновые биоценозы зеленых зон, бедные паразитическими насекомыми. Как известно, акация желтая является хорошим собирателем азота. Улучшая плодородие почв, она способствует повышению продуктивности лесных насаждений. По нашим многолетним исследованиям, на этом кустарнике, высаженном по опушкам лесопарковых сосновых насаждений Воронежа, энтомофаги были представлены в основном ихневмонидами, из которых наиболее обычны *Epiurus inquisitor* Sc. (паразит соснового шелкопряда, сосновой совки и др.), *Cosmoconus elongator* F. (паразит личинок рыжего соснового и других видов пилильщиков), *Heteropelma calcator* Wesm. (паразит сосновой пяденицы и др.), *Paniscus melanurus* Th. (паразит

соснового шелкопряда и многих видов хохлаток). Помимо ихневмонид на акации желтой были зарегистрированы четыре вида тахин, из которых наиболее известна *Blepharipoda scutellata* R.-D. (паразит соснового и непарного шелкопрядов, а также гусениц других чешуекрылых) и четыре вида сирфид (афидофаг *Sphaerophoria scripta* L. и др.). Посев таких нектароносов, как фацелия, гречиха, эспарцет и клевер, экономически более оправдан, если ставится цель удовлетворить интересы пчеловодства. В сборах насекомых, проведенных нами с опытных посевов фацелии и гречихи, более 50 % составляли пчелы, шмели и осы. Обычными были представители семейства роющих ос — *Ammophila sabulosa* L. и др., развивающиеся за счет совок и пядениц.

Трофическое обеспечение взрослых особей паразитических энтомофагов, для которых необходимы нектар, пыльца и сок растений, в условиях обедненных лесопарковых биоценозов зеленых зон представляется исключительно важным. Эта проблема особенно актуальна для однопородных, одновозрастных, генетически и экологически однородных насаждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Адашкевич А. П. Роль нектароносов в привлечении афидофагов к овощному гороху // Биологическая защита плодовых и овощных культур: Тез. докл.— Кишинев, 1971.— С. 4—6. [2]. Галунько В. И., Дядечко Н. П. О привлечении энтомофагов на посевы гороха // Там же.— С. 24—25. [3]. Доровская М. М., Попов В. В., Скачкова Л. С. Борьба с зеленой дубовой листоверткой в условиях Учебно-опытного лесхоза ВЛТИ методом привлечения энтомофагов на посевы нектароносов // Экология и защита леса.— Л., 1988.— С. 77—80. [4]. Рогочая Л. Р. К вопросу о пищевой связи тахин с дикорастущей цветущей растительностью и привлечении их в сады // Биологическая защита плодовых и овощных культур: Тез. докл.— Кишинев, 1971.— С. 86—87. [5]. Рывкин Б. В. Биологический метод борьбы с вредными насекомыми в лесу.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952.— 78 с. [6]. Чумакова В. М. Роль дополнительного питания в повышении эффективности паразитических перепончатокрылых в агробиоценозах // Биологическая защита плодовых и овощных культур: Тез. докл.— Кишинев, 1971.— С. 111—113.

Поступила 19 октября 1994 г.

УДК 581.543.6 : 631.524

П. М. МАЛАХОВЕЦ, В. А. ТИСОВА

Малаховец Петр Михайлович родился в 1935 г., окончил в 1957 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур Архангельского государственного технического университета. Имеет 55 печатных трудов в области исследования лесных культур и интродукции древесной растительности.

Тисова Валентина Александровна родилась в 1951 г., окончила в 1974 г. Архангельский лесотехнический институт, заведующая дендрарием Архангельского государственного технического университета. Имеет 10 печатных трудов в области интродукции древесной растительности.

ЗИМОСТОЙКОСТЬ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Проанализирована зимостойкость 227 интродуцированных видов. Более половины видов коллекции дендрария АГТУ не обмерзает в условиях Архангельска. У 18, 9 % видов отмечены незначительные повреждения однолетних побегов.

The winter hardiness of 227 introduced species has been analysed. More than half the arboretum collection of the Archangelsk State Science & Engineering University do not freeze under conditions of Archangelsk. 18,9% of species showed insignificant damages of annual shoots.

Зимостойкость один из основных биологических признаков, определяющих возможность интродукции растений в условиях Севера. Климат района расположения дендрария морской субарктический [2]. Средняя годовая температура воздуха +0,8 °С, средняя температура января —12,5 °С, июля +15,6 °С, абсолютный минимум —49 °С, абсолютный максимум +34 °С. В конце мая — начале июня наблюдаются возвраты холодов, сопровождаемые заморозками и выпадением снега. Переход среднесуточной температуры воздуха через +5 °С весной происходит 15 мая и осенью 30 сентября. Вегетационный период длится 137 дн. Средняя продолжительность безморозного периода 85 дн. Среднегодовое количество осадков составляет 675 мм. Весьма неблагоприятное воздействие на выживаемость и рост экзотов оказывает сочетание резких температурных перепадов с высокой влажностью воздуха.

Зимостойкость интродуцентов мы изучали в течение многих лет в дендрарии Архангельского государственного технического университе-

Таблица 1

Балл	Характеристика зимостойкости	Число видов	
		шт.	%
I	Растения не обмерзают	112	52,8
II	Обмерзает не более 50 % длины однолетних побегов	40	18,9
III	Обмерзает от 50 до 100 % длины однолетних побегов	33	15,6
IV	Обмерзают не только однолетние, но и более старые побеги	11	5,2
V	Обмерзает надземная часть до снегового покрова	6	2,8
VI	Обмерзает вся надземная часть	—	—
VII	Растения вымерзают целиком	10	4,7

та. Повреждения учитывали после начала вегетации. Зимостойкость оценивали в баллах по шкале, рекомендованной Советом ботанических садов нашей страны. Распределение коллекции дендрария по баллам зимостойкости приведено в табл. 1.

Анализ таблицы показывает, что более половины видов не обмерзает в условиях Архангельска. Незначительные повреждения однолетних побегов отмечаются у 18,9 % видов, целиком обмерзают однолетние побеги у 15,6 % видов. У 11 видов обмерзают 2—3-летние побеги, у 6 — крона до уровня снежного покрова. У 4,7 % видов проявилось полное несоответствие новым условиям, что привело к их гибели (акация белая, магнолия крупноцветковая, каштан конский и др.).

Зимостойкость интродуцентов существенно различается в зависимости от их географического происхождения (табл. 2) [4, 8]. Наиболее высока она у древесных растений с широким ареалом распространения, таких как курильский чай (европейская часть бывш. СССР, Кавказ, Сибирь, Дальний Восток, горы востока, Средней Азии, МНР, Западная Европа, Китай, Япония, Северная Америка), дерен белый (европейская часть бывш. СССР, Сибирь, Дальний Восток, МНР, Северная Корея, Северо-Восточный Китай, Япония), дерен татарский и др.

Таблица 2

Естественный ареал	Распределение видов, %, по баллам зимостойкости							Число видов, шт.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
Европейская часть бывш. СССР	54,3	25,7	5,7	8,6	—	—	5,7	35
Западная и Восточная Сибирь	84,2	15,8	—	—	—	—	—	19
Дальний Восток	81,8	9,1	9,1	—	—	—	—	11
Дальний Восток, Китай, Япония, Корея	47,8	21,7	8,7	4,3	4,3	—	13,2	23
Китай, Япония, Корея, МНР	25,6	12,8	38,4	5,1	12,8	—	5,1	39
Средняя Азия	33,3	25,0	25,0	—	—	—	16,7	12
Крым, Кавказ	18,2	18,2	27,3	27,3	—	—	9,0	11
Западная Европа	60,0	30,0	—	—	—	—	10,0	10
Северная Америка	52,9	26,5	14,7	5,9	—	—	—	34
Широкий ареал	89,0	5,5	5,5	—	—	—	—	18
Гибриды, разновидности	93,3	6,7	—	—	—	—	—	15

Высокой зимостойкостью характеризуются такие интродуценты из районов Западной, Восточной Сибири и Дальнего Востока, как липа сибирская, тополь душистый, боярышник зеленомясый, барбарис амурский, бузина сибирская, камчатская, роза даурская и др.

Дендрофлора Западной Европы представлена 10 видами, 6 из них имеют балл зимостойкости I (боярышник черный, чубушник венечный, крушина скальная, жимолость альпийская, ракитник удлиненный, сирень венгерская). У трех видов (жестер маслиновидный, рябина промежуточная и сирень обыкновенная) обмерзают однолетние побеги, а в суровые зимы и более старые; полностью вымерз платан.

Довольно зимостойки некоторые виды из европейской части бывш. СССР (вяз гладкий, ильм горный, липа мелколистная, вишня кустарниковая, яблоня лесная и др.). Сравнительно устойчивы в условиях Архангельска такие интродуценты Северной Америки, как черемуха пенсильванская и виргинская, боярышники Грея, вееровидный, точечный и др. Низкую зимостойкость имеют растения, происходящие из Кореи, Китая, Японии, МНР. Наименее устойчивы в условиях Севера деревья и кустарники из Крыма и Кавказа.

Установлено, что интродуцированные породы в более зрелом возрасте становятся устойчивее к низким температурам [1, 5, 7]. Например, с возрастом повысилась зимостойкость с III—IV до I—II баллов таких видов, как дерен белый и белоокаймленный, боярышник точечный и кровавокрасный и др.

В то же время в некоторые годы зимостойкость древесных растений зависит от целого ряда причин и может сдвигаться в ту или другую сторону [5]. На зимовке растений неблагоприятно сказываются обильные дожди в конце лета, после прекращения роста побегов. В этом случае могут распускаться почки и трогаться в рост побеги, что приводит к побиванию их морозами. В дендрарии это неоднократно отмечалось у таких пород, как магония падуболистная, клен бородатый, груша уссурийская и др. На зимостойкость влияют также глубина снегового покрова, зимние оттепели и другие факторы.

Рассмотренные данные показывают, что зимостойкость интродуцентов неодинакова и зависит от происхождения и многих других факторов. При интродукции растений из районов с теплым и влажным климатом нарушается ритм сезонного развития.

Ряд авторов [3, 4, 6, 8] подтверждают, что только методом географических аналогов нельзя определить зимостойкость пород, и указывают на правильность метода отбора по совпадению ритмов развития с климатическими ритмами нового места.

Ритм развития изучали путем фенологических наблюдений. По многолетним данным, начало вегетации древесных растений в условиях дендрария отмечается обычно в течение 23...30 дн. (5.05—3.06), конец — в течение месяца (12.09—13.10). По сочетанию сроков вегетации выделено 8 феногрупп, которые обозначены следующим образом:

Группа	Сроки начала вегетации	Сроки окончания вегетации
РР	Ранние	Ранние
РС	»	Средние
РП	»	Поздние
СР	Средние	Ранние
СС	»	Средние
СП	»	Поздние
ПС	Поздние	Средние
ПП	»	Поздние

За начало вегетации принята фаза разверзания или раскрывания почек, за конец — начало листопада.

Таблица 3

Фенограппа	Амплитуда колебаний сроков вегетации		Зимостойкость, балл				
	Начало	Конец	I—II	II—III	III—IV	V	VI—VII
РР	5.05—15.05	12.09—22.09	7/100	—	—	—	—
РС	5.05—15.05	23.09—3.10	32/94	2/6	—	—	—
РП	5.05—15.05	4.10—13.10	5/83,3	—	1/16,7	—	—
СР	16.05—26.05	12.09—22.09	31/94	2/6	—	—	—
СС	16.05—26.05	23.09—3.10	60/67,4	22/24,7	7/7,9	—	—
СП	16.05—26.05	4.10—13.10	9/50	4/22,2	1/5,4	2/11,2	2/11,2
ПС	27.05—3.06	23.09—3.10	9/81,8	1/9,1	1/9,1	—	—
ПП	27.05—3.06	4.10—13.10	—	1/11,1	—	2/22,2	6/66,7

Примечание. В числителе — число растений, шт.; в знаменателе — %.

Зимостойкость растений этих групп различна (табл. 3). Растения ранних и средних сроков начала и окончания вегетации, как правило, абсолютно зимостойки и составляют 94... 100 % видов (баллы I—II) и только у 6 % в более суровые годы повреждаются однолетние побеги.

Группа СС по видовому составу самая многочисленная. В этой группе зимостойкость большинства видов оценивается баллами I—II, меньше — II—III, в отдельные суровые годы лишь у небольшой части видов повреждаются не только однолетние, но и более старые побеги (барбарис обыкновенный и его форма — темно-пурпуровый, дерен опушенный, роза морщинистая, клен полевой и остролистный Шведлера, сирень обыкновенная). По средним многолетним данным, вегетация растений этой группы начинается со второй половины мая при температуре выше +5 °С и заканчивается в конце сентября.

Растения группы РП имеют самый продолжительный период вегетации (152 дн.). Эта группа включает всего 6 видов. У одного из них (пузыреплодник смородинолистный) в некоторые годы отмечается значительное обмерзание побегов, остальные не обмерзают или повреждаются незначительно (жимолость съедобная, лиственница японская, даурская, сибирская, береза новоаляскская).

Интродуценты, у которых побеги обмерзают до уровня снежного покрова или в суровые годы вымерзают совсем, относятся к феногруппам СП и ПП (орех Зибольда, бобовник альпийский, барбарис японский, стройный, кроваво-красный, боярышник однопестичный, калина).

Группа СП отличается малым процентом абсолютно зимостойких видов, ПП — полным их отсутствием.

Проведенные нами наблюдения позволили уточнить оценку перспективности выращивания многих видов в условиях Архангельска. Более половины видов коллекции дендрария можно оценить как вполне зимостойкие. Остальные после перезимовки оказываются поврежденными в той или иной степени. Поэтому подбор устойчивых форм и по-

вышение зимостойкости представляют одну из первостепенных задач в экспериментальной работе по интродукции древесных растений.

Для повышения зимостойкости можно рекомендовать умеренные подкормки, поливы, окончание ухода за почвой во второй половине лета. Для менее стойких, но ценных в озеленении видов необходимо применять различные способы укрытий на зиму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Абрамова Г. И. К вопросу зимостойкости инорайонных пород // Возобновление и рост древесных пород на вырубках Европейского Севера: Науч. тр. АЛТИ.— 1974.— Вып. 42.— С. 23—25. [2]. Агроклиматический справочник по Архангельской области.— Л.: Гидрометиздат, 1961.— 219 с. [3]. Лапин П. И., Калуцкий К. К., Калуцкая О. И. Интродукция лесных пород.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 223 с. [4]. Мартынов Л. Г. Сезонный ритм развития и зимостойкость древесных интродуцентов в Коми АССР // Бюл. ГБС.— 1986.— Вып. 139.— С. 21—27. [5]. Морякина В. А. Продолжительность периода вегетации деревьев и кустарников интродуцентов в Томске // Бюл. Сибирского бот. сада.— Томск: Томск. ун-т, 1970.— Вып. 7.— С. 33—46. [6]. Новожилова В. А., Опекунова М. И. Итоги интродукции декоративных деревьев и кустарников.— М.: Изд-во Минкомхоз РСФСР, 1955.— 116 с. [7]. Орлов Ф. Б. Предварительные результаты интродукции древесных и кустарниковых пород в дендрарии АЛТИ // Тр. АЛТИ.— 1957.— Вып. 17.— С. 150—158. [8]. Якушина Э. И. Древесные растения различного географического происхождения в озеленении г. Москвы // Интродукция древесных растений.— М.: Наука, 1980.— С. 72—86.

Поступила 22 апреля 1994 г.

УДК 581.43 : 630*232

А. К. КАСИМОВ

Касимов Александр Касимович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий Лабораторией лесоведения Пермского государственного университета. Имеет 60 научных трудов в области лесовосстановления, лесных культур, экологии искусственного лесовыращивания, воспроизводства таежных лесов Предуралья.

РАЗВИТИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ СОСНЫ В ПОСАДКАХ И ПОСЕВАХ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

Приведены результаты исследований корневой системы сосны в молодняках культур, созданных посадкой и посевом. Дан сравнительный анализ развития скелетных корней по типам посадочных (посевных) мест при механической обработке почвы.

The investigation results of pine root system in young plantations established by planting and sowing are given. A comparative analysis of skeleton roots to the types of planting (sowing) sites at mechanical soil cultivation is presented.

Изучению корневой системы сосны посвящены многочисленные труды исследователей. При анализе возрастной динамики корней [1] установлено, что наиболее интенсивное наращивание органической массы

скелета начинается в культурах 30 лет и даже раньше. Максимальный прирост наблюдается в 50...70 лет, затем происходит его спад. Изучали глубину проникновения корней в почву и их размещение в почвенных горизонтах [2]. Сделан вывод, что корневая система сосны развивается несколько глубже, чем у ели, однако не выходит за пределы почвенной толщи 0...20 см. Отмечено также, что в условиях переувлажнения у сосны, как правило, не получает развития стержневой корень, а скелетные корни заканчивают свой рост на границе перехода к пониженным участкам.

В работе [6] даны характеристики корневой системы в культурах сосны, созданных посадкой и посевом. В черничнике свежем корневая система в посадках была в 2,5—3,5 раза больше, чем в посевах. При этом в посадках выявлено много сосенок с характерным загибом стержневого корня. Деформирование корней происходит чаще при механизированной посадке, что объясняется несовершенством технологии и конструктивными недостатками посадочных машин.

Исследования корневой системы сосны в молодых культурах нельзя считать достаточными. Нами изучены ее особенности в 15-летних насаждениях, созданных посадкой 2-летних сеянцев под меч Колесова, а также строчно-луночным посевом семян. Подготовка почвы была выполнена рыхлителем РЛ-1,8, бульдозером Д-259, корчевателем-собирателем Д-210В и отвальными плугами ПКЛ-70 и ПЛП-135. Характеристика опытных участков приведена в табл. 1.

Таблица 1

Номер участка	Условия местопроизрастания	Почвообрабатывающее орудие	Характеристика посадочно-посевного места	Дренаж участка
		Посадка		
6-А	Е.-бр., B_2	ПКЛ-70	Дно борозды	Хороший
6-Б	» »	ПКЛ-70*	» »	»
8-Б	Е.-чер., C_3	ПЛП-135	Пласт	Средний
10-А	Е.-лп., B_2	РЛ-1,8	Минеральная полоса	Хороший
13-В	Е.-дгм., B_4	ПЛП-135	Пласт	Слабый
190	Е.-ксл., C_2	Д-259	Минерализованная полоса	Хороший
		Посев		
9-Б	Е.-бр., B_2	ПКЛ-70	Дно борозды	Хороший
10-А	Е.-лп., B_2	Д-210В	Минерализованная полоса	»
13-В	Е.-дгм., B_4	ПЛП-135	Пласт	Слабый

* Одноотвальный вариант.

Лесорастительные условия опытных участков типичны для лесной зоны равнинного Прикамья [9]. Почвы — временно переувлажненные двучленные наносные супеси и пески; на глубине 40...80 см перестилаются суглинками и глинами, которые создают водоупорный горизонт, способствующий переувлажнению и лимитированной аэрации почвы.

Таксационная характеристика модельных деревьев приведена в табл. 2.

Методика работ была аналогична принятой нами ранее при изучении корневой системы ели [5].

Известно, что у сеянцев в начальной стадии развития появляется зародышевый корешок, который в процессе дальнейшего роста становится главным корнем нулевого порядка ветвления. От него отходят боковые корни первого, затем второго, третьего и т. д. порядков ветвле-

Таблица 2

Номер участка	Высота, м	Диаметр, см		Прирост центрального побега, см			Диаметр кроны, м	
		у шейки корня	на высоте 1,3 м	средний	текущий		вдоль ряда	поперек ряда
					за 10 лет	за 5 лет		
Посадка								
6-А	3,16	5,4	3,2	21,1	23,8	30,6	1,11	1,13
6-Б	3,37	6,1	4,0	22,5	29,7	38,4	1,21	1,43
8-Б	3,28	5,9	4,0	21,8	28,5	39,8	1,32	1,42
10-А	2,80	4,2	3,0	18,7	22,5	31,0	1,26	1,33
13-В	2,98	4,6	3,1	19,8	24,2	25,6	1,08	1,12
190	3,42	6,3	4,1	22,8	31,0	44,4	1,45	1,52
Посев								
9-Б	2,85	5,4	2,9	19,0	24,2	31,8	1,20	1,34
10-А	2,43	4,6	2,5	16,2	20,5	27,1	1,18	1,24
13-В	2,36	3,4	2,4	15,8	21,1	21,2	0,67	0,70

ния. Число корней при этом закономерно изменяется, увеличивается их органическая масса, что дает представление о регенеративной энергии и мощности корневой системы дерева в целом. В табл. 3 приведены данные о распределении корней по порядкам ветвления.

В посадках к возрасту обследования культур были зафиксированы корни четырех порядков ветвления. В каждом последующем порядке доля боковых корней пропорционально снижается. Так, из общего количества корней немногим более половины их было при первичном, около 1/3 — при вторичном и незначительное число — 6 % — при третьем ветвлении; по протяженности соответственно 79, 17 и 1 %. На долю главного корня приходится количественно 5 %, по длине 3 %. Таким образом, основная масса скелетных и полускелетных корней как по количеству, так и по общей протяженности наблюдается при первичном ветвлении. В последующих порядках соотношение меняется в пользу количественного нарастания корней при закономерном относительном уменьшении их длины (см. табл. 3).

Главный корень, при наличии трех последовательных его ответвлений, углубляется в почву в среднем на 0,58 м и достигает горизонтов почвы B_1 — B_2 (рис. 1). Среднегодовое нарастание скелетной части корневой системы по количеству корней составляет 1,4 шт., по их протяженности — 1,47 м, корневой коэффициент (средняя длина корня дерева) — 1,03 м.

Отмечено развитие корней по ходу обработки почвы (на рассматриваемых участках — в широтном направлении). Почти 2/3 скелетных корней ориентировано к югу от ствола, в том числе в секторе ЮВ — 32 %, ЮЗ — 31 %, остальные на СВ (13 %) и СЗ (24 %) — табл. 4. Эта направленность особенно ярко проявилась в условиях долгомошника (участок 13-В), где с южной стороны ствола было зафиксировано 79 % корней.

Асимметричное развитие корневой системы наблюдал в своих исследованиях Л. П. Гуль [4]. По его данным, уже в 3-летних культурах сосны корни, как правило, растут вдоль пласта, причем в плужной борозде они развиты плохо. В. А. Колесников [7] также указывал, что проекция корневой системы имеет вид эллипса, вытянутого по направлению вспашки.

При поверхностном залегании основная масса корней располагается в западном и северном секторах, при углубленном — в восточном и южном (рис. 1, *а*, табл. 4). Подавляющее их большинство было в приствольной части в радиусе до 1,5 м (табл. 5). Лишь отдельные бо-

Таблица 3

Номер участка	Количество корней, %				Протяженность корней, %				Корневой коэффициент ветвления, м				Число порядков, шт.	Число корней, шт.	Общая длина корней, м	Корневой коэффициент дерева, м
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3				
Посадка																
6-А	6	47	41	6	2	74	22	2	0,43	1,99	0,79	0,42	4	16	21,49	1,34
6-Б	4	57	32	4	2	81	16	1	0,54	1,37	0,49	0,18	4	22	21,94	0,99
8-Б	5	62	29	4	3	82	14	1	0,42	0,99	0,40	0,22	4	19	14,56	0,77
10-А	4	55	30	11	2	77	17	4	0,84	1,90	0,78	0,39	4	27	36,76	1,36
13-В	4	66	29	1	3	79	17	1	0,36	0,64	0,33	0,14	4	25	13,17	0,52
190	5	55	30	10	4	79	16	1	0,92	1,78	0,65	0,38	4	20	24,82	1,24
Посев																
9-Б	6	50	35	9	3	70	26	1	0,41	1,19	0,59	0,12	4	16	13,58	0,84
10-А	5	63	30	2	3	82	13	2	0,52	1,11	0,42	0,23	4	19	16,12	0,85
13-В	9	61	31	—	10	72	18	—	0,28	0,26	0,13	—	3	13	2,88	0,22

Примечание. 0—3 — порядки ветвления.

лее развитые корневые плети обнаруживались на расстоянии 4 м, самые короткие — не далее 0,5 м. По мере удаления от ствола корненасыщенность почвы значительно снижалась. Поэтому вполне закономерным было основное сосредоточение корней в границах минерализованной части технологических полос опытных участков. На необработанную часть почвы распространилось около 1/5 всех корней.

По габитусу корневая система до 40 % оказалась в границах проекции кроны, остальная — за ее пределами (см. табл. 4). Площадь, занимаемая корнями, в 6,3 раза больше площади проекции кроны (табл. 6).

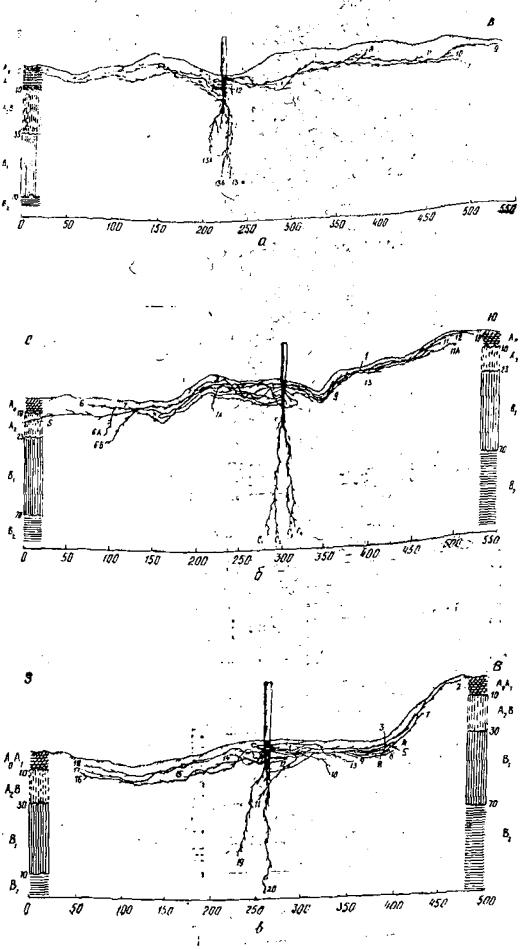


Рис. 1. Развитие корневых систем сосны в зависимости от способа посадки: *а* — в борозду плуга ПКЛ-70, ельник-брусничник, B_2, дерново-среднеподзолистая супесь, подстилаемая песком; *б* — в площадку (РЛ-1,8), ельник-липняк, B_2, та же почва, подстилаемая пылеватой супесью; *в* — в полосу (Д-259), ельник-кисличник, C_2, дерново-слабоподзолистая супесь, подстилаемая суглинком

Таблица 4

Номер участка	Распределение корней, %										
	по секторам вокруг ствола				относительно посадочно-посевного места					относительно ПК	
	СВ	СЗ	ЮВ	ЮЗ	Ц	П	Б	ПБ	ПР	в ГПК	вне ГПК
Посадка											
6-А	12	15	43	30	10	36	54	—	—	23	77
6-Б	3	23	41	33	18	20	62	—	—	44	56
8-Б	8	47	11	34	23	75	2	—	—	52	48
10-А	29	31	24	16	30	—	—	—	70	23	77
13-В	4	17	38	41	16	80	4	—	—	56	44
190	20	15	35	30	36	—	—	64	—	40	60
Посев											
9-Б	8	3	53	36	31	23	46	—	—	56	44
10-А	20	22	30	28	15	—	—	—	85	39	61
13-В	6	16	41	37	—	100	—	—	—	100	—

Примечание. Ц — целина; П — пласт; Б — борозда; ПБ — полоса бульдозера; ПР — площадка рыхлителя; ПК — проекция кроны; ГПК — граница проекции кроны.

Таблица 5

Номер участка	Удаление от ствола, м			Доля корней, %, в радиусе, м							
	наибольшее	наименьшее	среднее	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Посадка											
6-А	3,32	0,36	1,86	20	21	18	18	12	8	3	—
6-Б	2,04	0,38	1,18	35	34	23	7	1	—	—	—
8-Б	2,18	0,38	1,03	41	21	23	13	2	—	—	—
10-А	3,94	0,48	2,07	18	20	25	16	11	6	3	1
13-В	1,92	0,21	0,97	47	28	19	6	—	—	—	—
190	3,46	0,45	2,01	17	22	24	19	10	5	3	—
Посев											
9-Б	2,44	0,22	1,73	44	26	13	11	6	—	—	—
10-А	2,94	0,39	1,84	20	22	24	19	10	5	—	—
13-В	0,16	0,05	0,13	100	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 6

Номер участка	Объем почвы, м³	Глубина размещения корней, м		Доля корней, %		Площадь проекции, м²		Соотношение проекций	
		единичных	основной массы	горизонтальных	вертикальных	кроны (к)	корневой системы (кс)	к/кс	кс/к
Посадка									
6-А	3,26	58	2...20	93	7	0,98	11,23	0,09	11,4
6-Б	1,78	55	2...20	95	5	1,37	6,58	0,20	4,8
8-Б	1,04	39	2...12	96	4	1,47	5,22	0,28	3,6
10-А	5,90	94	2...15	91	9	1,32	12,56	0,10	9,5
13-В	1,02	34	2...10	95	5	0,95	3,80	0,25	4,0
190	3,64	74	3...15	91	9	1,73	9,84	0,18	5,7
Посев									
9-Б	1,94	44	2...18	93	7	1,24	4,40	0,28	3,5
10-А	2,86	56	2...14	92	8	1,15	5,11	0,22	4,4
13-В	0,01	18	2...8	90	10	0,37	0,04	9,25	0,1

Установлено, что значительная площадь распространения корней не всегда является свидетельством лучшего развития надземной части дерева. Так, на участке 8-Б площадь подземных органов в 3,6 раза превышает проекцию кроны, однако габитус корней в 1,6 раза меньше среднего из вариантов посадки, в то время как проекция кроны в 1,1 раза больше. Следовательно, с увеличением мощности корневой системы дерева не всегда можно ожидать адекватного нарастания его стволовой части и кроны. Нередко на бедных почвах корни могут значительно разрастаться в поисках питательных веществ, а ствол отставать в развитии; на богатых почвах наблюдается обратная картина.

Анализируя глубину и площадь распространения корней в посадках, можно отметить, что в среднем до 94 % из них имели горизонтальную и лишь 6 % — вертикальную направленность. При этом горизонтальные корни повторяют форму микрорельефа дневной поверхности почвы. Характерная приуроченность их к одним и тем же почвенным горизонтам, как правило к $A_0 — A_1$, редко к A_2, хорошо просматривается и в посадках (см. рис. 1), и в посевах (рис. 2).

Стремление следовать профилю горизонтов вполне объясняется оптимальными в данных условиях физическими свойствами почвы, ее луч-

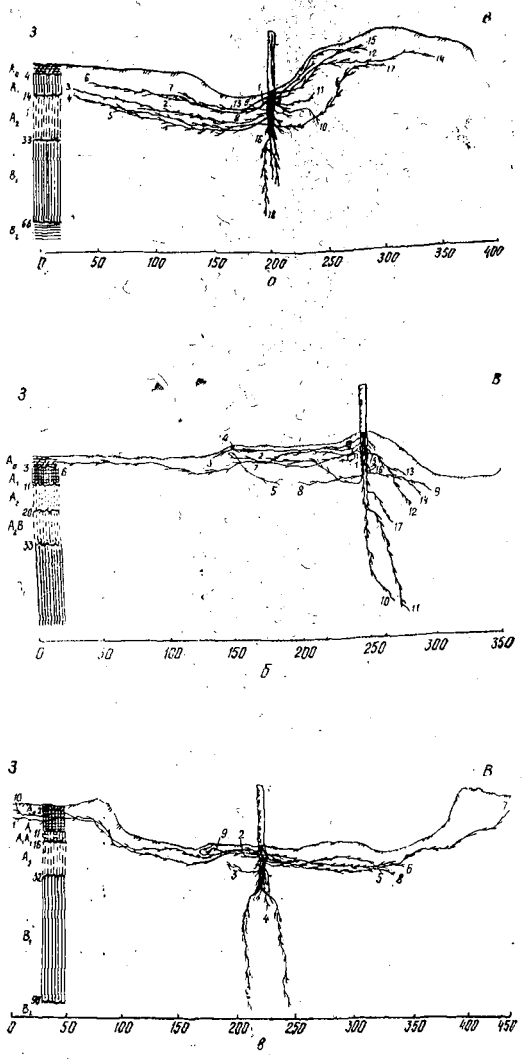


Рис. 2. Развитие корневых систем сосны в зависимости от способа посева: *а* — в борозду одноотвального плуга ПКЛ-70, ельник-брусничник, B_2, дерново-среднеподзолистая супесь, подстилаемая песком; *б* — в пласт (плуг ПЛП-135), ельник-долгомошник, B_4, торфянисто-подзолистая поверхностно-глееватая железистая супесь, подстилаемая суглинком с прослойками глины; *в* — в полосу (Д-259), ельник-кисличник, C_2, дерново-слабоподзолистая супесь, подстилаемая суглинком

шей структурностью, общей аэрацией. Это наиболее важно для почв постоянно свежих, влажных и периодически переувлажняемых. Некоторые авторы отмечали, что образование минерального почвенного азота, его содержание в корнеобитаемом слое находится в прямой зависимости от физических свойств почвы и в особенности от аэрации [3].

Исследованиями установлено, что основная масса боковых корней всех порядков ветвления расположена в пахотном слое на глубине от 2 до 20 см. Наиболее насыщен корнями слой почвы 4 . . . 10 см, глубже они были единичными. В неблагоприятных условиях аэрации почвы черничника влажного (участок 8-Б) и особенно долгомошника (участок 13-В) корни размещались в приграничном с торфяно-почвенным субстратом слое, в A_0. На этих участках корневая система в сравнении с дренированными площадями (участки 6, 10, 190) была развита слабее, охватывала в 3—5 раз меньший объем почвы.

Культуры, созданные посевом в аналогичных лесорастительных условиях (см. табл. 1), уступают посадкам по таксационным показателям и имеют менее развитую корневую систему (см. табл. 2, 3). Энергия ветвления корней у них одинакова за исключением насаждений

долгомошнике (участок 13-В), где культуры к 15-летнему возрасту еще не имели корней третьего порядка ветвления.

Корневые коэффициенты в посевах также оказались меньше при ветвлении первого, второго и третьего порядка соответственно в 1,7; 1,6 и 1,5 раза. С каждым последующим ветвлением корневые коэффициенты посевов и посадок постепенно выравниваются, т. е. мощность корневой системы со временем должна стать одинаковой. Пока же различие весьма существенное. Так, в близких лесорастительных условиях на участках 6-А и 9-Б по количественным показателям корни не различаются, однако по протяженности в посадках они в 1,6 раза больше. С ухудшением аэрации корнеобитаемого слоя почвы это различие возрастает еще больше. Так, на участке 13-В в варианте посева суммарная длина корней равнялась 2,88 м, в посадках — 13,17 м, т. е. в 4,5 раза больше. На свежих почвах превосходство посадок было меньшим (1,8 раза).

Основная масса скелетных корней в посевах сосны еще более, чем в посадках, сосредоточена в пределах минерализованной части посевного (посадочного) места, преимущественно (до 75 %) в южном от ствола направлении. Если корни сеянцев на том же участке 13-В развивались слабо и совсем не вышли за пласт, то у посадок на пластах оказалось 80 % корней, на целине — 16 % и в борозде — 4 %. Следовательно, культуры, созданные посадкой, получили лучшее развитие и были более устойчивы к избытку влаги, однако и здесь односторонняя направленность корней (в сторону от дренирующей борозды) не позволяла им равномерно осваивать посадочное место (см. 2, *б*).

Слабое развитие корней сеянцев вызывает концентрацию их в подкроновой, мало прогреваемой части посевного места. В среднем около 65 % корней оказывается в пределах проекции кроны, тогда как в посадках не более 40 %. При недостаточной дренированности почв не наблюдается выраженной якорности стержневых корней. Корневая система культур маломощная, близкая к неглубокому стержнево-пальчатому типу [8]; боковые скелетные корни укороченные и сильно сбежистые, а стержневой деформирован и морфологически видоизменен. В целом корневая система культур, созданных посевом, к 15 годам оказывается в 2,5 раза меньше, чем в вариантах посадок.

Почти вся агротехника выращивания культур сводится к прямому или косвенному воздействию на корнеобитаемый почвенный слой. Анализ работы почвообрабатывающих орудий и состояния молодняков, сформированных с применением этих механизмов, позволяет сделать определенные выводы.

Обработка почвы отвальными плугами существенно изменяет гидромелиоративные условия вырубок, что отражается и на характере развития корневой системы лесных культур. По ее мощности, числу и общей протяженности корней выделяются участки культур свежих лесорастительных условий, на которых при подготовке почвы использовали менее мощные орудия, чем во влажных черничниках и долгомошниках. Так, в брусничниках, где почву готовили плугом ПКЛ-70, длина скелетных корней составила 21,72 м, общее количество корней — 19, корневой коэффициент — 1,16. Посадки в борозду двухотвального плуга ПКЛ-70 предпочтительнее, чем в борозду одноотвального, ввиду большей площади минерализованной поверхности вырубок. Последнее способствует увеличению радиуса распространения корней, лучшему освоению посадочного места. Вместе с тем в более глубоких бороздах, сформированных одноотвальным плугом, корневая система была компактнее.

В культурах по пластам более мощного плуга ПЛП-135 в условиях черничника масса корней в 1,5 раза больше, чем в долгомошнике, и в 1,3 раза меньше, чем в свежих типах леса. Закономерности и особен-

ности роста и развития корней в посадках присущи и вариантам посевов, только абсолютные показатели последних меньше. Существенных различий в архитектонике корневой системы посевов в зависимости от типов применяемых плугов выявлено не было.

При бульдозерной обработке почвы и в полосах рыхлителя такие показатели оказались лучше в посадках, чем в посевах.

Приведенные исследования показали, что в изученных 15-летних культурах сосны необходимо отказаться от широкорядных культур и увеличить расстояние в рядах культур до 3,0...3,5 м. Такое размещение культур будет стимулировать лучшую прогреваемость околоствольного пространства в утреннее и дневное время суток, что позволит избежать односторонней ориентации корней. Кроме того, сближение в междурядьях будет способствовать меньшему зарастанию межполосных пространств угнетающими лиственными породами и травой. При прочих равных условиях по тем же причинам более целесообразна обработка почвы в широтном направлении. В условиях переувлажнения при обработке почвы необходимо применять методы малой мелиорации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Бобкова К. С. Рост и формирование корней сосны и ели в условиях северной подзоны тайги по материалам исследований в Коми АССР: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.— Л., 1974.— 21 с. [2]. Волкорезов В. И. Корневые системы сосны обыкновенной в елово-сосновых лесах юго-западной части Горьковской области / Лесн. журн.— 1978.— № 5.— С. 142—146.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Гулисашвили В. З., Стратанович А. И. Физические свойства лесных почв и их изменения под влиянием лесохозяйственных мероприятий.— Л.: Гослестехиздат, 1935.— 148 с. [4]. Гуль Л. П. Искусственное восстановление леса на вырубках в ельниках южно-таежной зоны хвойных лесов Хабаровского края: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.— Л., 1979.— 20 с. [5]. Касимов А. К. Корневая система посадок и посевов ели в условиях механической обработки почвы // Лесн. журн.— 1995.— № 1.— С. 55—61. [6]. Ковалев М. С. Влияние способа лесных культур на развитие корневой системы сосны // Сб. науч. тр. / ЛенНИИЛХ, 1974.— Вып. 21.— С. 33—43. [7]. Колесников В. А. Методы изучения корневой системы древесных растений.— М.: Лесн. пром-сть, 1972.— 152 с. [8]. Красильников П. К. О классификации корневых систем деревьев и кустарников // Сб. Междунар. симпоз. в СССР.— Л.: Наука, 1968.— С. 107—116. [9]. Писаренко А. И., Редько Г. И., Мерзленко М. Д. Искусственные леса. Ч. 1.— М.: ЮНИФИР, ВНИИЦлесресурс, 1992.— 308 с.

Поступила 22 февраля 1994 г.

УДК 630*970

А. В. ЛЕБЕДЕВ

Лебедев Александр Васильевич родился в 1953 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и защиты леса Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области исследования паталогии и устойчивости хвойных древостоев.

ЕЛОВАЯ ГУБКА В АНТРОПОГЕННЫХ ДРЕВОСТОЯХ И ДИАГНОСТИКА ПОРАЖЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ

Рассмотрены особенности поражения деревьев ели еловой губкой в антропогенных древостоях. Установлены связи заболевания деревьев с диаметром, классом роста, типом ветвления и характером строения коры. Выявлены и охарактеризованы основные и сопутствующие признаки поражения ели.

Features of spruce trees' affection with spruce fungus in anthropogenic stands have been examined. The trees disease relations with the diameter, growth class, ramification type and character of bark structure are stated. The main and associate features of spruce affection are revealed and characterised.

Изучение особенностей патологии древесных пород, их устойчивости к грибным болезням и разработка методов диагностики заболеваний деревьев — актуальные и перспективные задачи лесозащиты [1, 2]. В условиях Европейского Севера одним из распространенных возбудителей гнилевой болезни ели является еловая губка (*Phellinus chrysoloma* (Fr.) Donk.) — гриб, поражающий деревья на ранних этапах ослабления. Степень зараженности таежных ельников этим патогеном в большинстве случаев сравнительно невелика (1...6 %), но иногда достигает 10...20 % [9, 12]. Выход деловых сортиментов из стволов, пораженных еловой губкой, не превышает 20...30 %, так как гниль занимает всю центральную часть ствола на значительной протяженности по высоте [3]. В связи с усилением интенсивности антропогенного воздействия пораженность древостоев, как правило, возрастает, что вызвано ослаблением деревьев в результате механических повреждений и уплотнения корнеобитаемых горизонтов почвы [7].

Отсутствие научных публикаций, специально посвященных изучению еловой губки в антропогенных еловых древостоях таежной зоны и диагностике поражения деревьев ели, побудило нас восполнить этот пробел. Исследования проводили на территориях Архангельского, Усть-Двинского лесничеств (I объект), Новодвинского лесничества (II объект) Архангельского лесхоза и Приозерного лесничества (III объект) Емцовского учебно-опытного лесхоза АГТУ. В данной работе не ставилась задача определить влияние антропогенной нагрузки на пораженность древостоев еловой губкой, поэтому все исследования выполняли в зонах незначительной посещаемости. В спелых еловых древостоях рекреационного и учебного назначения проводили маршрутные лесопатологические обследования, при которых закладывали пробные площадки для учета пораженных деревьев. Общее число обследованных деревьев ели каждой ступени толщины, класса роста и селекционных форм было примерно одинаковым. На каждом объекте учитывали по 200 пораженных деревьев. Давали подробную характеристику каждого из них: диаметр на высоте 1,3 м, класс роста по Крафту, тип ветвления, строение коры, а также основные и сопутствующие признаки состояния деревьев. По распространенным в лесной селекции шкалам отмечали следующие формы ели: по типу ветвления — гребенчатая, зубчатая (неправильно гребенчатая), щетковидная, плоская; по строению коры — гладкая, чешуйчатая, трещиноватая, пластинчатая. Фиксировали внешние признаки поражения: плодовые тела гриба, «табачные сучки», смоляные наплывы, смолотечения, смоляные язвы, ажурная крона, лишайники-бородачи, притупленная, сухая и двойная вершина, пасынок, кривизна ствола. В процессе исследований также применяли методы «звуковой пробы» и взятия кернов возрастным буравом, по результатам визуального анализа которых констатировали наличие или отсутствие

внутренней гнили, вызванной еловой губкой. Кроме того, выполняли фитопатологический анализ ветровальных и буреломных деревьев, пораженных еловой губкой, а также больных экземпляров ели, удаляемых при санитарных рубках.

Важное научное и практическое значение имеет установление закономерных связей поражения ели гнилевыми болезнями с биометрическими параметрами деревьев. В обследованных древостоях еловая губка поражает деревья всех диаметров, однако в разной степени (табл. 1).

Таблица 1

Ступень толщины, см	Пораженность деревьев, %, на объектах		
	I	II	III
12	10,5	12,5	7,0
16	19,5	18,5	11,0
20	34,5	28,5	21,0
24	22,5	25,0	27,5
28	13,0	15,5	22,0
32	—	—	7,5
36	—	—	4,0

Нами установлено, что еловая губка чаще паразитирует на деревьях средней для древостоя ступени толщины. На объектах I и II в наибольшей степени поражены экземпляры ели толщиной 20 см, на объекте III — 24 см. Максимум пораженности древостоев также приходится на деревья средних ступеней толщины, а тонкомерные и крупномерные ели страдают реже.

В обследованных древостоях еловая губка поражает деревья всех классов роста, но также по-разному (табл. 2).

На всех изучаемых объектах она чаще паразитирует на деревьях средней высоты (III класс роста). Второе место занимают представители II класса роста, третье — IV, растения I и V классов роста поражаются реже. Выявленные зависимости, очевидно, обусловлены индивидуальными биоэкологическими особенностями возбудителя болезни и деревьев соответствующих ступеней толщины и классов роста.

Одно из эффективных и перспективных направлений в лесозащите — выявление и отбор естественных форм древесных пород, устойчивых к различным заболеваниям [11]. Определенными показателями устойчивости ели могут служить тип ветвления и характер строения коры, наследственность которых доказана экспериментально [10]. В обследованных древостоях еловая губка поражает все встречающиеся формы ели, однако пораженность деревьев каждой рассматриваемой селекционной группы неодинакова (табл. 3).

Таблица 2

Класс роста	Пораженность деревьев, %, на объектах		
	I	II	III
I	13,0	15,5	12,5
II	21,0	23,5	26,5
III	37,0	31,0	33,0
IV	18,5	17,5	21,0
V	10,5	12,5	7,0

Таблица 3

Форма ели	Пораженность деревьев, %, на объектах		
	I	II	III
По типу ветвления:			
Гребенчатая	7,0	9,5	—
Зубчатая	31,5	25,5	39,0
Щетковидная	47,5	50,5	55,0
Плоская	14,0	14,5	6,0
По строению коры:			
Гладкая	11,5	9,0	15,0
Чешуйчатая	56,0	51,5	58,5
Трещиноватая	23,0	31,0	21,0
Пластинчатая	9,5	8,5	5,5

На всех объектах еловая губка чаще паразитирует на деревьях ели со щетковидным типом ветвления, несколько реже — с зубчатым. Экземпляры с плоским и особенно гребенчатым типом ветвления, очевидно, более устойчивы к патогену. Среди пораженных деревьев на всех объектах явно преобладают чешуйчатокорые особи, на втором месте — трещиноватокорые. Деревья с гладкой и особенно пластинчатой корой поражаются реже. Таким образом, наиболее перспективными для отбора на биотическую устойчивость являются экземпляры ели с гребенчатым типом ветвления и пластинчатой корой. Результаты исследований совпадают с полученными нами ранее данными об устойчивости различных форм ели к различным рекреационным нагрузкам [6].

Для дальнейшей разработки методов прижизненной диагностики болезней леса необходимо выявить и охарактеризовать прямые и косвенные признаки поражения деревьев ели патогенными грибами [4, 5], в частности еловой губкой (табл. 4).

Наиболее достоверным признаком поражения является наличие плодовых тел гриба, которые образуются на мицелии в местах расположения мертвых сучьев. В обследованных древостоях плодовые тела гриба чаще всего имеют форму боковой шляпки, реже копытообразные, распростерто-отогнутые или черепитчатые. Преобладающий тип гименофора угловатотрубчатый, встречается также округлотрубчатый, овальнотрубчатый и дедалевидный. Максимальное число плодовых тел гриба на одном дереве нами отмечено в рекреационных древостоях — 52 шт. в древостоях учебного назначения — 40 шт. Высота расположения пло-

Таблица 4

Признак	Встречаемость внешних признаков поражения деревьев, %, на объектах		
	I	II	III
Плодовые тела гриба	32,0	38,5	34,5
Табачные сучки	16,0	19,0	20,5
Смоляные наплывы	4,5	6,5	7,0
Смолотечения	40,5	46,0	55,0
Смоляные язвы	30,5	34,0	40,5
Ажурная крона	29,5	21,5	24,5
Лишайники-бородачи	10,5	12,5	14,0
Притупленная вершина	76,5	79,5	71,0
Сухая »	3,5	6,5	2,5
Двойная »	5,5	6,0	2,5
Пасынок	5,5	7,5	3,5
Кривизна ствола	14,5	21,0	16,0

довых тел в большинстве случаев не превышает 3 м от шейки корня, но может достигать даже 10 м. Плодовые тела еловой губки, имеющие распростертую форму, иногда образуются на отмерших сучьях, обволакивая их с нижней стороны на протяжении до 0,7 м.

В обследованных древостоях плодовые тела гриба присутствуют не на всех деревьях, поэтому необходимо учитывать другие патологические признаки. Одним из них являются «табачные сучки», которые в ряде случаев сопровождают стволовую гниль. Однако в рассматриваемых условиях данный признак не является доминирующим, как в некоторых других частях ареала ели обыкновенной. Наличие плодовых тел гриба и табачных сучков служит надежным показателем протяженности гнили в стволе и продолжительности ее развития.

Характерным признаком повреждения ствола ели внутренней гнилью, вызванной еловой губкой, могут служить черные смоляные наплывы, образующиеся у оснований отмерших сучьев. В обследованных древостоях этот признак встречается реже предыдущих, однако его также не следует упускать из виду. Поражению рассматриваемым патогеном нередко сопутствуют смолотечения и смоляные язвы на стволах, которые могут возникать вследствие развития болезни. Однако диагностирование повреждения ствола внутренней гнилью по этим признакам весьма затруднительно, так как последние могут быть результатом воздействия других факторов.

Признаком патологического состояния елей в ряде случаев является ажурная крона, хотя у деревьев, пораженных еловой губкой, могут долго не наблюдаться изменения в кроне. Кроме того, частичная дефолиация может быть вызвана многими другими причинами, что делает рассматриваемый показатель недостаточно надежным. Признаком сильного ослабления деревьев, в том числе и поражения внутренней гнилью, могут служить лишайники-бородачи, сильно разросшиеся в верхней части кроны, однако этот показатель также недостаточно надежен. Одним из критериев состояния и жизнестойкости ели может считаться внешний вид вершины, отражающий весь комплекс процессов, происходящих в организме растения. Деревья, пораженные еловой губкой, часто имеют притупленную вершину, что свидетельствует о снижении жизненного потенциала растений в результате заболевания. У отдельных больных экземпляров наблюдается суховершинность, свидетельствующая об очень тяжелом состоянии деревьев и поражении гнилью корневых систем. «Притупление» и усыхание вершин у деревьев ели может быть вызвано также другими причинами, что доказывает неспецифичность этих признаков. Дополнительными нехарактерными признаками поражения деревьев внутренней гнилью, вызванной еловой губкой, могут служить двойная вершина, пасынок и кривизна ствола. В обследованных древостоях наиболее распространенным пороком, нередко сопровождающим гниль от рассматриваемого патогена, является кривизна ствола.

У больных деревьев признаки, характеризующие их состояние, в ряде случаев отсутствуют, что может быть связано со скрытым течением патологического процесса. В связи с этим важно установить наличие внутренней гнили методом «звуковой пробы» и с помощью возрастного бурава. Под влиянием еловой губки образуется комлевая, стволовая, реже корневая центральная, коррозионная гниль, которая, по нашим данным, распространяется по высоте ствола до 12 м [8]. Обычно она начинается на расстоянии 0,3 ... 0,5 м от земной поверхности и на высоте 1,0 м часто занимает наибольшую часть поперечного сечения ствола. В связи с этим самым надежным методом достаточно точного и быстрого определения зараженности деревьев и древостоя в целом еловой губкой является взятие кернов возрастным буравом. Исполь-

зование метода «звуковой пробы» может дать более или менее точные результаты только в последней стадии развития гнили, когда в стволе уже образовалось дупло.

Таким образом, наиболее надежными признаками поражения деревьев ели еловой губкой являются наличие плодовых тел гриба и табачных сучков, а эффективным приемом диагностики — взятие кернов возрастным буравом. Сочетание всех перечисленных признаков и приемов значительно повышает точность диагноза.

Полученные нами данные могут быть использованы при оценке поражения отдельных деревьев и древостоев еловой губкой и отборе больных экземпляров ели в санитарную рубку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Воронцов А. И. Патология леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 270 с. [2]. Воронцов А. И., Мозолевская Е. Г., Соколова Э. С. Технология защиты леса.— М.: Экология, 1991.— 304 с. [3]. Гусев И. И. Продуктивность ельников Севера.— Л.: ЛГУ, 1978.— 232 с. [4]. Журавлев И. И. Диагностика болезней леса.— М.: Сельхозиздат, 1962.— 192 с. [5]. Журавлев И. И., Крангауз Р. А., Яковлев В. Г. Болезни лесных деревьев и кустарников.— М.: Лесн. пром-сть, 1974.— 160 с. [6]. Лебедев А. В. Устойчивость различных форм ели в рекреационных лесах // Повышение продуктивности, устойчивости и защитной роли лесных экосистем.— Воронеж: ВЛТИ, 1990.— С. 155—160. [7]. Лебедев А. В. Патология и устойчивость деревьев ели в рекреационных древостоях // Лесн. журн.— 1991.— № 3.— С. 17—20.— (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Лебедев А. В., Иванова Э. А. Патология деревьев ели в древостоях учебного назначения // Лесн. журн.— 1992.— № 5.— С. 39—43.— (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Мелехов И. С., Чертовской В. Г., Моисеев Н. А. Леса Архангельской и Вологодской областей // Леса СССР. Т. 1.— М.: Наука, 1966.— С. 78—156. [10]. Правдин Л. Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР.— М.: Наука, 1975.— 176 с. [11]. Федоров Н. И. Корневые гнили хвойных пород.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 160 с. [12]. Чертовской В. Г. Еловые леса европейской части СССР.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 176 с.

Поступила 12 апреля 1994 г.

УДК 630*165 : 630*174.754

М. В. СУРСО

Архангельский институт леса и лесохимии

О СООТНОШЕНИИ МУЖСКИХ И ЖЕНСКИХ ГАМЕТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.) В ИСКУССТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ

Описана методика расчета пыльцевой продуктивности и оценки количественного соотношения мужских и женских половых органов сосны.

Methods of pollen productivity count and estimation of quantitative correlation of pine male-and-female reproductive organs have been presented.

Количественные пропорции мужских и женских гамет имеют важное значение для анемофильных видов, в частности хвойных, эволюция механизмов опыления и оплодотворения у которых шла таким образом, что возможность партеноспермии для большинства из них сомнительна. Кроме того, лесообразующие виды хвойных, занимая обширные территории, продуцируют огромное количество пыльцы, и хотя бы приблизительная количественная оценка их продуктивности представляет определенный практический интерес.

В целях разработки методики приблизительной количественной оценки мужских и женских гамет, продуцируемых сосновыми популя-

циями, в 1987 г. на лесосеменной плантации (ЛСП) Устюженского лесхоза (Вологодская область) с 39 деревьев, имевших биологический возраст около 30 лет, были собраны образцы пыльцы и макростробилов. Одновременно глазомерно оценивали обилие мужского и женского «цветения».

После извлечения пыльцы осуществляли биометрию пыльцевых зерен по A, B и Σ по общепринятой методике [3]. Средние размеры пыльцы для каждого образца определяли по 50 пыльцевым зернам. Ранее для той же ЛСП нами были определены размеры пыльцевых зерен еще по 50 деревьям. Всего в общей сложности было произведено более 12 тыс. микроизмерений.

Анализ полученных данных показал, что биометрические показатели пыльцы сосны по A, B и Σ обладают малой индивидуальной и временной изменчивостью. Кроме того, есть данные об их слабой географической изменчивости [1]. Все это позволяет для целей количественного учета мужских гамет сосны обыкновенной принять A, B и $\Sigma = \text{const}$. В данном случае $A = 48{,}8 \pm 0{,}22$ мкм; $B = 39{,}4 \pm 0{,}31$ мкм; $\Sigma = 69{,}7 \pm 0{,}32$ мкм.

Приняв пыльцевое зерно за комбинацию правильных геометрических фигур вращения, можно определить его объем. Пусть

$$\overline{V}_{\text{п. з}} = \overline{V}_{\text{т. з}} + \overline{V}_{\text{в. м}}, \qquad (1)$$

где $\overline{V}_{\text{п. з}}$, $\overline{V}_{\text{т. з}}$, $\overline{V}_{\text{в. м}}$ — объем среднестатистического пыльцевого зерна соответственно общий, тела и воздушных мешков, мкм^3.

Допустим, что

$$r_{\text{в. м}} = (\Sigma - B)/2, \qquad (2)$$

где $r_{\text{в. м}}$ — радиус воздушного мешка, мкм.

Тогда

$$\overline{V}_{\text{п. з}} = 0{,}524\,[AB^2 + (\Sigma - A)^3], \qquad (3)$$

где A, B — высота и длина тела зерна, мкм;
Σ — общая длина зерна с воздушными мешками, мкм.

В нашем случае $\overline{V}_{\text{п. з}} = 0{,}49 \cdot 10^{-4}$ мм^3.

Зная средний объем пыльцевого зерна, количество мужских генеративных органов на дереве, выход пыльцы по объему и массе из одного мужского «колоска»*, нетрудно подсчитать выход пыльцы как по каждому дереву отдельно, так и на единице площади данной популяции (см. таблицу).

По-видимому, потенциальная продуктивность пыльцы у большинства популяций хвойных обусловлена возрастом деревьев и условиями освещенности. Не исключено, что сосновая популяция может продуцировать до 1 т пыльцы на 1 га и более. Если учесть, что вся эта масса одновременно флуктуирует в приземных слоях воздуха в течение какого-то промежутка времени, можно составить более полное представление о некоторых явлениях, чем если бы эти концентрации пыльцы в воздухе игнорировались. Например, известно, что вспышки многих аллергических заболеваний у людей совпадают с цветением строго определенных видов и родов растений [5]. Кроме того, являясь в период массового пыления растений основным компонентом аэропланктона,

* Под мужским «колоском» понимают компактно расположенные в определенной последовательности микростробилы сосны.

Некоторые количественные характеристики мужского и женского «цветения» сосны обыкновенной на Устюженской ЛСП в 1987 г.

Показатели	Количественная характеристика показателей
Мужское «цветение»	
Количество мужских «колосков», тыс. шт.:	
в среднем на одно дерево	6,37
на 1 га плантации	1592,5
Выход пыльцы:	
из 100 мужских «колосков»	
г	9,14
$см^3$	27,25
из одного «колоска»	
г	0,09
$см^3$	0,27
Количество пыльцы, продуцируемой:	
одним деревом	
кг	0,618
л	1,842
1 га плантации	
кг	154,5
л	460,4
Характеристики среднестатистического пыльцевого зерна:	
объем, $мм^3$	$0{,}49 \cdot 10^{-4}$
масса, мг	$0{,}76 \cdot 10^{-4}$
количество пыльных зерен, шт.:	
в 1 $см^3$ пыльцы	$0{,}443 \cdot 10^{7}$
в 1 г пыльцы	$0{,}132 \cdot 10^{8}$
Количество пыльцевых зерен, шт., продуцируемых:	
одним деревом	$0{,}77 \cdot 10^{10}$
1 га плантации	$1{,}92 \cdot 10^{12}$
Женское «цветение»	
Количество макростробилов, тыс. шт.:	
в среднем на одно дерево	0,717
на 1 га плантации	179,25
Среднее количество рецептивных семяпочек в одном макростробиле, шт.	51
Количество рецептивных семяпочек, тыс. шт.:	
в среднем на одно дерево	36,567
на 1 га плантации	9141,75

пыльцевые зерна служат своеобразными центрами конденсации паров воды и высокое содержание пыльцы в воздухе, несомненно, оказывает влияние на глобальные процессы выпадения осадков.

Другой важный аспект проблемы — перенос веществ. Учитывая объемы продуцируемой пыльцы, можно предположить, что в ряде случаев процессы перераспределения химических элементов, происходящие в результате разлета пыльцы, могут иметь существенное значение. Так, по нашим данным, в 30-километровой зоне Чернобыльской АЭС через 5 лет после аварии удельная активность пыльцы сосны обыкновенной по ^{137}Cs на подвергшихся среднему радиоактивному загрязнению участках (суммарная поглощенная доза по γ-излучению 5 ... 10 Гр) на супесчаных почвах без гумусового горизонта, т. е. со слабо развитым почвенно-поглощающим комплексом, при наличии водоупорного слоя и со слабым стоком, достигала 110 ... 150 Бк/г [4]. По-видимому, перенос радионуклидов с восходящим током воды из почвы в генеративные органы растений и последующий разлет пыльцы в той или иной степени

влияют на пространственное перераспределение радиоактивных изотопов.

В естественных условиях примерно у половины семяпочек сосны в пыльцевых камерах после смыкания интегумента и закрывания микропиле наблюдается по одному пыльцевому зерну, у 1/3 — по два, у 1/10— по три, а у 3 % семяпочек — по четыре [2]. Жизнеспособность свежесобранной пыльцы сосны обычно достаточно высока (90...100 %). К моменту оплодотворения в пыльцевой трубке сосны в результате деления сперматогенной клетки образуется два спермия, один из которых оплодотворяет созревшую яйцеклетку, другой лизирует [1]. Учитывая сказанное, можно сделать допущение, что число мужских гамет у сосны, способных потенциально участвовать в процессе оплодотворения, и общее число всех продуцируемых пыльцевых зерен примерно одинаковы.

В каждой семяпочке у сосны обычно развиваются два архегония и в принципе обе яйцеклетки могут быть оплодотворены. Из каждой оплодотворенной яйцеклетки вследствие клавижа может образоваться несколько внешне полноценных зародышей, но, в конечном итоге, в подавляющем большинстве случаев лишь один из них разовьется в новое полноценное растение.

Таким образом, с известной степенью приближения можно утверждать, что соотношение мужских и женских гамет в сосновой популяции выражается через соотношение количества пыльцевых зерен и рецептивных семяпочек.

Из приведенных данных видно, что в 1987 г. на Устюженской ЛСП продуцировалось пыльцы сосны приблизительно в 200 000 раз больше, чем это было бы необходимо, если бы каждое пыльцевое зерно попадало в пыльцевую камеру семяпочки и при этом каждая рецептивная семяпочка была бы опылена только однажды. Следовательно, кпд опыления в данном случае составил $0{,}474 \cdot 10^{-3}$ %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Козубов Г. М. Биология плодоношения хвойных на Севере.— Л.: Наука, 1974.— 136 с. [2]. Котелова Н. В., Хромова Л. В. К вопросу об опылении и росте пыльцевых трубок у двухвойных сосен при ксеногамии // Науч. тр. / МЛТИ.— 1974.— Вып. 51. (Физиол. и селекция раст. и озел. городов).— С. 44—50. [3]. Моносзон-Смолина М. Х. К вопросу о морфологии пыльцы некоторых видов рода *Pinus* // Ботан. журн.— 1949.— Т. 34, № 4.— С. 352—380. [4]. Сурсо М. В. Влияние хронического облучения на мужскую репродуктивную сферу сосны обыкновенной // Тр. Коми НЦ УрО РАН.— Сыктывкар, 1993.— № 127 (Радиоэкол. исслед. в 30-километровой зоне аварии на Черноб. АЭС).— С. 133—143. [5]. Stanley R. G., Linskens H. F. Pollen (biology, biochemistry, management).— Berlin; N.-Y.: Spring-Verl., Heid., 1974.— 307 p.

Поступила 5 марта 1994 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630* : 629.45

В. И. ВАРАВА, Г. М. ЛЕВИТ

С.-Петербургская лесотехническая академия
С.-Петербургский государственный университет путей сообщения

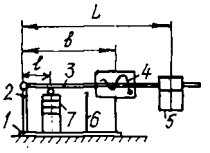
МЕТОДИКА СТЕНДОВОГО КОНТРОЛЯ РЕССОР

Изложена методика экспериментального определения параметров жесткости и демпфирования в листовых рессорах и их соответствия нормативным значениям.

Methods of experimental determination of stiffness and damping parameters of plate springs and their compliance with standard values have been presented.

В работе [2] изложен метод затухающих колебаний для оценки гидрогасителей. Аналогичный простейший стенд (рис. 1) пригоден для испытания листовых рессор даже в производственных условиях. Он состоит из основания *1*, стойки *2*, рычага (трубы) *3* массой $m_р$ и длиной L, простейшего виброметра *4*, груза *5* массой $m_г$ и упора *6*. Рессора *7* устанавливается на основании на плече l от оси шарнира рычага.

Рис. 1



При нажатии на рычаг до упора *6* с начальной амплитудой $\alpha_0 = a_0/b$ он совершает в дальнейшем затухающие колебания, описываемые уравнением

$$I\ddot{\varphi} + lF\,\mathrm{sign}\,\dot{\varphi} + cl^2\varphi = 0, \qquad (1)$$

где I — момент инерции рычага относительно оси вращения, $I = (m_г + m_р/3)\,L^2$;

φ — угол поворота рычага;

F, c — сила трения рессоры и ее жесткость.

Решение (1) будем искать методом усреднения:

$$\varphi = \alpha \sin\psi; \qquad \varphi = \int_0^t \omega dt - \varepsilon, \qquad (2)$$

где α — угловая амплитуда;

ω — частота колебаний с диссипацией;

ε — начальная фаза.

Так как α и ε — медленно изменяющиеся величины, то задаем

$$\dot{\alpha}\sin\psi - \alpha\dot{\varepsilon}\cos\psi = 0; \qquad \dot{\varphi} = \alpha\omega\cos\psi. \qquad (3)$$

Вводя решение (2) в уравнение (1) с учетом условия (3) и усреднения нелинейного слагаемого $M(\dot{\varphi}) = lF \operatorname{sign} \dot{\varphi}$, получаем

$$I[(2\dot{\alpha}\omega + \alpha\dot{\omega})\cos\psi - \alpha(\omega^2 - 2\omega\varepsilon)\sin\psi] + M\cos\psi + cl^2\alpha\sin\psi = 0,$$

где M — усредненное на решении $\dot{\varphi} = a\omega\cos\psi$ значение амплитуды нелинейного момента $M(\dot{\varphi})$.

Усредняя это уравнение за период колебаний, имеем

$$2I\omega\dot{\alpha} = -I\alpha\dot{\omega} - M; \qquad 2I\omega\dot{\varepsilon} = -(cl^2 - I\omega^2);$$
$$M = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} M(\alpha\omega\cos\psi)\cos\psi d\psi = 4lF/\pi. \tag{4}$$

При $\dot{\varepsilon} \approx 0$, $\dot{\omega} \approx 0$ и $\omega^2 \approx cl^2/I = \nu^2$ имеем

$$I\nu\dot{\alpha} = -2lF/\pi.$$

Пусть $\dot{\alpha} = -h$, тогда

$$\alpha = \alpha_0 - ht. \tag{5}$$

В этих формулах

ν — частота колебаний без диссипации;

h — скорость снижения угловой амплитуды.

$$h = 2lF(\pi I\nu)^{-1} = 2F\nu(\pi cl)^{-1}.$$

Уменьшение амплитуды за период колебаний $T = 2\pi/\nu$

$$\Delta\alpha = hT = 4F/(cl). \tag{6а}$$

Поскольку регистрация φ, α осуществляется записью виброграммы (рис. 2) на планшете 6 (плече b), то для $\alpha b = a$ имеем

$$\Delta a = 4Fb/(cl). \tag{6б}$$

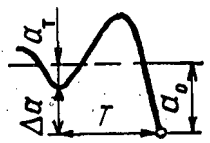


Рис. 2

Таким образом, по виброграмме измеряют $a_т$, а затем вычисляют силу трения в рессоре

$$F = cl\Delta a/(4b). \tag{6в}$$

Из определения (5) следует, что уменьшение амплитуд при релейном трении происходит по закону арифметической прогрессии. Застойная зона начинается с баланса сил упругости и трения в крайних положениях рессоры: $cl\alpha_* = F$, отсюда $\alpha_* \leqslant F/cl$ — граница зоны застоя.

Поэтому начальная амплитуда

$$a_0 \geqslant b(\alpha_* + \Delta\alpha) \geqslant 6Fb/(cl). \tag{7}$$

Например, при $l = 0{,}1$ м; $c = 2 \cdot 10^5$ Н/м $a_0 \geqslant 3 \cdot 10^{-4} Fb$ см.

Частоту колебаний целесообразно задавать по основной частоте колебаний кузова (остова) машины $\nu \approx 10$ с$^{-1}$. Из (5) принимается равенство $cl^2/I = \nu^2 = 100$, откуда

$$I = cl^2/100. \tag{8}$$

При $l = 0{,}1$ м; $c = 2 \cdot 10^5$ Н/м получим $I = 20$ кг · м². Поскольку жесткость рессор передней ($c_п \approx 200$ кН/м) и задней ($c_з \approx 400$ кН/м) подвесок лесовоза разнятся вдвое при одинаковой основной частоте $\lambda \simeq \sqrt{g/f_Σ} \approx 10\ c^{-1}$, то целесообразно задавать два сменных груза. Статическая нагрузка P и прогиб рессоры f равны:

$$P = mgL/l = Ig/(lL); \quad f = P/c. \tag{9}$$

При $I = 20$ кг · м²; $l = 0{,}1$ м; $L = 1$ м и $c = 2 \cdot 10^5$ Н/м получим $P = 2$ кН; $f = 1$ см.

Из уравнения (3) вычислим $\dot{\varepsilon} = (\dot{\alpha}/\alpha)\operatorname{tg}\psi = -\varphi\omega h/(\dot{\varphi}\alpha)$ и подставим во второе уравнение (4). Тогда

$$\omega^2 = \nu^2\left(1 + \frac{2\varphi h}{\dot{\varphi}\alpha}\right).$$

Ввиду $\alpha > \alpha_*$ и разложением в ряд Маклорена находим

$$\omega \approx \nu\left(1 + \frac{\varphi h}{\dot{\varphi}\alpha}\right). \tag{10}$$

Отсюда следует, что частота колебаний ω пропорциональна параметру затухания h и обратна амплитуде колебаний α. На рис. 3 изображена рабочая диаграмма рессоры, где $\operatorname{tg}\Theta = c$ — ее жесткость.

Динамическую жесткость $c_д$ определяют по формуле

$$c_д = \operatorname{tg}\Theta_д = c + F/a = c\,(1 + F/(ca)). \tag{11}$$

Площадь диаграммы $A_т = 4Fa$ представляет работу диссипативных сил за период колебаний. Из баланса работ с линейным трением $A_β = \pi\nu\beta a^2$ находят эквивалентный параметр демпфирующего сопротивления

$$\beta_э = \frac{4F}{\pi\nu a} = \frac{4F}{\pi v}, \tag{12}$$

где $v = \nu a$ — амплитуда скорости колебаний.

Вводя его в модуль комплексной жесткости $c_к = c + i\nu\beta_э$, получаем

$$c_к = c\sqrt{1 + (\nu\beta_э/c)^2} \approx c\left[1 + 2\left(\frac{2F}{\pi ca}\right)^2\right]. \tag{13}$$

Экспериментом подтверждается зависимость (10), которая переводится в частотную

$$\omega \approx \nu\sqrt{1 + F/(ca)} \approx \nu\,(1 + F/(2ca)). \tag{14}$$

Сопоставляя выражения (14) и (10), находим, что

$$\frac{\varphi\nu}{\dot{\varphi}} \approx \operatorname{tg}\varphi \approx \psi + \psi^3/3; \quad \operatorname{tg}\psi_0 = \pi/4. \tag{15}$$

Сила трения в рессоре выражается приближенной зависимостью через конструктивные параметры:

$$F \approx cf2\mu\,(z - 1)\,h/l, \tag{16}$$

где $\mu = 0{,}2 \ldots 0{,}4$ — коэффициент трения между листами;

z, l, h — число листов и длина рессоры, высота листа.

Жесткость рессоры выявляется на стенде последовательным нагружением — разгружением рычага тремя грузами $P_к = P_г\,L/l$ и измерением ее деформации $z_к$ (к = 1, 2, 3). Для уточненных расчетов необходимо провести пять опытов. Заданные $P_к$ и измеренные $z_к$ величины наносят на миллиметровую бумагу, а из точки начала отсчета проводят среднюю прямую $Q = cz$ (рис. 3), тангенс угла наклона которой

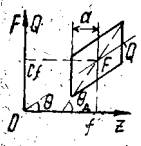


Рис. 3

представляет жесткость рессоры $Q/z = c = \operatorname{tg}\Theta$. Силы трения F статического цикла нагрузки — разгрузки отличаются от динамического уже различием коэффициентов трения сцепления и скольжения. Поэтому их следует вычислять по виброграмме рис. 2 и формуле (6).

У грузовых автомашин гибкость подвесок, определяемая статическим прогибом, мала ($f = m_1 g/c = 7 \ldots 8$ см). Рациональное ее значение ограничивается боковой устойчивостью кузова, с учетом коэффициента запаса $\kappa_э = 1 + \mu_\Theta = 1 + mh^2/I_x \geqslant 2$:

$$f = b_к^2 \left[h_к k_э \left(1 + c_Σ b_к^2/(c_щ b_ш^2)\right)\right]^{-1}, \qquad (17)$$

где $2b_к$, $h_к$ — поперечная база и высота центра тяжести кузова над плоскостью опор;

$2b_{ш}$ — поперечная база шинных колес;

$c_Σ$, $c_ш$ — суммарная жесткость подвесок и шин автомашины.

Оптимальное значение силы трения в рессорах передней и задней подвесок [1] при спектральной плотности неровности пути $S_н(\omega) = \zeta v \omega^{-2}$, $\zeta = 2D_н\alpha_1$, $\alpha_1 = 0{,}05 \ldots 0{,}15$; $\sigma_н = 5 \ldots 15$ мм определяется по формуле

$$F_0^2 = 0{,}8c\zeta v \sqrt{\mu_0 m_1 c}, \qquad \mu_0 = 1 + m_{к1}/m_1, \qquad (18)$$

где m_1, $m_{к1}$ — над- и подрессорная масса, отнесенная к одной рессоре.

Скорость v следует принимать по конструкционному или превалирующему максимальному значению, а величину ζ, характеризующую качество пути,— по среднему уровню. Изменение трения в процессе эксплуатации рессор допускается в пределах ± 25 % от оптимального значения (18) $\Delta F = (1{,}00 \pm 0{,}25) F_0$. Верхний предел устанавливается при выпуске из завода, а нижний служит браковочной величиной в эксплуатации. Отсюда при выпуске из завода допускается разброс значений $\Delta F_з = (1{,}25 \ldots 1{,}10) F_0$. Этому диапазону и должна соответствовать сила трения F (6) при стендовом контроле рессоры.

Выводы

1. Параметры жесткости и демпфирования рессор определяют динамическую нагруженность и плавность хода автомашины. Первые имеют рациональное значение (17) по устойчивости, а вторые — оптимальные (18) по нагруженности. Поэтому необходим их стендовый контроль как при выпуске из завода, так и по истечении ресурсного пробега.

2. Стендовый контроль качества рессоры включает:

статическую нагрузку — разгрузку с построением графика упругой силы $Q = cz$ и жесткости $c = tg\,\Theta = Q/z$;

запись виброграммы затухающих колебаний рессоры с вычислением силы трения $F = cl \cdot \Delta a/(4b)$;

установление соответствия параметров жесткости и демпфирования нормативному диапазону, $\Delta F = (1{,}25 \ldots 1{,}10) F_0$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Варава В. И. Оптимизация нелинейного трения в подвесе транспортных машин // Лесн. журн.— 1993.— № 5—6.— С. 51—54.— (Изв. высш. учеб. заведений).

[2]. Варава В. И., Левит Г. М. Испытание гидрогасителей методом затухающих колебаний // Динамика вагонов: Сб. науч. тр.— СПб.: ПИИЖТ, 1993.— С. 93—96.

Поступила 8 декабря 1993 г.

УДК 625.173.2/.5

Е. С. БУРЯК, Ю. Л. ЧЕРНЦОВ, В. В. МОСЕЕВ

Архангельский государственный технический университет

Буряк Евгений Семенович родился в 1942 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры сухопутного транспорта леса Архангельского государственного технического университета. Имеет 11 печатных работ в области изучения динамического воздействия лесовозных автопоездов на дорогу, автоматизации процесса выправки пути УЖД.

Чернцов Юрий Леонидович родился в 1955 г., окончил в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры сухопутного транспорта леса Архангельского государственного технического университета. Имеет 6 печатных работ в области исследования верхнего строения лесовозных дорог.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫПРАВКИ ПУТИ УЖД МАШИНОЙ ДМ-7

Дано краткое описание устройства автоматизированной системы выправки пути в плане. Изложены методика и результаты испытаний в производственных условиях. Выполнены расчеты статистических характеристик стрелы изгибов рельсовой нити.

A brief design description of automated system of track spot-surfacing in plan has been given. The methods and results of service testing are presented. The calculations of statistic characteristics of bending boom of track line are made.

В настоящее время выправочные и рихтовочные работы на УЖД лесозаготовительных предприятий выполняются путевыми машинами ДМ-7.

Рабочий орган машины имеет механизмы выправки пути по уровню и в плане. Первый из них состоит из роликового рельсозахвата с гидроцилиндром переноса рабочего органа в вертикальной поперечной плоскости. Управление гидроцилиндром осуществляется от электроуровня, установленного на специальной тележке за рабочим органом. Эксплуатация машины ДМ-7 позволила выявить существенные недо-

статки в работе электроуровня. В частности, из-за поперечных колебаний рамы машины возникает неуправляемое реверсирование механизма перекоса. Такая система выправки пути по уровню не обеспечивает надлежащего качества работ и повышения производительности машины.

Обширный поиск позволил заменить электроуровень датчиком уровня — более совершенным измерительным прибором, разработанным ВНИИЖТ совместно с ПКТБ системы МПС. На базе этого датчика была изготовлена автоматизированная система выправки пути для путевой машины ДМ-7. Краткое описание этой системы и результаты оценочных испытаний в производственных условиях даны ранее [1].

Второй механизм — выправки пути в плане (рихтовки) — представляет собой ходовой винт с гайкой, приводимой в действие ручным способом. Для повышения производительности и качества рихтовки пути также потребовалось разработать и изготовить автоматизированную систему.

Исследования показали, что наиболее подходящей системой является тросовая, широко применяемая на машинах как зарубежных фирм, так и отечественных [2, 3]. Из всех разновидностей тросовых систем для машины ДМ-7 приемлема двухкоординатная трехточечная.

Тросовая система выправки пути в плане состоит из двух основных частей: троса-хорды и измерительной тележки с датчиком. Трос-хорда служит базой, относительно которой определяется положение пути в плане.

При разработке системы учитывали возможность унификации измерительного прибора (датчика), используемого в механизме выправки пути по уровню, что упрощает конструкцию системы в целом и облегчает ее обслуживание. В датчик уровня с учетом функциональных назначений датчика перемещений внесены конструктивные изменения: подвешенный на оси маятник соединен через систему рычагов с тросом-хордой. Таким образом, при наличии жесткой кинематической связи любое отклонение троса-хорды от рельса будет преобразовываться в отклонение маятника. В остальном принципы работы датчиков перемещений и уровня аналогичны.

Для закрепления троса-хорды машина снабжена двумя дополнительными колесными опорами, что позволило увеличить длину троса-хорды до 14,65 м (база машины 12 м). Ручной механизм рихтовки для автоматизированной выправки заменен гидроцилиндром, корпус которого установлен на главной балке машины, а шток подсоединен к рихтовочной тележке. Измерительная тележка имеет устройство для перевода из рабочего положения в транспортное, что создает удобство эксплуатации системы.

Оценочные испытания автоматизированной системы выправки пути в плане проводили на УЖД Конецгорского КЛПХ Архангельской области. На опытных участках дороги выполняли замеры положения пути в плане до и после выправки. Для этого вдоль насыпи полотна устанавливали реперные колышки с шагом 4 м (рис. 1) и измеряли расстояние до головки рельса (параметр A).

Критерием оценки качества выправки пути в плане является стрела изгиба (s) рельсовой нити для соответствующей хорды. По полу-

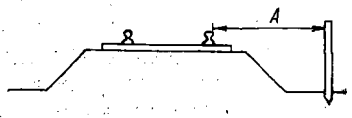


Рис. 1

Номер участка	Среднее арифметическое значение стрелы изгиба, мм	Дисперсия, мм²	Среднее квадратичное отклонение, мм
1	17,46 / 11,70	288,89 / 38,79	17,35 / 6,90
2	—0,15 / —0,11	2,07 / 0,75	1,74 / 0,89

ченным данным 25 наблюдений выполнены расчеты статистических показателей этой величины для хорды длиной 8 м. Результаты представлены в таблице (в числителе данные до выправки пути; в знаменателе — после выправки).

Анализируя полученные результаты, можно заметить существенное различие статистических показателей стрелы изгиба рельсовой нити до и после выправки.

На рис. 2 приведены графики положения нити в плане для опытных участков 1 (*а*) и 2 (*б*) длиной *l* до выправки пути (кривая *1*) и после нее (кривая *2*).

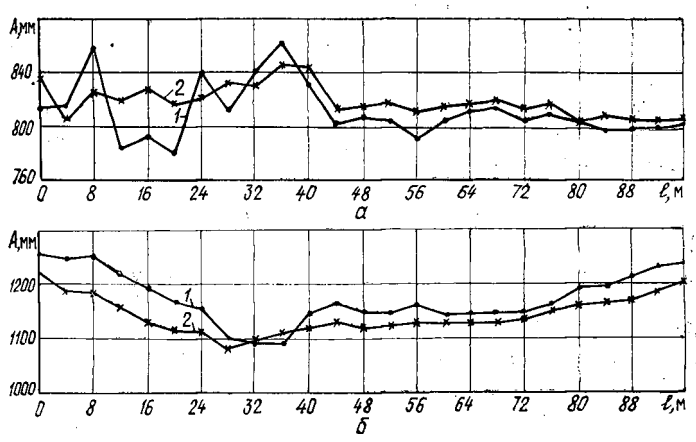


Рис. 2

Согласно нормативу [4] на прямых участках рельсовая колея в плане должна быть прямолинейной, а наибольшее допускаемое значение стрелы изгиба в миллиметрах численно не должно превышать общей длины извилины, в данном случае хорды, измеренной в метрах. Для наших условий $s \leqslant 8$ мм. Как показали испытания, при больших значениях s (до выправки) путь в плане не выправляется за один проход машины до нормативных величин и требуется ее повторный проход.

Одной из причин являются конструктивные особенности машины, т. е. сравнительно малый геометрический коэффициент сглаживания ($m = 2{,}12$), который зависит от базы машины и расстояния от измерительной тележки до задней оси.

Выводы

1. Разработанная система работоспособна, позволяет автоматизировать процесс выправки пути в плане, существенно повысить производительность и качество выправки.

2. Для улучшения технической характеристики системы следует увеличить значение геометрического коэффициента сглаживания.

3. Система выправки пути в плане работает совместно с системой выправки пути по уровню.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Буряк Е. С., Чернцов Ю. Л., Мосеев В. В. Модернизация системы управления выправкой пути // Лесн. пром-сть.— 1990.— № 10.— С. 11—12. [2]. Михайловский Г. И., Лончаков Э. Т. Комплексная механизация и автоматизация путевых и строительных работ.— М.: Транспорт, 1986.— 27 с. [3]. Тенденция развития системы автоматизированного управления путевыми машинами. Сер. «Строительство железных дорог»: Обзор. информ. / ВПТИтрансстрой.— М., 1986.— Вып. 1.— 46 с. [4]. Технические указания по содержанию узкоколейных железных лесовозных дорог.— М.: Лесн. пром-сть, 1985.— 136 с.

Поступила 8 июля 1994 г.

УДК 630*332.3.004.82

А. И. ШВЕДОВ

Уральская государственная лесотехническая академия

КЛАССИФИКАЦИЯ ПУТЕЙ И СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ

Рассмотрены пути и способы утилизации отходов. Предложен новый способ, основанный на измельчении элементов кроны дерева в частицы древесной резки.

The ways and methods of residues utilization have been considered. A new method based on disintegration of tree crown elements into wood cutting particles is offered.

В настоящее время нет четко сформулированной единой классификации путей и способов утилизации наземной части лесосечных отходов, основу которых составляют элементы кроны дерева.

Мы предлагаем классифицировать пути утилизации отходов по областям использования, а способы — по их форме или состоянию в процессе того или иного пути утилизации. На основании этого утилизацию будем подразделять на производственную, лесохозяйственную и промышленную.

Производственная утилизация предусматривает использование отходов для нужд производства в форме строительного и энергетического материала. В первом случае их применяют, например, для строительства лесовозных усов или укрепления трелевочных волоков, во втором — в качестве топлива для обогрева рабочих, машин, оборудования, приготовления пищи, а в перспективе для получения из отоходов горюче-смазочных материалов, которые могут обеспечить работу лесозаготовительных предприятий в автономном режиме.

Лесохозяйственный или просто хозяйственный путь утилизации предполагает использование отходов для повышения продуктивности лесосырьевой базы. Здесь подразумеваем комплекс мероприятий, обеспечивающих лесовозобновление, повышение плодородия почв, защиту леса от стихий природы, болезней и вредителей.

Лесохозяйственная утилизация предусматривает два способа: получение минеральных и органических удобрений. Минерализация отходов основана на сжигании. Их собирают в кучи или сгребают в валы и сжигают в пожаробезопасный период.

Естественное разложение лесосечных отходов используют в качестве источника органических удобрений. Для этого их, в зависимости от почвенно-грунтовых условий, оставляют на месте или сгребают в кучи, вминают или закапывают в землю, измельчают и разбрасывают по лесу. Иногда попутно отходы используют для защиты всходов от вымерзания и вытаптывания, сохранения влаги в почве, снегозадержания и иных потребностей.

Попутно с удобрением почв этот способ позволяет устранить захламленность леса и, следовательно, улучшить культуру лесопользования.

Нетрудно заметить, что можно объединить оба пути утилизации (производственная и лесохозяйственная). Например, вминание сучьев в землю для укрепления трелевочных волоков способствует их естественному разложению. Очевидно, что такая многоцелевая утилизация эффективней одноцелевой.

Производственную и хозяйственную утилизацию выполняют на месте, без вывоза отходов за пределы лесозаготовительного предприятия. В данном случае отходы не являются товарной продукцией.

Промышленная утилизация основана на вывозе лесосечных отходов за пределы предприятия в виде технологического сырья или товарной продукции. И поэтому аналогично лесозаготовкам ее можно назвать «отходозаготовками». Они выполняются параллельно с лесозаготовками и в перспективе могут быть выделены в отдельное направление деятельности лесного предприятия.

Наряду со словом «утилизация» можно применять слово «переработка», которое больше соответствует содержанию промышленной утилизации, основанной на переработке лесосечных отходов в технологическое сырье для целлюлозно-бумажной, гидролизной, лесохимической и других отраслей промышленности. Таким сырьем, как известно, являются отделенные друг от друга структурные компоненты лесосечных отходов: древесинное вещество (древесина), кора, листья и хвоя (древесная зелень). Разделение этих компонентов является главной и самой трудоемкой операцией промышленной переработки лесосечных отходов.

В зависимости от формы отходов различают переработку целых отходов, измельченных на частицы древесной резки и в зеленую щепу.

Первый способ основан на отделении листьев и частично коры с целых элементов кроны дерева механическим или термомеханическим способами [1].

В первом случае целые сучья и ветви протягивают сквозь движущиеся отделяющие рабочие органы машин, которые оббивают, обрезают, обламывают или счесывают с них частицы зелени; во втором листья сначала подсушивают, а затем отделяют за счет вибрации или соударений о рабочие органы и между собой.

Целые лесосечные отходы неудобны для перевозки и обработки, поэтому их измельчают на части. Одним из способов такой переработки является измельчение лесосечных отходов различными рубильными машинами в зеленую щепу. Размер древесных частиц до 60 мм, это сыпучий лесоматериал, коэффициент его полнодревесности 0,35 . . . 0,40.

Для разделения зеленой щепы на составляющие (древесная зелень, технологическая и топливная щепа) используют пневматический метод [1], который, в свою очередь, подразделяется на аэрофонтанный и пневмоударный [2]. Аэрофонтанный способ основан на последовательном выдувании вертикальным воздушным потоком из массы щепы ее структурных компонентов; пневмоударный отличается наличием горизонтального (наклонного) воздушного потока и процесса соударений частиц зеленой щепы об отбойный экран.

Измельчение лесосечных отходов на частицы зеленой щепы требует больших трудовых и энергетических затрат, а выделенные из щепы частицы древесины практически используются неокоренными, так как от них сложно отделить кору.

Для устранения этих недостатков на кафедре механизации лесоразработок УГЛТА разработан новый способ промышленной утилизации лесосечных отходов, заключающийся в измельчении (дроблении) отходов на куски, более крупные, чем частицы зеленой щепы. Они названы древесной резкой [3].

Древесная резка обладает хорошими сыпучими свойствами, коэффициент полнодревесности равен 0,40...0,45. Для эффективного отделения листьев и коры размер этих частиц принят в пределах 100..., 200 мм, реже до 300 мм. Масса таких частиц достаточна для обработки ударным способом.

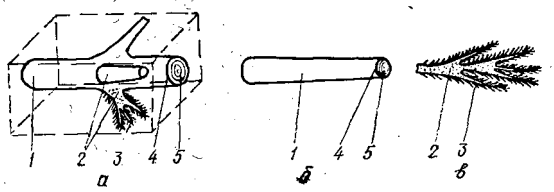


Рис. 1

Древесная резка представляет собой частицы пространственной формы и конфигурации. Они показаны на рис. 1: *а* — в общем виде; *б, в* — частные случаи. В частице выделяют ее элементы: стволик *1*, боковые побеги *2* и структурные компоненты: листья *3*, кору *4*, древесину *5*. На рис. 1, *б* изображена частица, состоящая только из одного стволика и называемая отрезком; на рис. 1, *в* — лапка (хвойная, лиственная), которую составляют одни боковые побеги. Размер частиц определяется длиной стволика, а если его невозможно выделить, то по наибольшему из трех измерений, т. е. по одному из ребер параллелепипеда, в который вписывается частица (см. рис. 1, *а*).

Измельчение (дробление) лесосечных отходов на частицы древесной резки производят с помощью захватно-рычажных дробилок, работа которых основана на захвате отходов рычагами, формировании из них плотно сжатого пучка и измельчении на куски.

Для отделения листьев и коры с частиц резки в УГЛТА разработаны импульсные отделители, процесс обработки в которых основан на

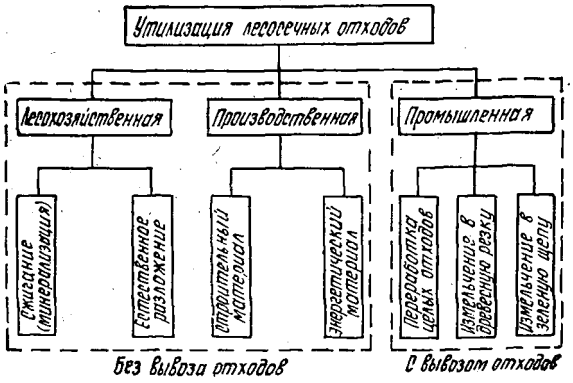


Рис. 2

соударении хаотично движущихся частиц активированной древесной резки с отделяющими рабочими органами.

Этот способ промышленной утилизации занимает промежуточное положение между ранее рассмотренными.

На рис. 2 представлена блок-схема рассматриваемой классификации. Данная классификация может быть использована лесохозяйственными, природоохранными и лесозаготовительными предприятиями для разработки научно обоснованных программ по комплексному использованию лесосечных отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Быков Е. Н., Заньокина Л. И., Александров Л. П. Способы и устройства для отделения древесной зелени от ветвей и сучьев // Лесоэксплуатация и лесосплав: Экспресс-информ. / ВНИПИЭИлеспром.— М., 1979.— Вып. 17.— С. 1—16. [2]. Коробов В. В., Рушнов Н. П. Переработка низкокачественного древесного сырья.— М.: Экология, 1991.— 287 с. [3]. Никишов В. Д. Комплексное использование древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1985.— 263 с.

Поступила 12 апреля 1993 г.

УДК 532.001.57

П. Н. ГАГАРИН

Гагарин Павел Николаевич родился в 1959 г., окончил в 1983 г. Архангельский лесотехнический институт, ассистент кафедры теоретической механики Архангельского государственного технического университета. Имеет 14 печатных трудов в области водного транспорта леса, гидромеханики и намораживания ледяных переправ.

РАДИАЦИОННО-ОПТИЧЕСКАЯ АНАЛОГИЯ МЕХАНИКИ ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА

На основе абстрактной упрощенной модели жидкости предложен альтернативный метод расчета и исследования реальных турбулентных потоков.

Based on abstract simplified model of liquid an alternative method of calculation and investigation into real turbulent flows has been offered.

Расчет турбулентного движения жидкости и характеристик взаимодействия ее с твердыми телами представляет интерес в ряде задач водного транспорта леса и обширной области других научных проблем.

В настоящей работе сделана попытка обосновать новый метод расчета и исследования различных турбулентных потоков жидкости. В основу его положена аналогия гидромеханических процессов с процессами радиации (в более широком смысле — электромагнетизма), как правило, на теоретической базе излучения света и взаимодействия его с оптическими поверхностями. Предполагаемая аналогия принципиально отличается от известного физического подобия силовых полей и полей

течений, но основана также на глубинном единстве законов природы в различных областях физики.

В качестве отправной точки может быть выбрана теоретическая модель струйного течения за кромкой препятствия [2], где жидкость первоначально представлена в виде абстрактной субстанции, поперечная скорость течения которой столь же велика, как продольная. В результате получен профиль продольной (касательной к границам) скорости течения, включающий транзитный и присоединенный (рециркулирующий) потоки. Модель позволяет представить транзитную часть потока в аналоговом виде как непосредственно за препятствием, где струя расширяется свободно, так и в дальнем следе при переходе в равномерный режим вдоль границы (или границ). Для этого внешнюю границу возмущенного струйного течения или пограничного слоя на скоростной оси потока заменим непрерывной цепью источников излучения стационарных волн. Источники сходят с кромки препятствия и уносятся вниз по течению со скоростью U, принятой здесь за базовую скорость потока, несколько меньшую средней фактической. С этой же скоростью U увеличивается длина волны $\lambda = 2\pi l$, где l — масштабная единица длины волны или турбулентного ядра потока, которая растет пропорционально продольной координате x. Касательную u и нормальную t составляющие амплитуды волны представим соответствующими скоростями потока:

$$u = U\cos\gamma = U\cos yl^{-1}; \tag{1}$$

$$t = U\sin\gamma = U\sin yl^{-1}, \tag{2}$$

где γ, y — угловая и линейная координаты, направленные поперек потока, имеющие начало на внешней границе возмущенного течения или пограничного слоя пристенного потока.

В каждом сечении потока может быть определена фаза падения γ_0 волн u и t на границу, связанная с углом падения Θ_0 выражением $\gamma_0 = \pi/2 - \Theta_0$. Когда гидродинамический след препятствия переходит в равномерный поток, рост λ l и Θ прекращается, и далее они остаются постоянными (если параметры равномерного потока предполагаются неизменными по течению). Тогда касательная и нормальная граничные составляющие скорости также постоянны:

$$u_0 = U\cos\gamma_0; \tag{1a}$$

$$t_0 = U\sin\gamma_0. \tag{2a}$$

Рассматривая далее только равномерные потоки, отмечаем, что в широчайшей области чисел Рейнольдса фаза падения изменяется сравнительно слабо. Так, при $\mathrm{Re} = 10^5 \ldots 10^7$ соответственно $\gamma = 0{,}34 \ldots 0{,}28$ рад, т. е. касательные скорости турбулентного ядра в пределах реального потока близки к U, а $t_0 \approx U\gamma_0$.

Фактически турбулентное ядро потока находится под преобладающим влиянием твердых границ, и непосредственно его наблюдать нельзя. Более того, характеристика t в указанном виде вообще не существует, а является лишь некоторым подобием пульсационных скоростей. В свою очередь, характеристика ρt^2 послужит основой для определения плотности поперечного потока импульса или касательного напряжения трения (ρ — плотность жидкости).

Суть аналогового метода состоит в том, что законы преломления, отражения и поглощения волн, падающих на границу двух сред, предположительно применимы к скрытому турбулентному ядру в виде когерентных волн, описываемых формулами (1) и (2). При этом соответствующие граничные амплитуды преломленных $\vec{u}_0$, $\vec{t}_0$ и отраженных

$\overleftarrow{u}_0$, $\overleftarrow{t}_0$ волн, а также их различные комбинации должны служить аналогами различных гидромеханических характеристик пристенного потока.

Согласно известным формулам Френеля для когерентных волн света имеем [6]:

$$\vec{t}_0,\ \vec{u}_0,\ \overleftarrow{t}_0,\ \overleftarrow{u}_0 = f(U,\ \Theta_0,\ \Theta_1), \tag{3}$$

где Θ_1 — угол преломления световых лучей оптической границей.

Для равномерного потока, самопроизвольно принимающего оптимальный энергетический режим в заданных условиях, естественно допустить аналогию процесса максимальной поляризации излучения границей двух сред. При этом имеет место равенство $\Theta_0 = \pi/2 - \Theta_1$, где угол падения Θ_0 именуется углом Брюстера. Тогда упомянутые граничные амплитуды в формулах (3) приобретают простой вид:

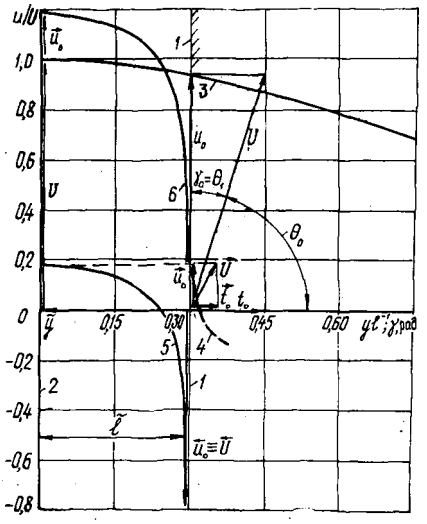
$$\vec{t}_0 = U\frac{\sin^2\gamma_0}{\cos\gamma_0}; \tag{4}$$

$$\vec{u}_0 = U\cos\gamma_0 \cdot 2\sin^2\gamma_0; \tag{5}$$

$$\overleftarrow{t}_0 = 0; \tag{6}$$

$$\overleftarrow{u}_0 = -U\cos\gamma_0(1 - 2\sin^2\gamma_0). \tag{7}$$

На рисунке показана схема взаимодействия потока в равномерном режиме с твердой границей по аналоговому принципу. Граничные амплитуды волн изображены согласно расчету при $\gamma_0 = 0{,}3$ рад (что соответствует числу Рейнольдса по диаметру около 10^6).



Аналоговая схема равномерного пристенного течения: *1* — твердая граница течения; *2* — внешняя граница пограничного слоя; *3* — базовое турбулентное ядро касательных скоростей u; *4* — преломленная воображаемая волна $\overleftarrow{u}$; *5* — вторичная волна $\overleftarrow{u} + \vec{u}$; *6* — фактическое результирующее распределение скоростей $\tilde{u}$

Из (4) можно заключить, что характеристика $\rho\vec{t}_0^2$ оказывается аналогом напряжения трения потока о границу. Действительно,

$$\rho\vec{t}_0^2 = \rho\frac{\sin^4\gamma_0}{\cos^2\gamma_0}U^2 = \rho\left(\frac{u'^4}{u''^2}\right)_{\gamma=\gamma_0}, \tag{8}$$

где штрих обозначает производную от скорости по координате γ (или y). Последнее выражение подобно формуле Т. Кармана, полученной в общем виде для турбулентного трения в потоке τ:

$$\tau = \rho\chi^2 \frac{u'^4}{u''^2}, \tag{9}$$

где χ — эмпирическая постоянная Кармана, определяемая из логарифмической аппроксимации скоростей у границы равномерного потока и равная 0,4.

Таким образом, напряжение трения на границе реального потока равно турбулентному напряжению предполагаемой образующей его свободной струи в точке пересечения этой границы. Аналоговое выражение (9) для напряжения трения на границе имеет вид

$$\tau_0 = \rho\chi^2 \vec{t}_0^2 = \rho\chi^2 \frac{\sin^4 \gamma_0}{\cos^2 \gamma_0} U^2. \tag{10}$$

Используя известные выражения

$$\tau_0 = \rho v_*^2 = \rho \frac{c_f}{2} \overline{U}^2, \tag{11}$$

где v_* — динамическая скорость потока (скорость трения);
c_f — коэффициент трения;
$\overline{U}$ — средняя скорость потока,

определяем

$$v_* = \vec{t}_0 \chi = U\chi \frac{\sin^2 \gamma_0}{\cos \gamma_0}. \tag{12}$$

Касательная граничная амплитуда преломленной волны, согласно выражению (5) и с учетом (12), равна

$$\vec{u}_0 = \frac{2v_*}{\chi} \cos^2 \gamma_0 = 5v_* \cos^2 \gamma_0 \approx 5v_*. \tag{13}$$

Согласно известным измерениям Рейхардта, Дайслера и др. [5] именно такая скорость соответствует границе потока, где полностью прекращают действие турбулентные механизмы переноса и начинается тончайший ламинарный подслой с чисто молекулярным трением и линейным распределением скоростей. Поскольку эта величина известна как сугубо эмпирическая, расчет по формуле (13) доказывает новизну и справедливость аналогового метода.

Рассмотрим кратко аналоговый механизм формирования результирующего профиля скоростей в пристенном потоке и некоторые связанные с ним закономерности. Обычно этот профиль аппроксимируется логарифмическим уравнением [3]:

$$\tilde{u} = \frac{v_*}{\chi} \ln \frac{\tilde{y} v_*}{\nu} + 5{,}1 v_* = \frac{v_*}{\chi} \ln \frac{\tilde{y} v_*}{0{,}13\nu}, \tag{14}$$

где $\tilde{y}$ — координата, направленная в глубь потока, имеющая начало на твердой границе;
ν — кинематическая вязкость жидкости;
5,1 и 0,13 — эмпирические постоянные.

Здесь динамическая длина

$$l_\nu = \frac{\nu}{v_*} \tag{15}$$

имеет смысл масштабной единицы измерения толщины потока.

Показатель преломления в теории излучения записывается в виде

$$p = \frac{\sin \theta_0}{\sin \theta_1} = \frac{\cos \gamma_0}{\sin \gamma_0} = \operatorname{ctg} \gamma_0 = \frac{u_0}{t_0}. \tag{16}$$

Он в какой-то степени характеризует гладкость границы в аналогии гидромеханики, но в непосредственном виде такой характеристики не существует. Физический смысл p более очевиден из последнего отношения в выражении (16), которое с погрешностью до нескольких процентов можно представить в виде $1/t_0$ или γ_0^{-1}. Следовательно,

$$p \approx l/\tilde{l}, \tag{17}$$

где $\tilde{l}$ — толщина пограничного слоя или поперечный полуразмер потока между границами.

Таким образом, p может быть представлен как отношение характерных линейных размеров турбулентного ядра и реального потока.

Подобно выражению (15) в рамках аналогии имеет место равенство

$$l = \frac{\int_0^{y_0} u\,dy}{t_0} = \frac{\int_0^{\gamma_0} u\,d\gamma}{t_0}, \tag{18}$$

откуда интеграл скорости падающей касательной волны (расход) приобретает смысл кинематической вязкости турбулентного ядра потока, а t_0 — характерной динамической скорости этого ядра (вместо v_*).

В теории излучения параметры l, $\tilde{l}$ и другие размеры потоков могут иметь аналоги в виде средней длины свободного пробега фотонов или вероятности выживания кванта. Они характеризуют способность среды проводить волны и обратно пропорциональны коэффициенту поглощения [1].

Отраженная волна имеет начальную отрицательную амплитуду $\overleftarrow{u}_0$, но не обладает собственным турбулентным механизмом переноса импульса ($\overleftarrow{t}_0 = 0$). Поэтому интеграл скорости этой волны практически должен равняться нулю, и, вероятно, она образует профиль тонкого ламинарного подслоя потока. Предположительно этот профиль представляет резко затухающую экспоненту $\overleftarrow{u} = \overleftarrow{u}_0 e^{-\overleftarrow{\tilde{a}}y} = \overleftarrow{u}_0 e^{-y/\overleftarrow{\tilde{l}}}$, где $\overleftarrow{a}$ и $\overleftarrow{l}$ — соответственно коэффициент поглощения и масштабная единица отраженной волны. В этом случае интеграл от $\overleftarrow{u}$ равен $\overleftarrow{u}_0 \overleftarrow{l}$.

Преломленная же волна в реальном потоке не может проходить по ту сторону твердой границы, поэтому она возвращается в пристенную область, где меняет свой знак амплитуды и складывается с волной $\overleftarrow{u}$. Тогда подобно выражениям (18) или (15) имеем

$$\tilde{l} = \frac{\int_0^{\tilde{l}} \vec{u}\,dy}{\vec{t}_0} = \frac{\int_0^{\tilde{l}} (\vec{u} + \overleftarrow{u})\,dy}{\vec{t}_0}. \tag{19}$$

Иными словами, суммарный интеграл касательной скорости полученной вторичной волны $\vec{u} + \overleftarrow{u}$ равен $\vec{l}t_0$. Легко убедиться, что этому условию удовлетворяет логарифмический профиль

$$\vec{u} + \overleftarrow{u} = \overleftarrow{u}_0 + \vec{t}_0 \ln \frac{y v_*}{\nu} = \overleftarrow{u}_0 - \vec{u}_0 + \vec{t}_0 \ln \frac{y t_0}{\nu}. \tag{20}$$

Появление в последнем выражении слагаемого $-\vec{u}_0$ равносильно замене динамической длины ν/v_* на теоретический параметр ν/t_0.

Результирующий профиль касательных скоростей в пристенном течении определяется суперпозицией первичной падающей u и вторичной волн:

$$\tilde{u} = u + \vec{u} + \overleftarrow{u} = U\cos\left(\gamma_0 - \gamma_0 \frac{\tilde{y}}{\tilde{l}}\right) + \overleftarrow{u}_0 - \vec{u}_0 + \vec{t}_0 \ln \frac{\tilde{y}t_0}{\nu}. \qquad (21)$$

Первые три слагаемых в этом выражении в сумме дают небольшую добавку к логарифмической кривой. Добавка вызвана некоторым градиентом падающей волны и с достаточной точностью может быть заменена функцией $\tilde{y}\vec{t}_0/2\tilde{l}$. Тогда окончательно имеем

$$\tilde{u} = \vec{t}_0 \ln \frac{\tilde{y}t_0}{\nu} + \frac{\tilde{y}\vec{t}_0}{2l} = \vec{t}_0 \ln \frac{\tilde{y}\vec{p}t_0}{\nu} + \frac{\tilde{y}\vec{t}_0}{2l}. \qquad (22)$$

Это выражение не содержит эмпирических величин. Первое слагаемое практически соответствует известному закону (14), но в зависимости от фазы падения γ_0 или числа Рейнольдса потока может отклоняться от него в весьма незначительном диапазоне скоростей. Добавка на градиент, представленная вторым слагаемым, делает распределение (22) несколько круче, чем обычная логарифмическая кривая. Но именно такой эффект наблюдается в опытах (Дайслер, Шубауэр и др.) и обычно учитывается эмпирической добавкой Коулза [4, 5]. Анализируя полученное уравнение, можно отметить соответствие закономерности, известной из опытов: с уменьшением числа Рейнольдса (следовательно, с увеличением γ_0 и $\vec{t}_0$) отклонение фактических скоростей от логарифмической кривой наблюдается более отчетливо. Однако требуется специальный подробный сравнительный анализ этого уравнения.

В аналоговых расчетах необходим переход от фактической максимальной $\tilde{U}$ или средней скорости $\overline{U}$ потока к аналоговой базовой скорости U. Из анализа полученных закономерностей имеем следующие связующие формулы:

$$U = \tilde{U} - \vec{u}_0 \approx \tilde{U} - 2\vec{t}_0; \qquad (23)$$

$$\tilde{U} = u_0 + \frac{\vec{t}_0}{2} + \vec{u}_0 \approx (p^2 + 2{,}5)\,\vec{t}_0; \qquad (24)$$

также известно, что

$$\overline{U} = \tilde{U} - A\vec{t}_0 = U - A\frac{v_*}{\chi}, \qquad (25)$$

где для плоских потоков $A = 1{,}0$, а для круглых труб приближенно можно принять $A = 1{,}5$. Знаки приближенного равенства допускают погрешности от 2 % при больших числах Рейнольдса до нескольких процентов, если режим приближается к ламинарному. Это часто вполне допустимо для процессов гидромеханики. Составление же точных аналоговых формул требует подстановки тригонометрических комбинаций, указанных выше.

Зависимость числа Рейнольдса и аналогового показателя преломления (или фазы падения) может быть получена подстановкой $\tilde{y} = \tilde{l}$ в формулу (22):

$$\tilde{\mathrm{Re}} = \frac{\tilde{U}\tilde{l}}{\nu} = \left(p + \frac{2{,}5}{p}\right)\exp(p^2 + 2{,}5) \qquad (26)$$

или

$$\overline{\mathrm{Re}} = \frac{\overline{U}\tilde{l}}{\nu} = \left(p + \frac{2{,}5 - A}{p}\right) \exp\left(p^2 + 2{,}5 - A\right). \qquad (27)$$

При использовании формул (10), (11), (24) и (25) получим выражение для аналогового коэффициента трения потока о границу:

$$c_f = 2\chi^2 \frac{\sin^4 \gamma_0}{\cos^2 \gamma_0} \left(\frac{p^2}{p^2 + 2{,}5 - A}\right). \qquad (28)$$

Результаты приведенного краткого анализа позволяют сделать следующие выводы.

1. Справедливость и новизна радиационно-оптической аналогии подтверждается сопоставлением теоретических результатов расчета известных гидромеханических характеристик, в том числе имеющих эмпирическую основу.

2. Ряд приведенных характеристик и закономерностей, полученных на основе комбинаций аналоговых скоростей и размеров, является далеко не полным. В подробном изложении форма профиля вторичной волны скоростей может быть доказана более строго и другими способами. Формула расчета профиля скоростей пристенного потока в качестве исходной характеристики предполагает число Рейнольдса (фазу падения) или фактическую скорость потока, что в некоторых случаях удобнее, чем использование динамической скорости.

3. Аналогия позволяет сделать попытку теоретического расчета коэффициентов трения Дарси — Вейсбаха в самом широком диапазоне чисел Рейнольдса. Допускается переход к расчету гидравлически шероховатых труб и водотоков.

4. Методика расчета коэффициентов трения может применяться для неравномерных течений вдоль твердых границ потока или плоского тела, двигающегося относительно жидкости. При этом фаза падения определяется из непосредственной геометрической схемы задачи.

5. Аналогия может использоваться в расчете турбулентного трения струй или гидродинамического следа. При этом граница потока рассматривается как жидкость тех же свойств, $\gamma_0 = \pi/4$; $p = 1$; $\overleftarrow{t}_0 = 0$; $\overleftarrow{u}_0 = 0$. Такой подход позволяет сделать попытку теоретически рассчитать коэффициент сопротивления формы тел, имеющих гидродинамический след.

6. Методика дает альтернативное объяснение механизму процессов турбулентного взаимодействия, однако требует дальнейшего углубления и критического анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Блох А. Г., Журавлев Ю. А., Рыжков Л. Н. Теплообмен излучением: Справочник.— М.: Энергоиздат, 1991.— 432 с. [2]. Гагарин П. Н. Теоретическая модель турбулентного плоского движения жидкости за гасителем течения // Лесн. журн.— 1991.— № 1.— С. 55—61.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Ландау Л. Д., Лившиц Е. М. Теоретическая физика: В 10 т. Т. 6. Гидродинамика.— М.: Наука, 1988.— 736 с. [4]. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа.— М.: Наука, 1970.— 904 с. [5]. Ньюмен Дж. Н. Морская гидродинамика / Пер. с англ.— Л.: Судостроение. 1985.— 368 с. [6]. Савельев И. В. Курс общей физики: В 3 т. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.— М.: Наука, 1978.— 480 с.

Поступила 3 октября 1994 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.053

Ю. М. СТАХИЕВ, Н. А. ЛАРИОНОВ
ЦНИИМОД

Стахиев 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.

ИЗМЕРЕНИЕ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КРУГЛЫХ ПИЛ

Приведены результаты экспериментального исследования разработанного ЦНИИМОДом прибора ПЧД-2 для определения частот собственных колебаний круглых пил.

The results of experimental tests of the device PCHD-2 designed by the Central Research Institute of Mechanical Technology of Wood for measuring the circular saws own oscillations frequences.

Круглопильные станки составляют 30...40 % парка машин для обработки сырья на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях. Повышение надежности работы станков оказывает существенное влияние на экономические показатели работы предприятий.

В ЦНИИМОДе разработан защищенный авторским свидетельством прибор ПЧД-2 для измерения частот собственных колебаний круглой пилы по формам с двумя и тремя узловыми диаметрами. Описание прибора приведено в работе [1, рис. 4.29].

Прибор имеет следующие технические характеристики:

Диаметр пил, мм	315...800
Толщина пил, мм	1,8...3,6
Диаметр фланцев, мм	100; 125; 160
Пределы измерений частоты, Гц	20...400
Число узловых диаметров	2; 3
Потребляемая мощность, В · А	до 100
Габаритные размеры, мм	800 × 480 × 240
Масса, кг	47

Возможные пользователи прибора ПЧД-2.

1. Заводы-изготовители пил — контроль однородности выпускаемых пил, имеющих одни и те же геометрические размеры по напряженному состоянию (натяжению) диска; определение максимально допустимых частот вращения пил и использование этих данных при маркировке диска; промежуточный контроль напряженного состояния диска при совершенствовании технологического процесса изготовления пил.

2. Централизованные инструментальные цеха (участки), осуществляющие сервисное обслуживание лесопильно-деревообрабатывающих предприятий — входной контроль напряженного состояния (натяжения) пил, поступающих с завода-изготовителя; текущий контроль напряженного состояния пил, проходящих сервисную переподготовку; обучение пилоправов, проводящих правку и проковку (вальцевание) круглых пил.

3. Лесопильно-деревообрабатывающие предприятия — контроль напряженного состояния (натяжения) пил преимущественно больших диаметров и пониженных толщин, когда имеет место приближение рабочих частот вращения пильного вала станка к максимально допустимым частотам вращения пил и возникает опасность потери работоспособности диска пилы.

4. Институты, техникумы, школы лесотехнического профиля — подготовка инженерных и рабочих кадров инструментальщиков.

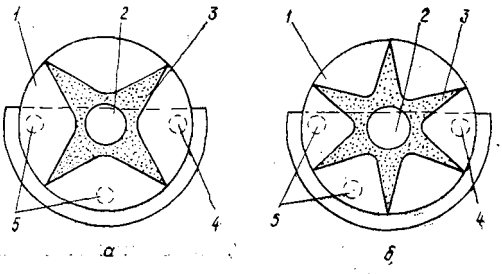
Для оценки технических возможностей прибора ПЧД-2 нами проведено несколько серий опытов на партии (9 шт.) новых пил с прокованным диском, изготовленных АП «Сталь».

В первой серии опытов определяли ориентацию возбуждаемых форм колебаний относительно системы вибраторов. Для этого пилу зажимали на шпинделе стенда прибора с помощью фланцев. Вибраторы и датчики устанавливали против периферийной зоны пилы. В пиле поочередно возбуждали колебания по формам с двумя и тремя узловыми диаметрами. Для определения форм колебаний диск пилы сверху посыпали материалом в виде зерен и фиксировали расположение фигур Хладни. Было установлено, что у всех подвергнутых испытанию пил положение фигур Хладни относительно вибраторов сохранялось неизменным и соответствовало изображенным на рисунке.

Во второй серии опытов определяли минимально и максимально возможные величины зазоров между верхними поверхностями вибраторов, датчиком колебаний и диском пилы. В исходном состоянии вибраторы и датчик расположены на одном уровне (на расстоянии 5 мм от диска пилы) против периферийной зоны пилы (образующая вибратора и датчика касалась окружности впадин зубьев). В ходе эксперимента зазоры между диском и вибраторами, диском и датчиком уменьшались с градацией 0,2 мм, и возбуждались колебания. Начало возбуждения колебаний определяло величину максимально возможного зазора, а появление ударов колеблющегося диска о вибраторы — минимально возможного зазора.

Значения минимально (числитель) и максимально (знаменатель) возможных зазоров с учетом принятых критериев оценки, размеров и состояния пил приведены в табл. 1.

Следует отметить, что зазоры между диском пилы и каждым из двух вибраторов измеряли с помощью щупов. Поскольку пилы не были идеально плоскими, то величины зазоров при одной установке были



Расположение на диске пилы фигур Хладни при возбуждении с помощью прибора ПЧД-2 колебаний с двумя *(а)* и тремя *(б)* узловыми диаметрами: *1* — пила; *2* — зажимной фланец; *3* — фигура Хладни; *4* — датчик колебаний; *5* — вибраторы

Таблица 1

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	Число зубьев, шт.	Диаметр фланцев, мм	Торцовое биение пилы, мм	Зазор между пилой и вибратором, мм, при числе узловых диаметров		Изгибная жесткость пилы, Н/мм
					2	3	
315	2,0	48	100	0,22	Контрольные опыты		66
360	2,2	48	100	0,36	То же		52
400	2,5	36	125	0,48	»		78
450	2,2	48	125	0,44	0,5/2,0	0,4/1,4	37
500	2,5	48	125	0,44	0,5/3,8	0,4/3,0	40
560	2,5	48	160	0,85	0,5/2,4	0,6/1,9	36
630	2,8	60	160	0,70	1,0/4,5	0,6/4,5	35
710	2,8	120*	160	0,38	1,8/3,5	1,6/4,1	25
800	3,2	60	160	2,13	1,0/3,4	0,6/4,4	27

* Пила с зубьями для поперечной распиловки, остальные — для продольной.

различными. Приведенные в табл. 1 данные представляют средние арифметические значения измерений для двух вибраторов. Отклонение пил от плоскостности, очевидно, могло существенно влиять на возбуждение в них колебаний. Поскольку при переходе от возбуждения колебаний по форме с двумя узловыми диаметрами к трем изменялось расположение вибраторов при сохранении положения пилы, то отклонение от плоскостности могло проявляться по-разному.

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что при принятых в опытах толщинах пил диаметром 450 ... 800 мм и их фактической плоскостности минимальная величина зазора составляет 0,4 ... 1,8 мм, а максимальная — 1,4 ... 4,5 мм. Поэтому в приборе ПЧД-2 настройку зазора необходимо начинать с величины порядка 1,5 мм. Следует также обратить внимание на необходимость повышения надежности работы прибора ПЧД-2 при возбуждении колебаний в пилах диаметром 315 ... 400 мм. (Имели место случаи перехода от возбуждения с одной формой колебаний к другой.)

В третьей серии опытов производили сравнительную оценку результатов измерений частот собственных колебаний пил на приборе ПЧД-2 и экспериментальном стенде ЦНИИМОДа [2, рис. 4.7]. При использовании прибора ПЧД-2 к нему подключали цифровой частотомер 43-57. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Диаметр пилы, мм	Толщина пилы, мм	Диаметр фланцев, мм	Отношение диаметра фланцев к диаметру пилы	Частота* собственных колебаний, Гц, при числе узловых диаметров	
				2	3
315	2,0	100	0,32	149/143	242/234
360	2,2	100	0,28	167/164	291/290
400	2,5	125	0,31	156/153	258/257
450	2,2	125	0,28	81/78	141/137
500	2,5	125	0,25	84/83	151/149
560	2,5	160	0,28	78/76	134/134
630	2,8	160	0,25	58/57	105/105
710	2,8	160	0,22	42/42	78/78
800	3,2	160	0,20	39/39	72/72

* В числителе приведены данные, полученные на приборе ПЧД-2, в знаменателе — на экспериментальном стенде.

Как видно из табл. 2, расхождение между данными, полученными на приборе ПЧД-2 и специальном стенде, не превышает 4 %.

В четвертой серии опытов исследовали влияние положения вибраторов по радиусу на работу прибора ПЧД-2. Опыты проводили с использованием пил диаметром 500...800 мм. Вибраторы сначала были установлены в положение против периферийной зоны пилы (относительный радиус 0,70...0,80), а затем были сдвинуты в положения с относительными радиусами 0,61...0,67 и 0,50...0,56. Относительный радиус определяли как отношение радиуса окружности, проходящей через центры вибраторов, к радиусу пилы.

Установлено, что у пил диаметром 500...800 мм удается возбудить колебания по формам с двумя и тремя узловыми диаметрами при смещении вибраторов до окружности с относительным радиусом 0,50...0,56. Чем ближе вибраторы расположены к периферийной зоне пилы, тем легче возбудить колебания.

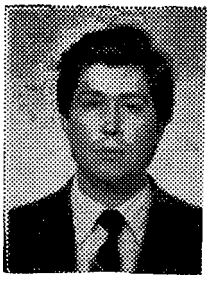
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Стахиев Ю. М. Работоспособность плоских круглых пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.— 384 с. [2]. Стахиев Ю. М. Устойчивость и колебания плоских круглых пил.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 296 с.

Поступила 13 сентября 1994 г.

УДК 674.093

А. Е. АЛЕКСЕЕВ



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 более 70 научных трудов в области базирования при производстве пиломатериалов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ХАРАКТЕР ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БРУСЬЕВ

Рассмотрен вопрос эффективного раскроя бревен на пиломатериалы стандартных размеров исходя из условия деформируемости продольной оси в прямоугольной системе координат, вызванной влиянием основных технологических факторов процесса формообразования пиломатериалов.

The problem of efficient log cutting to dimension lumber subject to the terms of deformity of longitudinal axis in the rectangular system of coordinates affected by the basic technological factors of lumber formation process has been considered.

Механические свойства древесины определяют ее расход на изготовление изделий и конструкций и варьируются в широких пределах. Разработка таких способов раскроя бревен позволяет получать пиломатериалы с заданными или известными показателями деформируемо-

сти и создает предпосылки для более рационального применения древесины.

В условиях массового производства пиломатериалов нами предложен новый подход к решению этой проблемы. Он предполагает, во-первых, использование рациональных схем подсортировки пиловочного сырья на размерные группы в зависимости от диаметра вершинного торца и дробности сортирования, во-вторых, выбор рациональных способов ориентации и плана раскроя бревен и брусьев.

Ограничение способности пиломатериалов к деформированию средствами технологии позволит повысить качество продукции из древесины при обоснованном выборе условий их формообразования с применением более дешевой, чем силовая, системы сортировки готовой пилопродукции.

Результаты ранее выполненных работ [2, 3] показывают, что на деформированное состояние брусьев после обработки бревна влияют три основных фактора:

X_1 — отношение толщины удаляемого слоя древесины Δh к толщине H получаемого предмета обработки (ПО), т. е. $X_1 = \Delta h/H$;

X_2 — угол охвата (раствор) направляющих представляет собой зависимость относительного смещения центров торцов бревна в системе координат и описывает образующие торцов по периметрам;

X_3 — показатель формы поперечного сечения ПО, выраженный отношением ширины технологической базы a к радиусу исходного бревна R, т. е. $X_3 = a/R$.

Анализ влияния X_1 и X_3 на деформируемость брусьев приведен в [4, 5]. Материалы работы [1] дают основание полагать, что изменение ориентации бревна перед механической обработкой (фактор X_2) не сказывается существенно на перераспределении в брусе внутренних напряжений, вызывающих его искривление.

Совокупное влияние трех переменных факторов на характер деформированного состояния бруса оценивали теми же методами, как в предыдущих работах [2—5]. В качестве параметра оптимизации выбрана местная логарифмическая деформация в осевой зоне предмета обработки, выраженная площадями координатной ячейки на комлевом торце бревна в начале и конце эксперимента. Эта величина отвечает всем требованиям, предъявляемым к параметру оптимизации, так как является количественной, однозначной и статически определимой. Параметр оптимизации ψ является функцией факторов X_1, X_2, X_3:

$$\psi = f(X_1, X_2, X_3). \quad (1)$$

Нижний предел фактора X_1 зависит от параметров постава, верхний — от возможности соблюдения условий определенности базирования, т. е. предназначения технологической базы (установочная или направляющая и др.). В долях диаметра бревна диапазон изменения фактора X_1 составляет $0{,}075 \pm 0{,}025$.

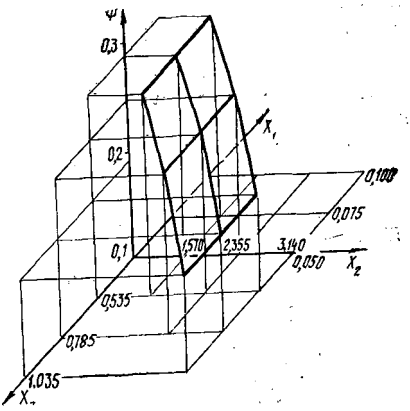
Пределы изменения фактора X_2 обусловлены ориентацией. Угол раствора направляющих при ориентации по образующей варьируется от $\pi/2$ до π, т. е. $X_2 = (2{,}355 \pm 0{,}785)$ рад.

Нижний предел фактора X_3 определяется отсутствием обработки, верхний — максимальным приближением; в долях диаметра бревна имеем $X_3 = 0{,}785 \pm 0{,}250$. Значение факторов X_1, X_2, X_3 и уровни их варьирования приведены в таблице.

Результатом реализации многофакторного эксперимента служит функция отклика, выраженная линейной моделью в виде полинома первой степени:

$$\psi = 0{,}402 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3, \quad (2)$$

Фактор	Значение фактора при уровне варьирования		
	−1	0	+1
X_1	0,050	0,075	0,100
X_2	1,570	2,355	3,140
X_3	0,535	0,785	1,035



Изменение логарифмического коэффициента деформации в зависимости от основных технологических факторов

где b_1, b_2, b_3 — коэффициенты регрессии.

Графическая форма интерпретации результатов анализа уравнения (2) приведена на рисунке.

Ранжирование коэффициентов при факторах $X_1 - X_3$ показывает бóльшее влияние фактора X_3 ($b_3 = -0{,}148$) на изменение выходной величины. Анализ значимости коэффициентов при переменных факторах $X_1 - X_3$ свидетельствует о том, что с увеличением X_1 повышается величина отклика ($b_1 = 0{,}025$). Изменение факторов X_2 и X_3 способствует снижению выходной величины (соответственно $b_2 = -0{,}020$ и $b_3 = -0{,}148$).

Выполненный статистический анализ показывает значимость коэффициента только при факторе X_3, что позволяет отбросить незначимые члены уравнения регрессии и заменить его интерполяционной формулой

$$\psi = 0{,}402 - 0{,}148X_3. \qquad (3)$$

Величина логарифмического коэффициента деформации (3) составляет диапазон, определяющий соответствие наибольшего значения местной деформации нижнему пределу интервала варьирования показателя формы поперечного сечения бруса. Доля фактора X_3 в изменении ψ (для принятого диапазона изменения X_3) составляет следующий ряд: 0,07918; 0,11618; 0,15318. Значение функции ψ при этих условиях соответственно равно 0,32282; 0,28582; 0,24882. Физическая сущность установленной связи, по-видимому, может быть объяснена на основе физико-механической теории древесины. С увеличением ширины открытой пласти уменьшается толщина бруса и повышается адсорбция влаги с его поверхности. При неравномерном снижении влажности на поверхности и наличии анизотропии свойств древесины по трем координатным плоскостям могут происходить нежелательные перераспределения напряжений, вызывающие изменение формы предмета труда.

В практическом плане установленная механика воздействия основных технологических факторов на характер деформационного состояния пилопродукции позволяет сформулировать некоторые требования к выполнению операций процесса формообразования пиломатериалов на стадии формирования их сечений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Алексеев А. Е. Влияние способа ориентации бревен перед раскроем на характер деформированного состояния бруса: Тез. докл. науч.-техн. конф., 21—25 сент. 1992 г.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1992.— С. 7—8. [2]. Алексеев А. Е. О построении процесса производства пилопродукции с учетом способности древесины к деформированию // Лесн. журн.— 1994.— № 2.— С. 74—78.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Алексеев А. Е. Ограничение способности пилопродукции к деформированию // Лесн. журн.— 1994.— № 3.— С. 47—51.— (Изв. высш. учеб. заведений) [4]. Алексеев А. Е. Влияние глубины обработки на характер деформированного состояния брусьев // Лесн. журн.— 1994.— № 5—6.— С. 23—26.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Алексеев А. Е. Влияние ширины сформированной пласти на характер деформированного состояния брусьев // Лесн. журн.— 1994.— № 5—6.— С. 20—23.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 16 ноября 1994 г

УДК 539.4 : 674.815

Ю. Ф. ЧЕРНЫШЕВ

Красноярский государственный технический университет

НАПРЯЖЕНИЯ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЕРЕВЯННОЙ ВТУЛКИ ПОДШИПНИКА ПРИ СТАЦИОНАРНОМ НЕРАВНОМЕРНОМ НАГРЕВЕ

Рассмотрена осесимметричная задача определения напряженно-деформированного состояния деревянного вкладыша подшипника скольжения при его неравномерном стационарном нагреве. Выведены формулы радиальных перемещений и главных напряжений в радиальном, тангенциальном и осевом направлениях.

An axisymmetric problem of determining stressed-strained condition of wooden bushing of sliding bearing at its non-uniform stationary heating equations has been considered. The formulas of radial displacements and main stresses in radial tangential and axial direclions are derived.

В узлах трения машин и механизмов все чаще применяют неметаллические материалы. Они дают возможность не только заменять дефицитные и дорогостоящие цветные металлы, но и по-новому решать ряд технических вопросов, направленных на повышение надежности работы и срока службы машин и механизмов. Одним из таких материалов является уплотненная модифицированная древесина. Модификация древесины позволяет резко увеличить ее влаго- и водостойкость, стабильность размеров, а также уменьшить анизотропию путем увеличения прочности в направлениях, не совпадающих с направлением волокон [1]. Химическая (полимерами) и радиационно-химическая модификация может значительно уменьшить анизотропию, не изменяя структуру древесины и увеличивая показатели ее механических свойств. Для такой древесины можно применить расчетную схему поперечно (трансверсально) изотропного или трансторопного материала.

Еще более снижается анизотропия древесины при пропитке расплавленным металлом (легкоплавкими сплавами на основе олова или свинца) [2, 7]. В этом случае можно принять расчетную схему изотропного материала.

В работе рассмотрена осесимметричная задача определения напряженно-деформированного состояния деревянного вкладыша (втулки) подшипника скольжения, запрессованного в металлическую обойму, при стационарном неравномерном нагреве.

Вкладыш подшипника можно представить как длинный толстостенный цилиндр, температура которого постоянна по длине, но изменяется по толщине стенки:

$$T = T(r),$$

где T — разность температур внутренней t_1 и наружной (внешней) t_2 поверхностей цилиндра, $T = t_1 - t_2$;

r — текущий радиус цилиндра.

Если поток тепла является установившимся, то при $t_2 = 0$ и $t_1 = T$ зависимость T от радиуса r можно выразить наиболее простым и часто применяемым в технических расчетах линейным законом [4]:

$$T_{(r)} = T\frac{r_2 - r}{r_2 - r_1}, \qquad (1)$$

где r_1 и r_2 — соответственно внутренний и наружный радиусы цилиндра.

Для удобства дальнейших выкладок уравнение (1) представим в виде

$$T_{(r)} = C + fr,$$

где C — начальная ордината;

f — угловой коэффициент.

Модуль упругости E и коэффициент поперечной деформации μ модифицированной расплавленным металлом уплотненной древесины считаем величинами постоянными, не зависящими от температуры.

Коэффициент термического расширения зависит от радиуса:

$$\alpha = C_1 + f_1 r,$$

где C_1 и f_1 — начальная ордината и угловой коэффициент уравнения.

Расчет неравномерно нагретого толстостенного цилиндра с непрерывно изменяющимся по радиусу в зависимости от температуры величинами E, μ и α рассмотрен в работах [3, 5]. Впервые подобная задача была решена графически С. Д. Пономаревым [5]. Затем Н. Н. Малинин [3] предложил аналитическое решение, в котором цилиндр расчленяли на ряд трубок. В каждой трубке E, μ и α при растяжении и сжатии принимали постоянными. За счет ступенчатого изменения этих величин на границе трубок имеют место разрывы в производной радиального перемещения и в зависимости тангенциального напряжения от радиуса толстостенного цилиндра. Это решение задачи является приближенным и трудно выполнимо из-за громоздких формул.

В связи с постоянством температуры по длине цилиндра можно считать, что поперечные сечения, лежащие на достаточном расстоянии от концов цилиндра, остаются плоскими, и деформация в осевом направлении ε_z является постоянной величиной ($\varepsilon_z = \text{const}$) [6].

Влияние температуры можно учесть, если к деформациям, обусловленным напряжением, добавить равномерное температурное расширение $\Delta\varepsilon = \alpha T$. Тогда для относительных деформаций в радиальном ε_r, тангенциальном ε_Θ и осевом направлениях ε_z в соответствии с обобщенным законом Гука [4] получим

$$\begin{aligned}
\varepsilon_r &= \frac{1}{E}\left[\sigma_r - \mu\sigma_\Theta - \mu\sigma_z\right] + \alpha T \neq \text{const};\\
\varepsilon_\Theta &= \frac{1}{E}\left[\sigma_\Theta - \mu\sigma_r - \mu\sigma_z\right] + \alpha T \neq \text{const}; \qquad (2)\\
\varepsilon_z &= \frac{1}{E}\left[\sigma_z - \mu\sigma_r - \mu\sigma_\Theta\right] + \alpha T = \text{const}.
\end{aligned}$$

Отсюда найдем радиальное σ_r, тангенциальное σ_θ и осевое σ_z напряжения:

$$\sigma_r = \frac{E}{(1+\mu)(1-2\mu)}\left[(1-\mu)\varepsilon_r + \mu\varepsilon_z + \mu\varepsilon_\theta - (1+\mu)\alpha T\right];$$

$$\sigma_\theta = \frac{E}{(1+\mu)(1-2\mu)}\left[(1-\mu)\varepsilon_\theta + \mu\varepsilon_r + \mu\varepsilon_z - (1+\mu)\alpha T\right]; \qquad (3)$$

$$\sigma_z = \frac{E}{(1+\mu)(1-2\mu)}\left[(1-\mu)\varepsilon_z + \mu\sigma_r + \mu\sigma_\theta - (1+\mu)\alpha T\right].$$

Выразим в этих формулах относительные деформации ε через радиальные перемещения u, т. е. $\varepsilon_r = du/dr$ и $\varepsilon_\theta = u/r$, и подставим выражения для σ_r и σ_θ в уравнение равновесия

$$r\frac{d\sigma_r}{dr} + \sigma_r - \sigma_\theta = 0.$$

Получим следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^2u}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{du}{dr} - \frac{u}{r^2} = \frac{1+\mu}{1-\mu}\left[\frac{d\alpha}{dr}T + \frac{dT}{dr}\alpha\right].$$

Подставим сюда

$$T = C + fr; \quad \alpha = C_1 + f_1 r.$$

Тогда

$$\frac{d^2u}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{du}{dr} - \frac{u}{r^2} = \frac{1+\mu}{1-\mu}[K + Pr]$$

или

$$\frac{d}{dr}\left[\frac{1}{r}\frac{d(ur)}{dr}\right] = \frac{1+\mu}{1-\mu}[K + Pr],$$

где $K = fC_1 + f_1 C$; $P = 2ff_1$.

Проинтегрируем это уравнение последовательно по r:

$$\frac{1}{r}\frac{d(ur)}{dr} = \frac{1+\mu}{1-\mu}\left(Kr + P\frac{r^2}{2}\right) + A;$$

$$ur = \frac{1+\mu}{1-\mu}\left(K\frac{r^3}{3} + P\frac{r^4}{8}\right) + A\frac{r^2}{2} + B,$$

где A и B — постоянные интегрирования.

Отсюда

$$u = \frac{1+\mu}{1-\mu}\left(K\frac{r^2}{3} + P\frac{r^3}{8}\right) + A\frac{r}{2} + \frac{B}{r}. \qquad (4)$$

Постоянные A и B определены из условия $(\sigma_r)_{r=a} = 0$ и $(\sigma_r)_{r=b} = 0$ (где $r_1 = a$ и $r_2 = b$).

Преобразовав, получим

$$A = 2\left[\frac{(L-N)b^2}{b^2-a^2} - L\right]; \qquad B = \frac{(L-N)a^2b^2}{(b^2-a^2)(1-2\mu)}. \qquad (5)$$

Здесь

$$L = (1+\mu)\left(\frac{2Ka}{3} + \frac{3Pa^2}{8}\right) + \frac{\mu(1+\mu)}{1-\mu} \times$$
$$\times\left(\frac{Ka}{3} + \frac{Pa^2}{8}\right) + (1+\mu)\left(CC_1 + Ka + P\frac{a^2}{2}\right); \qquad (6)$$

$$N = (1+\mu)\left(\frac{2Kb}{3} + \frac{3Pb^2}{8}\right) + \frac{\mu(1+\mu)}{1-\mu} \times$$
$$\times\left(\frac{Kb}{3} + \frac{Pb^2}{8}\right) + (1+\mu)\left(CC_1 + Kb + P\frac{b^2}{2}\right). \qquad (7)$$

Использовав уравнения (4) и (6), найдем относительную радиальную и тангенциальную деформацию:

$$\varepsilon_r = \frac{du}{dr} = \frac{1+\mu}{1-\mu}\left(\frac{2Kr}{3} + \frac{3Pr^2}{8}\right) + \frac{A}{2} - \frac{B}{r^2}; \qquad (8)$$

$$\varepsilon_\Theta = \frac{u}{r} = \frac{1+\mu}{1-\mu}\left(\frac{Kr}{3} + \frac{Pr^2}{8}\right) + \frac{A}{2} + \frac{B}{r^2}. \qquad (9)$$

Подставив уравнения (8), (9) в (3), получим

$$\sigma_r = \frac{E}{(1+\mu)(1-2\mu)}\left\{(1+\mu)\left[\frac{2Kr}{3} + \frac{3Pr^2}{8} + \frac{\mu}{1-\mu}\left(\frac{Kr}{3} + \frac{Pr^2}{8}\right) - \right.\right.$$
$$\left.\left. - \left(CC_1 + Kr + \frac{Pr^2}{2}\right)\right] + \frac{(L-N)\,b^2}{b^2-a^2}\left(1 - \frac{a^2}{r^2}\right) - L\right\}; \qquad (10)$$

$$\sigma_\Theta = \frac{E}{(1+\mu)(1-2\mu)}\left\{(1+\mu)\left[\frac{Kr}{3} + \frac{Pr^2}{8} - \frac{\mu}{1-\mu}\left(\frac{2Kr}{3} + \frac{3Pr^2}{8}\right) - \right.\right.$$
$$\left.\left. - \left(CC_1 + Kr + \frac{Pr^2}{2}\right)\right] + \frac{(L-N)\,b^2}{b^2-a^2}\left(1 + \frac{a^2}{r^2}\right) - L\right\}; \qquad (11)$$

$$\sigma_z = \frac{E}{(1+\mu)(1-2\mu)}\left[\frac{(1+\mu)\mu}{1-\mu}\left(Kr + \frac{Pr^2}{2}\right) - (1+\mu)\left(CC_1 + Kr + \right.\right.$$
$$\left.\left. + \frac{Pr^2}{2}\right) + \left(\frac{(L-N)\,2\mu b^2}{b^2-a^2} - 2\mu L\right)\right]. \qquad (12)$$

Для вывода формулы радиальных перемещений толстостенного цилиндра при неравномерном нагреве необходимо подставить постоянные интегрирования A и B из уравнения (6) в (4):

$$u = \frac{1+\mu}{1-\mu}\left(\frac{Kr^2}{3} + \frac{Pr^3}{8}\right) + \frac{L-N}{1-S^2}\left[r - \frac{L(1-S^2)}{L-N}r + \frac{a^2}{(1-2\mu)\,r}\right], \qquad (13)$$

где $S = a/b$.

Таким образом, в статье найдена зависимость для определения радиальных перемещений, относительных радиальных и тангенциальных деформаций и главных напряжений в радиальном, тангенциальном и осевом направлениях, возникающих при неравномерном нагреве деревянного вкладыша подшипника скольжения.

Эти формулы позволяют более точно оценить напряженно-деформированное состояние деревянного подшипника при прочностном расчете и выборе оптимального зазора между валом и втулкой подшипника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Ашкеназ и Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов.— М.; Лесн. пром-сть, 1978.— 224 с. [2]. Гнусов Ю. В., Мовнин М. С., Берзиньш Г. В. Модификация прессованной древесины расплавленными металлами // Модифицированная древесина и исследование ее свойств: Науч. тр.— Л.: ЛТА, 1968.— № 123.— С. 102—110. [3]. Малинин Н. Н. Расчет неравномерно нагретых толстостенных труб // Расчеты на прочность элементов машиностроительных конструкций: Научно-техн. сб. МВТУ.— М.: Машгиз, 1955.— Вып. 31.— С. 46—61. [4]. Писаренко Г. С. Сопротивление материалов.— Киев: Выща шк., 1979.— 694 с. [5]. Пономарев С. Д. Графический расчет на прочность толстостенных труб с учетом их осесимметричного нагрева // Вестник инженеров и техников.— 1952.— № 1.— С. 14—17. [6]. Пономарев С. Д. Расчеты на прочность в машиностроении. Т. II.— М.: Машгиз, 1958.— 974 с. [7]. Чубов Н. И. Металлизированная прессованная древесина.— Воронеж: ВГУ, 1975.— 136 с.

Поступила 29 сентября 1994 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

УДК 539.4 : 674.815

Ю. Ф. ЧЕРНЫШЕВ, Н. И. ОСТРОУХОВА

Красноярский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ НА НАПРЯЖЕНИЯ В ДЕРЕВЯННОЙ ВТУЛКЕ

Рассмотрена задача нахождения напряжений в деревянной осесимметричной втулке, испытывающей внешнее и внутреннее давление. Определены пределы применимости гипотезы об изотропности материала втулки.

The problem of calculating stresses in axisymmetric bushing suffering both internal and external pressure has been considered. The applicability range of bushing material isotropy's hypothesis is determined.

Для древесины всех пород характерна сильно выраженная анизотропия. Модули упругости древесины для направлений вдоль и поперек волокон у некоторых пород различаются по величине более чем в 30 раз, а пределы прочности — в 40 раз.

Анизотропны и производные древесные материалы — фанера, различные древесные слоистые пластики (ДСП-Б, ДСП-В), прессованная и модифицированная древесина всех видов. Однако ее механические свойства недостаточно освещены в литературе по сравнению со стеклопластиками [1].

При изучении напряженно-деформированного состояния изделий из древесины большинство исследователей со времени опубликования работ Савара (1830 г.) и Сен-Венана (1856 г.) предписывают ей схему ортогональной анизотропии по аналогии с кристаллами кубической системы.

Химическая (полимерами) и радиационно-химическая модификации позволяют резко увеличить влаго- и водостойкость, стабильность размеров, а также уменьшить анизотропию древесины путем увеличения ее прочности и уменьшения деформативности в направлениях, не совпадающих с направлением волокон. В результате чего древесине можно предписать расчетную схему поперечно (трансверсально) изотропного или транстропного материала.

Снижение анизотропии достигается при ее пропитке расплавленными металлами (легкоплавкие сплавы на основе олова или свинца) [3, 8]. В этом случае можно принять расчетную схему изотропного материала.

Ряд исследователей [4, 6, 9] при определении технологических и температурно-влажностных напряжений и перемещений в деревянных втулках подшипников скольжения считают возможным делать предположение об изотропности материала втулки.

Принятие гипотезы об изотропности материала толстостенной деревянной втулки значительно упрощает расчет ее напряженно-деформированного состояния и в некоторых случаях бывает оправданным, так как дает незначительную ошибку. Ошибка, в основном, зависит от

коэффициента анизотропии втулки $K = \sqrt{E_\theta/E_r}$ и ее относительного геометрического размера $\alpha = r_2/r_1$. Здесь E_θ, E_r — модули упругости в тангенциальном и радиальном направлениях; r_2, r_1 — внутренний и внешний радиусы втулки.

Цель данной работы — установить пределы применимости гипотезы изотропности для втулок подшипников из древесных материалов.

Нами рассмотрена осесимметричная ортотропная деревянная втулка, загруженная сначала внешним, а затем внутренним давлением. Общее решение этой задачи было получено в работах [2, 5].

Поскольку преобладающую роль в создании напряженно-деформированного состояния толстостенной втулки играют тангенциальные напряжения, ограничимся анализом этих напряжений.

Представим формулу тангенциальных напряжений для толстостенной ортотропной втулки в общем случае загружения [2, 5]:

$$\sigma_\theta = K\frac{P_2 r_1^{-(K+1)} - P_1 r_2^{-(K+1)}}{r_1^{K-1} r_2^{-(K+1)} - r_1^{-(K+1)} r_2^{K-1}} r^{K-1} - K\frac{P_1 r_2^{K-1} - P_2 r_1^{K-1}}{r_1^{K-1} r_2^{-(K+1)} - r_1^{-(K+1)} r_2^{K-1}} r^{-(K+1)}. \quad (1)$$

Здесь P_1, P_2 — соответственно внешнее и внутреннее давления на втулку;

r — текущий радиус.

Для определения технологических и температурно-влажностных напряжений и перемещений в анизотропной втулке подшипника рассмотрим частные случаи общего решения (1).

Втулка нагружена внешним давлением. В этом случае $P_1 = P$, $P_2 = 0$. Выражение (1) примет вид

$$\sigma_\theta = \frac{K\left[r_2^{-(K+1)} r^{K-1} + r_2^{K-1} r^{-(K+1)}\right]}{r_1^{K-1} r_2^{-(K+1)} - r_1^{-(K+1)} r_2^{K-1}}(-P). \quad (2)$$

Определим напряжение в точках, расположенных у внешней поверхности втулки, для чего в формулу (2) подставим $r = r_1$ и вынесем за скобки первое слагаемое числителя и знаменателя:

$$\sigma_\theta = \frac{r_1^{K-1} r_2^{-(K+1)} K\left[1 + r_1^{-K-1-K+1} r_2^{K-1+K+1}\right]}{r_1^{K-1} r_2^{-(K+1)}\left[1 - r_1^{-K-1-K+1} r_2^{K-1+K+1}\right]}(-P).$$

После сокращения и введения величины $\alpha = r_2/r_1$ получим тангенциальное напряжение на внешнем волокне втулки

$$\sigma_\theta = \frac{K(1+\alpha^{2K})}{1-\alpha^{2K}}(-P). \quad (3)$$

Затем определим напряжения в точках у внутренней поверхности втулки. Подставив в (2) $r = r_2$ и вынеся за скобки первое слагаемое знаменателя, будем иметь

$$\sigma_\theta = \frac{2Kr_2^{-2}}{r_1^{K-1} r_2^{-(K+1)}\left[1 - r_1^{-2K} r_2^{2K}\right]}(-P).$$

После введения величины α получим тангенциальное напряжение на внутреннем волокне ортотропной втулки

$$\sigma_\theta = \frac{2K\alpha^{K-1}}{1-\alpha^{2K}}(-P). \quad (4)$$

Подставив в формулы (3), (4) величину $K = 1$, вычислим тангенциальные напряжения в изотропной втулке:
на внешнем волокне

$$\sigma_\theta = \frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2}(-P); \tag{5}$$

на внутреннем волокне

$$\sigma_\theta = \frac{2}{1-\alpha^2}(-P). \tag{6}$$

Такие же величины тангенциальных напряжений на внешнем и внутреннем волокнах толстостенной изотропной втулки при действии на нее внешнего давления приведены в работе [7].

Втулка нагружена внутренним давлением. В этом случае $P_2 = P$, $P_1 = 0$. Формула (1) примет вид

$$\sigma_\theta = K\frac{r_1^{K-1}r^{-(K+1)} + r_1^{-(K+1)}r^{K-1}}{r_1^{K-1}r_2^{-(K+1)} - r_1^{-(K+1)}r_2^{K-1}}(P). \tag{7}$$

Определим напряжения в точках, расположенных у внешней поверхности втулки, для чего в (7) подставим $r = r_1$ и вынесем за скобки первое слагаемое в знаменателе. Тангенциальное напряжение на внешнем волокне ортотропной втулки

$$\sigma_\theta = \frac{2K\alpha^{K+1}}{1-\alpha^{2K}}(P). \tag{8}$$

При определении напряжения в точках, расположенных у внутренней поверхности втулки, подставим в (7) $r = r_2$ и вынесем за скобки первое слагаемое числителя и знаменателя. После введения величины α тангенциальное напряжение на внутреннем волокне ортотропной втулки

$$\sigma_\theta = \frac{K(1+\alpha^{2K})}{1-\alpha^{2K}}(P). \tag{9}$$

Подставив в формулы (8), (9) величину $K = 1$, получим напряжения в изотропной втулке:
на внешнем волокне

$$\sigma_\theta = \frac{2\alpha^2}{1-\alpha^2}(P); \tag{10}$$

на внутреннем волокне

$$\sigma_\theta = \frac{1+\alpha^2}{1-\alpha^2}(P). \tag{11}$$

Аналогичные формулы напряжений приведены в [7].

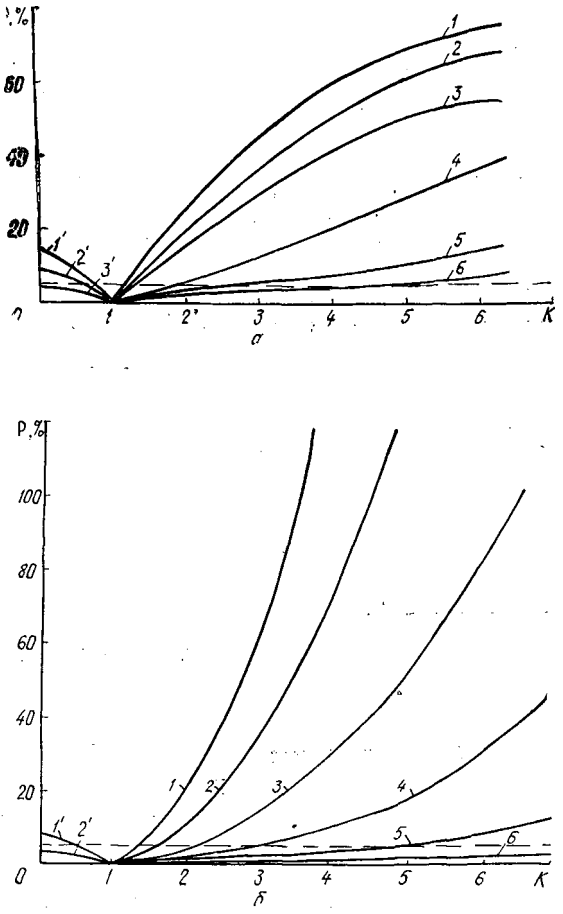
Тангенциальные напряжения на внешнем волокне втулки при действии внешнего давления (3) и напряжения на внутреннем волокне втулки при действии внутреннего давления (9) равны по величине и обратны по знаку. В дальнейшем такие напряжения будем обозначать σ_1. Им соответствуют напряжения (5), (11) на внешнем и внутреннем волокнах при действии на изотропную втулку соответственно внешнего и внутреннего давлений. Напряжения (5) и (11) также равны и обратны по знаку.

Тангенциальные напряжения на внутреннем волокне ортотропной втулки при действии внешнего давления (4) обозначим σ_{11}. Соответствующие им тангенциальные напряжения изотропной втулки определим по формуле (6).

Напряжения на внешнем волокне ортотропной втулки при действии внутреннего давления обозначим σ_{III}. Соответствующие им тангенциальные напряжения изотропной втулки найдем по формулам (10).

Для сравнительной оценки были определены σ_I, σ_{II}, σ_{III} и эти же напряжения при $K = 1$, а также найдено процентное расхождение (Р) между ними при изменении K от 0,01 до 7,00. Расчет проведен для втулок с $\alpha = 0{,}50 \ldots 0{,}95$.

По результатам расчетов построены графики (см. рисунок) зависимости между K и процентом расхождения σ_I, σ_{II}, σ_{III} с напряжениями, рассчитанными по формулам Ламе. (Графики, расположенные вблизи пунктирной линии, могут быть рассчитаны по формулам Г. Ламе для изотропных материалов. Ошибка определения лежит в пределах 5...10 %.)



Расхождение Р напряжений σ_I (*а*) и σ_{II}, σ_{III} (*б*) в зависимости от K при различных значениях α : *1*, *1′* — $\alpha = 0{,}50$; *2*, *2′* — 0,60; *3*, *3′* — 0,70; *4* — 0,80; *5* — 0,90; *6* — 0,95.

В ходе анализа результатов установлено значительное расхождение между σ_I, σ_{II}, σ_{III}. Например, σ_I, σ_{II} больше σ_{III} соответственно в 8,1 и 4,0 раза (при $K = 3{,}00$ и $\alpha = 0{,}50$).

Отмечено, что расхождения σ_{II} и σ_{III}, подсчитанных по формулам для анизотропной и изотропной втулок, равны при любых K и α.

Как видно из графиков, представленных на рисунке, для втулок с $\alpha = 0{,}90 \ldots 0{,}95$ ($K = 0{,}01 \ldots 7{,}00$); $\alpha = 0{,}70 \ldots 0{,}80$ ($K = 2{,}50$); $\alpha = 0{,}50 \ldots 0{,}60$ ($K = 0{,}70 \ldots 1{,}50$) напряжения σ_{I}, σ_{II}, σ_{III} незначительно отличаются от напряжений, вычисленных по формулам Ляме. Следовательно, в этом случае гипотеза об изотропности древесины может быть применена.

При $K > 3{,}00$ (кроме втулок с $\alpha = 0{,}90 \ldots 0{,}95$) указанные напряжения значительно отличаются от подсчитанных по формулам Ляме. Так, при $K = 6{,}00$ и $\alpha = 0{,}80$ значения σ_{I} и σ_{II}, σ_{III} отличаются от напряжений в изотропном теле соответственно в 1,51 и 0,76 раза (33,9 и 31,6 %), а для втулок с $\alpha = 0{,}50$ при этом же значении K соответственно в 3,60 и 0,14 раза (72,2 и 61,1 %).

Таким образом, в случае значительной анизотропии материалов осесимметричных втулок (деревянные втулки поперечного и торцового гнутья) выбор изотропной расчетной схемы дает недопустимо большую ошибку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Ашкенази Е. К. Анизотропия древесины и древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 224 с. [2]. Борисов В. Н., Чернышев Ю. Ф. Напряжение в деревянной втулке при действии внутреннего и внешнего давлений // Лесн. журн.— 1971.— № 4.— С. 60—63.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Гнусов Ю. В., Мовнин М. С., Берзиньш Г. В. Модификация прессованной древесины расплавленными металлами // Модифицированная древесина и исследование ее свойств: Науч. тр.— Л.: ЛТА, 1968.— № 123.— С. 102—110. [4]. Израилит А. Б. О развитии пластических деформаций при радиальном обжатии осесимметричного деревянного элемента // Модифицированная древесина и исследование ее свойств: Науч. тр.— Л.: ЛТА, 1968.— № 123.— С. 34—40. [5]. Митинский А. Н. Напряжения в толстостенной анизотропной трубе при действии внутреннего и внешнего давлений // Тр. ЛИИЖТ.— Л., 1948.— Вып. 136 (теорет.) — С. 82—91. [6]. Сидоренко А. К., Шинкаренко В. И., Решетников Е. К. Расчет натяга неподвижных соединений втулок из пьезотермообработанных анизотропных материалов // Лесн. журн.— 1971.— № 4.— С. 153—155.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов.— М.: Наука, 1986.— 512 с. [8]. Чубов Н. И. Металлизированная прессованная древесина.— Воронеж: ВГУ, 1975.— 136 с. [9]. Хухрянский П. Н. Прессование древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 351 с.

Поступила 21 декабря 1994 г.

УДК 674.055 : 621.914.2

В. В. ТАРАТИН

Таратин Вячеслав Викторович родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет 29 научных трудов в области разработки, освоения и внедрения агрегатного лесопильного оборудования, совершенствования фрезерного инструмента.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ УГЛОВ РЕЗАНИЯ ТОРЦОВО-КОНИЧЕСКИХ ФРЕЗ АГРЕГАТНОГО ЛЕСОПИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Получены аналитические зависимости, позволяющие оценить характер влияния исходных угловых параметров ножей торцово-конических фрез и их режимных параметров на фактические и номинальные динамические углы резания.

Analytical relations allowing to estimate the character of initial angular parameters effect of face-cone milling cutters and their condition parameters on the actual and data-sheet dynamic cutting angles have been obtained.

В агрегатном лесопильном оборудовании для переработки сбеговой части бревен и брусьев в технологическую щепу и формирования поверхности пиломатериалов наибольшее применение получили торцово-конические фрезы с малым числом ножей [1]. К достоинству этих фрез относят малую трудоемкость изготовления и эксплуатации в сочетании с высоким качеством получаемой продукции (пиломатериалов и технологической щепы для ЦБП). Совершенствование конструкции данного инструмента является важной задачей, которую решают в настоящее время разработчики агрегатного лесопильного оборудования [4].

Составляющая часть этой задачи — обоснованный выбор угловых параметров фрез и обеспечение рациональных значений углов резания ножей фрез в плоскостях, нормальных к режущим кромкам. Такие углы в плоскостях, нормальных к режущим кромкам, соответствуют их минимальным значениям [2]. Следовательно, они служат определяющими факторами, влияющими на показатели стойкости инструмента в зависимости от выбранных углов заострения, а также на степень деформации кромок срезаемой щепы в зависимости от задних углов ножей.

Фактический динамический угол резания $\delta_{н.ф}$ (по терминологии А. Э. Грубе [2]) — это угол резания в плоскости, нормальной режущей кромке, с учетом траектории относительного движения ножа в обрабатываемом материале. Его можно определить из следующей зависимости:

$$\delta_{н.ф} = \delta_н - \operatorname{arctg}\left[U \sin\Theta \left(V + U\cos\Theta\right)^{-1}\right],$$

где $\delta_н$ — номинальный динамический угол резания в плоскости, нормальной режущей кромке ножа, град;

U — скорость подачи обрабатываемого материала, м/с;

V — скорость резания, м/с;

Θ — кинематический угол встречи, град.

Определение угла $\delta_н$ для торцово-конических фрез в силу сложной пространственной геометрии ножей данного инструмента достаточно трудоемко и базировалось до настоящего времени на графо-аналитическом методе.

Цель данной работы — установить аналитическую зависимость фактических и номинальных динамических углов резания от следующих конструктивно-кинематических параметров фрезы: угла резания в основной секущей плоскости фрезы (в плоскости вращения, перпендикулярной оси вращения фрезы) δ_c; угла наклона режущей кромки ножа к плоскости вращения фрезы φ; угла разворота режущей кромки ножа (угол между проекцией режущей кромки ножа на плоскость вращения фрезы и ее диаметральной плоскостью, проходящей через торцовый конец ножа) ε; U; V; Θ. Угол $\delta_н$ (рис. 1) — расположен между нор-

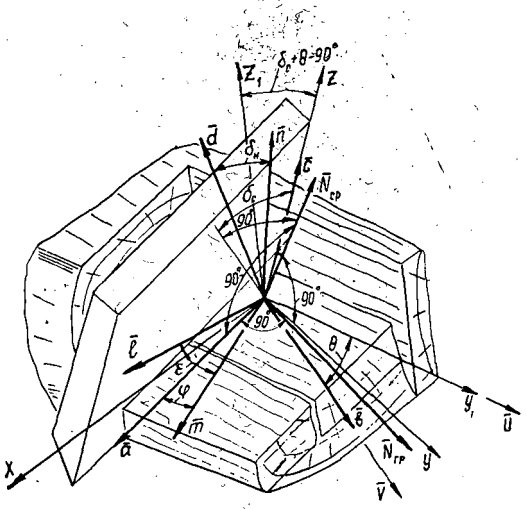


Рис. 1. Расчетная схема для определения зависимости номинального динамического угла резания δ_1 от угла резания в основной секущей плоскости фрезы δ_c, угла наклона режущей кромки ножа к плоскости вращения φ и угла разворота режущей кромки ножа ε

малью к режущей кромке ножа $\overline{n}$, лежащей в плоскости ее передней грани, и вектором $\overline{d}$, который совпадает с линией пересечения плоскости, нормальной к режущей кромке, с плоскостью среза щепы (в качестве допущения под срезом щепы принята плоскость).

Методика определения зависимости $\delta_н$ от параметров δ_c, φ, ε основана на положениях [3] и заключается в следующем.

1. Принимают основную систему координат XYZ, две оси которой (Z, Y) располагаются в плоскости вращения фрезы. Ось Z совпадает с линией пересечения передней грани ножа с плоскостью вращения (вектор $\overline{c}$). Ось X параллельна оси вращения фрезы.

2. Определяют нормаль к передней грани ножа $\overline{N}_{гр}$ на основании признака компланарности векторов. Вектор $\overline{c}$ совпадает с осью Z, а вектор $\overline{a}$ — с режущей кромкой ножа.

3. Находят координаты нормали к плоскости среза щепы $\overline{N}_{ср}$ на основании признака компланарности векторов. Вектора $\overline{a}$ и $\overline{b}$ (совпадает с вектором скорости $\overline{U}$) определяют из рис. 1.

4. По значениям $\overline{a}$ и $\overline{N}_{гр}$ определяют координаты нормали к режущей кромке, лежащей в плоскости ее передней грани $\overline{n}$.

5. На основании векторного произведения $\overline{a} \times \overline{N}_{ср}$ находят координаты линии пересечения плоскости, нормальной к режущей кромке, с плоскостью среза щепы $\overline{d}$.

6. По координатам векторов $\overline{n}$ и $\overline{d}$ определяют искомую зависимость.

Представим математически методику и полученную зависимость $\delta_н$ от δ_c, φ, ε.

Координаты исходных векторов $\overline{c}$, $\overline{b}$, $\overline{l}$, $\overline{m}$:

$$\overline{c}\{0,\ 0,\ 1\};$$

$$\overline{b}\{0,\ m_1,\ n_1\} = \sin\delta_c\overline{j} - \cos\delta_c\overline{k};$$

$$\overline{l}\{0,\ m_2,\ n_2\} = -\cos\delta_c\overline{j} - \sin\delta_c\overline{k};$$

$$\overline{m}\{0,\ m_3,\ n_3\} = -\cos(\delta_c + \varepsilon)\,\overline{j} - \sin(\delta_c + \varepsilon)\,\overline{k}.$$

Координаты вектора $\overline{a}$ и нормалей $\overline{N}_{гр}$ и $\overline{N}_{ср}$:

$$\overline{a}\{l_4,\ m_4,\ n_4\} = \sin\varphi\,\overline{i} - \cos(\delta_c+\varepsilon)\,\overline{j} - \sin(\delta_c+\varepsilon)\,\overline{k};$$

$$\overline{N}_{гр}\{A_{гр},\ B_{гр},\ C_{гр}\} = \begin{vmatrix} \overline{i} & \overline{j} & \overline{k} \\ 0 & 0 & 1 \\ l_4 & m_4 & n_4 \end{vmatrix} = -m_4\overline{i} + l_4\overline{j} = \cos(\delta_c+\varepsilon)\,\overline{i} + \sin\varphi\overline{j};$$

$$\overline{N}_{ср}\{A_{ср},\ B_{ср},\ C_{ср}\} = \begin{vmatrix} \overline{i} & \overline{j} & \overline{k} \\ l_4 & m_4 & n_4 \\ 0 & m_1 & n_1 \end{vmatrix} = (m_4n_1 - m_1n_4)\,\overline{i} - l_4n_1\overline{j} + l_4m_1\overline{k} =$$

$$= [\sin\delta_c\sin(\delta_c+\varepsilon) + \cos\delta_c\cos(\delta_c+\varepsilon)]\,\overline{i} + \sin\varphi\cos\delta_c\,\overline{j} + \sin\varphi\sin\delta_c\overline{k}.$$

Координаты вектора $\overline{n}$ и линии пересечения $\overline{d}$:

$$\overline{n}\{l_5,\ m_5,\ n_5\} = \begin{vmatrix} \overline{i} & \overline{j} & \overline{k} \\ l_4 & m_4 & n_4 \\ A_{гр} & B_{гр} & 0 \end{vmatrix} = -n_4B_{гр}\overline{i} + n_4A_{гр}\overline{j} + (l_4B_{гр} - m_4A_{гр})\,\overline{k} =$$

$$= \sin(\delta_c+\varepsilon)\sin\varphi\,\overline{i} - \sin(\delta_c+\varepsilon)\cos(\delta_c+\varepsilon)\,\overline{j} + [\sin^2\varphi +$$

$$+ \cos^2(\delta_c+\varepsilon)]\,\overline{k};$$

$$\overline{d}\{l_6,\ m_6,\ n_6\} = \overline{a}\times\overline{N}_{ср} = \begin{vmatrix} \overline{i} & \overline{j} & \overline{k} \\ l_4 & m_4 & n_4 \\ A_{ср} & B_{ср} & C_{ср} \end{vmatrix} = (m_4C_{ср} - n_4B_{ср})\,\overline{i} -$$

$$-(l_4C_{ср} - n_4A_{ср})\,\overline{j} + (l_4B_{ср} - m_4A_{ср})\,\overline{k}.$$

Зависимость $\delta_н$ от координат векторов $\overline{n}$ и $\overline{d}$:

$$\delta_н = \arccos[(l_5l_6 + m_5m_6 + n_5n_6)\times$$

$$\times(l_5^2 + m_5^2 + n_5^2)^{-0,5}(l_6^2 + m_6^2 + n_6^2)^{-0,5}].$$

На основании этой методики составлена программа на ЭВМ для определения номинального и фактического динамических углов резания.

Результаты вычислений углов $\delta_н$, $\delta_{н.ф}$ графически представлены на рис. 2—5. Увеличение углов резания в основной секущей плоскости δ_c и наклона к плоскости вращения φ (рис. 2), а также угла разворота режущей кромки ε (рис. 3) ведет к возрастанию номинального динамического угла резания $\delta_н$. Эти зависимости носят линейный или слегка выраженный криволинейный характер. Наибольшее влияние на $\delta_н$ оказывает угол δ_c. Так, в диапазоне (рис. 3) $35° < \delta_c < 55°$ при $\varepsilon = 0°$, $\varphi = 45°$ угол $\delta_н$ увеличивается на 77,3 %, а при $\varepsilon = 30°$, $\varphi = 45°$ — на 98,9 %.

Угол $\delta_н$ зависит и от параметра ε. В диапазоне $0° < \varepsilon < 30°$ при $\delta_c = 35°$, $\varphi = 45°$ угол $\delta_н$ возрастает на 45,5 %, а при $\delta_c = 55°$, $\varphi = 45°$ — на 61,5 %.

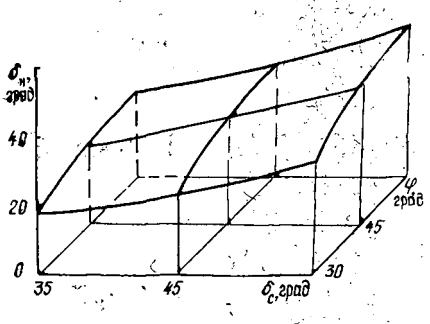


Рис. 2. Зависимость $\delta_н$ от $\delta_с$ и φ при $\varepsilon = 15°$

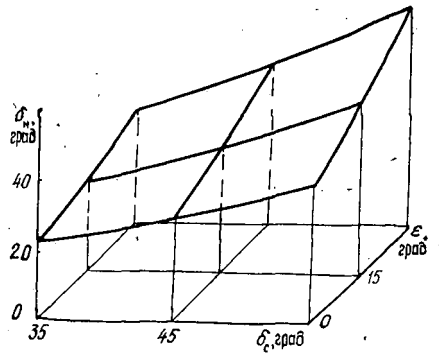


Рис. 3. Зависимость $\delta_н$ от $\delta_с$ и ε $\varphi = 45°$

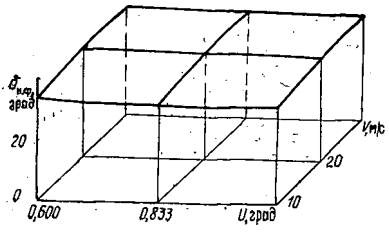


Рис. 4. Зависимость фактического динамического угла резания $\delta_{н.ф}$ от скоростей подачи U и резания V при $\delta_с = 45°$, $\varphi = 45°$, $\varepsilon = 15°$, $\Theta = 40°$

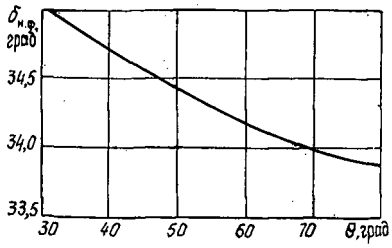


Рис. 5. Зависимость $\delta_{н.ф}$ от кинематического угла встречи Θ при $\delta_с = 45°$, $\varphi = 45°$, $\varepsilon = 15°$, $U = 0{,}833$ м/с, $V = 20$ м/с

Влияние угла φ на $\delta_н$ несколько меньше, чем угла ε, но также значительно. В диапазоне $30° < \varphi < 60°$ (см. рис. 2) при $\delta_с = 35°$, $\varepsilon = 15°$ угол $\delta_н$ увеличивается на 33,3 %, а при $\delta_с = 55°$ — на 34,4 %.

Изменение параметров скоростей подачи U, резания V и кинематического угла встречи Θ не столь значительно сказывается на фактическом динамическом угле резания $\delta_{н.ф}$, как $\delta_с$, φ, ε на $\delta_н$ (рис. 4, 5). При постоянных значениях $\delta_с = 45°$, $\varphi = 45°$, $\varepsilon = 15°$ это влияние характеризуется следующим образом. В диапазоне $0{,}600 < U < 1{,}067$ (м/с) при $V = 10$ м/с, $\Theta = 40°$ угол $\delta_{н.ф}$ уменьшается на 8,82 %, а при $V = 30$ м/с — на 2,86 %. В диапазоне $10 < V < 30$ (м/с) при $U = 0{,}6$ м/с, $\Theta = 40°$ угол $\delta_{н.ф}$ увеличивается на 2,94 %, а при $U = 1{,}067$ м/с, $\Theta = 40°$ — на 9,68 %. В диапазоне $30° < \Theta < 80°$ при $U = 0{,}833$ м/с, $V = 20$ м/с угол $\delta_{н.ф}$ уменьшается на 3,35 %.

При рекомендуемых значениях $\delta_с = 45°$, $\varphi = 45°$, $\varepsilon = 15°$, $U = 0{,}833$ м/с, $V = 20$ м/с, $30° < \Theta < 70°$ [1] номинальный динамический угол резания $\delta_н = 36{,}22°$, а фактический динамический угол резания $\delta_{н.ф}$ при наименьшем и наибольшем значении рекомендуемого диапазона угла Θ соответственно равен 35,07 и 34,00°. При $\Theta = 90°$ угол $\delta_{н.ф}$ уменьшается до 33,83°, т. е. максимальная разница между $\delta_н$ и $\delta_{н.ф}$ в данном случае достигает 2,39°.

Приведенные результаты расчетов и анализ конструкций торцово-конических фрез с малым количеством ножей показывают, что углы заострения ножей фрез не должны превышать 30 ... 32°, чтобы избежать

отрицательного влияния на процесс фрезерования и режущий инструмент фактического заднего угла резания, величина которого меньше 2,5 . . . 4,0° [2].

Правильность расчетов по полученной зависимости полностью подтверждена результатами нахождения параметра $\delta_н$ графо-аналитическим методом для ряда значений углов δ_c, φ, ε.

Приведенная методика определения номинального и фактического динамического углов резания и полученные зависимости позволяют аналитически определять взаимосвязь угловых параметров торцово-конических фрез с малым числом ножей. Они могут быть использованы как составляющие системы для совершенствования оптимальных параметров фрезерного инструмента агрегатного лесопильного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

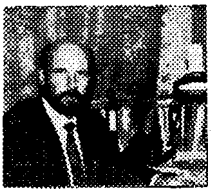
[1]. Боровиков Е. М., Фефилов Л. А., Шестаков В. В. Лесопиление на агрегатном оборудовании.— М.: Лесн. пром-сть, 1985.— 216 с. [2]. Грубе А. Э. Деревообрабатывающие инструменты.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 344 с. [3]. Таратин В. В., Авксентьев М. П. Взаимосвязь параметров торцово-конических фрез и технологической щепы // Деревообраб. пром-сть.— 1993.— № 3.— С. 19—20. [4]. Таратин В. В., Фефилов Л. А., Боричев Ю. А. Совершенствование малоножевых торцово-конических фрез агрегатного лесопильного оборудования // Станки и инструменты деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр.— СПб.: ЛТА, 1993.— С. 93—97.

Поступила 14 октября 1994 г.

УДК 621.935

С. В. ЕРШОВ

Ершов Сергей Викторович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры деревообработки Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 печатных работ в области исследования круглых пил.



ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

С позиции энергетического метода рассмотрено влияние скорости резания на величину минимальной критической силы для ленточных пил. Показано, что при достижении критической скорости резания пила теряет устойчивость, а при достижении оптимальной — имеет наибольший запас устойчивости.

Based on energetic method the effect of cutting rate on the value of minimum critical load for band saws has been considered it has been shown that on reaching the critical cutting rate a saw loses its stability while by attaining the optimal speed it has the largest stability margin.

Для оценки работоспособности полотна ленточной пилы обычно используют два показателя: изгибную жесткость, характеризующую способность пилы противостоять боковым нагрузкам, и устойчивость, определяемую критической силой $P_{кр}$, которая характеризует способность

пилы сохранять плоскую форму при приложении нагрузок в ее плоскости [2]. Нормальная составляющая силы сопротивления резанию $P_н$ действует именно в плоскости пилы.

Основные параметры, рассматриваемые при анализе устойчивости ленточных пил — это их толщина h, ширина B, длина свободной части L, сила натяжения и, наконец, эксцентриситет натяжения, обусловленный вальцеванием пилы и наклоном шкивов [1].

Влияние скорости резания на устойчивость ленточных пил рассмотрено в работе [7]. Используемый ее автором метод предполагает совместное решение двух дифференциальных уравнений, описывающих изгиб и кручение полотна пилы. Значительно проще энергетический метод, часто применяемый для аналогичных расчетов круглых пил. Он заключается в нахождении экстремума интеграла энергии. Здесь рассматривают пилу как пластинку, учитывая ее изгиб, кручение и поперечную деформацию.

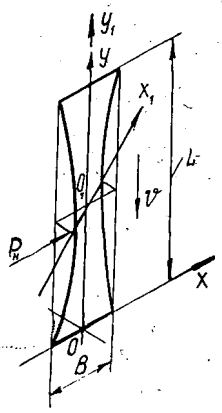


Рис. 1. Схема приложения нагрузки к пиле

Как и в случае круглых пил [3], воспользуемся системой координат x, y, связанных со станком (рис. 1). Согласно принципу Остроградского — Гамильтона [6], действительное движение пилы выделяется из всех допустимых тем, что удовлетворяет условию экстремума интеграла

$$S = \int_{t_0}^{t_1} (T - П)\, dt, \tag{1}$$

где T и $П$ — кинетическая и потенциальная энергия пилы при заданных ее положениях в моменты времени t_0 и t_1.

В системе координат x_1, y_1, движущейся вместе с пилой, имеем

$$T = \frac{1}{2} \rho h \iint_F \left(\frac{dw}{dt}\right)^2 dx_1 dy_1, \tag{2}$$

где ρ — плотность материала пилы;
w — прогиб пилы как функция координат и времени t;
F — площадь свободной части пилы.

В системе координат x, y координата y зависит от времени t, поэтому полную производную прогиба по времени определяем по формуле

$$\frac{dw}{dt} = \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial w}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t} = v\frac{\partial w}{\partial y}. \tag{3}$$

Здесь v — скорость резания, $v = \partial y/\partial t$.

Считаем, что форма пилы при потере устойчивости в координатах x, y неподвижна, поэтому $\partial w/\partial t = 0$.

Уравнение для определения потенциальной энергии имеет вид [5]

$$\Pi = \frac{D}{2}\int\limits_F\int\left\{\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)^2 - 2(1-\nu)\times\right.$$

$$\left.\times\left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}-\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial y}\right)^2\right]\right\}dx\,dy+\frac{h}{2}\int\limits_F\int\sigma_y\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)^2 dx\,dy - U_P, \qquad (4)$$

где D — цилиндрическая жесткость, $D = Eh^3/[12(1-\nu^2)]$;

E, ν — модуль упругости и коэффициент Пуассона материала пилы;

σ_y — напряжения от натяжения пилы;

U_P — работа, совершаемая силой $P_н$ при упругой деформации пилы.

По данным работы [4] для шарнирно закрепленной полосы

$$U_P = \frac{P^2}{2EI}\int\limits_0^{L/2} y^2\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2_{x=b} dy,$$

где I — момент инерции сечения пилы при изгибе, $I = Bh^3/12$.

Прогиб пилы можно представить суммой $m(n+1)$ координатных функций, удовлетворяющих граничным условиям на закрепленных кромках:

$$w = b\sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{m} a_{ij}P_i(X)\sin\left(\frac{\pi}{c}jY\right), \qquad (5)$$

где b — половина ширины пилы, $b = B/2$;

a_{ij} — коэффициенты разложения в ряд;

$P_i(X)$ — полиномы Лежандра степени i;

c — относительная длина пилы, $c = 2L/B$;

X, Y — безразмерные координаты.

Применение полиномов Лежандра, ортогональных на отрезке $[-1, 1]$, упрощает решение задачи, но для их использования необходимо перейти к безразмерным координатам $X = x/b$ и $Y = y/b$, которые изменяются в следующих пределах: $-1 \leqslant X \leqslant 1$ и $0 \leqslant Y \leqslant c$.

Подставляя выражение (5) в интеграл (1) и находя экстремум ($\partial S/\partial a_{ij} = 0$), получаем $m(n+1)$ однородных уравнений относительно коэффициентов a_{ij}. В матричной форме эта система имеет вид

$$\left(\mathrm{H} - \frac{P_н^2 b^3}{EID}\mathrm{Q}\right)\mathrm{A} = 0, \qquad (6)$$

где H, Q — квадратные матрицы размерностью $m(n+1)$;

A — вектор неизвестных коэффициентов a_{ij}.

Эта система будет иметь ненулевое решение только тогда, когда ее главный определитель равен нулю. В общем случае получаем $m(n+1)$ значений величины $P_{кр}^2 b^3/(EID)$, соответствующих собственным значениям матрицы HQ^{-1}. Каждому значению $P_{кр}$ соответствует своя форма потери устойчивости. Из всех полученных значений $P_{кр}$ необходимо выбрать наименьшее.

Найдем зависимость $P_{кр}$ от скорости резания v для пилы станка ЛД125-1. Исходные данные для расчета: $L = 1800$ мм; $B = 160$ мм (ширина пилы без зубьев); $h = 1$ мм; скорость подачи распиливаемо-

го материала $u = 5 \ldots 45$ м/мин. Поскольку влияние факторов, приводящих к неравномерному натяжению пилы, не рассматривается, пилу считаем равномерно натянутой, $\sigma_y = 50$ МПа.

В первом приближении ограничимся значениями $n = 1$ и $m = 1$.

Результаты расчета представлены на рис. 2. Как и ожидалось, с увеличением скорости резания сила $P_{кр}$ убывает. При $v = 45$ м/с она уменьшается на 15 %. Увеличение скорости резания до 90 м/с приводит к полной потере устойчивости. Эту скорость (по аналогии с круглыми пилами) следует считать критической.

При выборе режимов пиления учитывают следующие ограничения скорости подачи: шероховатость поверхности пропила; заполнение впадин зубьев; мощность привода механизма резания; устойчивость пилы.

Предположим, что первые два ограничения не являются определяющими, тогда скорость подачи будет регламентирована или мощностью привода, или устойчивостью пилы. Мощность резания N и нормальную составляющую силы резания $P_н$ определяют по следующим формулам [6]:

$$N = vP_к; \quad P_н = 0{,}5P_к,$$

где $P_к$ — касательная составляющая силы резания.

Следовательно, по условию устойчивости [1]

$$P_н = \frac{N}{2v} \leqslant \frac{P_{кр}}{k}. \qquad (7)$$

Здесь k — коэффициент запаса.

Таким образом, ограничения по мощности привода механизма резания и устойчивости пилы взаимосвязаны.

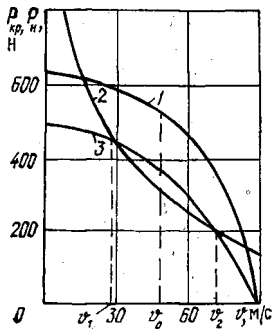


Рис. 2. Влияние скорости резания на $P_{кр}$ (*1*), $P_н$ (*2*) и $P_{кр}/k$ (*3*) для пилы станка ЛД125-1

Если считать, что $P_{кр}$ при увеличении скорости резания не изменяется, то возникает видимость увеличения запаса устойчивости пилы с повышением скорости резания, поскольку $P_н$ уменьшается. На самом деле, вследствие уменьшения критической силы, запас устойчивости (разность между $P_{кр}$ и $P_н$) сначала увеличивается, а затем уменьшается до нуля. Как видно из рис. 2, для выполнения условия устойчивости пилы скорость резания должна быть ограничена: $v_1 < v < v_2$. Внутри этого диапазона существует оптимальная скорость резания v_0, удовлетворяющая следующему условию:

$$\frac{d}{dv}(P_{кр} - P_н) = \frac{dP_{кр}}{dv} + \frac{N}{2v^2} = 0. \qquad (8)$$

При полном использовании установленной мощности резания эта скорость обеспечивает наибольший запас устойчивости пилы.

Если вступают в силу ограничения скорости подачи по заполнению

впадин зубьев и шероховатости поверхности пропила, установленная мощность механизма резания используется неполностью, и нормальная составляющая силы сопротивления резанию $P_н$ будет меньше, чем в случае полного использования этой мощности. Для не полностью используемой мощности механизма резания скорость резания, определенная из условий (8), не будет оптимальной, но обеспечит больший запас устойчивости, чем в случае полного использования этой мощности.

Выводы

1. Расчеты, проведенные с использованием энергетического метода ,подтвердили, что скорость резания оказывает существенное влияние на устойчивость ленточных пил. Это необходимо учитывать при расчете режимов пиления.

2. Существует минимальная критическая скорость резания, при достижении которой ленточная пила теряет устойчивость.

3. При конструировании и расчете ленточнопильных станков необходимо учитывать, что существует оптимальная скорость резания, обеспечивающая наибольший запас устойчивости пилы при полном использовании мощности механизма резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Веселков В. И. Теория и конструкция ленточнопильных станков // Учеб. пособие.— Архангельск: АЛТИ, 1992.— 84 с. [2]. Прокофьев Г. Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами.— М.: Лесн. пром-сть, 1990.— 240 с. [3]. Стахиев Ю. М., Ершов С. В., Макаров В. В. О согласовании степени проковки (вальцевания) с частотой вращения круглой пилы // Лесн. журн.— 1988.— № 6.— С. 59—64.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Тимошенко С. П. Сопротивление материалов. Т. 2.— М.: Наука, 1965.— 480 с. [5]. Тимошенко С. П. Устойчивость упругих систем.— М.: Гостехтеориздат, 1955.— 567 с. [6]. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление.— М.: Наука, 1969.— 423 с. [7]. Юрченко С. К. Об устойчивости полотен ленточных пил // Процессы резания, оборудование и автоматизация процессов деревообработки: Науч. тр. МЛТИ.— М.: МЛТИ, 1987.— Вып. 191.— С. 85—89.

Поступила 8 ноября 1994 г.

УДК 674.05 : 621.93.024.7

С. В. ЕРШОВ, Ю. М. СТАХИЕВ

Архангельский государственный технический университет

ЦНИИМОД

О ПОДНУТРЕНИИ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ (ГРАНЕЙ) ЗУБЬЕВ КРУГЛЫХ ПИЛ, ОСНАЩЕННЫХ ИЗНОСОСТОЙКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Дан обзор методов заточки боковых поверхностей зубьев круглых пил. Приведены нетрадиционные методы заточки, формулы для расчета углов поднутрения и рекомендации по их назначению при распиловке древесины.

A review of circular saws' lateral teeth edges' sharpening methods has been given. The unconventional sharpening techniques, formulas for calculation of undercutting angles and recommendations on their function in sawing timber are presented.

Ввиду дефицита серийно выпускаемых пил с пластинами твердого сплава по ГОСТ 9769—79, а также для сокращения расхода стальных пил по ГОСТ 980—80, лесопильно-деревообрабатывающие и мебельные

предприятия создают специальные участки по оснащению зубьев пил износостойкими материалами (твердый сплав, стеллит, быстрорежущая сталь). При этом необходимо решать задачи выбора угловых параметров, способов и технических средств для поднутрения боковых поверхностей (граней) зубьев после их оснащения.

Цель статьи — обобщить и проанализировать накопленный в данной области опыт, что позволит в каждом конкретном случае принимать наиболее эффективное решение и выполнять его с наименьшими затратами.

Углы поднутрения. Различают продольный λ, поперечный α_1 (относительно пластинки оснащения), а также соответствующие им радиальный φ и тангентальный τ (относительно положения пластинки на пиле) углы поднутрения (рис. 1).

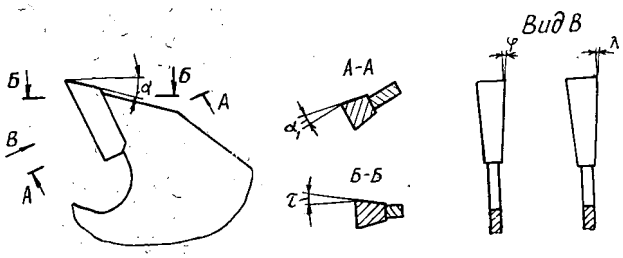


Рис. 1. Углы поднутрения боковых поверхностей (граней) зуба

Они связаны между собой следующими зависимостями: продольный и радиальный

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\lambda/\cos\gamma; \qquad (1)$$

поперечный и тангентальный

$$\operatorname{tg}\tau = \sin\gamma\operatorname{tg}\lambda + \cos\gamma\operatorname{tg}\alpha_1. \qquad (2)$$

Максимально возможная величина углов поднутрения определяется из выражения [3]

$$l_п \operatorname{tg}\lambda + h_п \operatorname{tg}\alpha_1 = S_0 - S_1, \qquad (3)$$

где $l_п$ и $h_п$ — длина и толщина пластинки:
S_0 — уширение зубьев на одну сторону;
S_1 — минимально необходимое возвышение боковой грани торца пластинки над плоскостью пилы.

Рекомендуемые углы поднутрения зубьев приведены в таблице.

В рекламных проспектах зарубежных фирм наиболее часто приводят значения тангентальных и радиальных углов поднутрения, хотя на станках обычно задают поперечный и продольный углы, что указывает на необходимость упорядочения используемой терминологии.

Назначение поднутрения. Поднутрение способствует движению пилы в пропиле без повышенного трения. При выполнении этой операции обеспечиваются заданная величина уширения зубьев на сторону и его равномерное отклонение на обе стороны на 0,025 мм. Если уширение на одну сторону больше, то при пилении можно наблюдать отклонение пилы в сторону большего уширения.

Наибольшие углы поднутрения характерны для распиловки влажной древесины мягких пород, имеющей повышенную величину упругого восстановления волокон. Уменьшение одного угла поднутрения (например, радиального) компенсируют увеличением другого (тангентально-

Оснащение зубьев пилы (источник информации)	Материал (технологическая операция)	λ	φ	α_1
		град		
Пластинки твердого сплава (ГОСТ 9769—79)	Древесные материалы, древесина (раскрой пиломатериалов и плит)	—	1,5 ... 2,0	2,5 ... 3,0
То же [3]	Древесина (раскрой и обрезка пиломатериалов на многопильных и обрезных станках)	1,5 ... 2,5	—	3,0 ... 5,0
Наплавка стеллита (РПИ 9.1-00)	Древесина (раскрой пиловочного сырья в лесопильном производстве)	1,0 ... 3,0*	1,0 ... 3,0*	1,0 ... 3,0*
Пластинки твердого сплава или наплавка стеллита [5]	Древесина (раскрой брусьев на многопильных станках)	—	0,0 ... 2,0	2,0 ... 5,0
То же [5]	Древесина (торцовка пиломатериалов)	—	1,0 ... 3,0	1,0 ... 3,0

* Меньшие значения показателей относятся к твердой и мерзлой древесине.

го). Дополнительные требования при этом — обеспечение наибольшего ресурса использования оснащенного зуба и максимальное восстановление его режущей способности. Например, согласно технологическому режиму РПИ 9.1-00, при значении радиального угла поднутрения, равного 3°, уменьшение уширения зубьев при переточках составляет 0,05 мм на 1 мм высоты зуба. При характерных у пил для распиловки бревен и брусьев начальном (0,9 мм) и конечном (0,7 мм) уширениях зубьев величина допустимого стачивания зубьев по высоте — 4 мм. Тогда, с учетом нормативной величины стачивания зубьев по высоте за одну переточку (0,4 мм), возможное число переточек при одном оснащении зуба будет равно 10.

В процессе пиления происходит износ боковых поверхностей оснащенного зуба и снижение его режущей способности. Негативное влия-

ние износа снижается с увеличением тангентального угла поднутрения, который при продольной распиловке бревен и брусьев составляет не менее 2...3° [3, 5]. Для более полного восстановления режущей способности пил рекомендуется вести заточку зубьев преимущественно по передней грани. Эффект повышения режущей способности достигается при введении косой заточки по передней грани до 12° [3].

В промышленности известно большое количество технических средств боковой заточки зубьев, оснащенных износостойкими материалами, для проведения одно- и двухсторонней одновременной обработки; для обработки периферией или торцом круга (рис. 2); для выполнения работ на универсальных и специализированных станках и т. д.

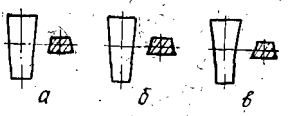


Рис. 2. Формы боковых поверхностей зуба при обработке торцом (*а*) и периферией (*б, в*) круга

Одностороннее поднутрение. Устройства для односторонней обработки используют преимущественно при небольших объемах работ по подготовке пил и отсутствии у предприятий средств на приобретение специализированных станков для одновременного двухстороннего поднутрения. На рис. 3 приведена схема положения пилы и шлифовального круга при боковой заточке на универсально-заточных станках (3Е 642 и др.) с использованием приспособления ПИ 80 конструкции ЦНИИМОДа. По такой схеме можно обрабатывать пилы, оснащенные пластинками твердого сплава и наплавленные стеллитом.

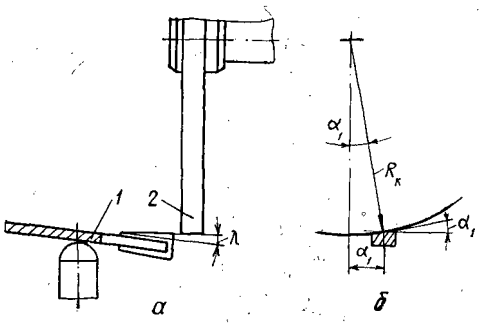


Рис. 3. Схема установки пилы и шлифовального круга при формировании продольного λ (*а*) и поперечного α_1 (*б*) углов поднутрения с использованием приспособления ПИ 80: *1* — пила; *2* — круг

Приспособление ПИ 80 устанавливается на стол заточного станка в исходном положении, штанга приспособления перпендикулярна продольному ходу стола. Затем штангу поворачивают на угол, равный переднему углу зубьев пилы, и закрепляют поворотный диск. Корпус приспособления наклоняют на угол, соответствующий продольному углу поднутрения боковых граней. Пилу закрепляют в приспособлении. Стол станка устанавливают так, чтобы расстояние между вертикалью, проходящей через ось шлифовального круга, и серединой боковой поверхности (грани) затачиваемого зуба $a_1 = 0{,}5 D_к \sin \alpha_1$ (где $D_к$ — диаметр шлифовального круга), и застопоривают упорами. Подводят круг до соприкосновения с боковой поверхностью вершины пластинки, задают подачу на врезание и с помощью маховичка поперечной подачи делают двойной проход. Затем проверяют уширение зуба. По данной технологии поочередно обрабатывают все зубья сначала с одной, затем с другой стороны пилы.

Для осуществления этого способа поднутрения требуются сравнительно дорогостоящие универсально-заточные станки, которые имеются не на всех лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях, поэтому создаются специализированные устройства. Фирма «Фольмер» серийно выпускает простые по конструкции устройства CHHF 20H, CHHF 21H для одностороннего поднутрения зубьев круглых пил периферией круга по схеме, приведенной на рис. 3. Оба устройства в настольном исполнении, причем устройство CHHF 21H оснащено приспособлением для мокрой заточки. Аналогичный станок марки ТчБК выпускает Кировский станкозавод.

На АО «Лесозавод-2» (г. Архангельск) с 1980 г. используют специализированное устройство для одностороннего бокового поднутрения зубьев, оснащенных стеллитом или пластинками твердого сплава. Принципиальная схема положения шлифовального круга и обрабатываемого зуба приведена на рис. 4. Шпиндель круга имеет ось качания, которая перпендикулярна горизонтальной плоскости и обеспечивает разворот в ней оси шпинделя. Ось качания шпинделя расположена на расстоянии 50 мм как от середины толщины круга, так и от оси шпинделя. Пилу устанавливают таким образом, чтобы в исходном положении плоскость круга с передней поверхностью (гранью) зуба составила 60° (при переднем угле зубьев 30°), а нижняя точка круга находилась вблизи нижнего торца пластинки.

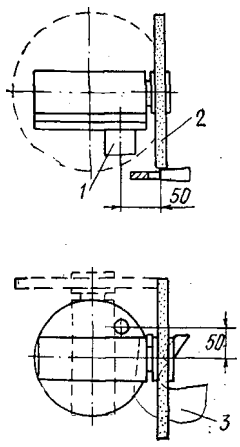


Рис. 4. Схема боковой обработки зуба на устройстве конструкции Г. В. Паршева: *1* — ось качания круга; 2 — шлифовальный круг; *3* — обрабатываемый зуб пилы с пластинкой из твердого сплава

При повороте вращающегося шлифовального круга относительно оси качания шпинделя происходит формирование углов поднутрения. Для поднутрения зубьев с другой стороны пилы шпиндель необходимо развернуть на 90° (на рис. 4 это положение показано пунктиром), а кронштейн с осью для установки пилы переместить в соответствующую позицию. Продольный λ и поперечный α_1 углы поднутрения не одинаковы по длине пластинки и зависят от диаметра шлифовального круга.

ЦНИИМОДом предложена модернизация приспособления конструкции Г. В. Паршева, позволяющая исключить разворот шпинделя на 90° при поднутрении зубьев с противоположной стороны пилы. В этом приспособлении (рис. 5) ось качания шпинделя находится в плоскости, проходящей через середину шлифовального круга ($b = 0$), а необходимое значение продольного и поперечного углов поднутрения достигается положением пластинки, которое определяется координатами вершины пластинки (x_v, y_v) и углом υ, образуемым передней гранью пластинки с осью. При поднутрении зубьев с противоположной сторо-

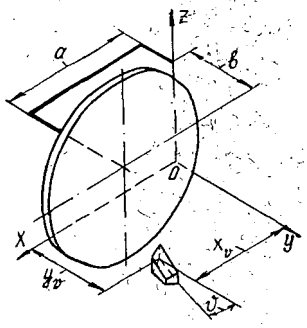


Рис. 5. Расчетная схема устройства конструкции ЦНИИМОД для одностороннего поднутрения оснащенных стеллитом зубьев

ны положение оси для установки пилы меняется на симметричное относительно оси X.

Углы поднутрения (в градусах) можно определить по следующим формулам:

$$\lambda = \operatorname{arctg}\left[2\left(a - \sqrt{x^2+y^2}\right)(y\cos\upsilon + x\sin\upsilon)/\left(D_к\sqrt{x^2+y^2}\right)\right]; \quad (4)$$

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}\left[2\left(a - \sqrt{x^2+y^2}\right)(-y\sin\upsilon + x\cos\upsilon)/\left(D_к\sqrt{x^2+y^2}\right)\right], \quad (5)$$

где a — расстояние от оси качания до оси вращения круга;

x, y — координаты точки на боковой поверхности пластинки, в которой определяют углы поднутрения.

Минимальную величину уширения зубьев, которую можно обеспечить данным методом без касания круга о диск пилы, находим по формуле

$$S_0^{\min} = \left(a - \sqrt{x_v^2 + y_v^2}\right)^2/D_к. \quad (6)$$

При качании относительно оси Z шлифовальный круг описывает тороидальную поверхность, поэтому углы поднутрения на боковой поверхности пластинки не являются постоянными. Их величина зависит от $D_к$, a и параметров x_v, y_v, υ, характеризующих положение пластинки. Другие способы одностороннего бокового поднутрения зубьев рассмотрены в работах [2, 4].

Двухстороннее поднутрение. При больших объемах работ по подготовке пил используют станки для одновременного двухстороннего поднутрения зубьев.

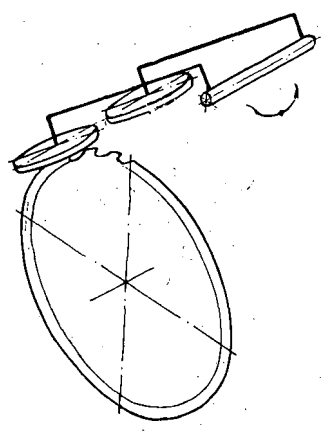


Рис. 6. Схема шлифования боковых поверхностей зуба в станке ТчПБ-2

Кировский станкостроительный завод с 1988 г. серийно выпускает полуавтомат ТчПБ-2 для заточки боковых поверхностей (граней) рамных, круглых и ленточных пил, наплавленных стеллитом (рис. 6). Диаметр подготавливаемых пил 180...1250 мм; производительность 16, 24 и 35 зуб./мин; мощность электродвигателей 1,5 кВт; масса станка 670 кг; пределы регулирования углов поднутрения (продольного и поперечного) 0...7°; диаметр шлифовальных кругов 80...125 мм; число проходов при боковой заточке пилы 1—2; цена деления лимбов врезания шлифовальных кругов 0,02 мм.

С 1992 г. завод выпускает установочную серию станков ТчПКБ для боковой заточки зубьев твердосплавных круглых пил. Диаметр пил до 630 мм; производительность 15 зуб./мин; мощность электродвигателей 1,6 кВт; масса станка 400 кг. Используются алмазные круги.

СибНИИЛП разработал и выпускает станок ПАС-2М для боковой заточки наплавленных стеллитом зубьев чашечными кругами. (Более полная информация о станках ТчПБ, ПАС-2М приведена в работе [1].)

Фирма «Vollmer» (ФРГ) выпускает станки EMSE 80U и OF 20P для заточки зубьев пил по боковым поверхностям после наплавки стеллитом или оснащения пластинками твердого сплава.

Станок EMSE 80U по схеме обработки близок к станку ТчПБ-2. Диаметр подготавливаемых пил 180...1250 мм; производительность 13 и 26 зуб./мин; общая установленная мощность электродвигателей 2 кВт; масса 376 кг. При обработке оснащенных стеллитом зубьев используются шлифовальные круги чашечной формы диаметром 80 мм, а при обработке твердосплавных пластинок — алмазные круги. Углы поднутрения могут настраиваться в пределах 0...10°.

Схема боковой обработки в станке QF 20P приведена на рис. 7. Станок тяжелого типа и предназначен в основном для заводов-изготовителей пил. Диаметр подготавливаемых пил 150...180 мм; общая установленная мощность электродвигателей 9,1 кВт; масса 2400 кг; габаритные размеры 2350 × 1795 × 2000 мм. Используются алмазные круги диаметром 125 мм. Тангентальный угол поднутрения можно настраивать в пределах до 5°, радиальный — от —10 до +6°. Заточка мокрая. Станок обеспечивает также выполнение некоторых дополнительных операций.

Фирма «Тенрю Соу» (Япония) выпускает для двухсторонней боковой заточки наплавленных стеллитом зубьев автоматический станок типа TE-10P SSXD. Мощность каждого электродвигателя шлифовального круга 0,2 кВт; частота вращения круга 2840 $мин^{-1}$; мощность электродвигателя механизма подачи 0,2 кВт; производительность 0...40 зуб./мин; масса станка 300 кг. Используются шлифовальные круги чашечного типа с размерами 125 × 50 × 15,9 мм. Углы поднутрения можно настраивать в пределах 0...20°.

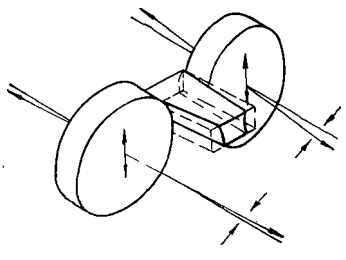


Рис. 7. Схема боковой обработки твердосплавной пластинки зуба в станке QF 20P

Особое место среди станков для бокового поднутрения зубьев с двух сторон занимает разработанный фирмой «Armstrong» (США) станок тяжелого типа Equalizer № 90 для обработки пил, наплавленных стеллитом. Его производительность 20 зуб./мин, при съеме припуска за один проход — 2 зуб./мин; общая установленная мощность двух электродвигателей 4,42 кВт; частота вращения эльборовых шлифовальных кругов 6000 $мин^{-1}$. Возможны сухое и мокрое шлифование. С помощью встроенных установочных калибров обеспечивается быстрая установка пилы по высоте и настройка радиальных (0...5°) и тангентальных (0...10°) углов поднутрения. Имеется цифровая индикация положения шлифовального круга с точностью 0,001 мм. Подача пилы производится с помощью пальцевого механизма, имеющего плавную остановку. Столик для зажима пилы имеет длину 300 и высоту 75 мм. При перемещении пилы осуществляется небольшой прижим плит столика, а после остановки и в процессе заточки — полный их прижим.

Выводы

1. В технической литературе, рекламных проспектах на оборудование следует четко различать продольный, поперечный и соответствующие им радиальный, тангентальный углы поднутрения зубьев.

2. При заточке зубьев по боковым поверхностям используют шлифование торцом круга (с образованием плоских поверхностей), периферией круга при прямолинейном перемещении (с образованием цилиндрических поверхностей) или качании (с образованием тороидальных поверхностей).

3. Выпускаемые на отечественных заводах станки для одновременного поднутрения зубьев с двух сторон часто бывают загружены на 10...20 %. Рекомендуется шире использовать простые по конструкции, недорогостоящие устройства для поднутрения зубьев с одной стороны, например станок ТчБК Кировского станкозавода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Конструкции, настройка и эксплуатация оборудования для подготовки и заточки дереворежущего инструмента / Под общ. ред. Д. С. Рожкова.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 248 с. [2]. Рациональный способ заточки дисковых пил по боковым граням / Д. И. Севастеев, Б. Б. Каменев, В. Ф. Антонов, М. М. Гофер // Станки и инструменты деревообраб. производств: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1990.— С. 22—25. [3]. Руководящие технические материалы по применению круглых пил с пластинками твердого сплава в лесопильном производстве.— Архангельск: ЦНИИМОД, 1979.— 66 с. [4]. Шевченко А. И., Пашков В. К. Приспособление для заточки твердосплавных пил по боковым поверхностям зубьев // Деревообраб. пром-сть.— 1988.— № 7.— С. 14—15. [5]. Hewitt J. Stellite and carbide filer's handbook.— Armstrong, 1986.— 125 p.

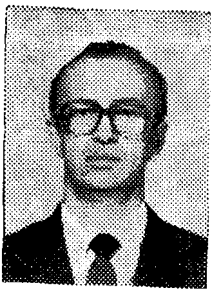
Поступила 13 октября 1994 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

УДК 674.053 : 621.935

Г. Ф. ПРОКОФЬЕВ



Прокофьев Геннадий Федорович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, чл.-кор. АЕН РФ, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики Архангельского государственного технического университета. Имеет более 150 печатных работ в области прикладной механики и интенсификации переработки древесины путем совершенствования лесопильного оборудования и дереворежущего инструмента.

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ

Показаны направления значительного повышения устойчивости пил и точности пиления за счет изменения конструкций ленточнопильных станков. Выполнены расчеты критической силы ленточной пилы, а также даны рекомендации по совершенствованию ленточнопильных станков.

The ways of significant raising of saws stability and cutting precision subject to modification of bandsawing machines have been revealed. The calculations of band saws' critical load have been made as well as recommendations on bandsawing machines' improvement have been given.

Ленточнопильные станки имеют преимущества перед другими видами лесопильного оборудования. К таким преимуществам относятся следующие: малая ширина пропила, высокое качество поверхности обрабатываемого материала, отсутствие больших сил инерции в узлах станка, малые энергозатраты. Вместе с отмеченными преимуществами им присущи и существенные недостатки: низкая точность пиления при больших скоростях подачи, малая долговечность пил, большие габарит и металлоемкость, высокий уровень шума. Первый недостаток наиболее существенен, поэтому вопросам повышения устойчивости ленточных пил уделяется большое внимание отечественными и зарубежными исследователями.

Ленточные пилы в зоне резания представляют собой тонкую стальную полосу, имеющую сравнительно небольшое натяжение, поэтому вопросы повышения их устойчивости, и следовательно, точность пиления имеют большое значение.

Цель работы — показать пути повышения устойчивости ленточных пил за счет уменьшения их свободных длин в плоскостях наибольшей и наименьшей жесткости и на основании расчетов дать рекомендации по совершенствованию ленточнопильных станков.

У ленточнопильных станков без контактных направляющих свободные длины пилы в плоскости наибольшей L и наименьшей l жесткости равны расстоянию между осями шкивов (рис. 1, *а*):

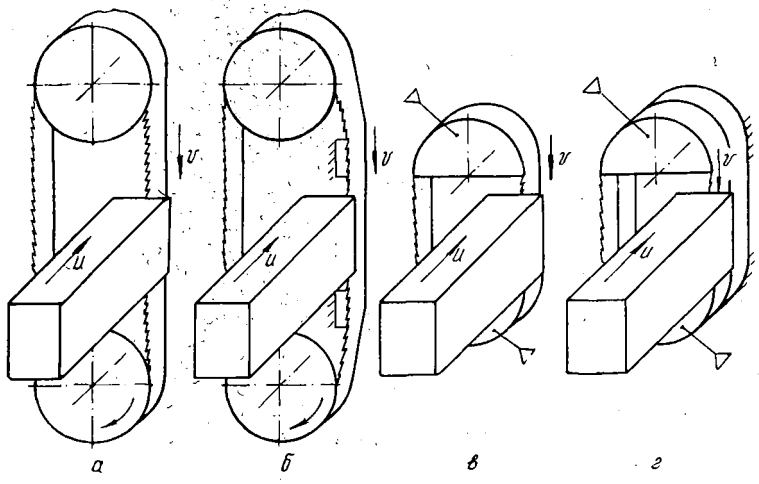


Рис. 1. Принципиальные схемы узлов резания ленточнопильных станков: *а* — без контактных направляющих; *б* — с контактными направляющими; *в* — с криволинейными аэростатическими направляющими; *г* — с криволинейными аэростатическими направляющими и неподвижной опорной лентой (*v*, *u* — скорость пилы и подачи)

$D_ш + 450 \ldots 900$ мм — для делительных станков; $D_ш + 800 \ldots 1400$ мм — для станков, распиливающих бревна ($D_ш$ — диаметр шкивов) [7].

Отечественные ленточнопильные станки выпускают с направляющими. Величина зазора между ними и пилой для делительных и бревнопильных станков составляет соответственно 0,2...0,3 и 0,3...0,6 мм [7]. До касания пилой направляющих $l = L$, т. е. направляющие, установленные с зазором, не оказывают влияния на устойчивость пилы.

Во многих странах на ленточнопильных станках используют контактные отжимные направляющие (рис. 1, *б*), которые повышают устойчивость и жесткость пилы, а также точность ее движения в зоне резания. Применение контактных направляющих позволяет уменьшить l до максимальной высоты пропила h_{max}. На значения L контактные направляющие не влияют.

При использовании предложенной автором конструкции криволинейных аэростатических направляющих [3, 4] значения L и l могут быть одновременно уменьшены до максимальной высоты пропила h_{max} (рис. 1, *в*).

На рис. 1, *г* показана схема ленточнопильного станка, у которого пила и опорная лента огибают криволинейные опоры [1]. Под пилу подводят сжатый воздух, образующий аэростатические опоры. Опорная лента закреплена и не совершает движения. Ее толщина больше толщины пилы, но меньше ширины пропила. Для уменьшения трения к торцу опорной ленты подведена смазка. У ленточнопильного станка такого типа $l \simeq h_{max}$ и $L = 0$. Устойчивость пилы у него значительно больше, чем станков других конструкций. Кроме этого снижены боковые воздействия на пилу и исключена возможность зажима ее в пропиле.

Схемы для расчета устойчивости ленточных пил рассмотренных на рис. 1, *а—г* конструкций станков и различных вариантов ограничения l и L приведены на рис. 2, *а—г*.

Величину критической силы для первого варианта (см. рис. 1, *а*; рис. 2, *а*) находят по формуле [3]

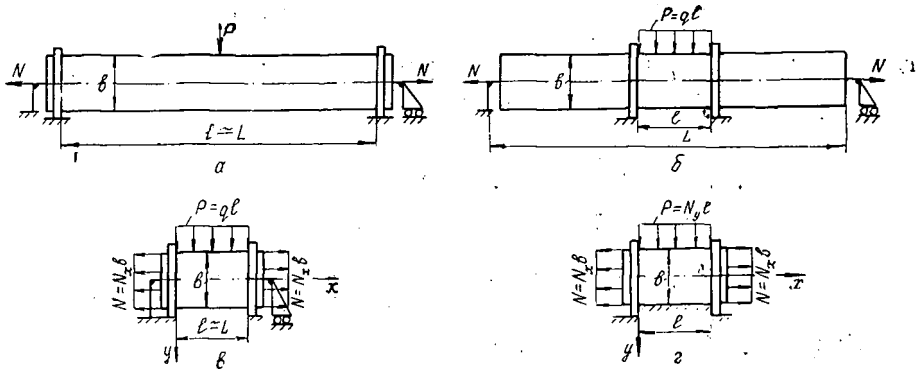


Рис. 2. Расчетные схемы для определения критической силы ленточной пилы $P_{кр}$ при следующих вариантах ограничения свободных длин l и L: *а* — без контактных направляющих, l и L равны расстоянию между осями шкивов (вариант I); *б* — L равна расстоянию между осями шкивов; l — расстоянию между контактными направляющими (II); *в* — l и L равны расстоянию между криволинейными направляющими (III); *г* — пила в зоне резания опирается на опорную ленту, $L = 0$, l равна расстоянию между криволинейными направляющими (IV)

$$P_{кр} = 1{,}65\frac{Nb}{l}\left(\sqrt{2+\frac{12C}{Nb^2}}-1\right), \qquad (1)$$

где N — сила натяжения пилы, Н;

$l = L$ — свободная длина пилы, мм;

$C = GI_к$ — крутильная жесткость пилы, Н · мм^2;

G — модуль сдвига, Н/мм^2;

$I_к \simeq \frac{bS^3}{3}$ — момент инерции поперечного сечения при кручении пилы, мм^4;

b — ширина полотна пилы, $b = B - h$, мм;

B — ширина пилы, мм;

h — высота зубьев, мм;

S — толщина пилы, мм.

При $L = l \gg h_{max}$ замена распределенной нагрузки qh на P оправдана, так как ошибка не превышает 2...4 %.

Критическую силу для второго варианта (см. рис. 1, *б*; рис. 2, *б*) определяют по формуле [5]

$$P_{кр} = q_{кр}l = \frac{\pi^2 Nb}{k^2 l}\left(\sqrt{1+\frac{k^2}{3}+\frac{4k^2C}{b^2N}}-1\right), \qquad (2)$$

где $k = 2{,}14 + 4{,}93\,(L/l - 1)$.

Для пилы третьего варианта (см. рис. 1, *в*; рис. 2 *в*) критическая сила также может быть рассчитана по формуле (2). Для $L = l$ имеем $k = 2{,}14$.

Расчетная формула для четвертого варианта (рис. 1, *г*; рис. 2, *г*) была получена с помощью энергетического метода исследования выпучивания пластинок [6]. Значение критической сжимающей нагрузки находят из условия

$$\Delta T = \Delta V, \qquad (3)$$

где ΔT — работа внешних сил;

ΔV — энергия деформации изгиба.

Упругую поверхность выпученной пластинки (участок пилы в зоне резания) можно представить двойным рядом

$$w = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{mn} \sin \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{n\pi y}{2b}, \qquad (4)$$

где m и n — число полуволн выпученной пластинки соответственно в направлении осей x и y.

Работа внешних сил

$$\Delta T = -\frac{1}{2} \int_0^l \int_0^b \left[N_x \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 - N_y \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right] dx\, dy =$$

$$= -\frac{\pi^2 b}{8l} N_x \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} m^2 a_{mn}^2 + \frac{\pi^2 l}{32b} N_y \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n^2 a_{mn}^2. \qquad (5)$$

Энергия деформации изгиба

$$\Delta V = \frac{D}{2} \int_0^l \int_0^b \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 - 2(1-\mu) \left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x\, \partial y} \right)^2 \right] \right\} dx\, dy = \frac{\pi^4 lb}{8} D \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{mn}^2 \left(\frac{m^2}{l^2} + \frac{h^2}{4b^2} \right)^2, \qquad (5a)$$

где $D = \frac{ES^3}{12(1-\mu^2)}$ — цилиндрическая жесткость пластинки, Н · мм.

Подставляя ΔT и ΔV в (3) и выполняя математические преобразования, находим

$$N_y = \frac{4\pi^2 b^2 D \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{mn}^2 \left(\frac{m^2}{l^2} + \frac{n^2}{4b^2} \right)^2 + \frac{4b^2}{l^2} N_x \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} m^2 a_{mn}^2}{\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} n^2 a_{mn}^2}. \qquad (6)$$

Для определения N_y надо так подобрать параметры a_{mn}, чтобы N_y стало минимальным. Это возможно в том случае, когда все коэффициенты a_{mn}, кроме одного, равны нулю, а также $n = 1$ и $m = 1$.

Следовательно, критическое значение распределенной сжимающей силы

$$N_{y\,кр} = 4\pi^2 b^2 D \left(\frac{1}{l^2} + \frac{1}{4b^2} \right)^2 + \frac{4b^2}{l^2} N_x.$$

Величину критической силы для четвертого варианта (рис. 1, *г*; 2, *г*) определяют по формуле

$$P_{кр} = N_{y\,кр} l = 4\pi^2 b^2 D l \left(\frac{1}{l^2} + \frac{1}{4b^2} \right)^2 + \frac{4b^2}{l} N_x. \qquad (7)$$

В таблице для четырех вариантов приведены значения $P_{кр}$ при разных значениях силы N ($S = 1$ мм, $b = 100$ мм). Максимальная высота пропила $h_{max} = 300$ мм. Свободная длина пилы в плоскости наибольшей жесткости: варианты I и II (см. рис. 1, *а, б*) — $L = 1900$ мм; вариант III (рис. 1, *в*) — $L = h_{max} = 300$ мм; вариант IV (рис. 1, *г*) — $L = 0$. Свободная длина пилы в плоскости наименьшей жесткости: вариант I (см. рис. 1, *а*) — $l = L = 1900$ мм; варианты II—IV (рис. 1; *б—г*) — $l = h_{max} = 300$ мм. При модуле упругости $E = 2{,}15 \cdot 10^5$ МПа и $\mu = 0{,}30$ цилиндрическая жесткость ленточной пилы $D = 196{,}89$ Н · мм. На рис. 3 по данным таблицы построены графики зависимости силы $P_{кр}$ от N.

Существующие ленточнопильные станки могут быть модернизированы за счет применения отжимных контактных направляющих. В этом случае значение l уменьшается в несколько раз. Однако L не изменя-

Вариант ограничения свободных длин пилы	Критическая сила пилы, Н, при силе натяжения, Н			
	6 000	8 000	10 000	12 000
I	308	282	454	577
II	473	601	728	855
III	3 570	4 434	5 293	6 148
IV	8 023	10 694	13 360	16 027

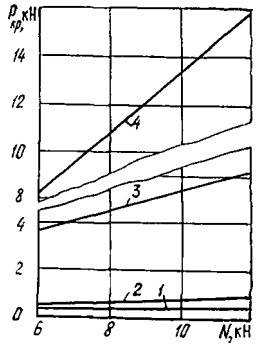


Рис. 3. Зависимость критической силы ленточной пилы $P_{кр}$ от силы натяжения N ($S = 1$ мм; $b = 100$ мм; варианты ограничения l и L приведены на рис. 2): *1* — I; *2* — II; *3* — III; *4* — IV

ется, поэтому устойчивость пилы повышается незначительно. Контактные направляющие повышают жесткость пилы и точность ее движения в зоне резания.

При использовании ленточнопильных станков с аэростатическими направляющими значение l и L могут быть уменьшены до h_{max}, устойчивость пилы увеличена в 11 раз. Высокая точность пиления достигается при меньших значениях сил N, радиус криволинейных направляющих не влияет на величину l и L, отсутствует биение и инерционность шкивов. Все это позволяет, как показывают расчеты и подтверждают испытания [2], повысить долговечность пилы до 20 раз и использовать пилы, оснащенные пластинками из твердого сплава. Значительно уменьшается уровень шума, масса и габаритные размеры ленточнопильного станка. Испытания в производственных условиях экспериментального образца ленточнопильного станка подтвердили его высокую эффективность.

При опирании пилы, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим, на неподвижную опорную ленту свободная длина пилы может быть уменьшена до нуля. Как показывают расчеты, устойчивость пилы может быть повышена в 26—30 раз по сравнению с устойчивостью пилы ленточнопильного станка традиционной конструкции и в 2,2—2,6 раз по сравнению с устойчивостью пилы, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим. Это направление требует дальнейшего научного изучения и технической проработки.

Приведенные в статье данные позволяют определить направления совершенствования ленточнопильных станков и оценить их эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 1813629 СССР, МКИ В 27 В 13/10. Ленточнопильный станок / Г. Ф. Прокофьев (СССР).— № 4918117/15; Заявлено 11.03.91; Опубл. 07.05.93; Бюл. № 17 // Открытия. Изобретения.— 1993.— № 17.— С. 94. [2]. Прокофьев Г. Ф. Долговеч-

ность пилы ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими // Деревообраб. пром-сть.— 1991.— № 5.— С. 8—10. [3]. Прокофьев Г. Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами.— М.: Лесн. пром-сть, 1990.— 240 с. [4]. Прокофьев Г. Ф. Ленточнопильный станок с пилой на воздушной подушке // Лесн. пром-сть.— 1994.— № 2.— С. 9—10. [5]. Прокофьев Г. Ф. Устойчивость рамных и ленточных пил в направляющих // Совершенствование конструкций и методов подготовки и эксплуатации режущего инструмента и деревообрабатывающего оборудования: Науч. тр. / ЦНИИМОД.— 1977.— С. 43—48. [6]. Тимошенко С. П. Устойчивость упругих систем / Пер. с анг. И. Н. Снитко.— 2-е изд.— М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1955.— 567 с. [7]. Феоктистов А. Е. Ленточнопильные станки.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 152 с.

Поступила 7 марта 1995 г.

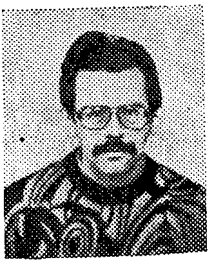
ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

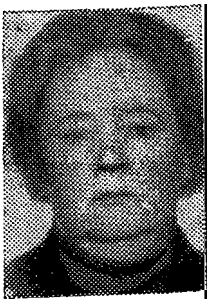
ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.017.55 : 535.683

Ю. И. ДЬЯЧЕНКО, Т. А. ТУМАНОВА



Дьяченко Юрий Игоревич родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградский государственный университет, кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической, аналитической, физической и коллоидной химии С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет около 40 научных трудов в области химии комплексных соединений платиновых металлов и процессов отбелки целлюлозных материалов.



Туманова Тамара Александровна родилась в 1924 г., окончила в 1947 г. Ленинградский технологический институт, доктор химических наук, профессор СПб ЛТА. Основное направление научной деятельности — целлюлозно-бумажная промышленность, производство беленых целлюлоз.

ИЗУЧЕНИЕ РЕВЕРСИИ БЕЛИЗНЫ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ*

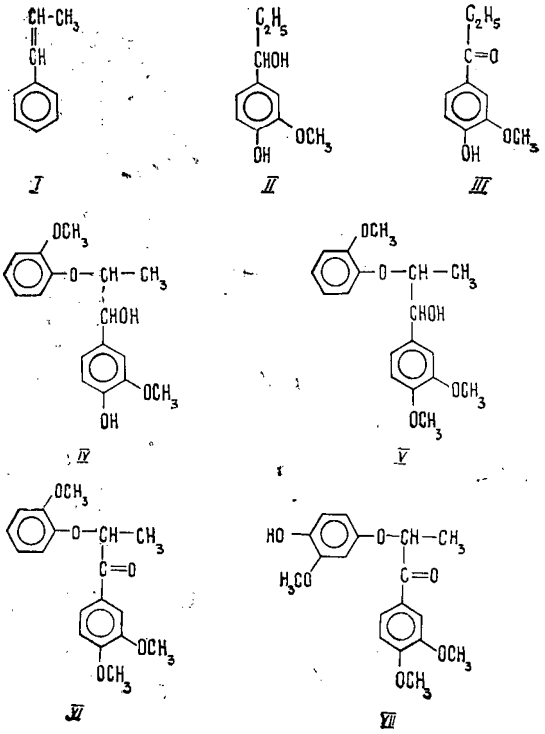
Методами спектрофотометрии и спектрометрии отражения исследована реверсия белизны целлюлозных материалов под действием УФ-облучения с использованием модельных соединений лигнина и целлюлозы, а также экстрактивных веществ, полученных из термомеханической массы. На основании сопоставления дифференциальных спектров отражения сделано предположение об участии в реверсии белизны не только лигнина, но и экстрактивных веществ и (в меньшей степени) углеводных компонентов.

By spectrophotometry and spectrometry of reflection, the whiteness reversion of the cellulose materials acted upon by UV-radiation with the use of model compounds of lignin and cellulose as well as the extractives from the thermomechanical pulp has been studied. Based on the differential spectra comparison an assumption of participating in whiteness reversion, not only lignin, but the extractives and (to a lesser extent) carbohydrates components as well, has been made.

* Статья выполнена по тематике ГНТП России «Комплексное использование и воспроизводство древесного сырья».

Использование беленых полуфабрикатов высокого выхода ограничено их пожелтением под действием света, тепла и влаги [2]. Причиной пожелтения обычно считают влияние на лигнин кислорода [6, 7]. Однако установлено [5], что даже в растворе, полностью освобожденном от кислорода, облучение димерных модельных соединений лигнина приводит к появлению окраски. Согласно [4], действие УФ-излучения вызывает интенсивную окраску димерных модельных соединений лигнина, не содержащих карбольных и фенольных групп, в то время как мономерные модели, содержащие эти группы, дают незначительное пожелтение. Это противоречит ранее принятым теориям о механизме реверсии белизны.

Существенную помощь в изучении механизма процесса реверсии белизны могут оказать исследования следующих мономерных и димерных моделей лигнина: изоэвгенол (I), α-гваяцилпропанол (II); α-гваяцилпропанон (III); 1-(2-метокси-4-гидроксифенил)-2-(2-метоксифенокси)-пропанол-1 (IV); 1-(3, 4-диметоксифенил)-2-(2-метоксифенокси)-пропанол-1 (V); 1-(3, 4-диметоксифенил)-2-(2-метоксифенокси)-пропанол-1 (VI); 1-(3-метокси-4-гидроксифенил)-2-(3-метокси-4-гидроксифенокси)-пропанон-1 (VII)*.



Для выяснения роли в реверсии белизны таких составных частей древесных масс, как целлюлоза и экстрактивные вещества, испытано воздействие УФ-излучения на целлобиозу (модельное соединение целлюлозы) и экстрактивные вещества, полученные из термомеханической массы (ТММ).

В качестве источника УФ-излучения использовали осветитель КФ-4 со светофильтром УФС-6 (диапазон длин волн 340 ... 390 нм; время об-

* Авторы выражают благодарность за предоставленные для исследований соединения II—VII, синтезированные на кафедре органической химии СПб ЛТА ст. науч. сотрудником М. Ф. Кирюшиной.

лучения 15 ч). Исследованы образцы кристаллических модельных веществ (тонкие пленки на поверхности кварцевого стекла, полученные испарением спиртовых растворов); спиртовые растворы модельных веществ (облучение проводили в закрытых кварцевых кюветах); отливки хлопковой целлюлозы с нанесенными на поверхность модельными веществами. Масса отливок 2 г; диаметр 40 мм; давление прессования 4 МПа. Эти отливки, пропитанные растворами модельных веществ в этаноле (концентрация растворов примерно $7 \cdot 10^{-2}$ моль/л; объем раствора на одну отливку 5 мл), сушили на воздухе. При этом практически все вещество, содержащееся в растворе, переходило в отливку.

Спектры этанольных растворов модельных соединений (до и после облучения) в области 200...800 нм записаны на спектрофотометре «Specord M 40». Тонкие пленки образцов после облучения перед измерением спектров снова растворяли в этаноле. Спектры отражения отливок целлюлозы получены на спектрофотометре «Specord M 40» с интегрирующей сферой. По спектрам отражения отливок до и после облучения рассчитаны дифференциальные спектры, т. е. зависимости чисел относительного обесцвечивания DC_λ от длины волны λ [8].

Исследуемое вещество	Вид облучения	Максимумы полос поглощения, нм, при диапазоне, нм						
		205...215	215...230	225...240	235...265	275...290	295...320
Модельные соединения лигнина:							
I	н; р	213			260		300 пл
II	н	206		228		280	
	к	210			258 пл	278 пл	303 пл
	р	211		228 пл		275	303
III	н	207		230		275	303
	к	207	217	234 пл	258	290 пл	305 пл
	р	207	222	233 пл	263	280 пл	313 пл
IV	н	209		228		277	317
	к	206		232 пл		278	
	р	209		230 пл		275	
V	н	206		227		280	300
	к	206		228		278	313
	р	206		232 пл	256	278	
VI	н	205		230		278	307
	к	209	221 пл		254 пл	283 пл	
	р	210	227 пл	235 пл	255 пл	283 пл	
VII	н	205	223		258		303
	к	207	223	240 пл		283 пл	
	р	207	223 пл				297 пл
Целлобиоза	к	206		230 пл	256 пл	288 пл	
	р	208		230 пл	248 пл		
Экстрактивные	н; к	210			238 пл	277	
	р	212			237 пл	276	

Примечания: 1. До облучения целлобиоза не поглощала свет в изученной спектральной области. 2. н — не облучено; к — облучено в кристаллической форме; р — облучено в растворе; пл — плечо.

В таблице приведены значения максимумов полос поглощения модельных веществ до и после облучения. Отметим, что для веществ с концентрацией, позволяющей измерить спектр в УФ-области, поглощение в видимой области отсутствует, за исключением соединения III, слабо поглощающего после облучения в области 400 ... 450 нм. Облучение приводит к изменению спектров всех препаратов, кроме изоэвгенола и экстрактивных веществ, что указывает на протекание фотохимических процессов. Изменения в спектрах модельных соединений лигнина касаются как числа полос поглощения, так и их интенсивности. Типичным является переход от спектров с ярко выраженными максимумами поглощения к спектрам, в которых полосы накладываются и проявляются в виде плеч. Спектры образцов, облученных в растворе, в ряде случаев отличаются от спектров образцов, облученных в виде кристаллов, что свидетельствует об участии растворителя в химических процессах, протекающих при облучении. Изменения в спектре образца II при облучении можно связать с его окислением до III. В пользу такого предположения свидетельствует появление полосы при $\lambda = 303$ нм. Целлобиоза до облучения не поглощала в изученной спектральной области, но после облучения в ее спектре появляется ряд полос. На рис. 1 показано достаточно типичное изменение спектра после облучения образца III.

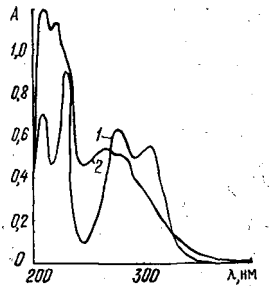


Рис. 1. УФ-спектры растворов соединения III до *(1)* и после *(2)* облучения в этанольном растворе (*A* — абсорбционность)

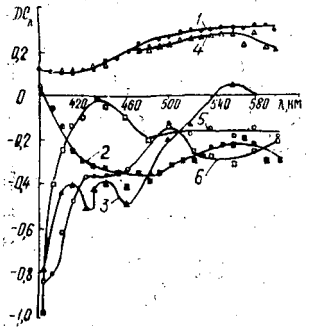


Рис. 2. Влияние УФ-облучения на изменение содержания хромофоров в контрольной отливке целлюлозы (кривая *1*) и в отливках целлюлозы с нанесенными экстрактивными веществами (кривая *2*), целлюбиозной (кривая *3*) и мономерными модельными соединениями лигнина: *4* — I; *5* — II, *6* — III

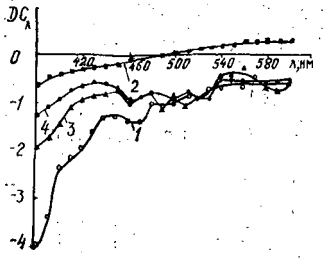


Рис. 3. Влияние УФ-облучения на изменение содержания хромофоров в отливках целлюлозы с нанесенными димерными модельными соединениями лигнина: *1* — IV; *2* — V; *3* — VI; *4* — VII

На рис. 2, 3 приведены дифференциальные спектры отражения образцов хлопковой целлюлозы, пропитанной различными веществами. Все модельные соединения лигнина (за исключением соединения I), нанесенные на хлопковое волокно, изменяются под воздействием УФ-облучения, приводя к потемнению волокна ($DC_\lambda > 0$). В случае изоэвгенола, как и в случае не обработанной модельными соединениями целлюлозы (см. рис. 2), УФ-облучение приводит к уменьшению числа хромофорных групп ($DC_\lambda > 0$); при этом спектры практически совпадают.

Для дифференциальных спектров целлюлозы с другими модельными соединениями лигнина характерно появление полос поглощения при $\lambda < 400$ нм, особенно интенсивных у димерных моделей лигнина. Согласно [6], в этой области спектра поглощают такие хромофорные группы, как органические пероксиды, карбонилы алифатической природы, одноядерные *о-* и *п*-хиноны. Кроме того, в спектрах целлюлозы с нанесенными димерными соединениями проявляется полоса поглощения при $\lambda \approx 460$ нм, которая, по данным [6], отвечает поглощению биядерных *о-* и *п*-хинонов. Особенно сильно указанные полосы выражены у соединения IV, несколько хуже — у соединений VI и VII.

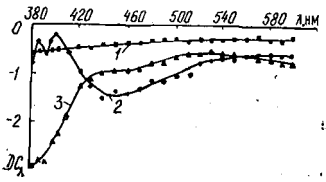


Рис. 4. Влияние УФ-облучения на изменение содержания хромофоров: *1* — РДМ, отбеленная дитионитом натрия ([1], рис. 4, кривая 2, *в*); *2* — ТММ; отбеленная пероксидом водорода ([3], рис. 3, кривая *2*); *3* — ТММ, полученная из РДМ

На рис. 4 приведен дифференциальный спектр термомеханической массы (ТММ), отбеленной пероксидом водорода, после УФ-облучения в вышеуказанных условиях (данные [3]). Сравнение этого спектра со спектрами целлюлозы с нанесенными димерными модельными соединениями лигнина показывает их сходство по числу и положению полос. Таким образом, подтверждается вывод [4], что димерные соединения, в отличие от мономерных, хорошо моделируют поведение полуфабрикатов высокого выхода при реверсии белизны. Однако соотношение интенсивностей полос при $\lambda \sim 380$ и $\lambda \sim 460$ нм в спектре ТММ обратное такому соотношению у модельных соединений, нанесенных на поверхность целлюлозы, что наводит на мысль об участии в реверсии белизны, помимо лигнина, других составляющих целлюлозных материалов — углеводной части и экстрактивных веществ. Дифференциальный спектр образца хлопковой целлюлозы с нанесенными экстрактивными веществами (см. рис. 2) не имеет максимума при $\lambda < 400$ нм, но имеет широкий максимум при $\lambda \sim 460$ нм. Причем значения DC_λ медленно снижаются по модулю в области 500 ... 600 нм, как и в спектре ТММ. Таким образом, сопоставление дифференциальных спектров ТММ, отбеленной пероксидом водорода, и модельных веществ, нанесенных на хлопковую целлюлозу, наводит на мысль об участии в реверсии белизны целлюлозных материалов как лигнина, так и экстрактивных веществ и (в меньшей степени) углеводной части. Однако окончательный вывод можно будет сделать только после проведения исследования с более высокомолекулярными модельными соединениями лигнина.

Дифференциальный спектр рафинерной древесины массы (РДМ), отбеленной дитионитом натрия, после УФ-облучения (данные [1]), в отличие от спектра ТММ, отбеленной пероксидом водорода, не имеет ярко выраженных максимумов. Причиной этого может быть как различие

видов древесной массы, так и неодинаковость механизмов действия разных отбельных реагентов. Дифференциальный спектр отражения ТММ по отношению к РДМ (рис. 4) показывает, что термическая обработка массы приводит к возрастанию числа хромофоров во всей спектральной области, особенно при $\lambda = 400$ нм. Возможно, поэтому при реверсии белизны ТММ хромофоры появляются прежде всего в этой и близких к ней областях спектра. В образцах РДМ, отбеленной дитионитом натрия, при реверсии белизны хромофоры возникают более равномерно во всей спектральной области.

Выводы

Поведение полуфабрикатов высокого выхода при реверсии белизны в области 380...400 нм хорошо моделируют димерные модели лигнина. В области более высоких длин волн весьма вероятно участие в пожелтении также экстрактивных веществ и углеводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Дьяченко Ю. И., Габриелян А. Р., Туманова Т. А. Изучение и оптимизация процесса отбелки рафинерной древесной массы дитионитом натрия // Химия древесины.— 1991.— № 6.— С. 17—24. [2]. Лебедева И. А., Кречетова С. П. Отбелка древесной массы.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 159 с. [3]. Спектрофотометрическое исследование реверсии белизны термомеханической массы под воздействием УФ-облучения / О. А. Кучинская, С. С. Пузырев, Ю. И. Дьяченко, Т. А. Туманова // Лесн. журн.— 1990.— № 4.— С. 92—96.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Castellan A., Girard P., Vanucci C. A photoyelowing simulation of bleaching high yield wood pulp by lignin models included in a solid carbohydrate matrix // J. Wood Chem. Technol.— 1988.— Vol. 8, N 1.— P. 73—90. [5]. Etude photochimique de dimeres modeles de lignine de type α-0-4 et β-0-4 «0-methyles» / A. Castellan, C. Vanucci, J.-P. Desvergne u. a. // C. R. Acad. Sci. Ser. II.— 1985.— T. 301, N 1.— P. 21—26. [6]. Gratzl J. S. Lichtinduzierte Vergilbung von Zellstoffen—Ursachen und Verhütung // Papier.— 1985.— Bd. 39, N 10 A.— S. V15—V23. [7]. Janson J., Forsskahl I. Farbeveränderungen der Holzstoffe und Erhöhung der Beständigkeit infolge von Lichteiwirkung // Zellstoff und Papier.— 1989.— Jg. 38, N 2.— S. 47—50. [8]. Polcin J., Rapson W. H. Spectrophotometric study of wood chromophores in situ. I. The method of differential $(K/S)_\lambda$ curves related to bleaching and color reversion // Tappi.— 1969.— Vol. 52, N 10.— P. 1960—1965.

Поступила 22 февраля 1994 г.

УДК 541.11

Д. А. ПОНОМАРЕВ, Л. Г. ДЬЯЧЕНКО

Пономарев Дмитрий Андреевич родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградский государственный университет, кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 60 печатных трудов в области органической химии и химии древесины.

Дьяченко Людмила Георгиевна родилась в 1952 г., окончила в 1975 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры органической химии С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет 17 печатных трудов в области химии терпеноидов.

ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ РЕАКЦИЙ ТЕРМОЛИЗА БЕНЗИЛФЕНИЛОВОГО ЭФИРА*

На основе литературных данных вычислены тепловые эффекты реакций термолиза бензилфенилового эфира. Показано, что в реакциях передачи цепи энтальпийные факторы не играют существенной роли. Обсуждены пути образования бензилфенолов.

Based on publication data the thermal effects of benzylphenyl ether thermolysis reactions have been calculated. It has been shown that in chain transfer reactions the enthalpy factors do not play a significant role. The ways of benzylphenols' formation are discussed.

В макромолекуле лигнина 6...8 % фенилпропановых единиц соединены бензиларильной эфирной связью $ArCH_2 — OAr$ [8]. По нашим расчетам, энергия этой связи в зависимости от характера заместителей в ароматических кольцах составляет 150...210 кДж/моль, в то время как для связи $C_6H_5O — CH_3$ она равна 238 кДж/моль [13], а для $C_6H_5CH_2 — CH_2C_6H_5$ — 259 кДж/моль [4] (указанное в монографии [2] значение 197 кДж/моль мы считаем сильно заниженным). Следовательно, эта связь является самой слабой в макромолекуле.

Поэтому при термическом воздействии на лигнин связь $ArCH_2 — OAr$ разрывается одной из первых, а состав полученных при термодеструкции продуктов будет во многом определяться превращением свободных радикалов, образовавшихся при этом. В литературе имеется достаточно много данных о составе продуктов пиролиза бензилфенилового эфира — простейшего соединения, моделирующего рассматриваемый тип связи в лигнине. Термические реакции этого соединения были изучены в широком интервале температур в присутствии различных доноров водорода и катализаторов [1, 5, 12, 14].

В настоящей работе нами на основе имеющихся и вычисленных термохимических данных определены энтальпии реакций образования и фрагментации свободных радикалов, участвующих в реакциях пиролиза бензилфенилового эфира, а также рассмотрены существующие представления о механизме образования продуктов пиролиза и дана оценка возможности протекания отдельных реакций.

Превращения лигнина и его модельных соединений при нагревании подробно изучены А. Н. Кислицыным [1], который в продуктах пиролиза бензилфенилового эфира (температура 325 °С, продолжительность 30 мин, степень конверсии 62 %) обнаружил бензол (0,5 %), толуол

* Статья подготовлена по тематике ГНТП России «Комплексное использование и воспроизводство древесного сырья».

(4,7 %), бензальдегид (3,6 %), фенол (20,1 %), дифенилметан (8,4 %), дифенил (0,2 %), 1,2-дифенилэтан (1,2 %), бензофенон (10,4 %), *о*-бензилфенол (18,2 %), *п*-бензилфенол (6,2 %) и высококипящие неидентифицированные продукты. Для большинства из указанных веществ он предложил пути их образования.

Необходимо отметить, что при пиролизе бензилариловых эфиров $C_6H_5CH_2OAr$ в присутствии тетралина или других доноров водорода в качестве основных продуктов образуются толуол, соответствующие замещенные фенолы и бензилфенолы [5, 14], т. е. в условиях, исключающих возможность протекания цепных реакций, одним из основных направлений деструкции является гомолиз по связи $C_6H_5CH_2$ — OAr. Ниже приведены основные реакции термодеструкции бензилфенилового эфира и их энтальпии ΔH_r, кДж/моль:

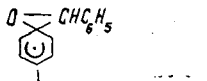
$$C_6H_5CH_2OC_6H_5 \longrightarrow C_6H_5CH_2^{\cdot} + C_6H_5O^{\cdot} \qquad (\Delta H_r = 209) \quad (1)$$

$$C_6H_5CH_2OC_6H_5 + C_6H_5O^{\cdot} \longrightarrow C_6H_5\dot{C}HOC_6H_5 + C_6H_5OH \qquad (\Delta H_r = -20) \quad (2а)$$

$$C_6H_5CH_2OC_6H_5 + C_6H_5CH_2^{\cdot} \longrightarrow C_6H_5\dot{C}HOC_6H_5 + C_6H_5CH_3 \qquad (\Delta H_r = -21) \quad (2б)$$

$$C_6H_5\dot{C}HOC_6H_5 \longrightarrow C_6H_5C(=O)H + C_6H_5^{\cdot} \qquad (\Delta H_r = 147) \quad (3)$$

$$C_6H_5\dot{C}HOC_6H_5 \longrightarrow C_6H_5O^{\cdot} + C_6H_5CH: \qquad (\Delta H_r = 318) \quad (4)$$



$$O-CHC_6H_5 \qquad (\Delta H_r = 140) \quad (5)$$

$$C_6H_5CHC_6H_5 \quad (O^{\cdot}) \qquad (\Delta H_r = -88) \quad (6)$$

$$\downarrow C_6H_5CH_2^{\cdot}$$

$$C_6H_5-C(O)-C_6H_5 + C_6H_5CH_3 \qquad (\Delta H_r = -293) \quad (7)$$

$$2C_6H_5CH_2^{\cdot} \longrightarrow C_6H_5CH_2CH_2C_6H_5 \qquad (\Delta H_r = 255) \quad (8)$$

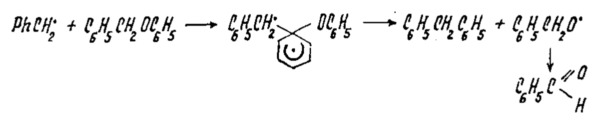
$$C_6H_5CH_2^{\cdot} + C_6H_5^{\cdot} \longrightarrow C_6H_5CH_2C_6H_5 \qquad (\Delta H_r = -373) \quad (9)$$

$$2C_6H_5^{\cdot} \longrightarrow C_6H_5-C_6H_5 \qquad (\Delta H_r = -476) \quad (10)$$

Образование *о*- *и* *п*-бензилфенолов, по мнению А. Н. Кислицына, происходит по типу перегруппировки Клайзена:

$$C_6H_5CH_2OC_6H_5 \rightarrow o\text{-}(n\text{-})\ C_6H_5CH_2C_6H_4OH.$$

Принимая в целом предлагаемые пути образования продуктов термодеструкции бензилфенилового эфира, считаем необходимым сделать следующие замечания. Во-первых, диссоциация α-феноксибензильного радикала с образованием феноксильного радикала и фенилкарбена по реакции (4) является термодинамически крайне невыгодной. Для этой реакции наблюдается самый большой тепловой эффект, составляющий 318 кДж/моль. Во-вторых, образование дифенилметана в столь значительных количествах (8,4 %) вряд ли происходит путем рекомбинации радикалов по реакции (9), так как аналогичные реакции рекомбинации (8) и (10) идут со значительно более низкими выходами 1, 2-дифенилэтана (1,2 %) и дифенила (0,2 %). Дифенилметан образуется, скорее всего, в результате ипсо-замещения [14]:



Энтальпия реакции ипсо-замещения с участием $C_6H_5\dot{C}H_2$ значительно меньше, чем с $C_6H_5O^{\cdot}$, что и определяет преимущественное образование дифенилметана:

$$C_6H_5\dot{C}H_2 + C_6H_5CH_2OC_6H_5 \rightarrow C_6H_5CH_2C_6H_5 +$$
$$+ C_6H_5CH_2O^{\cdot} \ (\Delta H_r = 44 \text{ кДж/моль});$$
$$C_6H_5O^{\cdot} + C_6H_5CH_2OC_6H_5 \rightarrow C_6H_5OC_6H_5 +$$
$$+ C_6H_5CH_2O^{\cdot} \ (\Delta H_r = 87 \text{ кДж/моль}).$$

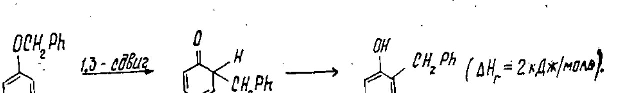
На основании равенства энтальпий реакций (2*а*) и (2*б*) можно было предположить об одинаковом участии радикалов $C_6H_5\dot{C}H_2$ и $C_6H_5O^{\cdot}$ в реакциях передачи цепи. Однако фенола, по данным А. Н. Кислицына [1], образуется в 5 раз, а по данным Р. Х. Шлозберга [14] — в 3 раза больше, чем толуола. Если в реакциях простого разрыва связи (1) термохимические факторы являются определяющими, то в реакциях передачи цепи главную роль начинают играть другие факторы. По мнению Р. Х. Шлозберга [14], одним из таких факторов может быть различная стабилизация полярного переходного состояния реакции отрыва водорода феноксильным радикалом по сравнению с бензильным:

$$\underset{\displaystyle C_6H_5O}{C_6H_5\overset{\delta+}{C}H} \ldots H \ldots \overset{\delta-}{O}C_6H_5; \quad \underset{\displaystyle C_6H_5O}{C_6H_5\overset{\delta+}{C}H} \ldots H \ldots \overset{\delta-}{C}H_2C_6H_5.$$

Переходное состояние будет лучше стабилизироваться феноксильным радикалом, сродство к электрону у которого выше, чем у бензильного радикала (соответственно 2,20 и 0,88 эВ [17]).

К такому же выводу о влиянии характера переходного состояния на направление реакции можно прийти, если сравнить реакции β-разрыва (3) и изомеризации (5). При одинаковых энергетических затратах (140...150 кДж/моль) бензофенона образуется в 3 раза больше, чем бензальдегида (соответственно 10,4 и 3,6 %).

Так как фенолы являются более ценными продуктами, чем их эфиры, то термические превращения алкилфениловых эфиров (анизола, бензилфенилового эфира) в алкилфенолы (крезолы, бензилфенолы) имеют большой практический интерес. Образование бензилфенолов, как результат перегруппировки Клайзера, представляется нам маловероятным. Образование орто-изомера может протекать путем 1, 3-сдвига с последующей енолизацией образующегося циклогексадиенона:



Близким к механизму синхронного 1, 3-сдвига является механизм, в котором образование бензилфенолов объясняется рекомбинацией фе-

нильного и бензильного радикалов, происходящей в клетке растворителя [14]. В этом случае взаимодействуют радикалы, образованные из одной и той же молекулы бензилфенилового эфира. Известно несколько примеров образования крезолов при пиролизе анизола [3, 10, 15], а также имеются указания, что реакция идет либо по согласованному механизму [15], либо по схеме гетерогенной каталитической реакции на стенках реакционного сосуда [10]. Скорее всего оба процесса (термическая и каталитическая перегруппировки) протекают одновременно.

Таким образом, нами показана применимость термохимического рассмотрения образования продуктов пиролиза бензилфенилового эфира. Для бензильного радикала основным направлением дальнейших превращений является ипсо-замещение с образованием дифенилметана, в то время как феноксильный радикал участвует в реакциях отрыва водорода с образованием фенола. Определяющим фактором в этой реакции является бо́льшая электроотрицательность $C_6H_5O^{\cdot}$ по сравнению с $C_6H_5CH_2^{\cdot}$.

Энтальпии рассматриваемых реакций термодеструкции бензилфенилового эфира вычислены как разность энтальпий образования продуктов реакции и исходных реагентов. Необходимые для расчетов данные об энтальпиях образования нейтральных молекул и радикалов взяты соответственно из работ [11] и [7]. Энтальпия образования бензилфенилового эфира определена на основе микроинкрементной схемы Бенсона [9]. Энтальпия образования *о*-бензилфенола рассчитана из соотношения ΔH_f (*о*-$HOC_6H_4CH_2C_6H_5$) = ΔH_f (*о*-$HOC_6H_4CH_2CH_3$) + + ΔH_f ($C_6H_5CH_2CH_3$) — ΔH_f (CH_3CH_3) = —145,2 + 29,9 — (—84,3) = = —31,0 кДж/моль. Энтальпия образования α-феноксибензильного радикала $C_6H_5\dot{C}HOC_6H_5$ определена на основе изодесмической реакции, тепловой эффект которой приравняли к нулю:

$$C_6H_5CH_2OC_6H_5 + CH_2 = CH - \dot{C}HOH \rightarrow$$

$$\rightarrow C_6H_5\dot{C}HOC_6H_5 + CH_2 = CH - CH_2OH.$$

Энтальпии образования $C_6H_5CH_2OC_6H_5$, $CH_2 = CH - COOH$ и $CH_2 = CH - CH_2OH$ соответственно равны 33,3; 0,0 и —123,6 кДж/моль. Тогда

$$\Delta H_f (C_6H_5\dot{C}HOC_6H_5) = 33{,}3 + 0{,}0 - (-123{,}6) = 157 \text{ кДж/моль.}$$

Схема расчета энтальпий образования циклических радикалов приведена в [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

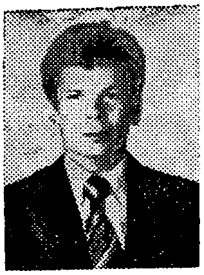
[1]. Кислицын А. Н. Исследование химизма термораспада компонентов древесины: Дис.... докт. хим. наук.— Л., 1974. [2]. Кислицын А. Н. Пиролиз древесины: химизм, кинетика, продукты, новые процессы.— М.: Лесн. пром-сть, 1990.— 312 с. [3]. Кислицын А. Н., Савиных В. И., Латышева В. А. Исследование термораспада анизола // Журн. прикладной химии.— 1972.— Т. 14, № 2.— С. 384—389. [4]. Коробков В. Ю., Калечиц И. В. Кинетика термолиза пара-замещенных 1, 2-диарилэтанов. Влияние заместителя на изменение прочности CH_2—CH_2-связи // Журн. физ. химии.— 1991.— Т. 65, № 3.— С. 657—665. [5]. Корреляция между строением бензиларилиловых эфиров и кинетикой их термолиза / В. Ю. Коробков, В. И. Быков, Е. Н. Григорьева, И. В. Калечиц // Кинетика и катализ.— 1987.— Т. 28, № 4.— С. 1014—1015. [6]. Пономарев Д. А., Мишарев А. Д. Энтальпии образования свободных радикалов, образующихся при термодеструкции анизола // Химия и химич. технология.— 1993.— Т. 36, № 10.— С. 115—117.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Тахистов В. В. Органическая масс-спектрометрия.— Л.: Наука, 1990.— 222 с. [8]. Adler E. Lignin chemistry — past, present and future // Wood Sci. Tecnol.— 1977.— Vol. 11.— P. 169—218. [9]. Benson S. W. Thermochemical Kinetics.— N. Y.: Wiley, 1976.— 308 p. [10]. Bredenberg J. B-son, Masuku C. P., Vuori A. Thermal reactions of the bonds in lignin. II. Thermolysis of dihydrodehydrodiisoeugenol // Holzforschung.— 1989.— Vol. 43, N 2.— P. 115—120. [11]. Cox J. D., Pilcher G.

Thermochemistry of organic and organomethallic compounds.— London, 1970.— 643 p. [12]. Effect of the structure of coal-related model ethers on the rate and mechanism of their thermolysis. 4. Effect of the end groups in the C_6H_5—CH_2—O—R structure / V. Yu. Korobkov, E. N. Grigorieva, V. I. Bykov, I. V. Kalechitz // Fuel.— 1989.— Vol. 68, N 9.— P. 1220—1222. [13]. Paul S., Back M. N. A kinetic determination of the dissociation energy of the C—O bond in anisole // Can. J. Chem.— 1975.— Vol. 53, N 22.— P. 3330—3338. [14]. Schlosberg R. H., Davis W. H. Jr., Ashe T. R. Pyrolysis studies of organic oxygenates. Benzyl phenyl ether pyrolysis under batch autoclave conditions // Fuel.— 1981.— Vol. 60, N 3.— P. 201—204. [15]. The upgrading of lignin-derived compounds: Case studies on model compounds / A. J. Afifi, E. Chornet, R. P. Overend, J. P. Hindermann // Research in thermochemical biomass conversion.— London, New York: Eds. A. V. Bridgwater and J. L. Kuester, 1988.— P. 439—451.

Поступила 17 ноября 1994 г.

УДК 676.038.2

Г. А. ИВАНОВ, О. В. ГУЛИНКИНА



Иванов Геннадий Алексеевич родился в 1940 г., окончил в 1963 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии древесины и полимеров Московского государственного университета леса. Имеет 52 печатных труда в области промышленной экологии и переработки отходов.

Гулинкина Ольга Вячеславовна родилась в 1969 г., окончила в 1991 г. Московский лесотехнический институт, аспирант кафедры промышленной экологии и защиты леса Московского государственного университета леса. Имеет 3 печатных работы в области промышленной экологии и переработки отходов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМООКИСЛЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Изложены результаты экспериментального исследования процесса окисления макулатуры марок МС-5, МС-10, МС-6 в различных режимах термообработки.

The results of experimental investigation into waste paper oxidation process of the marks MS-5, MS-10, MS-6 under various thermo-treatment conditions have been presented.

В настоящее время целлюлозосодержащие отходы составляют 30...40 % от общей массы бытовых отходов. На протяжении многих лет ведутся интенсивные поиски методов переработки целлюлозосодержащих материалов в различные продукты: белок, этанол, са-

хара, органические кислоты, удобрения и др. Существующие сегодня методы переработки бытовых отходов не способны рационально решить проблему использования вторичного целлюлозного сырья и направлены, в основном, на получение тепла (сжигание), низкосортного удобрения (аэробное компостирование) и биогаза (анаэробная ферментация). Лишь немногие лабораторные исследования нашли приемлемые технологические, экономические и экологические решения.

Цель данного исследования — разработать экологически обусловленный метод переработки целлюлозосодержащих отходов.

Для получения органического удобрения целлюлозосодержащие отходы необходимо деструктировать экологически «мягкими» агентами и максимально приблизить технологический процесс разложения к природному. Окисление и термическая деструкция являются естественными природными процессами разложения целлюлозосодержащих материалов. Поэтому наши исследования направлены на оптимизацию процессов окисления.

При изучении литературных данных выявлен ряд факторов, влияющих на процесс термоокисления. Это, прежде всего, исходные характеристики исследуемых материалов, а также температура, окислитель, катализатор, pH среды и концентрация обрабатываемой волокнистой суспензии.

В качестве окислительного агента нами выбран пероксид водорода, действующий наряду с молекулярным кислородом воздуха. Реакция в присутствии пероксида водорода аналогична действию фермента — целлюлаза при распаде целлюлозы в природе [9]. Некоторые ферменты, образованные микроорганизмами, способны продуцировать пероксид водорода в количестве, достаточном для протекания медленной реакции окисления целлюлозы. К таким ферментам относится глюкоза-оксидаза. Очень часто в волокнистых материалах присутствует остаточный лигнин. Пероксид водорода способен окислять лигнин до органических кислот. В природе фермент гриба *Phanerochaete Chrysosporium* — метанол-оксидаза, окисляя метанол, образовавшийся из метоксильных групп лигнина, продуцирует пероксид водорода, необходимый для дальнейшего разложения лигнина [11]. В результате окисления волокнистых материалов пероксидом водорода образуются следующие органические вещества: кислоты, близкие по составу к гумусовым, сахара, микроволокна целлюлозы со степенью полимеризации около 300 и др. [5, 8, 10, 11]. Установлено, что конечные продукты окисления близки по своему химическому составу к верхнему слою гумуса смешанных лесов. Поэтому с помощью окисления целлюлозосодержащих отходов можно получить органическое удобрение.

Пероксид водорода, окисляя исследуемый материал, расходуется по следующим направлениям:

на разложение с выделением свободного кислорода

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + 0{,}5O_2;$$

на диссоциацию с образованием гидропероксидного иона

$$H_2O_2 \rightarrow H^{\cdot} + HO_2^{\prime}.$$

Решающую роль в процессе окислительной деструкции играет реакция разложения с выделением свободного кислорода [3]. Если при разложении пероксида водорода преобладает реакция диссоциации, то окислительная деструкция целлюлозных волокон практически не происходит. Поэтому в проведенных исследованиях большое внимание уделено факторам, стимулирующим реакцию разложения пероксида водорода с выделением свободного кислорода.

Катализаторами этой реакции служат галогены (за исключением фтора), углерод, свинец, медь, серебро, кобальт, марганец, железо и др. Как правило, большинство катализаторов действуют в гомогенной среде, т. е. в виде растворов какой-либо соли. Из изученных катализаторов самое сильное воздействие на разложение пероксида водорода и усиление при этом окислительной деструкции целлюлозосодержащих материалов оказывают соли двух- и трехвалентного железа [1—4]. В этом случае каталитическое разложение пероксида водорода протекает следующим образом:

Восстановленный катализатор + H_2O_2 → Окисленный катализатор + H_2O;

Окисленный катализатор + H_2O_2 → Восстановленный катализатор + O_2.

Кислотность (pH) среды влияет на разложение пероксида водорода и протекание окислительной деструкции. С увеличением pH преобладающей становится реакция диссоциации с образованием гидропероксидного иона и, следовательно, разрушение целлюлозных волокон замедляется. В нейтральной и кислой средах преимущественно протекает реакция разложения с выделением свободного кислорода [8]. Введение катализатора резко усиливает этот процесс.

Влияние температуры на скорость термоокислительной деструкции целлюлозосодержащих материалов тесно связано с вышеописанными факторами и не зависит от них лишь в случае пиролиза в вакууме. В большинстве случаев увеличение температуры ускоряет процесс разрушения целлюлозосодержащих материалов.

Методическая задача исследований заключалась в объяснении и изучении совместного влияния катализатора, pH среды и температуры на процесс термоокислительной деструкции целлюлозосодержащих отходов.

В качестве исследуемых образцов взята макулатура марок МС-5, МС-6, МС-10. Образцы предварительно размалывали на лабораторной мельнице. Средняя степень помола составляла: 30 °ШР — МС-5; 35 °ШР — МС-6; 60 °ШР — МС-10. Степень помола определяли на приборе СР-2 типа Шоппер — Риглера [7]. Для исследований использовали воздушно-сухие навески макулатуры массой 1 г. Термоокисление образцов проводили в термостате при температуре 70 . . . 100 °С в непрерывном режиме. В качестве слабокислого буфера (pH 4,2) взят водный раствор ацетата натрия и уксусной кислоты (концентрация CH_3COOH — 0,2 н.; CH_3COONa — 0,2 М). Окисление проходило в присутствии солей двухвалентного железа. Концентрация $FeSO_4$ составляла 0,44 мМ в 9 мл общего раствора, состоящего из 4 мл буферного раствора, 0,4 мл 10 мМ-го раствора $FeSO_4$, 0,6 мл дистиллированной воды и 4 мл раствора H_2O_2 с изменяющимся от 0,12 до 0,60 г на 1 г воздушно-сухого волокнистого материала расходом.

Целлюлозу определяли по методу Кюршнера и Хоффера, лигнин — по методу Попова; холоцеллюлозу — с перуксусной кислотой; влажность — весовым методом; содержание карбонильных групп — по медному числу; среднюю степень полимеризации — на железовиннонатриевом комплексе (ЖВНК) [6]; pH водной вытяжки — по ГОСТ 12523—77; гемицеллюлозы — косвенно по разности значений холоцеллюлозы и целлюлозы. Химический состав образцов и их влажность приведены в табл. 1.

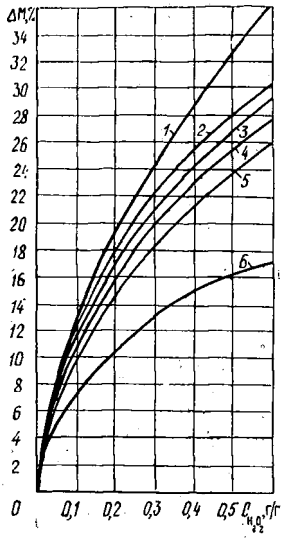
Исследования химического состава образцов макулатуры позволили сделать прогноз о стабильности материала в процессе термоокислительной деструкции. Целлюлоза, являясь наиболее термостойким кристаллическим компонентом, во многом определяет протекание процесса

Таблица 1

Показатели	Значения показателей, %, для макулатуры марок		
	МС-6	МС-10	МС-5
Целлюлоза	70	42	80
Лигнин	20	30	13
Гемицеллюлоза	6,0	18,0	5,5
Влажность	5,96	8,60	5,51

термоокисления. Образец МС-5 в сравнении с другими содержит максимальное количество целлюлозы и, как показали дальнейшие испытания, наиболее стоек к разрушению. Поэтому поиск оптимальной температуры процесса в заданных условиях проводили на этом образце. Исследовали диапазон температур 70...100 °С. Продолжительность процесса 5 ч. Так как окисление проводили в режиме свободного массообмена с атмосферным воздухом, то температура 90 °С представляется оптимальной. Степень окисления оценивали по потере массы ΔM, вышедшей в раствор после промывки окисленного материала.

Дальнейшие исследования проводили при температуре 90 °С и продолжительности процесса 5 ч (рис. 1). Выявлено, что образец МС-10 имеет максимальную склонность к разрушению. Потеря массы у него



Зависимость термоокислительной деструкции, оцениваемой по потере массы ΔM, от расхода пероксида водорода $C_{H_2O_2}$ для макулатуры марок МС-10 *(1)*; МС-6 *(2)*; МС-5 *(3—6)* при различной температуре: *1, 2* — 90; *3* — 85; *4* — 100; *5* — 80; *6* — 70 °С

Таблица 2

Расход H_2O_2, г/г воздушно-сухой навески	Медное число, г			Степень полимеризации			pH среды		
	МС-6	МС-10	МС-5	МС-6	МС-10	МС-5	МС-6	МС-10	МС-5
0,61	10,00	13,20	9,85	172	77	260	5,0	4,0	5,0
0,48	9,90	12,90	9,67	389	152	550	5,3	4,1	5,1
0,36	9,80	12,80	9,61	432	266	725	6,1	4,2	5,3
0,24	9,70	12,30	9,58	474	303	798	6,2	4,8	5,4
0,12	9,60	12,10	9,55	726	600	1130	6,5	5,2	5,9
0,00	9,50	11,10	9,24	809	637	1625	6,6	6,4	6,8

составляет 36 % при расходе пероксида водорода 0,6 г/г воздушно-сухого материала. При этом же расходе H_2O_2 потеря массы у образца МС-6 составляет 30 %, у образца МС-5 — 28 %.

Глубину деструкции волокнистых полуфабрикатов оценивали по медному числу, степени полимеризации (СП), кислотности (pH) среды (табл. 2). Полученные значения СП материалов, окисленных максимальным количеством пероксида водорода, сравнимы с литературными данными для целлюлозных волокон, окисленных в природе, а также близки к микрокристаллической целлюлозе.

Представенные в табл. 2 данные характеризуют склонность исследуемых образцов к глубокой окислительной деструкции в заданных условиях. Это подтверждает, что выбранные нами факторы процесса оптимальны.

Проведенные исследования показали, что экологически «мягкий» каталитический процесс термоокисления пероксидом водорода приемлем для разложения целлюлозосодержащих отходов. Поэтому дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку режима термоокисления, ориентированного на реальный технологический процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Бернарделли А. Е., Туманова Т. А. Термохимическое изучение реакции окисления иона Fe^{+2} H_2O_2 в водном растворе // Тр. ЛТИ ЦБП.— Л.: ЛТИ ЦБП, 1970.— Вып. 25.— С. 30—32. [2]. Воробьева Т. П., Бердников В. М., Пурмаль А. П. Каталитическое разложение перекиси водорода в присутствии ионов меди // Кинетика и катализ.— 1970.— Вып. 1.— С. 100—106. [3]. Гребенев Л. В. Исследование процесса перекисной отбелки сульфатной целлюлозы: Дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1966.— 205 с. [4]. Жаброва А. М., Рочинский С. З. Каталитическое разложение перекиси водорода в водном растворе // Журнал общей химии.— 1954.— Вып. 1.— С. 15. [5]. Каверзнева Е. Д., Салова А. С. Химические превращения макромолекулы целлюлозы и ее производных при окислении // Изв. АН СССР. Отдел химических наук.— 1951.— Т. 6.— С. 782—794. [6]. Лабораторный практикум по целлюлозно-бумажному производству / С. Ф. Примаков, В. П. Миловзоров, М. С. Кухникова, И. М. Царенко — М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 168 с. [7]. Оболенская А. В., Ельницкая З. П., Леонович А. А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы.— М.: Экология, 1991.— 320 с. [8]. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв.— М.: Изд-во МГУ, 1974.— 521 с. [9]. Халливел Г. Н. Каталитическое разложение целлюлозы // Биохим. журн.— 1965.— Вып. 95.— С. 35—40. [10]. Хуземан Х. О кислотном, ферментативном и окислительном разложении целлюлозы и ее производных // Бумага.— 1954.— Т. 27, № 10.— С. 157—162. [11]. Эриксон К. Э. Продуцирование H_2O_2 при разложении лигнина под воздействием гриба *Phanerochaete Chrysosporium* // Лондонское королевское общество. Философские труды.— 1987.— Вып. 321.— С. 455—458.

Поступила 17 ноября 1994 г.

УДК 547.458.81

И. И. ОСОВСКАЯ, А. В. КАМЕНСКИЙ, Г. М. ПОЛТОРАЦКИЙ

С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров

Осовская Ираида Ивановна родилась в 1942 г., окончила в 1968 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, кандидат химических наук, старший научный сотрудник кафедры физической, аналитической и коллоидной химии С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет более 90 научных трудов в области физической химии целлюлозы и ее модификаций.

Полторацкий Геннадий Матвеевич родился в 1931 г., окончил в 1955 г. Ленинградский технологический институт, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической, аналитической и коллоидной химии С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Имеет около 200 научных трудов в области термодинамики водных и неводных растворов электролитов.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА НА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ВОДОЙ И ВОДНЫМИ РАСТВОРАМИ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ

Приведены результаты измерения интегральных теплот взаимодействия с водой и водными растворами гидроксида натрия сульфатной беленой целлюлозы, подвергнутой гидролизу серной кислотой (концентрация 2 н.) в течение 0,5 ... 60,0 мин при 363 К. Получены изотермы десорбции исследуемых образцов.

The results of measuring the integral heats' interaction between water and aqueous sodium hydroxide solutions of sulphate bleached pulp hydrolyzed by sulphuric acid (concentration 2 N) during 0,5...60,0 min. at 363 K have been presented. The desorption isotherms of specimen tested are obtained.

Механизм гидролиза целлюлозы в присутствии серной кислоты, несмотря на неоднократное обобщение экспериментальных и теоретических данных по этой проблеме [3, 4], остается не совсем ясным, поскольку недостаточно изучены свойства гидролизованной целлюлозы, особенно при малой продолжительности процесса. Сравнительно недавно обнаружено [4], что кратковременный кислотный гидролиз улучшает бумагообразующие свойства волокон древесной целлюлозы, однако природа и механизм этого явления не исследованы.

Цель данной работы изучить термодинамические свойства частично гидролизованной целлюлозы при малой продолжительности воздействия, а также оценить влияние факторов процесса гидролиза на способность целлюлозы взаимодействовать с водой и водными растворами гидроксида натрия. Прежде всего это касается свойств, связанных с изменением кристалличности при гидролизе, образованием низкомолекулярных фракций и новых сорбционных центров. По-видимому, при частичном гидролизе указанные процессы происходят преимущественно на поверхности волокна, что отражается на взаимодействии целлюлозы с жидкими средами.

Нами измерены энтальпии взаимодействия целлюлозы, гидролизованной серной кислотой при различной продолжительности гидролиза τ. с водой и водными растворами NaOH (концентрация 10 %). В качестве исходного материала использовали сульфатную беленую целлюлозу Архангельского ЦБК (степень полимеризации 1600; массовая доля α-целлюлозы 89,2 %; степень кристалличности 54 %). Тепловые эффекты (энтальпии) ΔH процесса взаимодействия целлюлозы с водой исследованы при температуре 298 К на калориметре с изотермической оболочкой, относительная погрешность измерений 2 %. Изотермы десорбции паров воды получены тензиметрическим методом при тем-

пературе 298 К [2], относительная погрешность 3 %. Степень полимеризации (СП) определена по вязкости растворов целлюлозы в ЖВНК при температуре 298 К [1] с помощью вискозиметра Убеллоде, относительная погрешность 5 %. Растворимость (Р) целлюлозы в 10 %-м растворе NaOH найдена по разности массы навесок целлюлозы до и после взаимодействия со щелочью, относительная погрешность не превышала 3 %. Растворимость в 10 %-м растворе NaOH рассматривается как критерий оценки количества низкомолекулярных фракций.

Для проведения калориметрических исследований были подготовлены 6 образцов гидролизованной целлюлозы. Гидролиз осуществляли раствором серной кислоты (концентрация 2 н.) при температуре 363 К в течение 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 60,0 мин. После гидролиза целлюлозу отжимали, нейтрализовали раствором гидрокарбоната натрия, промывали дистиллированной водой до нейтральной реакции по метилоранжу; сушили на воздухе до воздушно сухого состояния, а затем — в стеклянных ампулах в вакуумном шкафу при температуре 338 К до постоянной массы.

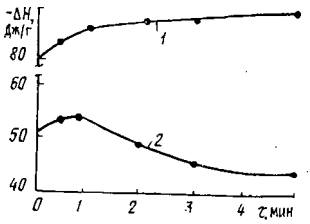


Рис. 1. Зависимость энтальпии ΔH взаимодействия целлюлозы с водным раствором гидроксида натрия *(1)* и водой *(2)* от продолжительности гидролиза τ

На рис. 1 представлены тепловые эффекты взаимодействия с водой и NaOH исходной и гидролизованной в течение различного времени целлюлозы. Как следует из рис. 1, ΔH увеличивается и достигает максимума при $\tau = 0{,}5$ мин, а далее — резко снижается. Наличие экстремума на кривой *2*, по-видимому, обусловлено двумя сопровождающими гидролиз конкурирующими процессами: увеличением числа активных функциональных групп, в основном карбонильных, в 4,2 раза, способствующих повышению ΔH; увеличением доли кристаллических участков вследствие частичного растворения аморфной фазы, приводящих к уменьшению экзотермичности взаимодействия целлюлозы с водой.

Как следует из рис. 2, десорбция паров воды (A) исследуемых гидролизованных целлюлоз изменяется симбатно: увеличивается при $\tau = 0{,}5$ мин и уменьшается при $\tau = 5$ мин. Незначительное увеличение десорбции свидетельствует о том, что образование новых сорбционных центров произошло преимущественно на внешней поверхности волокна. Вероятно, по этой же причине не наблюдается и значительного снижения десорбции при $\tau = 5$ мин в отличие от энтальпии, ко-

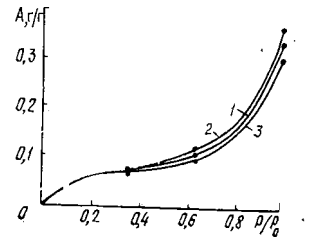


Рис. 2. Изотермы десорбции исходной *(1)* и гидролизованной в течение 0,5 *(2)* и 5,0 мин *(3)* целлюлозы (A — десорбция, г воды/г целлюлозы; P/P_0 — относительное давление)

торая при указанной продолжительности снижается до 42 кДж/г (см. рис. 1, кривая *1*).

В отличие от энтальпии смачивания (см. рис. 1, кривая *2*) ΔH взаимодействия целлюлозы с NaOH возрастает во всем изучаемом временном интервале (рис. 1, кривая *1*). По-видимому, при взаимодействии со щелочью особая роль принадлежит низкомолекулярной фракции целлюлозы, количество которой возрастает при частичном гидролизе (рис. 3, кривая *2*) и соответственно вызывает снижение средней СП гидролизованной целлюлозы (рис. 3, кривая *1*). При этом растворение низкомолекулярных фракций открывает ранее недоступные для щелочи участки целлюлозы, тем самым обеспечивая взаимодействие молекул NaOH с новыми функциональными группами. Безусловно, повышение кристалличности при гидролизе понижает экзотермичность взаимодействия со щелочью, но не настолько, чтобы скомпенсировать ее увеличение, связанное с дополнительным образованием водородных связей при взаимодействии NaOH с вновь открывшимися реакционными центрами.

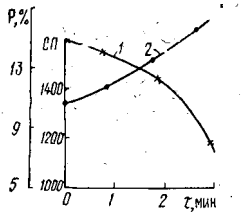


Рис. 3. Зависимость степени полимеризации (СП) целлюлозы *(1)* и ее растворимости *(P)* в 10 %-м водном растворе NaOH *(2)* от τ

При гидролизе в течение 60 мин целлюлоза взаимодействует со щелочью с меньшим выделением теплоты, чем исходная ($\Delta H = 78$ кДж/г), поскольку в этом случае главным фактором, влияющим на экзотермичность процесса, является степень кристалличности, которая повышается на 17 % вследствие растворения аморфной фазы полимера [5]. Увеличение ΔH взаимодействия целлюлозы с водой и уменьшение ΔH взаимодействия ее с NaOH по сравнению с исходным негидролизованным образцом подтверждают тот факт, что свойства гидролизованной целлюлозы зависят от двух конкурирующих процессов: повышения степени кристалличности и увеличения числа активных функциональных групп. Особый интерес в этом плане представляет целлюлоза, гидролизованная при $\tau = 30$ с. Как известно, использование такой целлюлозы в качестве сырья для отлива бумаги повышает прочность бумажного полотна на 48 %. Улучшение бумагообразующих свойств целлюлозы, по-видимому, связано с повышением ее гидрофильных свойств по сравнению с исходной при продолжительности гидролиза 30 с. Поскольку изменения ΔH и A при данной τ не столь значительны, то логично допустить, что более гидрофильной становится поверхность волокна, в то время, как гидрофильность всей волокнистой массы меняется незначительно. Более гидрофильный поверхностный слой делает волокно более гибким и пластичным, способным к образованию большого числа межволоконных контактов, способствующих повышению прочности бумажного полотна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Иванов М. А., Королева М. И., Моисеев Б. А. Растворимость целлюлозы и вязкость ее растворов в железовиннонатриевых комплексах // Итоги и перспективы развития научных исследований в целлюлозно-бумажной промышленности.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— С. 14—21. [2]. Измайлов Н. А. Электрохимия раст-

воров.— М.: Химия, 1976.— 488 с. [3]. Фенгел Д., Вегенер Г. Древесина.— М.: Химия, 1988.— 320 с. [4]. Целлюлоза и ее производные / Под ред. Н. Байклза и Н. Сегала.— М.: Мир, 1974.— 499 с. [5]. Kuniak L., Alice B., Faserforsch U. Einflub chemischer behandlung auf cellulose // Textiltech.— 1965.— Vol. 16.— P. 155.

Поступила 17 ноября 1994 г.

УДК 676.16.023.11

Д. Р. НАГИМОВ, Ф. Х. ХАКИМОВА

Нагимов Дамир Равильевич родился в 1964 г., окончил в 1987 г. Пермский политехнический институт, старший преподаватель кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета. Область научных интересов — отбелка сульфитной целлюлозы с сокращенным расходом хлорсодержащих соединений и по бесхлорным технологиям.

Хакимова Фирдавес Харисовна родилась в 1938 г., окончила в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат химических наук, профессор, зав. кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета. Имеет 113 научных трудов в области теории и технологии целлюлозы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТБЕЛКИ СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПО БЕСХЛОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Показана принципиальная возможность реализации экологически безопасных процессов отбелки сульфитной целлюлозы для бумаг с сокращенным на 30% расходом активного хлора на отбелку, а также с использованием только пероксида водорода. Исследовано влияние переменных исходных параметров процесса пероксидной отбелки на показатели беленой целлюлозы.

The principal possibilily of carrying out the ecologically safe processes of sulphite pulp bleaching for paper with 30% reduced consumption of active chloride for bleaching as well as with the use of only hydrogen peroxide has been revealed. The effect of initial variable parameters of peroxide bleaching process on the bleached pulp properties has been investigated.

В последние годы многие государства, в первую очередь государства Западной Европы и Севёрной Америки, в законодательном порядке устанавливают жесткие нормы на выброс загрязняющих веществ в водный и воздушный бассейны.

Эта проблема касается и целлюлозно-бумажной промышленности, особенно производств, связанных с получением беленых полуфабрика-

тов. Применение хлора и хлорсодержащих отбеливающих реагентов вызывает попадание в окружающую среду канцерогенных веществ типа хлорированных диоксинов.

Ведущие производители беленой целлюлозы работают над созданием новых экологически безопасных технологий, позволяющих отбеливать целлюлозу без применения как хлорсодержащих соединений (TCF-технология), так и элементарного хлора с заменой его на диоксид хлора (ECF-технология).

Большинство исследователей считают, что сульфитную целлюлозу можно отбеливать без применения хлорсодержащих реагентов. В качестве отбеливающих реагентов предлагают озон, кислород, пероксиды и надкислоты, как отдельно, так и, чаще всего, в различных сочетаниях. Существует мнение, что сульфитная целлюлоза невысокой жесткости может быть отбелена с применением только одного пероксида водорода [2]. За счет подбора соответствующих условий режима обработки пероксид водорода может быть использован и как делигнифицирующий, и как отбеливающий реагент.

На кафедре технологии целлюлозно-бумажного производства Пермского государственного технического университета были проведены поисковые работы по подбору схем отбелки сульфитной целлюлозы с использованием только пероксида водорода в качестве основного отбеливающего реагента. В ходе эксперимента исследованы образцы промышленной сульфитной хвойной целлюлозы Камского и Вишерского целлюлозно-бумажных комбинатов со степенью провара 101 и 65 перманганатных ед. (31 и 18 ед. Каппа). Качественные характеристики исходной и беленой целлюлозы представлены в таблице.

При отбелке сульфитной целлюлозы для бумаг традиционными являются 5- и 6-ступенчатые схемы комбинированной отбелки с использованием молекулярного хлора на стадиях делигнификации и добелки гипохлоритом или пероксидом водорода. Отбелка по этим схемам позволяет получать целлюлозу с белизной 86 ... 90 %. Однако при этом не всегда обеспечивается требуемый уровень показателей содержания смол и жиров и сорности целлюлозы. В качестве схемы сравнения нами выбрана схема Х-Х-Щ-Г-Г-К (опыты 2 и 7).

Современное развитие технологии отбелки определяется тенденцией применения укороченных и упрощенных схем отбелки, а также технологии окислительного щелочения. Считается, что результаты от-

Номер опыта	Схема отбелки	Расход, %		Степень провара, п. ед.	Выход целлюлозы, %	Белизна, % белого	Реверсия белизны, Рс	Доля экстрактивных веществ, %	Показатели механических свойств	
		активного хлора	пероксида водорода						Разрывная длина, м	Сопротивление излому, ч. д. п.
				Целлюлоза Камского ЦБК						
1	Небеленая	—	—	101	100,0	60	—	1,43	7750	600
2	Х-Х-Щ-Г-Г-К	7,8	—	3	93,6	88	0,82	1,15	6900	550
3	Щп-Х-Щп-Г-П-К	5,2	2,6	7	95,2	87	0,90	1,05	7300	570
4	П-К-П-К	—	6,0	30	95,9	83	1,16	0,90	7140	540
5	Пд/К-П-К	—	5,0	16	89,8	85	1,10	0,78	5900	480
				Целлюлоза Вишерского ЦБК						
6	Небеленая	—	—	65	100,0	64	—	1,37	5950	500
7	Х-Х-Щ-Г-Г-К	3,8	—	2	94,8	8	0,70	1,10	5470	470
8	Щп-Х-Щп-Г-П-К	2,5	1,3	5	96,2	7	0,80	1,00	5800	480
9	П-К-П-К	—	3,5	22	96,7	85	1,02	0,87	5650	440
10	Пд/К-П-К	—	3,5	11	91,5	86	0,93	0,71	5000	380

белки лучше, если в схеме чередуются кислые и щелочные ступени отбелки.

Лучшие результаты получены при отбелке с включением ступеней окислительного щелочения по схеме Щп-Х-Щп-Г-П-К (опыты 3 и 8). Образцы беленой целлюлозы имели высокие показатели физико-механических свойств, превышающие аналогичные показатели целлюлозы, отбеленной по традиционным схемам, а также высокую белизну (87 %) и меньшее содержание экстрактивных веществ.

Дальнейшим этапом исследований был переход к полностью бесхлорной отбелке. В качестве исходной принята схема П-К-П-К.

Для определения влияния исходных переменных факторов отбелки на качественные показатели беленой целлюлозы, полученной по схеме П-К-П-К, построена математическая модель с применением ортогонального плана для трехфакторного эксперимента (план Бокса) [1]. Анализ полученных уравнений регрессии позволил расположить исходные переменные факторы по степени влияния на конечные показатели отбелки в следующей убывающей последовательности: температура; щелочность среды; продолжительность процесса. Совместное решение этих уравнений с применением средств вычислительной техники и оптимизации при заданных ограничениях по снижению показателей механических свойств дали следующие оптимальные значения переменных факторов проведения пероксидных ступеней: температура отбелки 80... 85 °С; расход пероксида водорода — до 3...4 % (в зависимости от исходной жесткости); продолжительность отбелки — до 3 ч. В таблице приведены данные для целлюлозы, отбеленной по оптимальному режиму (опыты 4 и 9).

Но отбелка жесткой целлюлозы Камского ЦБК по этой схеме даже при больших расходах пероксида водорода не позволила получить целлюлозу с белизной, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 3914 (опыт 4). Более мягкая целлюлоза Вишерского ЦБК отбелена до белизны 85 % (опыт 9).

Поскольку предложенная технология позволяет получать целлюлозу с высокими выходом и показателями физико-механических свойств, невысокой реверсией белизны, низким содержанием экстрактивных веществ, полным отсутствием в стоках отбелки хлорированных продуктов, то она была взята за основу для дальнейшего совершенствования.

На следующем этапе исследований в целях более глубокой делигнификации в качестве начальной ступени обработки была выбрана ступень пероксидной делигнификации в щелочной среде (Пд).

Отбелка целлюлозы с включением ступени пероксидной делигнификации в щелочной среде проведена по схеме Пд/К-П-К (опыт 5 и 10). В этой схеме после первой ступени делигнификации в щелочной среде до остаточного содержания пероксида водорода 30...40 % проведена кисловка раствором серной кислоты без промежуточной промывки между ступенями. Целлюлозу сгущали до 30...35 % и затем в массу вводили раствор для кисловки (pH 4...5) в количестве, необходимом для разбавления массы до 5 %. В кислой среде остаточный пероксид водорода быстро разлагался, обеспечивая дополнительный делигнифицирующий эффект. При такой комбинации ступеней достигнуто более полное использование пероксида водорода на реакции делигнификации.

Отбелка по схеме Пд/К-П-К по сравнению со схемой П-К-П-К дала целлюлозу с белизной на 3...4 % выше (в зависимости от исходной жесткости), однако в ходе ее несколько снизились показатели механических свойств.

Таким образом, наши исследования показали возможность отбелки сульфитной целлюлозы различной жесткости до требуемого уровня белизны с применением только пероксида водорода. Отбелка жесткой

целлюлозы сопровождалась довольно значительным снижением показателей физико-механических свойств беленой целлюлозы. Суммарный расход пероксида водорода — до 6 %.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск эффективных добавок, позволяющих полнее использовать как делигнифицирующие, так и белящие свойства пероксида водорода при меньшем его расходе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Пен Р. З., Менчер Э. М. Статистические методы в целлюлозно-бумажном производстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 119 с. [2]. Делбро У. Бесхлорная отбелка целлюлозы в странах Европы // Целлюлоза. Бумага. Картон.— 1993.— № 8—9.— С. 26.

Поступила 19 октября 1994 г.

УДК 676.16.022.25

А. И. БОБРОВ, Н. Е. САМСОНОВ, М. Г. МУТОВИНА, Т. А. БОНДАРЕВА, З. Ф. КОЗЛОВСКАЯ

Центральный научно-исследовательский институт бумаги

ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ЛИСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОДЛЕННОЙ ВАРКИ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЩЕПЫ СУЛЬФИТОМ НАТРИЯ*

В лабораторных условиях установлено, что обработка щепы раствором сульфита натрия перед «продленной» сульфатной варкой позволяет снизить число Каппа целлюлозы до 0,5...2,2. Полученная модифицированная сульфатная целлюлоза при пониженной жесткости обладает такими же или более высокими показателями механической прочности и повышенной белизной по сравнению как с обычной сульфатной целлюлозой, так и полученной сульфатным способом с применением техники «продленной» варки.

Under laboratory conditions it has been stated that chip treatment by sodium sulphite solution before "prolonged" sulphate cooking allows to reduce Kappa value of cellulose to 0,5...2,2. The modified sulphate cellulose obtained with reduced rigidity has the same and higher undices of mechanical strength and increased whiteness in comparison with both conventional sulphate pulping and obtained by sulphate process using "prolonged" pulping.

При отбелке сульфатной целлюлозы по обычно принятым схемам требуется высокий расход хлорсодержащих химикатов, в том числе элементарного хлора, что приводит к загрязнению водоемов сточными водами с высоким содержанием хлорированных органических соединений, часть из которых сильно токсичны. Переход к технологии отбелки без элементарного хлора либо к полностью бесхлорной отбелке может быть осуществлен только при условии снижения содержания лигнина в небеленой сульфатной целлюлозе. Одним из важнейших достижений в решении проблемы получения целлюлозы повышенной степени провара является разработка технологии продленной варки. Эта технология основана, главным образом, на перераспределении расхода щелочи

* Работа выполнена по тематике ГНТП России «Комплексное использование и воспроизводство древесного сырья».

по времени варки, уменьшении концентрации лигнина и натрия в щелоке на конечной стадии (за счет вытеснения черного щелока) и увеличении продолжительности варки при максимальной температуре. Метод продленной варки используют на установках непрерывного и периодического действия. Он применим к лиственной и хвойной древесине и позволяет уменьшить содержание лигнина в целлюлозе примерно в 1,5 раза по сравнению с обычной сульфатной варкой [3, 4].

В ЦНИИБе разработан модифицированный метод сульфатной варки, основанный на предварительной обработке щепы раствором сульфита натрия [1]. Щепа, прошедшая такую обработку, быстрее делигнифицируется, а полученная целлюлоза имеет более высокие показатели механической прочности и белизну [2]. Благодаря этому с помощью модифицированного метода сульфатной варки можно получить из лиственной древесины (без ущерба для прочности) целлюлозу с числом Каппа примерно на 4 единицы меньше, чем при обычной сульфатной варке. Повышенная белизна целлюлозы в небеленом виде определяет более легкую отбеливаемость модифицированной целлюлозы по сравнению с обычной сульфатной даже при равной степени провара. Эти результаты создают предпосылки для успешного применения в промышленности модифицированного метода сульфатной варки с использованием обработки щепы растворами сульфита натрия и конкурирования его с другими современными модификациями сульфатной варки. Использование сульфита натрия на стадии варки позволяет отказаться от применения сульфата натрия и других содопродуктов в процессах регенерации химикатов из черного щелока.

Учитывая, что углубленную делигнификацию при сульфатной варке лиственной древесины можно осуществить с помощью как продленной варки, так и предварительной обработки щепы растворами сульфита натрия, представляется целесообразным провести исследование по совместному применению этих двух технологий.

Для опытных лабораторных варок готовили из древесины березы щепу размерами 25 × 25 мм и толщиной 2 . . . 4 мм. Варки проводили в автоклаве вместимостью 2,4 дм^3, оборудованном циркуляцией. Навеску щепы (300 г по абс. сухому веществу) перед варкой пропаривали в течение 20 мин при температуре 100 °С. По окончании пропарки в автоклав заливали 1,2 дм^3 раствора сульфита натрия либо белого щелока, если варку проводили без предварительной обработки щепы сульфитом натрия. С учетом конденсата, поглощенного древесиной в процессе пропарки, гидромодуль при предварительной пропитке щепы раствором сульфита натрия составлял около 4,5. Обработку щепы раствором сульфита натрия проводили при температуре 60 °С в течение 20 мин. Количество сульфита натрия, поглощенное древесиной при обработке, рассчитывали по величине объемов заливаемого и сливаемого растворов и их концентраций. Для варок использовали белый щелок с сульфидностью 15 %, расход активной щелочи ($NaOH + Na_2S$) составлял 17 % от абс. сухой древесины (в единицах Na_2O). Подъем температуры до максимальной (170 °С) вели в течение 60 мин, варку при ней — 1 . . . 3 ч.

Опыты с использованием технологии продленной варки осуществляли следующим образом. По окончании пропарки щепы в автоклав заливали 1,2 дм^3 белого щелока, содержащего 80 % от всего задаваемого на варку количества активной щелочи. При варках с применением обработки щепы раствором сульфита натрия количество заливаемого белого щелока уменьшали на величину объема раствора сульфита натрия, поглощаемого в процессе обработки. По достижении максимальной температуры варку продолжали в течение 1 ч, затем из автоклава отбирали через холодильник 0,7 дм^3 черного щелока и закачивали туда 0,7 дм^3 белого щелока, содержавшего оставшееся количество от за-

Номер опыта	Количество Na_2SO_3, поглощенное при обработке, % от абс. сухой древесины	Продолжительность варки при температуре 170 °С, мин	Выход целлюлозы, % от абс. сухой древесины	Число Каппа	Белизна, %	Разрывная длина, км	Сопротивление	
							излому, ч. д. п.	раздиранию, мН
Обычная								
1	—	90	51,8	18,2	37,9	9,8	1600	620
2	—	150	50,8	15,7	39,9	9,2	1300	590
Продленная								
3	—	90	52,5	20,4	41,8	10,1	1900	590
4	—	120	51,3	17,1	41,7	10,0	1900	580
5	—	150	50,4	15,0	41,4	10,3	1750	650
6	—	180	49,9	12,9	42,1	9,4	1500	620
Продленная с обработкой щепы раствором сульфита натрия								
7	1,9	90	51,7	18,9	46,0	10,3	2000	620
8	1,9	120	50,2	14,9	47,5	10,1	1900	670
9	1,4	150	49,7	13,7	43,8	9,5	1900	640
10	1,7	180	49,0	12,4	47,7	9,6	2300	660

Примечание. Показатели механической прочности определены при степени размола 60 ШР и массе отливки 75 г/м^2.

данного расхода активной щелочи. При этом учитывали потери щелочи с отбираемой частью черного щелока. После закачки белого щелока с температурой 170 °С варку продолжали заданное время (0,5 ... 2,0 ч).

В таблице приведены данные о свойствах целлюлозы, полученной с помощью обычной сульфатной варки (опыты 1, 2), продленной сульфатной варки (опыты 3 ... 6) и продленной сульфатной варки с применением обработки щепы раствором сульфита натрия (опыты 7 ... 10). Жесткость целлюлозы, полученной продленной сульфатной варкой в течение 1,5 ч, несколько выше (число Каппа 20,4), чем у обычной сульфатной целлюлозы (число Каппа 18,2). Это можно объяснить следующим образом. При продленной варке основная часть делигнификации осуществляется при пониженной по сравнению с обычной сульфатной варкой концентрации активной щелочи. Вторым фактором, замедляющим процесс делигнификации в лабораторных опытах по продленной варке, является снижение температуры процесса на некоторое время вследствие отбора части черного щелока и подачи белого щелока, имеющего меньшую температуру, чем температура варки (температура подогретого белого щелока снижается за счет расхода тепла на нагрев насоса и трубопроводов). Тем не менее, уже через 2,5 ч при максимальной температуре продленная варка обеспечивает получение целлюлозы с меньшим, чем при обычной сульфатной варке, числом Каппа (15,0 против 15,7). При увеличении продолжительности варки в условиях продленной делигнификации до 3 ч была получена целлюлоза с числом Каппа 12,9 (опыт 6). Как видно из таблицы, данный образец целлюлозы по всем показателям прочности превосходит обычную сульфатную целлюлозу с числом Каппа 15,7, полученную при равной продолжительности варки.

Сравнивая данные серий опытов 3 ... 6 и 7 ... 10, можно увидеть, что обработка березовой щепы раствором сульфита натрия ускоряет процесс делигнификации при продленной сульфатной варке. Так, при продолжительности стоянки на максимальной температуре в течение 1,5 ч с помощью продленной сульфатной варки была получена целлюлоза с числом Каппа 20,4 (опыт 3), а проведение варки в тех же усло-

виях, но с применением предварительной обработки щепы раствором сульфита натрия, обеспечивает снижение числа Каппа до 18,9, т. е. на 1,5 единицы (опыт 7). При продолжительности стоянки на максимальной температуре 2,0; 2,5 и 3,0 ч обработка щепы раствором сульфита натрия перед продленной сульфатной варкой обеспечивает снижение числа Каппа получаемой целлюлозы соответственно на 2,2; 1,3 и 0,5 единицы. Следовательно, ускоряющее действие обработки щепы сульфитом натрия на процесс щелочной делигнификации сохраняется и в условиях продленной варки.

Рассмотрим свойства получаемой целлюлозы. Обработка щепы раствором сульфита натрия обеспечивает получение более светлой сульфатной целлюлозы ,а продленная варка повышает белизну целлюлозы в среднем на 4,5 % (абс.). Сравнивая средние прочностные показатели целлюлозы, полученной в условиях продленной сульфатной варки, можно сделать вывод, что обработка щепы сульфитом натрия обеспечивает снижение числа Каппа в среднем на 1,4 единицы, повышение сопротивления излому и раздиранию соответственно на 15 и 6 %. Разрывная длина обоих видов целлюлозы примерно равная. Лучшие прочностные свойства целлюлозы, полученной с применением обработки щепы сульфитом натрия, особенно заметны при наиболее глубокой степени провара (опыты 6 и 10). Это создает потенциальные условия для еще более углубленной делигнификации древесины путем изменения параметров собственно сульфатной варки.

Таким образом, предварительная обработка щепы из древесины березы раствором сульфита натрия является эффективной с точки зрения увеличения степени провара, белизны и показателей механической прочности целлюлозы и в условиях продленной сульфатной варки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 1606559 СССР, МКИ Д 21 С 1/06, 3/02. Способ получения целлюлозы / А. И. Бобров, З. Ф. Козловская, Л. Н. Малышева и др. (СССР).— 4608225/23-12; Заявлено 23.11.88; Опубл. 15.11.90, № 42 // Открытия. Изобретения.— 1990.— № 42.— С. 119. [2]. Бобров А. И., Козловская З. Ф., Самсонов Н. Е. Сульфатная варка целлюлозы из лиственной древесины с применением добавки сульфита натрия // Целлюлоза. Бумага. Картон.— 1992.— № 2.— С. 9—11. [3]. A new technique for pulping to low Kappa numbers in batch pulping: results of mill trials / K. Sjöblom, G. Mjöberg, N. Hartler, L. Sjödin // Tappi Gournal.— 1983.— Vol. 66, N 9.— P. 97—102. [4]. Backlund E. A. Extended delignification of softwood kraft pulp in a continuous digester // Tappi Gournal.— 1984.— Vol. 67, N 11.— P. 62—65.

Поступила 22 ноября 1994 г.

УДК 676.16.022

Г. Ф. ПРОКШИН

Прокшин Геннадий Федорович родился в 1931 г., окончил в 1955 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 160 научных трудов в области теоретических основ совершенствования производства целлюлозы с минимальной сорностью из щепы и опилок различного породного и фракционного состава.

СУЛЬФАТНАЯ ВАРКА С ДОБАВКАМИ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СЕРЫ, ТАЛЛОВОГО ПЕКА И УПАРЕННЫХ ЩЕЛОКОВ*

Установлено, что добавка элементарной серы совместно с модифицированным талловым пеком и упаренным щелоком при сульфатной варке лиственной и хвойной целлюлозы приводит к увеличению числа Каппа на 1...3 ед. и выхода сортированной целлюлозы на 1...3 %. Углубление делигнификации на 1...3 ед. Каппа способствует потере эффекта выхода без снижения механической прочности целлюлозных отливок.

It has been stated that hardwood and softwood pulping with elementary sulphur added combined with modified tall oil pitch and evaporated liquor results in increase of Kappa number by 1...3 and sorted pulp yield by 1...3%. Increase of delignification degree by 1...3 Kappa units contributes to the loss of yield effect without reducing the mechanical strength of pulp handsheets.

Одним из направлений совершенствования традиционной технологии сульфатной варки целлюлозы с целью повысить выход является применение поверхностно-активных веществ [13], продуктов пиролиза древесины [16], модифицированных лигнинов [17], деметилированного лигнина [15], упаренного [4] и неупаренного [6] черного щелока, лигносульфонатов [5, 11], талловых продуктов [3], экстрактивных щелокорастворимых веществ и гидролизного лигнина [1, 2], неорганических и органических катализаторов [10], моносульфита натрия [7], элементарной серы [9].

В этих работах показано, что при использовании перечисленных добавок можно увеличить выход сортированной целлюлозы на 1...4 %, снизить непровар, расход щелочи, смолистость, сорность целлюлозы без существенного снижения ее прочности.

Как показано в работе [8], совместная добавка элементарной серы и антрахинона при сульфатной варке изоляционной целлюлозы из сосновой щепы оказывает существенное влияние на степень делигнификации (число Каппа) и вязкость 0,8 %-го медно-аммиачного раствора. Установлено, что при числе Каппа 28 (фактор $H = 1250$) существует изоточка вязкости — 73 мПа · с. Добавка серы вызывает увеличение вязкости целлюлозы до 85 мПа · с при углублении делигнификации и, наоборот, резкое снижение ее до 35 мПа · с при варке жесткой целлюлозы. В диапазоне фактора H от 750 до 1500 добавка элементарной серы способствует замедлению процесса делигнификации.

Замена сульфида натрия на эквивалентное количество элементарной серы в процессе сульфатной варки древесины бамбука с сульфидностью щелока 18...20 % была исследована достаточно подробно [18]. Серу вносили в автоклав перед варкой или растворяли предварительно в белом щелоке. Состав и прочностные свойства целлюлозы были почти одинаковыми независимо от способа внесения элементарной серы. Замена сульфида натрия на серу приводила к увеличению выхода целлюлозы при повышенном числе Каппа, содержания пентозанов и вязкости целлюлозы. Увеличение числа Каппа и вязкости целлюлозы авторы работы [18] объяснили снижением содержания эффективной щелочи в ходе реакции

$$2Na_2S_3 + 6NaOH \rightleftarrows 4Na_2S + Na_2S_2O_3 + 3H_2O. \quad (1)$$

Так как при сульфатной варке осиновой щепы с добавкой в автоклав или щелок сульфита натрия [7] наблюдалось значительное ускоре-

* Работа выполнена по тематике ГНТП России «Комплексное использование и воспроизводство древесного сырья».

ние и углубление делигнификации, увеличение выхода даже при числе Каппа, равном 12 ед., эта добавка представляет большой интерес при совершенствовании варки целлюлозы для отбелки.

В данной работе* была изучена возможность получения дополнительного эффекта при совместной добавке в автоклав элементарной серы (S), сульфита натрия (Na_2SO_3), модифицированного таллового пека (ТП и ТПСЕS) и масла (ТМ), упаренных щелоков (УЩ) при сульфатной варке смеси щепы из березы и осины (БО), сосны и ели (СЕ).

Экспериментальная часть

Щепа толщиной 3...4 мм, длиной и шириной 20...30 мм из древесины березы и осины была вручную выбрана из производственной пробы (варки 1—3) и приготовлена раскалыванием вручную шайб, напиленных из березового и осинового стволов диаметром 15...20 см (варки 4—9; табл. 1, 2). Перед взятием навесок щепу высушивали на воздухе для уменьшения ошибки взвешивания, перед варкой ее вымачивали в воде 24 ч для придания свойств влажной щепы. Щепа из сосны с примесью ели (табл. 3, 4) выбрана из производственной пробы.

Для варок БО и СЕ был взят белый щелок из производственного потока с сульфидностью 30 %. Массовая концентрация активной щелочи в нем соответственно 101,87 и 94,20 г/л. Упаренный щелок от варки смеси щепы из березы и осины (УЩБО), использованный в качестве добавки при варке БО, имел плотность 1,215 г/см³ и содержал 43,6 % сухих веществ. Упаренный щелок от варки смеси щепы из сосны и ели (УЩСЕ), использованный в качестве добавки при варке СЕ, имел плотность 1,245 г/см³ и содержал 49,0 % сухих веществ. Учитывая концентрацию остаточной активной щелочи, считаем, что с добавками упаренных щелоков внесено дополнительно 0,2 % активной щелочи от массы абс. сухой древесины.

Варку проводили по единому температурному графику в трех парах автоклавов, установленных в гнездах платформы, вращающейся вертикально с частотой 6 об/мин. Вместимость автоклава 1 л. Автоклавы нагревали равномерно горячим воздухом в течение 120 мин до температуры 170 °С и выдерживали при этой температуре 60 мин. Фактор $H = 785$. Результаты исследования представлены в табл. 1—4.

После завершения варки отбирали черный щелок для анализа, отделяли целлюлозную волокнистую массу, промывали ее. Сортированную целлюлозу и непровар подвергали дальнейшим исследованиям. Целлюлозу, извлеченную из одного из спаренных автоклавов, после промывки всю высушивали и взвешивали для получения более точного показателя выхода. Целлюлозу из другого автоклава высушивали на воздухе и определяли число Каппа, массовую долю лигнина и α-целлюлозы, вязкость. После размола до степени помола 60 °ШР готовили отливки массой 100 г/м² для определения показателей механической прочности.

Белый щелок характеризовали содержанием активной щелочи A и сульфида натрия C, черный — A_0 и C_0. Расход щелочи и сульфида натрия, рассчитанный в процентах от абс. сухой древесины и от заданного количества, обозначены как $A_д$ и $C_д$, $A_з$ и $C_з$. Все аналитические определения выполнены по стандартным методикам [12, 14].

Обсуждение результатов

Варки 1—3 (табл. 1, 2) были проведены при минимальных значениях гидромодуля ($Г = 3{,}5$) и заданной концентрации активной щелочи

* В эксперименте участвовали студенты АГТУ В. Н. Попов, Э. В. Пивоваров и сотрудники АО «АЦБК» Е. В. Киселева, Т. М. Коробейникова.

Таблица 1

Заданные, аналитически определенные и рассчитанные параметры варок лиственной щепы без добавок и с добавками талловых продуктов, сульфита натрия и серы

Номер варки	Добавка, % от абс. сухой древесины	Заданные показатели			Белый щелок		Черный щелок		Расход			
		Γ*	A, % от абс. сухой древесины	C, %	A	C	A_0	C_0	$A_д$	$C_д$	$A_з$	$C_з$
					г/л		г/л		% от абс. сухой древесины		% от заданного	
1	—	3,5	17,00	30,90	48,50	15,00	6,63	5,08	14,65	3,50	86,17	66,60
2	ТМ + S (1,00 + 2,00)	3,5	17,00	23,20	48,50	15,00	8,00	6,82	14,17	2,86	83,33	54,53
3	ТПСES + S (1,00 + 2,0)	3,5	17,00	23,20	48,50	15,00	8,93	12,15	13,84	1,00	81,41	19,00
4	—	4,0	19,40	25,00	48,50	12,00	10,85	7,44	15,06	1,82	77,62	43,40
5	ТП + Na_2SO_3 (0,75 + 6,30)	4,0	19,40	25,00	48,50	12,00	9,30	7,20	15,68	1,92	80,62	45,70
6	ТП + Na_2SO_3 (1,50 + 6,30)	4,0	19,40	25,00	48,50	12,00	9,61	7,44	15,56	1,82	80,20	43,40
7	Na_2SO_3 (6,30)	6,0	19,40	27,00	32,30	8,72	10,23	6,70	13,26	1,20	68,95	22,54
8	ТП (0,75)	6,0	19,40	27,00	32,30	8,72	9,30	7,19	13,82	1,26	71,23	24,09
9	ТП (1,50)	6,0	19,40	27,00	32,30	8,72	8,68	7,68	14,23	0,60	73,35	11,47

* Γ — гидромодуль.

в белом щелоке $A = 17$ % или в единицах Na_2O — 48,5 г/л. После определения остаточной концентрации активной щелочи A_0 и сульфида натрия C_0, были рассчитаны расходы этих реагентов $A_д$ и $C_д$ в процентах по отношению к абс. сухой древесине. Как видно из этих данных, расход активной щелочи на варки с добавками ТМ практически не отличается от варок ТПСES с серой, но расход сульфида натрия по сравнению с варками без добавок серы возрастает в 2,0—2,5 раза. (За суль-

Таблица 2

Выход и свойства целлюлозы, полученной при варке лиственной щепы с добавками талловых продуктов, сульфита натрия и серы

Номер варки	Выход, %		Число Каппа	Массовая доля в целлюлозе, %			Вязкость, мПа × × с	Разрывная длина, м	Сопротивление	
	сортированной целлюлозы	непровара		лигнина	смолы	α-целлюлозы			раздиранию, мН	излому, ч. д. п.
1	53,22	—	17,0	1,75	0,75	87,21	—	11 700	740	1 520
2	54,36	0,50	19,2	3,46	0,52	82,65	—	12 200	780	1 560
3	55,50	0,12	17,0	2,12	0,68	77,34	—	12 700	720	1 990
4	50,22	—	19,7	1,75	1,45	—	80	9 800	900	1 600
5	52,58	—	18,0	1,43	1,32	—	80	8 500	900	1 600
6	52,22	—	19,3	1,14	1,28	—	80	9 800	800	1 400
7	52,07	—	15,3	0,76	1,16	—	147	9 400	1 000	2 000
8	51,84	—	15,8	0,70	1,26	—	127	9 500	860	2 000
9	52,60	—	16,0	0,63	1,63	—	116	9 400	900	1 800

фид натрия принята сумма внесенного с белым щелоком сульфида натрия (4,2 %) и эквивалентного его количества, внесенного с серой.)

Модифицированный талловый пек ТПCES содержал в своем составе 30 % серы, что было учтено при расчете.

Варки 4—6 проведены при более высокой концентрации активной щелочи в белом щелоке (19,4 % или 48,5 г/л) с добавкой ТП и сульфита натрия, который взят в количестве, эквивалентном концентрации сульфида натрия в белом щелоке.

Варка 7 представляет собой сульфатную варку с добавкой расчетного количества сульфита натрия при гидромодуле 6,0 и заданной концентрации активной щелочи, равной 19,4 %. Концентрация активной щелочи в белом щелоке 32,3 г/л.

Варки 8, 9 проведены для оценки влияния в этих условиях добавок модифицированного таллового пека без серы.

Полученные результаты показали, что при увеличении заданной концентрации активной щелочи в белом щелоке с 17,0 до 19,4 % наблюдается повышение ее остаточной концентрации в черном щелоке и снижение расхода $A_з$ с 86,17 до 77,62 % при варке без добавок и с 76,8 до 71,0 % при варке с добавками.

Главное влияние на $A_з$ оказывает количество заданной щелочи и гидромодуль. При увеличении гидромодуля расход существенно сокращается. Добавки ТМ и ТПCES также вызывают незначительное (с 14,65 до 13,84 %) снижение $A_д$.

В ходе варок без добавок серы (1, 4—9) расход сульфида натрия в процентах как от абс. сухой древесины, так и от исходного снижается примерно в 2 раза при увеличении гидромодуля с 3,5 до 6,0. Добавка серы вместе с ТМ и ТПCES (варка 2, 3) уменьшает расход сульфида натрия, по-видимому, за счет образования его при растворении серы в щелоке, а в случае варок 5—9 — в результате других процессов, протекающих по следующей схеме реакций сульфида в начале и конце варки:

$$2Na_2S+Na_2SO_3+3H_2O \rightleftharpoons 6NaOH+3S. \qquad (2)$$

Добавка Na_2SO_3 и ТП при гетерогенных условиях в начале варки сдвигает равновесие вправо. В основном периоде делигнификации и в конце варки, по мере расходования и изменения свойств Na_2SO_3 и ТП, имеет место обратный процесс, который аналитически фиксируется уменьшением расхода сульфида натрия.

Роль сульфита натрия как окислителя, вероятно, могут выполнять окисленные компоненты ТП, смоляных кислот, фенолов, лигнинов, а также диметилсульфоксид.

Показатели выхода и свойств целлюлозы, полученной из щепы лиственной древесины с добавками, представлены в табл. 2. Как видно из таблицы, используемые добавки увеличивают выход сортированной целлюлозы на 1...4 % при незначительном изменении степени делигнификации (число Каппа 14...15), доли смолы и механической прочности целлюлозных отливок. Добавка серы совместно с ТП и ТПСЕS

Таблица 3

Исходные, аналитически определенные и рассчитанные параметры варок лиственной (варки 1—4) и хвойной (варки 5—8) щепы без добавок и с добавками упаренных щелоков и серы

Номер варки	Добавка, % от абс. сухой древесины	Заданные показатели		Белый щелок		Черный щелок		Расход			
		A, % от абс. сухой древесины	C, %	A	C	A_0	C_0	$A_д$	$C_д$	$A_з$	$C_з$
		г/л				г/л		% от абс. сухой древесины		% от заданного	
1	—	17,0	30,9	48,50	15,00	6,63	5,08	14,65	86,20	3,50	66,60
2	УЩБО + S (2 + 1)	17,0	30,9	48,50	20,53	11,16	6,32	13,17	76,98	4,97	71,00
3	УЩБО + S (2 + 2)	17,0	30,9	48,50	26,70	9,92	5,83	13,50	79,41	4,97	94,66
4	УЩБО + S (2 + 3)	17,0	30,9	48,50	31,59	10,54	6,05	13,20	78,10	7,30	139,00
5	—	17,0	26,8	48,50	13,00	5,13	7,33	15,17	89,20	1,98	43,50
6	УЩСЕ + S (2 + 1)	17,0	26,8	48,50	18,53	6,32	10,86	14,76	86,82	2,68	41,30
7	УЩСЕ + S (2 + 2)	17,0	26,8	48,50	24,70	5,83	9,61	14,13	85,47	5,26	61,13
8	УЩСЕ + S (2 + 3)	17,0	26,8	48,50	29,59	6,05	10,32	14,85	87,35	6,74	65,10

* Варки проведены при $\Gamma = 3{,}5$.

(варки 1—3) обеспечивает наибольший выход целлюлозы при некотором увеличении числа Каппа и выхода непровара. Добавка сульфита натрия, с точки зрения увеличения выхода целлюлозы, настолько же эффективна, как и добавка таллового пека.

На увеличение выхода целлюлозы и степени делигнификации сильное влияние оказывает повышение гидромодуля варки (табл. 2) и снижение расхода сульфида натрия (см. табл. 1). Очевидно, это связано с уменьшением концентрации активной щелочи в исходном белом щелоке и влиянием смещения равновесия химических реакций, схемы которых представлены уравнениями (1) и (2).

Изменение показателей механической прочности отливок находится в пределах, характерных для сульфатных целлюлоз. Можно отметить, что при использовании добавок ТП снижение прочности отливок не происходит. Различие между варками 1—3 и 4—9 обусловлено, вероятно, сменой проб щепы (их подготовкой к варке).

В табл. 3 приведены результаты исследований щелоков от варок березово-осиновой и сосново-еловой щепы производственного изготовления с добавками 2 % сухих веществ упаренного щелока и 3 % элементарной серы. Как и в случае добавок талловых продуктов, с увеличением количества добавляемой серы имеет место рост остаточной концентрации активной щелочи и сульфида натрия. Это наблюдается при варке как лиственной, так и хвойной щепы. Расчеты расхода активной щелочи и сульфида натрия в процентах от абс. сухой древесины (лиственной) указывают на небольшое снижение $A_д$ и увеличение $C_д$ с повышением доли элементарной серы. Такая же тенденция прослеживается и при варке хвойной древесины с возрастающим количеством добавляемой серы и постоянной 2 %-й добавке УЩСЕ, только на другом уровне заданного количества активной щелочи. Отмеченные особенности можно связать с протеканием реакций (1) и (2) в процессе варки с участием лигнина упаренных щелоков и элементарной серы.

Следует отметить, что добавка серы в варочный автоклав усиливает значение окислительно-восстановительных реакций в редокс-системах, имеющих место в процессе варки, и существенно увеличивает остаточную сульфидность черного щелока и концентрацию таких сернистых соединений, как Na_2SO_3 и $Na_2S_2O_3$. В конечном счете бо́льшая часть серы превращается в эти соединения, т. е. даже в случае ее добавки в конце процесса, она не может присутствовать в большом количестве.

При анализе выхода и свойств целлюлозы, полученной при варке с добавками упаренных щелоков (табл. 4), следует отметить, что с рос-

Таблица 4

Выход и свойства целлюлозы, полученной при варке лиственной (варки 1—4) и хвойной (варки 5—8) щепы с добавками упаренных щелоков и серы

Номер варки	Выход, %		Число Каппа	Массовая доля в целлюлозе, %			Разрывная длина, м	Сопротивление	
	сортированной целлюлозы	непровара		лигнина	смолы	α-целлюлозы		раздиранию, мН	излому, ч. д. п.
1	53,22	—	16,8	1,75	0,750	87,21	11 700	740	1 500
2	53,75	3,29	19,3	4,58	0,776	84,50	9 850	640	2 100
3	56,17	0,95	18,0	4,92	0,524	82,88	11 150	640	2 700
4	54,13	7,13	17,5	5,16	0,513	80,89	11 600	600	1 700
5	45,73	1,44	36,0	1,74	0,872	89,01	10 500	600	5 220
6	46,27	0,12	36,0	2,34	0,853	83,78	11 600	520	5 200
7	49,17	0,10	33,0	2,30	0,823	82,25	10 350	560	5 200
8	47,50	0,10	33,0	3,20	0,714	80,55	10 950	600	5 100

том выхода лиственной целлюлозы с 53,22 до 56,17 % наблюдается увеличение содержания в ней кислотонерастворимого лигнина и степени делигнификации на 2...3 единицы. В серии варок смеси сосновой и еловой щепы с добавкой УЩСЕ и серы выход целлюлозы также возрастает с 45,23 до 49,17 %, что связано со снижением непровара и числа Каппа. Это расхождение между числом Каппа и остаточным содержанием лигнина (по Кенигу) имеет в основе изменение природы остаточного лигнина в целлюлозе. Как видно, добавка серы также снижает содержание α-целлюлозы и сопротивление раздиранию отливок как лиственной, так и хвойной целлюлозы. Однако в целом прочностные показатели целлюлозы, полученной при варках с добавками ТПСЕ, ТПСЕS, УЩБО и УЩСЕ с элементарной серой, мало чем отличаются от показателей сульфатной целлюлозы.

Выводы

1. Добавка модифицированного таллового пека, упаренных щелоков совместно с элементарной серой при сульфатной варке смеси осиновой и березовой щепы (число Каппа 17...20) и смеси сосновой и еловой щепы (число Каппа 30...35) приводит к снижению непровара и увеличению выхода сортированной целлюлозы на 1...3 % без ущерба для ее качества.

2. Не только концентрация активной щелочи и сульфита натрия в исходном щелоке, но и гидромодуль оказывает влияние на выход, степень делигнификации и свойства получаемой сульфатной целлюлозы.

3. Добавка модифицированного таллового пека, упаренных щелоков совместно с элементарной серой на начальном этапе существенно изменяет свойства окислительно-восстановительной системы и влияет на механизм гетерогенных процессов и результаты варки.

4. Добавка поверхностно-активных веществ, полученных в собственном производственном цикле, совместно с элементарной серой или без нее позволяет разработать новую технологию модифицированной сульфатной варки смесей щепы различного происхождения с увеличением выхода, но без снижения качества целлюлозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 834285 СССР, МКИ Д 21 С 3/02. Способ получения целлюлозы / М. И. Чудаков, Ю. Г. Бутко, А. Б. Маршак, А. И. Новикова (СССР).— № 2833785/29-12; Заявлено 09.10.79; Опубл. 30.05.81, № 20 // Открытия. Изобретения.— 1981.— № 20.— С. 148. [2]. А. с. 861443 СССР, МКИ Д 21 С 3/02. Варочный раствор для получения сульфатной целлюлозы / И. С. Гелес, М. М. Агеева (СССР).— № 2845952/29-12; Заявлено 03.12.79; Опубл. 04.10.81, Бюл. № 33 // Открытия. Изобретения.— 1981.— № 33.— С. 129. [3]. А. с. 926126 СССР, МКИ Д 21 С 3/02. Способ получения волокнистого полуфабриката / Г. С. Косая, Ю. А. Гугнин, И. С. Иванова и др. (СССР).— № 2991202/29-12; Заявлено 08.10.80; Опубл. 07.05.82, Бюл. № 17 // Открытия. Изобретения.— 1982.— № 17.— С. 145. [4]. А. с. 1133319 СССР, МКИ Д 21 С 3/02. Способ получения целлюлозы / Г. Ф. Прокшин, А. Ф. Надеин, С. Б. Пальмова, Б. Д. Богомолов, Е. М. Нечаева, А. Ф. Личутин (СССР).— № 3633860/29-12; Заявлено 15.08.83; Опубл. 07.01.85, Бюл. № 1 // Открытия. Изобретения.— 1985.— № 1.— С. 104. [5]. А. с. 1305223 СССР, МКИ Д 21 С 3/02. Способ получения целлюлозы / Г. Ф. Прокшин, А. Ф. Надеин, В. А. Лугинин, А. Т. Олейник (СССР).— № 3932214/31-12; Заявлено 23.07.85; Опубл. 23.04.87, Бюл. № 15 // Открытия. Изобретения.— 1987.— № 15.— С. 102. [6]. А. с. 1509465 СССР, МКИ Д 21 С 3/02. Способ получения сульфатной целлюлозы / А. Ф. Надеин, Г. Ф. Прокшин, Б. Д. Богомолов (СССР).— № 4338987/31-12; Заявлено 07.12.87; Опубл. 23.09.89, Бюл. № 35 // Открытия. Изобретения.— 1989.— № 35.— С. 107. [7]. Бобров А. И., Козловская З. Ф., Самсонов Н. Е. Сульфатная варка целлюлозы из лиственной древесины с применением добавки сульфита натрия // Бум. пром-сть.— 1992.— № 4.— С. 9—11. [8]. Влияние серы и антрахинона на качество целлюлозы для конденсаторной бумаги / Э. А. Тупицына, А. П. Потапенко, В. А. Коновал, Л. Т. Тур // Бум. пром-сть.— 1986.— № 8.— С. 21—22. [9]. Иванова И. С. Влияние добавок элементарной серы на щелочную варку древесины // Труды ВНИИБ.— 1960.— Вып. 45.— С. 137—153.

[10]. Карпунин Н. И., Музыченко М. П. О влиянии добавок катализаторов и органических веществ при щелочной варке древесины // Химическая переработка древесного и недревесного сырья: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1989.— С. 87—91. [11]. Курган Ф. Б., Зубков Б. И., Чудаков М. И. Использование технологических лигносульфонатов для интенсификации щелочных варок // Совершенствование технологии производства сульфитной и сульфатной варок целлюлозы: Сб. науч. тр. ВНИИБ, ВНПОбумпром.— Л., 1988.— С. 62—65. [12]. Лабораторный практикум по целлюлозно-бумажному производству / С. Ф. Примаков, В. П. Миловзоров, М. С. Кухникова, И. М. Царенко.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 168 с. [13]. Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. Т. 2. Производство сульфатной целлюлозы.— 2-е изд., перераб.— М.: Лесн. пром-сть, 1990.— 600 с. [14]. Правилова Т. А. Химический контроль производства сульфатной целлюлозы.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 226 с. [15]. Прокшин Г. Ф., Надеин А. Ф., Богомолов Б. Д. Щелочная варка с добавками деметилированного лигнина // Химия древесины.— 1984.— № 6.— С. 106—107. [16]. Рихтер Н. Е., Леонович А. А., Гамидулаев С. Н. Щелочная делигнификация целлюлозосодержащих материалов с использованием лесохимических продуктов пиролиза древесины.— М.: ВНИИПИЭИлеспром, 1990.— 40 с.— (Целлюлоза, бумага и картон: Обзор. информ.; Вып. 6). [17]. Чупка Э. И., Стромская Г. И., Вершаль В. В. Щелочная варка с добавками модифицированных препаратов лигнина и черных щелоков // Бум. пром-сть.— 1988.— № 5.— С. 13—14. [18]. Rao Gopalaswamy Venkobaetal. Effeckt of replazement of sodium sulphide by elemental in kraft Pulping // Appita.— 1986.— Vol. 39, N 5.— P. 387—390.

Поступила 14 июня 1994 г.

УДК [630*812.3 : 676.032.13] + 676.163 + 676.164

И. С. ГЕЛЕС, Г. М. ЛЕВКИНА

Петрозаводский государственный университет

Гелес Иосиф Соломонович родился в 1933 г., окончил в 1956 г. Ленинградский технологический институт им. В. М. Молотова, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Петрозаводского государственного университета. Имеет около 300 печатных трудов в области научного обоснования и разработки экологически чистых ресурсосберегающих технологий при использовании древесной биомассы, применения отходов древесного сырья для очистки сточных вод различных производств.

ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ И СВОЙСТВА НЕБЕЛЕНЫХ СУЛЬФИТНЫХ И СУЛЬФАТНЫХ ЦЕЛЛЮЛОЗ

Определение бумагообразующих свойств небеленой сульфитной и сульфатной целлюлозы показало, что при 60 °ШР некоторые из них имеют тенденцию к изменению в соответствии с плотностью исходного древесного сырья. Высказано предположение о наличии «потенциальной ямы» — таком диапазоне плотности, в котором физико-механические показатели бумажного листа имеют минимальные значения.

Determination of paper-forming properties of unbleached sulphite and sulphate pulp has shown some of them to have trends towards changing due to the density of initial wood raw materials at 60° S. R. An assumption of existing "potential hole" - such density range in which physico-mechanical indicators of paper sheet have minimum value - has been given.

Известно влияние условий произрастания древесины на свойства получаемых волокнистых материалов. Существует мнение, что парамет-

ром, в наибольшей степени отражающим влияние условий произрастания древесины на ее свойства, является плотность. Так, например, в работах [9, 10, 12, 15], оценивающих действие мелиорации, удобрений, селекционно-генетических факторов, на первое место поставлена плотность древесины. Приоритетное значение этого показателя для лесного хозяйства подчеркивается и в работе [3]. Ряд авторов отмечают связь плотности древесины с ее механическими свойствами [2, 4, 5, 11]. В работе [2] сделан вывод о том, что плотность может служить универсальным показателем для характеристики древесины сосны.

Особо следует остановиться на связи плотности и других показателей древесины со свойствами получаемой целлюлозы. На существование этой взаимосвязи указывалось уже много лет назад [13, 14]. В обзорах [7, 8] подробно рассмотрено влияние таких исходных параметров древесины, как плотность, содержание поздней древесины, длина волокна, толщина клеточной стенки, отношение длины к диаметру волокна, угла наклона фибрилл во вторичной стенке и др., на основные физико-механические показатели целлюлозных масс (разрывная длина; сопротивление продавливанию, излому, раздиранию; непрозрачность; удлинение и др.). Еще в обзоре [7] отмечено, что бумага с высокими прочностными свойствами может быть получена из древесины с определенным содержанием поздних трахеид. В обзоре [11] подчеркнуто, что высокая плотность древесины не обеспечивает получение бумажного полотна с улучшенными механическими показателями, хотя с точки зрения транспортных затрат и выхода волокнистых материалов ее переработка целесообразна.

Задача данной работы — выявить влияние плотности древесины ели на бумагообразующие свойства небеленой целлюлозы в зависимости от способа ее получения.

Методическая часть

В древостоях естественного происхождения у деревьев с разными интенсивностью роста и плотностью древесины возрастным буравом отобраны керны на высоте груди (1,3 м). После валки деревьев на указанной высоте выпиливали диски и отрезки длиной до 50 см. Отрезки окоряли и из них получали технологическую щепу. У дисков и кернов определяли плотность (ОСТ 81-119—79. Балансы. Метод определения плотности древесины) и макроструктуру (ГОСТ 16483.18—72. Древесина. Метод определения числа годичных слоев в 1 см. Содержание поздней древесины в годичном слое). Древесину в виде спичек мацерировали концентрированной азотной кислотой в присутствии нескольких кристалликов бертолетовой соли и замеряли длину только целых трахеид. Статистическую обработку и расчет фракционного состава вели общепринятыми методами. Щепу после отделения крупной фракции и мелочи (поддон) подвергали сульфитной и сульфатной варкам. Небеленую целлюлозу характеризовали по выходу, степени делигнификации, белизне (сульфитную) и физико-механическим показателям*.

С учетом целевой направленности данных исследований все образцы располагали в порядке возрастания плотности древесины (табл. 1). Как следует из результатов определения, диапазон изменения плотности довольно значителен — разница между максимальным и минимальным значениями составляет 50 %, что обусловлено разновозрастностью взятых для исследования деревьев. Нужно отметить, что цилиндрическая форма керна и его небольшой диаметр в известной степени пред-

* Авторы благодарят канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. М. А. Щербакову за предоставленные образцы древесины, инженеров Е. С. Софронова, Т. Е. Крутову, Ю. М. Клеманского — за участие в эксперименте.

Таблица 1

Характеристика образцов древесины ели

Код дерева	Высота дерева, м	Диск						Керн		Отношение плотности керна к плотности диска, %
		Радиус, мм		Число годичных слоев		Доля поздней древесины, %	Плотность $\rho_у$, кг/м³	Доля поздней древесины, %	Плотность $\rho_у$, кг/м³	
		в коре	без коры	общее	в 1 см					
41 Г	19	108	106	38	3,6	19,7	313	11,6	306	97,8
11	18	137	130	30	2,3	11,9	319	10,0	308	96,6
22	27	188	183	71	3,9	11,9	332	13,3	314	94,7
58	21	172	168	67	4,0	20,9	348	15,8	319	91,7
35	18	121	117	45	3,8	21,2	362	17,0	342	94,6
28	13	61	58	44	7,6	26,7	368	22,2	302	82,1
41 В	16	86	82	89	10,9	27,4	395	23,7	410	103,8
20	18	126	122	155	12,7	19,0	418	19,2	428	102,4
56	12	87	84	151	18,0	29,8	430	19,4	406	94,5
26	18	130	124	109	8,8	33,2	439	35,2	421	96,0
53	12	93	87	97	11,1	35,5	447	24,7	454	101,6
19	19	95	89	113	12,7	30,8	470	21,6	461	98,2

определяют получение менее надежных и заниженных величин плотности, так как устраняется повышенная доля более плотной древесины в периферической части сечения ствола и возрастает ошибка определения. Это положение в целом подтвердилось — 75 % проанализированных образцов кернов дали меньшее значение плотности по сравнению с дисками (табл. 1). Следует также отметить, что при определении содержания поздней древесины у дисков замеряли раннюю и позднюю зоны всех годичных слоев и учитывали изменение их доли от центра к периферии, у кернов этот показатель замеряли согласно ГОСТ в произвольном месте на отрезке длиной 2 см.

Первая процедура позволила получить лучшее согласование между плотностью и долей поздней древесины, нежели вторая. Резкое отличие последнего показателя у дерева 20, по-видимому, можно объяснить повышенной толщиной стенки ранних трахеид.

Полученные нами данные показывают, что пониженная плотность древесины обусловлена, с одной стороны, молодым возрастом деревьев, с другой — достаточной интенсивностью роста, о чем свидетельствует число годичных слоев в 1 см — у первых пяти из всего ряда оно не превышает 4. Очевидно, деревья 11 и 22 можно отнести к экземплярам с повышенной энергией роста. Условная плотность древесины $\rho_у$ более 395 кг/м³ отмечена только у деревьев спелого и перестойного возраста, причем два из них 56 и 53 необходимо отнести к явно угнетенным (табл. 1).

Наряду с плотностью длина волокна рассматривается как одна из важнейших характеристик при использовании древесины в целлюлозно-бумажном производстве [10—15].

Как известно, длина трахеид зависит от многих факторов. На основе обширных экспериментальных данных установлено, что этот показатель имеет большее значение у медленно растущих деревьев по сравнению с быстро растущими. Однако, следует отметить, что указанная закономерность относится к особям природных древостоев, характеризующим среднее (модельное) дерево первого и второго яруса. Подобное соотношение установлено также в работе [6], где одновременно обращено внимание на отклонение от указанной типичной картины у деревьев, близких к плюсовым, т. е. таких, генетические особенности которых определяют повышенную скорость роста. У них даже в молодом возрасте длина и диаметр трахеид превышают аналогичные показатели деревьев в возрасте технической спелости.

Из результатов замеров следует, что самые быстро растущие деревья ели имеют наибольшую длину трахеид, а угнетенные (спелые и молодые экземпляры, например 53 и 28 в табл. 1, 2) — пониженную. Для этих образцов древесины типично присутствие заметного числа коротких трахеид и преобладание основных фракций в диапазоне от 1,0 до 2,5 мм, т. е. трахеид длиной 3,5 мм и более мало или они отсутствуют. У перестойных деревьев ели (возраст более 150 лет) размеры их не оказывают заметного влияния на длину трахеид (деревья 20, 56). В конкретном экспериментальном ряду наименьшая длина трахеид наблю-

Таблица 2

Длина и фракционный состав трахеид у образцов древесины ели ($n = 300$)

Код дерева	Длина, мм		Фракционный состав, %, при длине трахеид, мм								
	максимальная/минимальная	$\bar{x} \pm S$	0,5 ... 1,0	1,0 ... 1,5	1,5 ... 2,0	2,0 ... 2,5	2,5 ... 3,0	3,0 ... 3,5	3,5 ... 4,0	4,0 ... 4,5	4,5 ... 5,0
41 Г	4,53/1,00	2,80±0,770	—	5,3	13,0	18,1	19,0	22,3	16,7	5,3	0,3
11	4,38/1,29	2,79±0,692	—	1,3	12,3	23,8	22,0	23,0	12,3	5,3	—
22	4,21/0,69	2,39±0,772	2,0	13,3	16,2	21,1	21,1	19,6	5,1	1,6	—
58	3,47/1,38	2,26±0,434	—	1,0	32,7	38,3	22,3	5,7	—	—	—
35	3,83/0,73	1,89±0,694	7,7	26,7	26,3	20,0	11,3	6,0	2,0	—	—
28	3,32/0,76	1,51±0,431	5,7	51,2	28,7	10,7	2,7	1,0	—	—	—
41 В	3,78/0,82	2,11±0,644	3,0	16,3	23,7	29,6	18,7	6,7	2,0	—	—
20	4,40/1,42	2,62±0,539	—	0,3	11,0	32,3	34,3	15,1	5,3	1,7	—
56	4,60/1,16	2,62±0,714	—	4,0	17,0	26,7	19,0	20,0	10,0	3,0	0,3
26	4,62/1,20	2,72±0,720	—	2,0	13,3	24,3	26,1	21,3	9,7	2,3	1,0
53	4,15/0,73	2,02±0,657	5,3	18,3	23,4	31,3	13,7	6,3	0,7	1,0	—
19	4,10/1,29	2,53±0,531	—	2,0	14,0	21,3	34,7	23,6	3,7	0,7	—

Примечание. $\bar{x}$ — среднее значение длины; S — ошибка определения; n — число образцов.

дается у экземпляров относительно молодого возраста и рядовой скорости роста (деревья 35, 28, 41 В). С увеличением этих показателей возрастает длина трахеид. Результаты замеров подтверждают полученные нами ранее данные об аномально повышенной длине трахеид у деревьев, близких к плюсовым. В определенной степени это согласуется также с нашими данными о положительном влиянии на указанный параметр лесохозяйственных мероприятий, приводящих к ускорению роста молодняков сосны [1]. Следует оговориться, что всю совокупность приведенных данных необходимо рассматривать как одну из возможных выборок, так как длина трахеид определена только на высоте 1,3 м. Проверка подчиненности длины трахеид на высоте 1,3 м (табл. 1) закону нормального распределения по критерию Колмогорова подтвердила правомерность этой гипотезы.

Сульфитные варки проводили по одному температурному графику. Данные выхода и степени делигнификации (табл. 3) получены на основании анализа содержимого не менее трех автоклавов. Из-за отсутствия непровара выход сортированной массы равен общему. Какой-либо связи между плотностью древесины, степенью делигнификации и величиной выхода небеленой целлюлозы обнаружить не удалось, но можно отметить тенденцию повышения содержания остаточного лигнина и понижения белизны с ростом плотности древесины.

Плотность древесины и такие бумагообразующие свойства, как весовой показатель и водоудержание, не связаны между собой, более того, для целлюлозы, полученной из различных деревьев, они изменяются мало. В то же время межволоконные силы связи и воздухопроницаемость изменяются в соответствии с плотностью древесины. У первого показателя очевидна тенденция к снижению, что можно объяснить возрастанием числа поздних трахеид с утолщенной стенкой и пониженной способностью к образованию межволоконных связей. Изменение второго из упомянутых показателей согласуется с представлениями о крупнопористой структуре бумажного листа, образуемого из толстостенных волокон.

Разрывная длина и сопротивление излому выше у целлюлозы с преобладанием ранних трахеид. Следует отметить, что целлюлоза с минимальными показателями разрывной длины и удлинением располагается в средней части данного экспериментального ряда. Целлюлоза из древесины с наибольшей плотностью и содержанием поздних трахеид имеет несколько лучшие значения механических показателей, за исключением сопротивления излому, по сравнению с образцами из середины ряда.

Сравнивая небеленую сульфатную целлюлозу (табл. 4), полученную в более строго контролируемых условиях, с сульфитными, можно отметить очевидные параллели. Так, весовой показатель и водоудержание не указывают на различие в исходном сырье. Зато межволоконные силы связи и воздухопроницаемость изменяются аналогично сульфитной целлюлозе и, как отмечалось выше, соответствуют представлениям о структуре листа в связи со способностью разных трахеид к образованию связей. Разрывная длина у образцов сульфатной целлюлозы в средней части ряда меньше, чем в начале и в конце, а сопротивление излому лишь в незначительной степени снижается с повышением доли поздних трахеид. Сопротивления продавливанию и раздиранию имеют разнонаправленную тенденцию, что соответствует изменению соотношения тонко- и толстостенных трахеид с увеличением плотности древесины.

На основании полученных экспериментальных данных о свойствах небеленой сульфитной и сульфатной целлюлозы (табл. 3, 4) можно отметить, что при степени помола 60 °ШР такие характеристики, как весовой показатель и водоудержание, практически не связаны с особенно-

Таблица 3

Характеристика небеленой сульфитной целлюлозы из древесины ели

Код дерева	Выход сортированной массы (общий), % от исходной абс. сухой древесины	Степень делигнификации	Белизна, %	Весовой показатель по Иванову, дцг	Водоудерживание, %	Межволоконные силы связи, кгс/см²	Воздухопроницаемость, мл	Разрывная длина, м	Удлинение, мм	Сопротивление		
										излому, ч. д. п.	продавливанию, кПа	раздиранию, мН
41 Г	48,8	25,5	53,9	37,6	321	14,5	31	9 570	2,9	2 000	330	480
11	51,3	28,4	54,9	39,5	321	12,3	13	10 400	3,6	3 220	400	480
22	53,7	33,7	57,9	39,5	311	10,8	15	9 300	2,7	2 050	400	520
58	49,8	25,0	57,7	39,4	315	11,1	28	8 400	3,9	2 010	380	590
35	52,1	28,7	50,9	39,5	316	11,4	34	10 120	2,4	1 970	420	620
28	50,5	31,7	51,5	38,4	331	12,6	35	9 310	2,4	1 910	390	520
41 В	49,1	25,9	55,1	37,4	316	11,5	53	7 980	2,4	980	300	510
20	51,4	23,3	54,9	40,4	320	12,7	46	8 030	3,2	1 920	380	680
56	50,0	31,6	51,3	40,0	324	11,9	—	9 200	2,8	2 020	390	620
26	51,0	35,0	49,1	37,7	319	9,1	53	8 020	3,2	1 030	330	530
53	52,3	29,8	54,9	39,3	312	10,0	—	9 140	3,1	1 700	390	580
19	49,1	37,2	41,8	39,0	327	10,0	106	8 440	3,5	1 250	340	580

Примечание. Здесь и в табл. 4 физико-механические показатели определены при степени помола 60 °ШР и массе отливок 75 г/м².

стями исходного древесного сырья, а величина первой из них — одного порядка независимо от способа варки. Существенно более информативными в этом отношении являются данные о межволоконных силах связи и воздухопроницаемости. Согласно теоретическим представлениям и результатам испытаний, с понижением доли понкостенных гибких волокон уменьшается способность к образованию связей и возрастает число крупных пор в листе бумаги. На основании сопоставления свойств образцов двух рядов целлюлозы, полученных из одного и того же сырья, но разными способами, можно с достаточным основанием высказать мнение о наличии «потенциальной ямы» — определенного диапазона плотности древесины, где разрывная длина и удлинение имеют минимальные значения. Древесина с меньшей или большей плотностью дает целлюлозу с лучшими физико-механическими показателями. Следовательно, высокая плотность древесины не означает неизбежность получения целлюлозы низкого качества, а лишь указывает на необходимость считаться с по-

Таблица 4

Характеристика небеленой сульфатной целлюлозы из древесины ели

Код дерева	Выход, % от исходной абс. сухой древесины			Степень делигнификации	Весовой показатель по Иванову, дцг	Водоудержание, %	Межволоконные силы связи, кгс/см²	Воздухопроницаемость, мл	Разрывная длина, м	Удлинение, мм	Сопротивление		
	сортированной массы	непровара	общий								излому, ч. д. п.	продавливанию, кПа	раздиранию, мН
41 Г	44,1	0,4	44,5	38,6	39,5	271	10,6	79	9 130	3,6	3 310	450	800
11	48,0	0,3	48,3	34,0	40,9	253	10,5	45	10 220	3,9	2 910	530	880
22	48,1	0,4	48,5	37,5	39,9	241	9,4	115	8 220	3,4	2 830	410	990
58	46,2	—	46,2	35,8	39,9	264	8,1	83	8 060	3,4	2 980	460	1 020
41 В	45,8	0,8	46,6	41,2	40,3	245	10,2	178	7 450	3,1	2 540	390	980
20	48,4	1,8	50,2	42,6	40,5	256	8,3	131	8 180	3,8	2 490	410	1 100
56	48,8	1,0	49,8	39,7	39,9	247	8,3	—	8 110	3,5	2 780	410	1 060
26	48,2	0,7	48,9	38,8	38,7	241	9,1	128	8 550	3,9	2 500	360	1 010
19	46,1	2,7	48,8	45,9	39,7	253	9,4	163	8 530	3,3	2 250	410	970

ниженными значениями отдельных механических свойств. Высказанное мнение о наличии «потенциальной ямы», т. е. неблагоприятного сочетания ранней и поздней древесины с точки зрения получения из такого сырья целлюлозы с высокими прочностными показателями, требует дальнейшей экспериментальной проверки. Очевидно, плотность древесины по-разному связана с отдельными свойствами целлюлозы, зачастую эта связь носит сложный характер, и усилия по выращиванию древесины

с максимальной плотностью для производства волокнистых материалов несомненно оправданы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гелес И. С., Левкина Г. М. Влияние удобрений на длину трахеид сосны // Строение, свойства и качество древесины: Симпозиум Координационного совета по современным проблемам древесиноведения.— Москва: Мытищи, 1990.— С. 77—81. [2]. Минин Н. С., Москалева С. А. Влияние рубок ухода на физико-механические свойства древесины культур сосны // Лесн. журн.— 1986.— № 2.— С. 68—71.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Полубояринов О. И. Лесохозяйственное значение плотности выращиваемой древесины // Лесн. хоз-во.— 1980.— № 12.— С. 20—22. [4]. Рябоконь А. П. Качество древесины при разной интенсивности роста сосновых насаждений // Лесн. хоз-во.— 1990.— № 11.— С. 26—28. [5]. Чибисов Г. А., Москалева С. А. Влияние рубок ухода на технические свойства ели // Лесн. хоз-во.— 1984.— № 4.— С. 12—14. [6]. Щербакова М. А., Гелес И. С., Левкина Г. М. Влияние интенсивности роста сосны и ели на макроструктуру древесины и параметры трахеид // Селекция и лесное семеноводство в Карелии.— Петрозаводск, 1993.— С. 167—176. [7]. Dinwoodie J. M., The relationship between fiber morphology and paper properties: a review of literature // Tappi.— 1965.— Vol. 48, N 8.— P. 440—447. [8]. Duncker B., Nordman L. Den ensnilda fibers mekaniska egenskaper // Sv. pappers tidn.— 1968.— N 5.— P. 165—177. [9]. Kao Hsu J., Walters C. S. Effect of irrigation and fertilization on selected phisical and mechanical properties of loblolly pine (Pinus taeda) // Wood and Fiber.— 1975.— Vol. 7, N 3.— P. 192—206. [10]. Namkoong G., Barffoot A. G., Hitching's R. G. Evaluating control of wood quality through breeding // Tappi.— 1969.— Vol. 52, N 10.— P. 1935—1938. [11]. Palmer E. R. Plantation grown hardwoods as a sourie of papermaking pulps // Appita.— 1984.— Vol. 37, N 4.— P. 280—283. [12]. Selection of wood density and diameterin controlled crosses of coastal Douglas-fir / J. N. King, F. C. Yeh, J. Ch., Heaman, B. P. Dancik // Silval Genetica.— 1988.— Vol. 37, N 3—4.— P. 152—157. [13]. Tamolang F. N., Wangaard F. F. Relationships between hardwood fiber characteristics and pulpsheet properties // Tappi.— 1961.— Vol. 44, N 3.— P. 201—216. [14]. Wood grown in fertilized forests as a raw material for pulp manufacture / W. Jensen, N. E. Virkola, O. Huikari, K. Paarlahti // Paperi ja puu.— 1964.— Vol. 46, N 8.— P. 443—452. [15]. Yang R. C., Wang E. L. C., Micko M. M. Effect of fertilization on wood density and tracheid length of 70-yearold lodgepole pine in west-central Alberta // Can. J. Forest Res.— 1988.— Vol. 18, N 17.— P. 954—956.

Поступила 7 июля 1993 г.

УДК 676.16 : 674.032.16

И. С. ГЕЛЕС, М. А. КОРЖОВА, Г. М. ЛЕВКИНА, М. В. МЕЛЕХ, В. В. ПЕТРОВА

Петрозаводский государственный университет

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ВЕТВЕЙ СОСНЫ

Показано, что в отличие от древесины ствола ветви содержат больше водорастворимых веществ, легкогидролизуемых полисахаридов, лигнина, галактана, арабана, но меньше целлюлозы и маннана. Согласно данным рентгенографических исследований под большими углами целлюлоза ветвей и ствола различается по основным параметрам надмолекулярной структуры (наименее совершенной является целлюлоза заболони нейтральной зоны). Установлена зависимость механических свойств небеленой сульфатной целлюлозы от диаметра ветвей.

It has been shown that unlike the trunk wood the branches contain more water-soluable substances highly hydrolyzed polysaccharides, lignin, galactan, araban, rather than cellulose and mannan. According to X-ray investigations data, the cellulose of the trunk and branches under large angles differs in the main parameters of supermolecular structure. The relationship of unbleached sulphate pulp and diameter of branches has been stated.

Изучению особенностей химического состава, макроструктуры и морфологии трахеальных элементов вторичной ксилемы ветвей посвя-

щено немало работ. Это связано с тем, что, с одной стороны, ветви составляют заметную долю фитомассы дерева, с другой — они имеют ярко выраженное строение, отличающееся от нормальной древесины. Как известно, у ветвей хвойных пород в области примыкания к стволу образуются три аномальные зоны, аналогичные древесине наклонных деревьев. На нижней стороне ветвей имеются эксцентрически расположенные широкие годичные кольца с повышенным содержанием поздней древесины (креневая, или сжатая, или компрессионная древесина), а на верхней — узкие кольца (тяговая или противоположная древесина). В зоне перехода расположена так называемая боковая (нейтральная) древесина, которая считается «...нормальной во всех отношениях» [12]. Согласно [3—5, 7, 9], древесина ветвей, особенно креневая, отличается повышенным содержанием лигнина, пентозанов, экстрактивных веществ и пониженным — целлюлозы. В некоторых работах [8, 12] особо отмечается существенно большее количество галактана в компрессионной древесине по сравнению с нормальной, хотя это не нашло подтверждения при изучении ветвей ели разного диаметра [3].

Трахеиды ветвей характеризуются значительно меньшей длиной. Чем тоньше ветви, тем они короче [7, 9], что очевидно не может не сказаться на свойствах волокнистых полуфабрикатов.

Относительно возможности и целесообразности использования ветвей в производстве целлюлозных материалов имеются разнообразные мнения. Согласно исследованиям [6, 10], древесина их пригодна для производства некоторых марок сульфатной целлюлозы, так как разрывная длина ее для сосны составляет 8170 . . 8590 м, ели — 6880 . . . 7280 м. Однако варка ветвей дает повышенный процент непровара при пониженном выходе. В работе [7] отмечается, что у сульфатной небеленой целлюлозы из ветвей сосны разрывная длина не превышает 7000 м и падает с уменьшением их диаметра. По мнению авторов [4], ветви непригодны для получения сульфатной целлюлозы вследствие высокого непровара, особенно при варке щепы из неокоренного сырья. Однако в [11] утверждается, что для производства небеленой сульфатной целлюлозы с 1984 г. используют в промышленных условиях щепу из неокоренной древесины кроны.

Необходимо признать, что многие вопросы, в частности строение целлюлозы из разных зон, остались вне поля зрения, а взгляды на возможность использования ветвей в качестве сырья при получении целлюлозы неоднозначны.

Задача данной работы — комплексное изучение древесины ветвей сосны и свойства получаемой из нее небеленой сульфатной целлюлозы.

У выбранных деревьев сосны (2С и 3С) после их валки отбирали шайбы у пня, на высоте 1,3 м и далее через каждые 2 м. Кроме того, на указанном расстоянии брали отрезки длиной 50 см. Срубленные ветви взвешивали, после чего отделяли древесную зелень и делили на части с диаметром более и менее 3 см. У ветвей в области примыкания их к стволу и в средней части отбирали шайбочки. Оставшуюся часть ветвей превращали в щепу на промышленной рубительной машине. Отрезки ствола окоряли вручную и получали из них технологическую щепу, как указано выше. После тщательного перемешивания из щепы отбирали средние пробы, которые использовали для химического анализа (опилки из окоренной древесины размером 0,5 . . . 1,0 мм). Плотность, макроструктуру, длину трахеид определяли общепринятыми методами (у ветвей анализировали шайбочки из средней части). Химический анализ проводили в основном известными методами с некоторой их модификацией. Состав полисахаридов и содержание лигнина определяли по методике [2].

Таблица 1

Характеристика исходных деревьев

Код дерева	Высота дерева, м	Число годичных слоев на пне	Число годичных слоев в 1 см (на высоте 1,3 м)	Доля поздней древесины, % (на высоте 1,3 м)	Плотность древесины $\rho_у$, кг/м³ (на высоте 1,3 м)	Средневзвешенная плотность древесины ствола $\rho_у$, кг/м³	Ветви: Диаметр у основания, см	Ветви: Число годичных слоев	Ветви: Диаметр, мм: в коре	Ветви: Диаметр, мм: без коры	Ветви: Число годичных слоев в 1 см	Ветви: Доля поздней древесины, %	Ветви: Плотность древесины $\rho_у$, кг/м³	Ветви: Содержание, %: кроны	Ветви: Содержание, %: коры: по объему	Ветви: Содержание, %: коры: по массе
2 С	22,9	92	8,2	30,7	479	453	> 3	18	31,2	30,0	12,0	37,4	459	10,4	7,9	9,0
							< 3	13	23,7	22,4	11,6	36,9	417	—	11,7	19,1
3 С	29,8	160	9,0	45,4	672	581	> 3	58	43,1	41,9	28,0	49,1	630	4,3	5,3	9,0
							< 3	42	29,3	28,3	29,0	46,1	610	1,3	7,3	11,1

Таблица 2

Характеристика длины трахеид ствола и ветвей образца 3 С

Образец	Длина трахеид, мм	Средняя длина трахеид, мм	Фракционный состав, %, при длине трахеид, мм: 1,0 . . . 1,5	1,5 . . . 2,0	2,0 . . . 2,5	2,5 . . . 3,0	3,0 . . . 3,5
Древесина:							
ствола	1,56/3,40	2,36	—	15,0	54,0	24,6	6,4
ветвей	1,11/2,58	1,65	22,8	67,8	9,2	0,2	—
Сульфатная целлюлоза из древесины ветвей	1,02/2,67	1,70	26,8	55,2	16,8	1,2	—

Примечание. В числителе приведены минимальные значения длины трахеид, в знаменателе — максимальные.

Для рентгеноструктурных исследований использовали тангенциальные срезы из всех трех зон шайб, взятых у основания ветвей. Дополнительно получали препараты из заболони боковой зоны. Рентгенографирование вели под большими углами (интервал 6 ... 100°) в 2Θ с помощью дифрактометра ДРОН-2.0 в геометрии на отражение и просвет с использованием СиК-α-излучения, монохроматизированного кристаллом пиролитического графита.

Из взятых для исследования деревьев сосны одно было спелым, а другое — перестойным (табл. 1). Соответственно в свежесрубленном состоянии крона составила 10,4 и 5,6 % от массы ствола, доля коры в ней также снижалась. Плотность древесины дерева 3 С значительно выше, чем приводится обычно в литературе для сосны и у дерева 2 С. По-видимому, это связано с повышенным содержанием поздней древесины (45,4 %). Вторичная ксилема ветвей диаметром более 3 см превосходит по плотности стволовую часть и ветви меньшего диаметра. Однако это различие у дерева 2 С выражено незначительно. Более того, тонкие ветви уступают стволу по этому показателю. Общим для ветвей двух деревьев сосны является повышенный процент поздней древесины и число годичных слоев в 1 см. Определение длины трахеид выявило значительную разницу. Длина трахеид основной фракции у ветвей и среднее значение этого показателя по сравнению с заданными для ство-

Таблица 3

Химический состав древесины ствола и ветвей образца 2 С, %

Показатели	Значения показателей для частей дерева	
	Ствол	Ветви
Вещества, экстрагируемые:		
диэтиловым эфиром	5,21	3,71
этиловым спиртом	5,95	4,93
горячей водой (температура 98 °С)	4,06	4,41
холодной водой	2,07	2,50
Зольные вещества	0,32	0,41
Целлюлоза по Кюршнеру — Хо́фферу	47,20	42,30
Метоксильные группы в исходной древесине	4,46	4,84
После экстракции этиловым спиртом и горячей водой		
Лигнин	27,9/25,8	33,1/30,7
РВ, %	19,40	23,00
Доля моносахаридов (в пересчете на полисахариды):		
галактоза	1,72	5,25
глюкоза	3,15	3,00
манноза	8,24	5,90
арабиноза	2,18	4,31
ксилоза	4,32	8,16
После полного гидролиза		
РВ, %	74,60	65,20
Доля моносахаридов (в пересчете на полисахариды):		
галактоза	1,89	5,74
глюкоза	50,50	39,50
манноза	11,60	7,57
арабиноза	2,32	3,96
ксилоза	6,38	9,74

Примечания: 1. В числителе приведены значения, отнесенные к массе древесины после указанных экстракций; в знаменателе — к исходной массе древесины.

2. Как после экстракции этиловым спиртом и горячей водой, так и после полного гидролиза в древесине ствола и ветвей открыто две урановых кислоты.

ла смещены в сторону меньших величин. Трахеиды длиной более 2,5 мм практически отсутствуют (табл. 2). Наличие трахеид длиной 1,65... 1,70 мм объясняется возрастом ветвей, составляющим для дерева 3 С при диаметре более и менее 3 см соответственно 58 лет и 42 года.

Своеобразен химический состав. Веществ, экстрагируемых органическими растворителями, содержится больше в древесине ствола, а в ветвях — растворимых в воде (табл. 3). Скорее всего это связано с тем, что во вторичной ксилеме кроны отсутствует ядро. В биомассе ветвей выше и общее содержание метоксильных групп, что согласуется с данными [5], но противоречит мнению авторов [3], утверждающих, что их пониженное содержание характерно для компрессионной древесины. Заслуживают внимания данные об углеводном составе, согласно которым древесина ветвей характеризуется повышенным количеством галактана и арабана, относящихся, очевидно, целиком к легкогидролизуемым полисахаридам, а также ксилана, большая часть которого несомненно входит в состав указанных полиоз. Причем ветви по количеству легкогидролизуемых полисахаридов и пентозанов соответственно в 1,2 и 1,5 раза превосходят ствол. Отчасти это согласуется с данными работ [4, 5, 7], где указано, что древесина ветвей также содержит больше пентозанов, чем балансовая, но не в такой степени, как указано в табл. 3. Согласно результатам работы [9], для аналогичных частей фитомассы ели не обнаружено существенной разницы в содержании указанных гемицеллюлоз. Характерно, что в публикациях [8, 12] приведены иные сведения: в нормальной и компрессионной древесине сосны отсутствуют различия в содержании арабана, отмечено высокое количество галактана, а данные по ксилану противоречивы. По-видимому, это несоответствие отчасти объясняется тем, что в последних двух работах анализировалась стволовая древесина, в не ветви. С другой стороны, общим для самых разных работ, в том числе [8, 12], является обнаружение пониженного содержания целлюлозы и маннана и повышенное — лигнина в ветвях и креневой древесине ствола по сравнению с нормальной. Таким образом, приведенные в табл. 3 и опубликованные ранее данные об углеводном составе во многом противоречивы и в настоящее время не представляется возможным однозначно объяснить это.

Рентгенографическое изучение основных параметров надмолекулярной структуры целлюлозы было расширено за счет особого метода съемки [1], что позволило дополнительно охарактеризовать упорядоченную область в плоскости 040. Положение основного максимума 2 Θ (002) для

Таблица 4

Основные параметры надмолекулярной структуры

Образец древесины	α, град	2Θ, град	l, град	D, А	K
Ветви в зоне:					
а) сжатой (креневой)	25	22,3/34,7	3,0/1,2	28/72	0,40
б) тяговой (противоположной)	20	22,3/34,7	3,0/1,4	28/63	0,36
в) «нейтральной» (боковой);					
1	20	22,2/34,7	2,9/1,4	29/63	0,37
2	20	22,2/34,7	3,0/1,3	28/67	0,34
заболонь	15	21,8/34,7	4,8/2,0	18/44	0,26
Ствол	0	22,4/34,7	2,8/1,1	30/79	0,57

Примечание. В числителе приведены значения показателей для отражения (002), в знаменателе — для (040); α — угол наклона оси текстуры относительно первичного пучка.

разных препаратов целлюлозы из ветвей по сравнению со стволом имеет некоторый сдвиг в сторону меньших углов α, особенно в заболони нейтральной зоны (табл. 4). Полуширина отражения l (002) практически не зависит от места взятия образца за исключение упомянутой заболони нейтральной зоны. Размеры областей когерентного рассеяния D очень близки между собой, и только надструктуры целлюлозы упомянутой заболони имеют существенно меньшие размеры. Одновременно она отличается от других препаратов минимальной величиной степени кристалличности K. По этому параметру все образцы целлюлозы ветвей значительно уступают стволовой древесине. Лучшие значения имеют образцы креневой зоны. Полученные результаты позволяют считать целлюлозу ветвей менее упорядоченной во всех отношениях по сравнению с целлюлозой ствола. По степени «совершенства» целлюлоза ветвей в области примыкания к стволу располагается в следующий ряд: компрес-

Таблица 5

Характеристика небеленой сульфатной целлюлозы из окоренной древесины ствола и неокоренных ветвей образца 3 С (степень помола 60°ШР и масса отливки 75 г/м²)

Образец древесины	Выход сортированной массы (общий), % от исходной абс. сухой древесины	Степень делигнификации	Продолжительность размола до 60 °ШР, мин	Объемная масса, г/см³	Разрывная длина, м	Удлинение, мм	Сопротивление			Расход щелочи (в ед. Na_2O) на 1 т абс. сухой целлюлозы, кг
							излому, ч. д. п	продавливанию, кПа	раздиранию, мН	
Ствол	49,1	28,7	62	0,696	7960	4,0	1750	466	991	366
Ветви диаметром:										
> 3 см	45,5	46,9	67	0,779	8800	5,2	2090	479	617	396
< 3 см	33,9	31,4	44	0,766	8350	6,0	1730	422	580	532

сионная > тяговая ≈ боковая > заболонь боковой. При рентгенографировании была обнаружена характерная особенность, заключавшаяся в ином угле текстуры препаратов ветвей по сравнению с целлюлозой древесины ствола. Аномально низкая степень кристалличности, очень мелкие «кристаллы», наибольшая величина полуширины пиков в плоскостях 002 и 040 свидетельствуют о дефектах структуры целлюлозы. Таким образом, целлюлоза ствола и зон аномальных состояний различается по многим структурным параметрам. Кажущаяся нейтральной боковая зона характеризуется наименьшей упорядоченностью областей когерентного рассеяния.

Сульфатную небеленую целлюлозу получали варкой технологической щепы из окоренной древесины ствола и из неокоренных ветвей после отделения крупной и мелкой фракций. Расход активной щелочи составлял 18 % от абс. сухой массы щепы (в единицах Na_2O). Из результатов, приведенных в табл. 5, следует, что выход целлюлозы из ветвей, особенно диаметром менее 3 см, много ниже (соответственно на 7 и 31 %), чем из ствола при худшей степени делигнификации. При этом резко (на 8,0 и 45,3 %) возрастает удельный расход щелочи на 1 т абс. сухой целлюлозы по сравнению с расходом при варке балансовой древесины. При сравнении показателей физико-механических свойств можно отметить лучшую способность к размолу целлюлозы из тонких ветвей и образование трахеидами кроны более плотного листа. Хотя небеленая сульфатная целлюлоза из ветвей, особенно диаметром более 3 см, превосходит по разрывной длине массу из ствола, но существенно уступает ей по сопротивлению раздиранию. Сочетание высокого значения последнего и относительно низкого первого из указанных показателей, очевидно, связано со значительной долей поздних трахеид во вторичной ксилеме ствола. Целлюлоза из ветвей при большем проценте поздней древесины имеет худшее значение сопротивления раздиранию и несколько лучшую разрывную длину по сравнению со стволовой. По-видимому, здесь проявляется влияние таких факторов, как длина трахеид и толщина их стенки. Возможно, что не последнюю роль играет обнаруженное в данной работе «несовершенство» надмолекулярной структуры целлюлозы ветвей — фактор, который раньше совершенно не принимался во внимание.

Хотя основные прочностные показатели небеленой сульфатной целлюлозы из ветвей диаметром менее 3 см можно признать удовлетворительными, но, принимая во внимание выход целлюлозы и удельный расход щелочи, использовать их в качестве сырья нецелесообразно.

Следует учесть, что относительно высокие показатели физико-механических свойств небеленой сульфатной целлюлозы из ветвей дерева 3 С связаны, очевидно, с их возрастом и толщиной, которые превосходят соответствующие параметры ветвей дерева 2 С.

Полученные нами и известные ранее [4, 7] данные указывают на закономерность ухудшения всех показателей с уменьшением диаметра ветвей.

В заключение можно отметить, что полученные данные отличаются от известных. В основном это касается состава полисахаридов, содержащих галактозу, арабинозу и ксилозу. Однако установленные различия в химическом составе ствола и ветвей в той или иной мере касаются почти всех групп веществ. Хотя отдельные показатели и согласуются с опубликованными ранее, но пока нет оснований для обобщений особенностей химического состава древесины ветвей и наклонной части стволов. Очевидно, требуются дальнейшие эксперименты в этой области.

С помощью рентгенографии под большими углами впервые показаны различия в надмолекулярной структуре целлюлозы рядом располо-

женных трахеид, составляющих креневую, тяговую и нейтральную зону ветвей. Причем лучшей упорядоченностью обладает целлюлоза креневой зоны, а менее совершенной представлена она у трахеид заболони боковой зоны.

Целлюлоза аномальных зон почти по всем параметрам уступает стволовой. Причины, обусловливающие это состояние, еще предстоит установить.

Определенным парадоксом является неэквивалентность трахеид поздней древесины ствола и ветвей, что проявляется в физико-механических свойствах сульфатной целлюлозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. А. с. 1778651 СССР, МКИ[5] G 01 N 23/20. Способ определения физических параметров надмолекулярной структуры древесных целлюлоз / И. С. Гелес, М. В. Мелех, В. В. Петрова (СССР).— № 4916314; Заявлено 29.12.90; Опубл. 13.11.92, Бюл. № 44 // Открытия. Изобретения.— 1992.— № 44.— С. 141. [2]. Гелес И. С., Коржова М. А. Метод определения состава полисахаридов и лигнина в древесине и целлюлозе.— Петрозаводск, 1979.— [3] с.— (Информ. листок / Карельский ЦНТИ; № 129—79). [3]. Лебедев К. К., Ракитина М. А., Железнякова З. Н. Экспериментальное изучение делигнификации креневой древесины // Сб. тр. ЦНИЛХИ.— М., 1965.— Вып. 16.— С. 222—247. [4]. Молотков Л. К., Лузина Л. И., Мудрова И. П., Гордеева Г. И. Производство сульфатной целлюлозы из древесины отходов лесозаготовок // Бум. пром-сть.— 1985.— № 10.— С. 4—6. [5]. Мудрецов А. И., Козлов В. Н. О химическом составе древесины ядра, заболони и ветвей сосны обыкновенной // Тр. УЛТИ.— Свердловск, 1962.— Вып. 18.— С. 80—83. [6]. Alestalo A., Hentola Y. Sulfaattiselua havupuiden kuorellisista latvuksista; oksisto ja kannoista // Paperi ja puu.— 1966.— Vol. 48, N 12.— P. 737—742. [7]. Bestandteile der Kiefernaltholzkrone — Eigenschaften und Verhalten beim Sulfataufschluss / S. Poller, A., Unger, H. Gotze, G. Schultze-Dewitz // Zellstoff und Papier.— 1985.— N 2.— S. 44—48. [8]. Cote W. A., Simson B. W., Timell T. E. Studies on compression wood. Part 2. The chemical composition of wood and bark from normal and compression regions of filteen species of gymnosperms // Svensk Papperstidn.— 1966.— Vol. 69, N 17.— P. 547—558. [9]. Fiserova M. Chemické a morfologicke zlozenie smrekoveho dreva // Papir a celuloza.— 1985.— N 3.— P. 17—20. [10]. Hakkila P. Oksaraaka — aineen käyttömandol lisuuksia // Suomen puutalous.— 1974.— N 5.— P. 8—13. [11]. Poller S., Knappe R. Zur Kenntnis der Kiefernaltholzkrone als Rohstoff fur die Sulfatzellstoffindustrie — Aufbereitung, Materialeigenschaften, Aufschlussverhalten // Zellstoff und Papier.— 1990.— N 4.— S. 132—136. [12]. Timell T. E. Studies on opposite wood in conifer. Part 1. Chemical composition // Wood Science and Technology.— 1973.— Vol. 7, N 1.— P. 1—5.

Поступила 16 июня 1994 г.

УДК 630*863

Е. Д. ГЕЛЬФАНД

Гельфанд Ефим Дмитриевич родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры химии древесины, целлюлозы и гидролизного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет 290 печатных трудов и 129 изобретений в области химической технологии древесины.

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ГИДРОЛИЗНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Предложена концепция создания гидролизных производств без сброса последрожжевой бражки и шламовых отходов.

A concept of creating the hydrolytic production without discharge of after-yeast mash and slime wastes has been proposed.

Гидролизные производства относятся к группе производств, характеризующихся высокими показателями удельных (на 1 т сырья) сбросов производственных сточных вод (ПС), шламов и парогазопылевых выбросов (ПГПВ). При этом гидролизная промышленность не испытывает недостатка в предложениях по утилизации шламов (с полным прекращением их сброса), а также по сокращению и локальному обезвреживанию ПГПВ. Наиболее актуальна задача ликвидации сброса ПС, содержащих последрожжевую бражку (ПДБ), конденсаты паров самоиспарения, «утечки» технологических растворов.

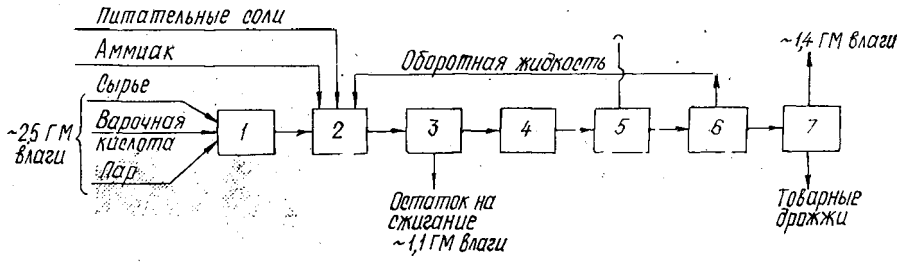
В предлагаемой концепции основное внимание уделено ликвидации сброса ПДБ, поскольку образования конденсатов паров самоиспарения можно избежать технологическими приемами, а «утечки» определяются лишь уровнем организации производства.

Сущность предлагаемой концепции заключается в следующем.

1. Если представить весь производственный процесс, начиная от подачи сырья и материалов и кончая выпуском товарной продукции, как «черный ящик», то количество влаги, вводимое в него с сырьем, материалами, водой на прямые технологические нужды, а также в виде острого пара, не должно превышать того количества, которое выводится со шламом (включая негидролизуемый остаток), товарной продукцией, ПГПВ и конденсатами (если в технологической схеме используются процессы испарения и конденсации).

2. Все органические (сырье) и минеральные вещества, вводимые в «черный ящик», должны выводиться со шламом, товарной продукцией и ПГПВ (что нежелательно).

Выполненные нами проектные разработки дают основание утверждать, что такая концепция приемлема для гидролизных производств всех профилей: дрожжевого, спирто-дрожжевого, фурфурольно-дрожжевого. Рассмотрим для примера вариант гидролизно-дрожжевого производства, основывающегося на данной концепции и иллюстрируемого схемой. Согласно схеме, вся влага, вводимая в производство непосредственно на технологические нужды, выводится только с поступающим на сушку дрожжевым концентратом (далее — с отработанным сушильным агентом) и негидролизуемым остатком. (Количеством влаги, выводимой на стадии выращивания дрожжей с отработанным воздухом,



Схема, иллюстрирующая организацию экологически безопасного гидролизного производства: *1* — гидролиз; *2* — смешение; *3* — фильтрование; *4* — охлаждение; *5* — выращивание дрожжей; *6* — сгущение; *7* — сушка

пренебрегаем.)

Расчеты, проведенные исходя из достигнутых показателей выхода дрожжей, влажности дрожжевого концентрата перед сушкой, а также выхода и влажности негидролизуемого остатка (при условии, что гидролиз проводится в мягких условиях и затрагивает в основном гемицеллюлозную фракцию полисахаридов), показали, что допустимый расход влаги на все технологические нужды не должен превышать 2,5 гидромодулей — ГМ (2,5 т влаги на 1 т абс. сухого сырья). Как видно из схемы, все это количество влаги вводится на первой стадии технологического процесса для осуществления гидролиза. (Специалистам хорошо известно, что гидромодуль 2,5 вполне достаточен для проведения гидролиза.) Все остальные стадии осуществляются при использовании оборотной жидкости (в данном случае — ПДБ), расход которой ничем не лимитирован.

Итак, влага, поступающая в «черный ящик», согласно схеме, выводится из *3* ($\approx$ 1,1, ГМ) и *7* ($\approx$ 1,4 ГМ), а также в виде ПГПВ из *5*. Стадия гидролиза *1* может быть осуществлена в непрерывнодействующем реакторе с разбавлением выходящей из него гидролизатмассы оборотной жидкостью в *2*, что исключает образование ПГПВ, которые обычно имеют место за счет частичного самоиспарения при перепаде давления. Сюда же, в *2*, целесообразно вводить нейтрализующий агент и питательные соли. Далее суспензия негидролизуемого остатка в растворе сахаров поступает на разделение *3*. Отфильтрованный остаток направляют на утилизацию в качестве топлива. Фильтрат, представляющий собой готовую среду для выращивания дрожжей, охлаждают в *4* до температуры, оптимальной для их жизнедеятельности, и подают на выращивание *5*. Дрожжи сгущают в *6* с отбором и возвратом в производство оборотной жидкости и высушивают в *7*.

Все органические (древесное сырье) и минеральные вещества, вводимые в процесс, выводятся из него, согласно схеме, в основном с дрожжевым концентратом на сушку и с негидролизуемым остатком (некоторое количество выводится с ПГПВ на стадии *5* в виде углекислоты, образующейся в результате биохимического окисления сахаров дрожжами, и летучих органических веществ).

Таким образом, представленная на рисунке схема, не является замкнутой ни по жидкостному потоку, ни по вышеперечисленным органическим минеральным веществам, и в любой данный момент времени по компонентам соблюдается баланс. В этих условиях имеется возможность оценить уровень концентрации минеральных и органических веществ в оборотной жидкости (что весьма важно для специалистов с точки зрения ингибирования роста дрожжей) расчетным путем.

Расчеты, выполненные на основе материальных балансов при условии, что гидролиз сырья проводят 0,5 %-й серной кислотой, нейтрализацию — аммиаком, а в качестве биогенных добавок используют аммофос и хлорид калия, позволили установить предельную концентрацию солей в оборотной жидкости. Она составила 9,4 г/л (в том числе для сульфата аммония — 6,7 г/л). Опыты по выращиванию дрожжей в среде, приготовленной из «модельной» оборотной жидкости, показали, что угнетения роста дрожжей минеральными веществами не происходит.

Концентрация органических веществ в оборотной жидкости, рассчитанная исходя из условия, что все несахарные водорастворимые вещества, образующиеся при гидролизе, полностью остаются в растворенном состоянии в оборотной жидкости, составила 20 г/л. Это близко к уровню их концентрации в обычной ПДБ. Фактическая концентрация органических веществ в оборотной жидкости должна быть значительно (в 4—5 раз) меньше рассчитанной, поскольку часть их будет постоянно выводиться из оборотной жидкости на стадиях выращивания дрожжей

(за счет усвоения дрожжами*) и смешения оборотной жидкости с гидролизат-массой в процессе последующей нейтрализации и фильтрования (коагуляция и/или сорбция на негидролизуемом остатке). Поэтому такой уровень концентрации органических веществ в оборотной жидкости особых опасений вызывать не должен. Важно отметить, что у предлагаемой схемы имеется значительный резерв в части уменьшения содержания органических веществ в оборотной жидкости. Этот резерв обусловлен тем, что жидкостный гидромодуль процесса имеет численно малую величину. Следовательно, если отбирать из процесса даже небольшую часть потока и, подвергая ее локальной очистке, возвращать обратно, то эффект снижения концентрации оборотной жидкости может быть большим. Расчет показывает, что, если отбирать из системы 1 т/ч оборотной жидкости на каждую тонну перерабатываемого сырья в час, подвергать ее 100 %-й очистке и вновь возвращать в систему, то концентрация растворенных веществ в общем потоке оборотной жидкости снижается в 2,5 раза. Исходя из этого, можно полагать, что в данной технологии вполне оправданно применение таких методов для локальной очистки малых потоков оборотной жидкости, которые для современной гидролизной промышленности неприемлемы по затратам (сорбционная очистка, мембранная технология и др.).

В заключение еще раз обращаем внимание на то, что система оборотной жидкости в предлагаемой технологии является не замкнутой, а постоянно обновляемой. Если допустим, принять, что на каждую тонну перерабатываемого сырья в час в системе содержится 50 т оборотной жидкости, то полная смена ее будет происходить за $50 : 2{,}5 = 20$ ч.

На этом примере видно, что предлагаемая концепция организации гидролизных производств позволяет ликвидировать сброс ПДБ и шламов.

Поступила 30 января 1995 г.

УДК 547.992.3 : 532.133

Н. И. АФАНАСЬЕВ, Л. Н. ПАРФЕНОВА

Институт экологических проблем Севера УрО РАН

ВЯЗКОСТЬ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ

Выявлена возможность определения характеристической вязкости и параметров полиэлектролитного набухания лигносульфонатов натрия с использованием уравнения линейной регрессии, описывающего концентрационные зависимости относительной вязкости.

The possibility of determining the characteristic viscosity and parameters of polyectrolytic swelling of sodium lignosulphonates by using linear regression equations giving concentration functions of relative viscosity has been revealed.

Характеристическая вязкость, наряду с константами диффузии и седиментации, относится к гидродинамическим свойствам разбавленных растворов полимеров и является характеристикой, которую легко определить. Однако при интерпретации вискозиметрических данных могут возникнуть осложнения. Известно, что исследования вязкости позволили установить полиэлектролитную природу лигносульфонатов (ЛС) [6—8], предложить модель микрогеля как конформационной

* Гидролизат «мягкого» гемицеллюлозного гидролиза в отличие от обычных гидролизатов в качестве примесей содержит преобладающее количество не лигнинных и фурановых веществ, а уксусную и уроновые кислоты.

структуры молекул ЛС в растворе [2, 8]. В то же время, возможности вискозиметрического метода анализа ЛС не исчерпаны ни в экспериментальном, ни в аналитическом аспектах. В литературе традиционно рассматривают концентрационные зависимости приведенной вязкости, тогда как аналогичные зависимости относительной вязкости, по нашему мнению, могут быть использованы для получения данных о топологической структуре молекул ЛС в растворе.

Цель данной работы — оценить возможность определения характеристической вязкости водных растворов ЛС с использованием концентрационных зависимостей относительной вязкости.

Вискозиметрические измерения выделенных образцов ЛС Архангельского ЦБК и Слокского ЦБЗ проводили на вискозиметре Оствальда при температуре 298,15 К в воде и водно-солевых растворах (концентрация 1 моль NaCl/л). Относительную вязкость растворов ЛС различной концентрации рассчитывали по уравнению

$$\eta_{отн} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{\rho\tau\left(1 - B/A\tau^2\right)}{\rho_0\tau_0\left(1 - B/A\tau_0^2\right)}, \qquad (1)$$

где ρ и ρ_0 — плотность раствора и растворителя;

τ и τ_0 — продолжительность истечения раствора и растворителя;

A, B — константы вискозиметра.

Поскольку продолжительность истечения чистого растворителя превышает 100 с, то поправка на кинетическую энергию $B/A\tau^2$ по сравнению с единицей пренебрежимо мала [4]. Тогда

$$\eta_{отн} = \frac{\rho\tau}{\rho_0\tau_0}. \qquad (2)$$

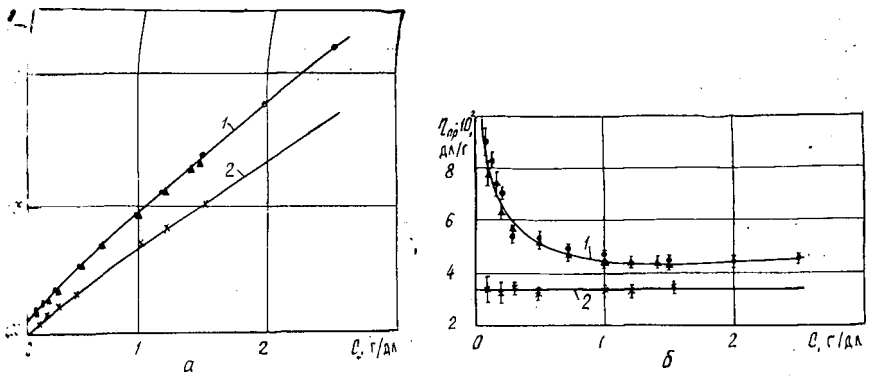
Приведенная вязкость

$$\eta_{пр} = \frac{\eta_{отн} - 1}{C}, \qquad (3)$$

где C — концентрация ЛС в растворе, г/дл.

Плотность растворов определяли пикнометрическим методом. Концентрационные зависимости относительной и приведенной вязкости растворов ЛС представлены на рисунке.

Авторы большинства опубликованных работ по вязкости разбавленных растворов ЛС приводят концентрационные зависимости приведенной вязкости, на которых обнаружен экстремальный рост функции



Концентрационные зависимости относительной (*а*) и приведенной (*б*) вязкости растворов ЛС в различных растворителях: *1* — вода (● — ЛС Архангельского ЦБК; ▲ — ЛС Слокского ЦБЗ); *2* — 1 М NaCl (ЛС Слокского ЦБЗ)

$\eta_{пр} = f(C)$ в области малых значений концентраций вследствие полиэлектролитного набухания молекул. Такой вид зависимости $\eta_{пр} = f(C)$ затрудняет определение характеристической вязкости $[\eta]$ растворов ЛС за счет экстраполяции на ось ординат. Для устранения данной неопределенности предложено измерения вязкости проводить в присутствии низкомолекулярных электролитов или регулировать ионную силу раствора изоионным разбавлением [1, 3, 5, 8]. Как известно, добавление низкомолекулярных электролитов приводит к изменению качества растворителя и, следовательно, характеристической вязкости. Замена анализируемой пары ЛС — вода на ЛС — раствор низкомолекулярного электролита возможна при сравнительной характеристике образцов. В том случае, когда необходимо оценить гидродинамические свойства ЛС в чистом растворителе — воде, что часто встречается в практической деятельности, добавка электролитов не оправдана.

Для оценки возможности определения характеристической вязкости ЛС в воде воспользуемся известным выражением [5]

$$\eta = \eta_0 (1 + C[\eta] + K_1 C^2 [\eta]^2 + K_2 C^3 [\eta]^3), \quad (4)$$

которое может быть переписано в следующем виде:

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \eta_{отн} = 1 + C[\eta] + K_1 C^2 [\eta]^2 + K_2 C^3 [\eta]^3, \quad (5)$$

где K_1, K_2 — эмпирические коэффициенты, которые учитывают межмолекулярное гидродинамическое взаимодействие между молекулами, изменение их формы и размеров с ростом концентрации, а также возможные изменения природы молекулярного движения цепных молекул, агрегатирование и др.

Согласно (5), характеристическая вязкость раствора полимера может быть определена из концентрационной зависимости относительной вязкости в случае ее линейности в области разбавленных растворов:

$$\eta_{отн} = 1 + C[\eta]. \quad (6)$$

Экспериментально найденные зависимости относительной вязкости ЛС ($C = 0{,}1 \ldots 3{,}0$ г/дл) в воде и водно-солевом растворе (рис. 1) аппроксимируются уравнением первой степени:

$$\eta_{отн} = a + C[\eta]. \quad (7)$$

Уравнения (6) и (7) отличаются величиной свободного члена. Значения константы a можно рассматривать как сумму $a = 1 + b$. Так как b характеризует приращение относительной вязкости в отсутствие межмолекулярных взаимодействий, логично предположить, что этот параметр служит мерой гидродинамического размера. В случае с ЛС он пропорционален степени полиэлектролитного набухания молекул. Для ЛС Архангельского ЦБК и Слокского ЦБЗ этот параметр равен соответственно $(5{,}36 \pm 0{,}13) \cdot 10^{-3}$ и $(4{,}88 \pm 0{,}12) \cdot 10^{-3}$. Согласно (7), характеристическая вязкость $[\eta]$ определяется как тангенс угла наклона прямой в координатах $\eta_{отн} = f(C)$. Рассчитанная по уравнению линейной регрессии характеристическая вязкость растворов ЛС Архангельского ЦБК и Слокского ЦБЗ в воде составила соответственно $(4{,}18 \pm 0{,}43) \cdot 10^{-2}$ и $(4{,}12 \pm 0{,}14) \cdot 10^{-2}$ дл/г.

Правильность данных, полученных предложенным способом расчета характеристической вязкости, может быть проверена при сопоставлении с данными традиционного метода, т. е. экстраполяцией зависимостей $\eta_{пр} = f(C)$ на нулевую концентрацию. Концентрационные зави-

симости приведенной вязкости водных растворов лигносульфонатов, как и следовало ожидать, отклоняются от прямой в области разбавленных растворов, что вызвано полиэлектролитическим расширением молекул (см. рисунок), и $\eta_{пр}$ при $C = 0$ не соответствует $[\eta]$. Добавка низкомолекулярной соли NaCl подавляет полиэлектролитный эффект, и зависимость $\eta_{пр} = f(C)$ для ЛС становится линейной. При экстраполяции приведенной вязкости ЛС в растворе NaCl на нулевую концентрацию $[\eta] = (3{,}30 \pm 0{,}04) \cdot 10^{-2}$ дл/г. Рассчитанное по уравнению (7) значение характеристической вязкости ЛС в растворе NaCl составляет $(3{,}36 \pm 0{,}06) \cdot 10^{-2}$ дл/г. Следовательно, с учетом погрешности полученные различными способами значения $[\eta]$ совпадают. В условиях подавленного полиэлектролитного набухания параметр b значимо не отличается от нуля, что подтверждает правильность трактовки его физического смысла.

Таким образом, с помощью концентрационных зависимостей относительной вязкости (при условии их линейности в области разбавленных растворов) можно определить характеристическую вязкость растворов ЛС, в том числе в воде, и параметр полиэлектролитного набухания молекул.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Горинг Д. А. И. Полимерные свойства лигнина и его производных // Лигнины (Структура, свойства и реакции) / Пер. с англ.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— С. 402—440. [2]. Иин У., Резанович А., Горинг Д. А. И. Молекулярный вес и конфигурация натриевых лигносульфонатов из еловой древесины // Химия и биохимия лигнина, целлюлозы и гемицеллюлоз / Пер. с англ., франц., нем.— М.: Лесн. пром-сть, 1969.— С. 158—169. [3]. Моравец Г. Макромолекулы в растворе / Пер. с англ.— М.: Мир, 1967.— 398 с. [4]. Рабек А. Экспериментальные методы в химии полимеров. Т. 1. / Пер. с англ.— М.: Мир, 1983.— 384 с. [5]. Цветков В. Н., Эскин В. Е., Френкель С. Я. Структура макромолекул в растворах.— М.: Наука, 1964.— 720 с. [6]. Bui V. T., Hacher J. M., Trembay J. Polyelectrolyte behaviour of lignosulphonates // Can. J. Chem. Eng.— 1986.— Vol. 64.— P. 517—520. [7] Gardon J. L., Mason S. G. Physicochemical studies of ligninsulphonates. II. Behaviour as polyelectrolytes // Can. J. Chem.— 1955.— P. 1491—1501. [8]. Rezanowich A., Goring D. A. I. Polielectrolite expansion of a lignin sulphonate microgel // J. Colloid. Sci.— 1960.— Vol. 15.— P. 452—471.

Поступила 14 марта 1995 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 62-529

Р. Е. КАЛИТЕЕВСКИЙ, А. С. ГУДКОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Приведена характеристика комплексных систем управления производством пиломатериалов в условиях рыночной экономики, направления подготовки пиловочного сырья к обработке и различия при алгоритмизации метода сортировки бревен в соответствии с поставами в программах имитации раскроя и его планирования. Предложена номенклатура комплексной системы компьютерных программ, позволяющих решать задачи оперативного управления и планирования производством пиломатериалов.

The characteristics of complex lumber-manufacturing control systems under conditions of market economy, the directions of sawlogs' preparation for processing and the variations at algorithmization of log grading method in accordance with multiple blade frame saws in cutting simulations programs and its planning have been presented. The nomenclature of complex system of software permitting to solve problems of on-line control and lumber production is offered.

Для успешного конкурирования на мировом рынке требуются не только гибкие, ориентированные на заказчика методы производства, но и информационные технологии. Под этим понимают современные комплексные системы управления производством, которые включают в себя все его стадии, начиная от получения заказа и кончая выставлением счетов и отгрузкой продукции.

Разработка автоматизированной системы управления производством пиломатериалов позволяет не только вписать функции оперативного управления в общую комплексную систему, но и обеспечить экономию сырья, труда и энергии при повышении конкурентоспособности пилопродукции, снижении сроков ее поставки, улучшении качества и уменьшении потерь.

Применение высоких технологий, базирующихся на современных системах управления с возможностью оптимизации процессов раскроя бревен на пиломатериалы, в корне меняет представление об отечественных крупных, средних и малых лесопильных предприятиях с двух- и одноэтажными лесопильными рамами. Использование сдвоенных и счетверенных ленточнопильных агрегатов (с фрезерными модулями) на первом проходе и многопильных круглопильных станков с пилами толщиной 1...2 мм на втором проходе позволяет вообще не производить сортировку бревен на малых предприятиях, базирующихся на головном оборудовании с гибкими поставами.

В условиях рыночных отношений оперативному управлению производством пиломатериалов отводится одно из основных мест как на перспективных предприятиях с новыми типами бревнопильного оборудова-

ния, так и на предприятиях, оснащенных лесопильными рамами. Необходимость выполнения конкретных заказов в ограниченные и строго определенные сроки при увеличении цены пиловочного сырья, которая на мировом рынке за последние 20 лет повысилась в 10 раз (у нас сегодня доходит до 50 тыс. руб. и более за 1 м³ пиловочника), приводит к возрастанию цены ошибок, снижает возможную величину объемного и ценностного выхода пиломатериалов.

В настоящее время на наших лесопильных заводах внедряют линии для сухопутной сортировки бревен с организацией складов рассортированного сырья. Большое значение это имеет для пакетного метода обработки пиломатериалов на базе специализированного оборудования.

При сортировке бревен в бассейне перед подачей их в цеха с лесопильными рамами и нескольких режимах работы лесопильных потоков в течение смены (4 и более) происходит выравнивание объемов подаваемых в распиловку бревен различных сортировочных групп. Из-за частых переналадок поставов снижается возможная производительность цеха.

Для линий агрегатной переработки бревен, фрезерно-брусующих линий и других типов фрезерно-пильного оборудования, а также для сухопутной сортировки бревен с организацией складов рассортированного сырья неравномерность накопления и подачи бревен определенных сортировочных групп к бревнопильным линиям лесопильного цеха значительно увеличивается. Меняется также «кривая сырья» во времени по сравнению со среднегодовой. Наиболее высокий выход пиломатериалов определенных сечений при минимальных перепилах и недопилах может быть обеспечен уже точностью измерения диаметров бревен, что сохраняет точность границ сортировочных групп бревен на уровне 1 ... 2 мм.

Подготовка пиловочного сырья к обработке может происходить по следующим направлениям:

1) сортировка бревен по четным диаметрам и группам четных диаметров без минимизации сортировочных групп перед бревнопильным оборудованием с «жесткими» (не регулируемыми перед каждым бревном) поставами;

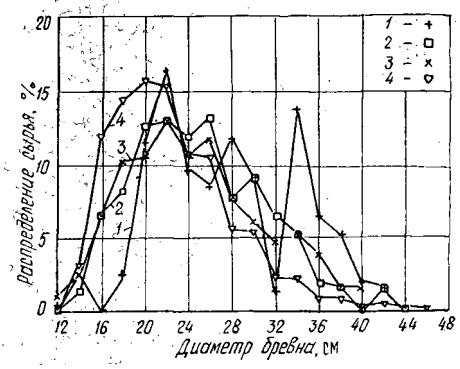
2) то же, но с минимизацией сортировочных групп по выпиливанию брусовых досок;

3) то же, но с возможностью осуществления гибких поставов и их применением только перед частью бревен, имеющих кривизну, большой сбег или другие особенности формы, которые не учитывают при их сортировке;

4) без сортировки бревен при их распиловке на головном оборудовании с гибкими поставами.

В этих условиях все большее значение приобретает точность определения объемов каждого распиливаемого бревна и его различных характеристик, вплоть до пересмотра всей системы учета круглых лесоматериалов.

На рисунке линиями *1*, *2* и *3* (кривые сырья) показано распределение сырья по диаметрам при его поступлении в лесопильный цех при 1-, 2- и 3-й итерациях. График построен при постоянном периоде работы лесопильных потоков в одну смену и коэффициенте превышения минимальных партий запуска бревен $k = 4$. В данном случае объем переработки сырья в каждой из итераций составляет 16,2 тыс. м³, что соответствует производительности ЛДК-3 АО «Северолесоэкспорт» в течение 20 смен (годовая производственная мощность предприятия 400 тыс. м³). Линия *4* — среднегодовая кривая сырья, поступающего на комбинат.



Изменение кривых сырья значительно влияет на результаты планирования раскроя бревен и емкость склада рассортированного сырья, не говоря уже о других параметрах системы. Наши исследования показывают, что только при оперативном управлении подготовкой и раскроем сырья может быть обеспечен высокий выход пиломатериалов с минимальными перепилами и недопилами.

Традиционно рекомендуемый метод сортировки пиловочных бревен по четным диаметрам и группам четных диаметров [6] или с дробностью в один четный сантиметр [2] уже давно подвергнут ревизии [4, 10]. Незначительное изменение диаметров бревен при их распиловке одним поставом приводит к значительному изменению объемного выхода пиломатериалов. Поэтому в программы имитации раскроя бревен и планирования необходимо закладывать метод сортировки пиловочных бревен в соответствии с поставами на их распиловку. При алгоритмизации этого метода имеются следующие варианты.

1. Перебор массива сырья во всех случаях планирования раскроя бревен на пиломатериалы определенных сечений и их объемов начинают с наибольшего диаметра. Шаг измерения диаметров выбирают в зависимости от поставленной задачи и принятого учета пиловочных бревен.

2. При переборе массива сырья объемный выход пиломатериалов и границы сортировочных групп бревен можно рассматривать или с точки зрения их оптимизации по брусовым (вырабатываемым из пласти бруса) доскам, или по совокупности сечений всех досок (толстых и тонких).

3. При существующих методах планирования раскроя пиловочного сырья после составления и расчета первого постава приступают к составлению и расчету второго и т. д. Однако в работе Т. И. Глотовой [1], выполненной под нашим руководством, составление поставов и анализ выполнения спецификации пиломатериалов предложено проводить по всем группам бревен одновременно. Сначала составляют пакеты брусовых досок, а из оставшихся сечений — наборы боковых досок первого и второго проходов.

Пакеты боковых досок формируют по методу полного перебора всех возможных вариантов с выбором варианта, обеспечивающего максимальный объемный выход пиломатериалов из периферийной зоны бревна.

Если при имитации распиловки всего объема партии бревен расчетного диаметра сечение не выполнено, то для бревен меньшего диаметра пакет брусовых досок формируют из того же сечения и т. д. Если заданный объем досок данного сечения выполнен при распиловке ограниченного объема партии бревен соответствующего диаметра, то

сечение исключают из спецификации, а для оставшихся бревен данного диаметра формируют пакет брусовых досок следующего сечения. Формирование последнего происходит по другому поставу, и этим можно определять границу данной сортировочной группы.

Если план раскроя выполнен при приемлемом уровне объемного выхода пиломатериалов, то объемный выход оптимизируют по специальному алгоритму за счет сокращения количества перерабатываемого сырья с постоянной проверкой выполнимости спецификации пиломатериалов.

4. При сортировке пиловочных бревен для поставов с оптимизацией границ сортировочных групп бревен по брусовым доскам [3, 7] увеличивается на 10...20 % количество вырабатываемых из бруса толстых пиломатериалов по сравнению с их сортировкой по четным диаметрам. Здесь учитывают, что расчетную ширину пласти бруса полностью используют на получение толстых досок. Поэтому предложено дополнительное увеличение расчетной ширины пласти бруса, учитывающее неточность центрирования по поставу бревен и брусьев, неправильность формы бревен. При этом дробность сортировки бревен по диаметрам уменьшается в 1,3—1,7 раза по сравнению с традиционными рекомендациями. Например, средневзвешенное соотношение тонких и толстых досок в общем объеме пилопродукции авто-, вагоно-, сельхозмашиностроения составляет соответственно 10,66 и 84,34 % [5].

5. При сортировке пиловочных бревен для поставов с оптимизацией границ сортировочных групп бревен по брусовым доскам можно использовать способ, когда поставы начинают составлять последовательно, например в соответствии с наибольшим четным диаметром бревен. При этом план раскроя формируют по ранее заказанным поставам, начиная с наибольших значений толщин и ширин брусовых досок или с учетом этих значений при оптимизации поставов по критерию максимального объемного выхода пиломатериалов с шагом размеров вершинных диаметров бревен ± 5 мм. Пакет брусовых досок составляют из пиломатериалов наибольших ширин и толщин.

При выполнении заданных объемов толстых (брусовых) и тонких досок заданных сечений в процессе распиловки определенного объема партии бревен соответствующих диаметров сечения исключают из спецификации, а из оставшихся бревен данного диаметра формируют пакеты брусовых и боковых досок оставшихся сечений. Любое изменение поставов фиксирует границы сортировочных групп.

6. Для планирования раскроя сырья на пиломатериалы используют метод линейного программирования [8].

При осуществлении расчетов на кустовом вычислительном центре шаг управления равен декаде, при оперативном планировании — не более смены. Объективные решения в этом методе могут быть получены только при использовании весьма большого числа поставов, что занимает много машинного времени. Кроме того, требуется дополнительная процедура преобразования модели с двухиндексными переменными к стандартному виду задачи линейного программирования с одноиндексными переменными. Закрытая структура пакета прикладных программ линейного программирования не позволяет вмешиваться в процессе оперативного управления, что в целом ряде случаев увеличивает время получения результатов.

Важным вопросом при организации сухопутной сортировки пиловочника является определение рациональной емкости склада рассортированного сырья. Первые работы в этой области были опубликованы в 70-е годы [11].

Для решения вопросов планирования раскроя сырья на пиломатериалы и управления их производством необходимо создание и исполь-

зование системы специализированных технологически ориентированных программ, которые являются основой программно-методического обеспечения автоматизированных рабочих мест (АРМ) технологов лесопильных предприятий, а также базой при создании системы автоматизированного проектирования (САПР) технологий лесопиления.

Следует учитывать, что раскройные программы, используемые при планировании, в том или ином виде могут быть также включены в контур управления линиями сортировки бревен (под поставы) и бревнопильным оборудованием с гибкими поставами.

Система компьютерного продукта для оперативного управления процессами подготовки и раскроя пиловочного сырья состоит из следующих программ:

1. Программа «LES-R» предназначена для расчета и проектирования оптимальных поставов и их систем. В качестве подпрограммы она содержит программы «BEAM-300» и «OPT-500», разработанные Л. И. Шматковым под руководством проф. Р. Е. Калитеевского.

2. Программа «PLAN-AR» предназначена для составления оперативного плана раскроя сырья на пиломатериалы при определенных спецификациях сырья и пиломатериалов в двух режимах: расчет плана раскроя с ранее заказанными поставами для каждой сортировочной группы бревен и оптимизацией поставов по критерию максимального объемного выхода пиломатериалов для каждой сортировочной группы бревен с определением их границ; минимизация числа групп (по выполнению брусовых досок).

3. Программа «SCLAD-10» является имитационной и предназначена для определения рациональной емкости склада рассортированного сырья с анализом взаимовлияния этой емкости и производительности лесопильного цеха, а также других производственных факторов в системе линия сортировки бревен — склад рассортированного сырья — лесопильный цех. К этим факторам относятся: величина периодов работы лесопильных потоков, число сортировочных групп бревен, соотношение производительности линии для сортировки бревен и лесопильного цеха, коэффициент превышения минимальных партий запуска бревен, коэффициент загрузки лесопильного цеха и др. В качестве подпрограммы включены программы для определения производственной мощности лесопильного цеха и рационального распределения пиловочных бревен различных диаметров по бревнопильным линиям, разработанные Р. Е. Калитеевским и А. С. Гудковым.

Предлагаемая система компьютерных программ позволяет решать задачи оперативного управления и планирования для выпиловки пиломатериалов заданных сечений и объемов в определенные сроки, т. е. с учетом временных факторов. При этом она обеспечивает получение наибольшего возможного выхода пиломатериалов при их минимальных перепилах и недопилах, а также рациональной емкости склада рассортированного сырья и максимального коэффициента загрузки лесопильного цеха.

Кроме этих программ, комплексная система управления производством пиломатериалов должна содержать следующие программы.

1. Оптимизация раскроя хлыстов по критерию максимального выхода пиломатериалов [9].

2. Оптимизация производственных процессов в лесопильных цехах большой, средней и малой производственной мощности.

3. Определение рациональных технологических параметров и режимов работы системы лесопильный цех — участок пакето- и штабелеформирования — сушка пиломатериалов — окончательная обработка, комплектование, хранение и отгрузка пиломатериалов.

Особо следует отметить, что проектирование высоких информационных технологий лесопиления, включающих в себя системы оптимизации раскроя пиловочного сырья и оперативного управления производством пиломатериалов, практически невозможно старыми методами, при которых оборудование располагалось по ходу производственного процесса без соответствующих расчетов и определения рациональных (оптимальных) его параметров, емкости складов рассортированного сырья и др..

Это необходимо и при реконструкции существующих лесопильных предприятий малой, средней и большой производственной мощности для увеличения уровня их конкурентоспособности. Использование САПР технологий лесопиления в несколько раз сокращает сроки проектирования и внедрения ресурсосберегающих и наиболее эффективных производств пиломатериалов при резком повышении качества проектных работ.

Именно поэтому необходима разработка технологически ориентированных программно-методических материалов, их использование в системах АРМ технологов лесопильных предприятий и САПР технологий лесопиления для проектных организаций России. Если эти работы будут осуществлять зарубежные фирмы, то Россия может потерять технологическую независимость при проектировании новых и реконструкции существующих лесопильных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Глотова Т. И. Совершенствование технологической подготовки процессов сортировки и раскроя сырья на пиломатериалы с применением ПЭВМ: Дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1990.— 175 с. [2]. Житников В. Е., Нушкарев С. Г. Влияние дробности сортировки сырья на объемный выход пиломатериалов // Науч. тр.— ЦНИИМОД, 1975.— Вып. 32.— С. 46—48. [3]. Калитеевский Р. Е., Гудков А. С. Оперативное управление и планирование процессов подготовки и раскроя сырья на пиломатериалы // Лесн. журн.— 1993.— № 2—3.— С. 39—42.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Калитеевский Р. Е. Технология лесопиления.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 264 с. [5]. Нушкарев С. Г., Мишина Т. И., Капанадзе М. А. Степень обеспечения потребителей специфицированными пиломатериалами по размерам и качественным признакам // Стандартизация и качество продукции.— Архангельск, 1982.— С. 45—48. [6]. Попов Н. А. Посортные и сортиментные выходы пиломатериалов из сосновых и еловых бревен.— М.: Гослесбумиздат, 1955.— 46 с. [7]. Рыкунин С. Н., Шалаев В. С. О дробности сортировки пиловочного сырья // Деревообраб. пром-сть.— 1983.— № 12.— С. 4—5. [8]. Соболев И. В. Управление производством пиломатериалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 185 с. [9]. Сухов И. Е. Раскрой хлыстов и сортировка пиловочника на лесопильных предприятиях с целью увеличения выхода пиломатериалов: Дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1986.— 175 с. [10]. Туомала И. Улучшение результатов распиловки путем оптимизирующей ориентации бруса. Лаборатория Ганса Альстрем // Новейшие решения в области технологии и оборудования для лесопильной промышленности: Материалы симпозиума.— М., 1980.— В4.— 64 с. [11]. Шпигельман Я. В. Исследование технологических параметров процессов сортировки сырья и окончательной обработки пиломатериалов на крупных лесопильных предприятиях: Дис. ... канд. техн. наук.— Л., 1980.— 256 с.

Поступила 30 января 1995 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.26

Гейзлер Павел Сергеевич родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой управления и организации производства Белорусского государственного технологического университета. Имеет более 160 печатных трудов в области экономики лесного комплекса.

Гейзлер Моника Павловна родилась в 1971 г., студентка инженерно-экономического факультета С.-Петербургской лесотехнической академии.

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Предложена система показателей на базе отношений объемов выпуска основных видов продукции переработки древесины к основным ресурсоопределяющим показателям стран (регионов).

A system of indices on the basis of ratio of the main timber conversion products output volume to the main resource-determining indices of different countries (regions) has been offered.

Сущность понятия «лесной комплес» вытекает из настоятельной необходимости обеспечить рациональное и комплексное использование древесного сырья, сбалансированное развитие всех лесных производств. Уровень рациональности и комплексности использования древесных ресурсов должен быть выражен количественно, что позволит сравнивать комплексы разных стран и регионов, анализировать развитие и делать выводы о необходимости совершенствования их структуры. Не случайно поэтому в лесоэкономической литературе встречаются попытки построения системы показателей, призванных оценить уровень использования древесных ресурсов и функционирования лесных комплексов.

Т. С. Лобовиков и А. П. Петров для этой цели предложили три показателя: съем расчетной прибыли с единицы объема переработанного

сырья, с 1 р. стоимости переработанного сырья и съем реализованной продукции с единицы стоимости потребленного сырья [2]. А. П. Петров, развивая этот подход, обосновал четыре показателя: съем товарной продукции и расчетной прибыли с 1 м³ перерабатываемого сырья и 1 р. его стоимости [3]. Для комплексных предприятий им предложена система натуральных и стоимостных показателей, в которой съем продукции в натуральном и стоимостном выражении, а также расчетной прибыли относится к объему потребленного сырья, его стоимости.

Поскольку все эти показатели мало пригодны для объективной оценки уровня развития, глубины и комплексности переработки древесного сырья, одним из авторов настоящей статьи был предложен показатель конечной продукции комплекса (КПК) [1, 4]. В КПК включаются: круглая древесина, использованная в данном регионе (стране) без переработки и отправленная в другие районы в круглом виде; продукция первичной переработки, потребленная в стране и поставленная на экспорт; продукция всех дальнейших стадий переработки, поступившая для конечного потребления (а не для дальнейшей переработки) как внутри страны, так и за ее пределы. Показатель КПК способен в первую очередь оценить глубину переработки древесного сырья в рассматриваемом лесном комплексе. Комплексность использования сырья можно оценивать с помощью модификации КПК, когда этот показатель исчисляется только по заготовке и первичной переработке древесины. В обоих случаях КПК относится к общей площади лесов страны, лесопокрытой, объему заготовки по главному пользованию, суммарной стоимости заготовленной древесины.

Такая система показателей способна была дать более объективную характеристику работы и состояния лесного комплекса. Сегодня, однако, в связи с развитием инфляционных процессов стоимостные показатели имеет смысл определять только на базе сопоставимых стабильных цен, что затруднит восприятие как показателя КПК, так и отношений его к разносторонним характеристикам ресурсов. Все это заставляет обратиться к более простым, но надежным показателям выпуска продукции в натуральном выражении, позволяющим в какой-то степени охарактеризовать достоинства и недостатки структуры лесного комплекса.

Широкое распространение в мировой практике получили относительные показатели выпуска важнейших видов продукции лесного комплекса на 1000 м³ вывезенной древесины. Однако этот показатель может применяться только для анализа развития лесных комплексов стран и регионов с разносторонне развитой лесной промышленностью, где заготавливаются большие объемы древесного сырья. При формировании этого показателя не учитывается заготовка древесины по промежуточному пользованию, ввоз и вывоз древесины. Поэтому объем вывозки — еще далеко не все ресурсы, которыми располагают страны и регионы.

В таких странах, как Беларусь, Литва, Латвия, Эстония и многие восточноевропейские, значительная часть древесного сырья заготавливается в порядке рубок промежуточного пользования. Это значительно расширяет объем ресурсов, пригодных для использования. За счет этих дополнительных ресурсов могут быть получены определенные объемы различной продукции переработки древесины. При этом сравнение со странами и регионами, где не проводятся в достаточно больших масштабах рубки промежуточного пользования, может дать неверные результаты. Так, выпуск пиломатериалов на 1000 м³ вывозки в Республике Беларусь составляет 415, а в целом по бывшему СССР лишь 247 м³/м³ (здесь и далее все численные значения даются для условий 1990 г., т. е. до начала спада производства). В то же время при учете

всех ресурсов, как будет показано ниже, производство тех же пиломатериалов отстает от показателей по России, а по всему бывшему СССР практически соответствует данным для Беларуси. По выпуску же на 1000 жителей Беларусь отстает от бывшего СССР и России.

Необходимо учитывать также ввоз и вывоз древесного сырья по странам, регионам. Многие из них большую часть продукции лесного комплекса производят из ввозимой древесины, поэтому если ориентироваться на показатель выпуска продукции на 1000 м³ вывозки, то впереди всех стран с развитой лесной промышленностью окажутся Туркмения (при вывозке 4 тыс. м³ древесины произведено 56 тыс. м³ пиломатериалов, т. е. 14 тыс. м³ на 1000 м³), Армения (соответственно 9; 78 и 8,7), Азербайджан (11; 126 и 11,5) и Узбекистан (11; 556 и 37,1). Таджикистан не вывез ни одного кубометра древесины, но произвел 96 тыс. м³ пиломатериалов.

Следовательно, нужно учитывать, что общие ресурсы древесного сырья в лесном комплексе страны, региона складываются из объемов вывозки (заготовка по главному пользованию), ликвида рубок промежуточного пользования и сальдо ввоза и вывоза.

Для оценки развития лесного комплекса и использования лесосырьевых ресурсов объемы выпуска основных продуктов переработки древесины должны быть отнесены к показателям, дающим характеристику потенциальных возможностей страны, региона. Это лесопокрытая площадь, общий запас древесины в лесах, в спелых и перестойных древостоях. Кроме того, должен быть использован (как сказано выше) показатель объема ресурсов древесины, потребленных на территории страны или региона. Имея в виду специальную направленность производства, очень важно определить выпуск важнейших видов продукции лесного комплекса на 1000 жителей стран и регионов. Значит, система показателей для оценки функционирования лесных комплексов может быть построена отнесением объемов выпуска основных видов продукции лесного комплекса к лесопокрытой площади страны или региона, общему запасу древесины в лесах, запасу в спелых и перестойных насаждениях; объем ресурсов древесины, использованный на территории страны или региона — к числу жителей.

Поэтому объем использованных ресурсов отличается от объема вывозки (табл. 1).

Показатели покрытой лесом площади позволяют оценить ресурсный потенциал лесного комплекса страны, региона. Отношение объемов выпуска различной конечной продукции лесного комплекса к покрытой лесом площади дает самую общую оценку деятельности (функционирования) всех звеньев лесного комплекса, включая заготовку и, что особенно важно, воспроизводство лесных ресурсов. Показатели общего за-

Таблица 1

Страна	Объем вывозки древесины, тыс. м³	Использованные ресурсы древесного сырья, тыс. м³
Россия	303 815	262 828
Украина	10 447	19 655
Беларусь	6 958	11 605
Узбекистан	15	1 786
Казахстан	2 337	5 173
Грузия	342	1 078
Азербайджан	11	499

паса древесины характеризуют уже созданные лесные массивы и в то же время указывают на возможности регулирования процесса лесовыращивания до возраста спелости; запаса спелых и перестойных древостоев — ресурсный потенциал лесов, уже готовых к эксплуатации; объема использованных ресурсов — эффективность применения уже заготовленной древесины.

В табл. 2 приведены эти показатели для основных видов продукции и ряда стран СНГ.

Таблица 2

Страна	Произведено пиломатериалов, тыс. м³ (числитель) и бумаги, тыс. т (знаменатель)				
	на 1 млн га покрытой лесом площади	на 1 млн м³ общего запаса древесины	на 1 млн м³ запаса спелых и перестойных древостоев	на 1 млн м³ использованных ресурсов	на 1000 жителей
Россия	97,5 / 6,8	0,92 / 0,06	1,58 / 0,11	0,29 / 0,02	0,51 / 0,04
Украина	865,2 / 42,9	5,64 / 0,28	60,50 / 3,0	0,35 / 0,02	0,14 / 0,01
Беларусь	443,6 / 28,3	3,37 / 0,21	67,5 / 4,3	0,27 / 0,02	0,30 / 0,02
Узбекистан	292,6 / 13,7	50,55 / 2,36	414,92 / 19,40	0,31 / 0,01	0,03 / 0,001
Казахстан	183,8 / 0,2	4,82 / 0,004	13,78 / 0,012	0,34 / 0,0003	0,106 / 0,0001
Грузия	200,4 / 10,0	1,29 / 0,064	3,18 / 0,159	0,502 / 0,025	0,099 / 0,005
Азербайджан	127,3	0,99	6,45	0,032	0,018

Примечание. Азербайджан в 1990 г. бумагу не производил.

Сопоставление эффективности функционирования лесных комплексов стран и регионов по системе показателей позволяет комплексно и всесторонне оценить развитие комплексов, выявить недостатки их производственной структуры, наметить в общем плане пути совершенствования и направления улучшения функционирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гейзлер П. С. Показатели эффективности функционирования территориальных лесопромышленных комплексов // Лесн. журн.— 1984.— № 4.— С. 117—120.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Лобовиков Т. С., Петров А. П. Экономика комплексного использования древесного сырья.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 168 с. [3]. Петров А. П. Организация комплексного использования древесного сырья.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 184 с. [4]. Gejzler P. S. Wskazniki efectywnosci funkcjonowania terytorialnych kompleksow lesno-przemyslowych // Przemysl drzowny.— 1985.— N 9.— C. 19—20.

Поступила 13 мая 1994 г.

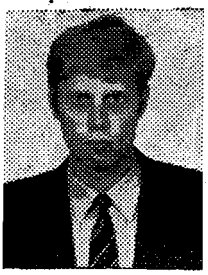
ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

УДК 630*652

Н. И. КОЖУХОВ, А. М. КАЛЕНДАРЕВ

Кожухов Николай Иванович родился в 1938 г., окончил в 1961 г. Куйбышевский сельскохозяйственный институт. Профессор, доктор экономических наук, заведующий кафедрой экономики и организации внешних связей предприятий лесного комплекса Московского государственного университета леса, заслуженный экономист РФ, академик РАЕН, директор НИИ экономики леса и международного лесного рынка. Имеет 135 печатных работ в области экономики и управления отраслями лесного комплекса.



Календарев Александр Михайлович родился в 1962 г., окончил в 1984 г. Военно-космическую академию им. А. Ф. Можайского, аспирант кафедры экономики и организации внешних связей предприятий лесного комплекса Московского государственного университета леса. Имеет 1 печатную работу в области оценки лесных земель.

ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ КАК РЫНОЧНОЙ НЕДВИЖИМОСТИ

Рассмотрены теоретические аспекты и принципы риэлторской оценки лесных земель.

The theoretical aspects and realtor appraisal of forest lands have been considered.

Рыночные отношения, формирующиеся в России, охватывают и лесное хозяйство. В этих условиях важно иметь цены на землю, которая выступает как объект рыночной недвижимости. Методика оценки таких земель требует научного обоснования, должна учитывать опыт профессионалов-риэлторов и базироваться на поддержанных практикой принципах. В качестве фактически применяемых выдвигают принципы [4]: основанные на представлениях пользователя; связанные с освоением земли; с рыночной средой; наилучшего и наиболее эффективного использования.

К оцениваемому объекту может быть применено сразу несколько принципов, по отдельности проработанных в методическом плане. Ниже рассмотрена методика риэлторской оценки лесных земель как рыночной недвижимости. Ординальная экспертная оценка лесных земель [1] со-

храняет свои преимущества, однако риэлторская схема позволяет повысить корректность структуры оценочной модели. Поэтому правомерно ставить вопрос о комбинированном методе, сохраняя преимущества всех методических подходов. Рассмотрим методическую структуру каждого указанного принципа оценки лесных земель.

Принципы, основанные на представлениях пользователя, включают полезность, замещение и ожидание [3].

Полезность — это способность данной недвижимости удовлетворять потребность пользователя в данном месте в течение данного периода. Понятие полезности имеет как объективный, так и субъективный характер. Недвижимость обладает стоимостью в том случае, если она полезна потенциальному собственнику. Лесные земли несут в себе ряд функций как лесных, так и нелесных полезностей. В общем виде эти функции можно сгруппировать следующим образом: производственные (эксплуатационные); побочного пользования; водоохранные и водорегулирующие; почво- и полезащитные; санитарно-оздоровительные и рекреационные; эстетические и др.

Принцип замещения [3] состоит в том, что максимальная стоимость недвижимости определяется наименьшей, по которой может быть приобретен другой объект с эквивалентной полезностью. В настоящее время еще не развит рынок лесных земель, нет нормативной юридической базы для передачи их в частное владение, продажи, закладывания и т. п., но данный принцип применим к аренде земель лесопользования. Покупатель не заплатит за участок недвижимости больше наименьшей цены за аналогичный участок с такой же полезностью.

Этот принцип лежит в основе каждого из трех традиционных подходов к стоимости, используемых в процессе оценки. Это методы дохода, затратный, аналогии.

Ожидание — это определение текущего дохода или других выгод, которые могут быть получены в будущем от владения недвижимостью. Полезность лесного участка связана с прогнозируемыми доходами. Особенность лесного хозяйства в том, что основные доходы от владения лесным участком пользователь получает в конце оборота рубки, исключая орехопромысловые и аналогичные им зоны. Поэтому для правильной оценки будущих доходоов необходимо сделать их поправку на стоимость во времени.

Принципы, связанные с оценкой и освоением земли: рента, вклад, отдача, экономический размер [3].

В основе стоимости земли лежит рента, которая определяется как чистый доход, отнесенный к земле, после оплаты стоимости труда, капитала и предпринимательской деятельности.

Рента [2] является результатом извлечения максимальных доходов от земли, минимизации затрат или удовлетворения каких-то особых потребностей. Максимизация дохода сводится к тому, что пользователь больше заплатит за те земли, которые имеют большую продуктивность. Минимизация затрат заключается в том, что пользователь больше заплатит за земли одинаковой продуктивности, но с меньшими издержками землепользования. Удовлетворение особых потребностей выражается в том, что стоимость участков с эстетически красивыми ланшафтами и т. п. может быть выше, если возможно организовать там зоны курортного лечения, отдыха и др.

Вклад — это добавление к стоимости или сумма, обеспечиваемая привнесением нового фактора. Некоторые элементы недвижимости увеличивают стоимость на сумму большую, чем затраты. Так, участок лесосеки с готовыми просеками оценивается дороже, чем сумма стоимости подобного участка и затрат на их производство.

Принцип возрастающей и убывающей отдачи [3] предполагает, что по мере добавления ресурсов к основным факторам лесопользования чистая отдача имеет тенденцию увеличиваться растущими темпами до точки, начиная с которой рост замедляется. Это замедление происходит до тех пор, пока прирост стоимости не становится меньше затрат на добавление ресурса.

Экономический размер лесопользования определяется конкурентными условиями рынка и требованиями пользователей. Участок земли, который слишком мал или велик для возможного пользования, может быть недостаточно оценен рынком.

Принципы, связанные с рыночной средой [3], включают в себя зависимость, соответствие, предложение и спрос, конкуренцию и изменения.

Зависимость. Местоположение является одним из наиболее важных факторов, влияющих на стоимость недвижимости. Оно зависит от близости к экономической среде и физического соотношения состояния земли и принятого в округе землепользования. Если происходят изменения в характере землепользования или экономической среде, то изменяется и стоимость недвижимости. Так, при постройке новой товарной станции цены на прилегающие участки недвижимости возрастут. Эти изменения могут оказать позитивное и негативное влияние на стоимость. Степень влияния связана с масштабами нового землепользования. Связь между оцениваемым объектом и новым его использованием измеряется затратами, в том числе и получение доступа к различным вспомогательным службам. Связь можно измерить затратами времени или денежных средств. Стоимость участка недвижимости, используемого конкретным образом, подвержена влиянию стоимости других используемых земель в прилегающей местности и сама влияет на них.

Соответствие — это уровень удобств и услуг, предлагаемых застройщиками на участках недвижимости, отвечающих потребностям и ожиданиям рынка.

Предложение и спрос. Недвижимость обладает стоимостью, если она полезна для какого-либо пользователя. Однако полезность не является единственным фактором. На рынке недвижимости играют роль спрос и предложение. Предложение — эко количество объектов недвижимости, доступных на рынке по данной цене. Спрос — желание потенциальных покупателей, имеющих средства, приобрести эти объекты. Предложение и спрос во взаимодействии определяют цену. Но поскольку рынки недвижимости несовершенны, сделки происходят не всегда по этим ценам. На последние могут влиять государственные механизмы контроля, а также спрос на рынках лесных товаров и услуг.

Конкуренция. Этот принцип работает на развитых рынках и заключается в проникновении конкурентов на те рынки, откуда извлекаются избыточные или монопольные прибыли. В настоящее время государство является монопольным владельцем лесных земель и может извлечь излишние прибыли при продаже земель. Но с развитием этого рынка обострится и конкуренция, что, в свою очередь, приведет к снижению цен на землю.

Изменение. Стоимость объектов недвижимости имеет тенденцию изменяться с течением времени. Чтобы правильно оценить стоимость будущего дохода от объекта недвижимости, необходимо тщательно выверить базовые предложения относительно будущих доходов и затрат.

Принцип наилучшего и наиболее эффективного использования [3] — это синтез принципов всех трех рассмотренных категорий. Это то выбранное среди разумных вариантов использование земель, которое возможно, достаточно обосновано, финансово осуществимо и приводит к наивысшей стоимости земли.

Итак, экономическая оценка лесных земель представляет собой специфический расчетный процесс, осложненный динамичной конъюнктурой рынка и установившейся практикой экономической оценки независимости, являющейся обобщающим понятием относительно оцениваемых лесных земель. Поэтому методика экономической оценки лесных земель должна быть комбинированной и сочетать риэлторскую структуризацию объекта с процедурой ординальной экспертной оценки частных показателей [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Календарев А. М. Комплексная экономическая оценка лесных земель // Формирование рыночных стратегий предприятия и предпринимателей лесного комплекса.— М.: МГУлеса, 1994.— Вып. 270.— С. 60—67. [2]. Туркевич И. В. Кадастровая оценка лесов.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 178 с. [3]. Фридман И., Ордвэй Н. Оценка дохода от рыночной недвижимости.— М.: Москов. международ. банк экономического развития, 1994.— 250 с. [4]. Янушко А. Д., Санкович М. М., Желиба Б. Н. Хозрасчет и эколого-экономическая оценка земельных и лесных ресурсов в лесхозах Беларуси.— Минск: Ураджай, 1993.— 150 с.

Поступила 14 июля 1994 г.

УДК 630*79

В. С. СОМИНСКИЙ, Е. В. ВИРЯЧЕВА

С.-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РАЗВИТИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрена актуальная проблема бизнеса в форме малых предприятий. На основании статистического анализа даны рекомендации по перспективам развития этих форм в целлюлозно-бумажной промышленности России.

The actual problem of business in a form of small enterprises has been considered. Based on the statistic analysis recommendations on prospects of those forms development in pulp-and-paper industry of Russia are given.

В качестве критерия отнесения предприятий к малым, средним или крупным в современной отечественной и зарубежной статистике используют численность работников. В России к малым относят промышленные предприятия* с числом работников до 200 чел. За рубежом выделяют предприятия с числом работников до 50, 51 ... 100, 101 ... 200 чел. Численность работников не дает, разумеется, полного представления об экономическом потенциале предприятия. Следовало бы учитывать производственную мощность, стоимость имущества, стоимость продаж. Заметим также, что и численность работников во многом зависит от состояния и особенностей инфраструктуры основного производства внутри предприятия и вне его (ремонт, транспортировка, энергообеспечение, контроль производственно-хозяйственной деятельности и пр.).

1. В странах с развитой ЦБП малые предприятия занимают важное место. Наиболее типичными объектами их деятельности являются переработка макулатуры с изготовлением санитарно-гигиенической бумаги и изделий из нее, картона, упаковочной и оберточной бумаги, бумажной и картонной тары, картона из полуфабрикатов, поставляемых

* В дальнейшем нами рассматриваются только предприятия промышленности.

со стороны. Наконец, многие малые предприятия изготовляют широкий ассортимент изделий из бумаги, картона и их комбинаций с синтетическими материалами для нужд торговли, школ, контор, домашнего хозяйства.

На основе разрозненных данных нами выявлены и обобщены представления о роли и месте малых предприятий европейских стран с высокоразвитой ЦБП: Германии, Великобритании, Швеции, Финляндии.

Германии, как известно, занимает первое место в Европе и пятое в мире по объему производства бумаги и картона, четвертое по их потреблению. Свыше 50 % потребности в волокнистых полуфабрикатах удовлетворяется за счет макулатуры. Собственное производство целлюлозы и древесной массы в Германии обеспечивает лишь 17 % потребности, остальная часть — импорт полуфабрикатов из стран Скандинавии и Канады.

В Великобритании потребление бумаги и картона почти вдвое больше объема производства. По потреблению бумаги и картона эта стра-

Таблица 1

Группа предприятий по численности работников	Число предприятий*		Объем производства бумаги и картона**		Средняя мощность предприятия***, тыс. т	Число работников****		Производительность труда, т/чел.
	шт.	% к числу всех предприятий отрасли	тыс. т	% к объему по отрасли		чел.	% к численности по отрасли	
Германия								
1...50	34	22,2	927	8,95	27,2	932	1,85	1000
51...100	22	14,4	429	4,10	19,5	1738	3,46	247
101...200	22	14,4	957	9,20	43,5	3546	7,04	269
Всего	78	51,0	2313	22,25	26,6	6216	12,35	372
Великобритания								
1...50	9	11,7	131	3,05	14,5	290	1,44	452
51...100	12	15,5	148	3,44	12,3	891	4,42	166
101...200	15	19,5	515	11,98	34,3	2430	41,83	212
Всего	36	46,8	794	18,47	22,0	3611	47,69	220
Швеция								
1...50	1	1,0	10	0,16	10,0	30	0,1	333
51...100	—	—	—	—	—	—	—	—
101...200	9	9,0	153	2,30	17,0	1497	5,2	102
Всего	10	10,0	163	2,46	16,3	1527	5,3	107
Финляндия								
1...50	2	4,9	29	0,46	14,5	92	0,42	315
51...100	—	—	—	—	—	—	—	—
101...200	5	12,2	308	4,93	61,6	820	3,73	376
Всего	7	17,1	337	5,39	48,1	912	4,15	369

* Для Германии, Великобритании, Швеции и Финляндии сведения соответственно по 153, 77, 53 и 41 предприятиям, составляющим 60, 81, 53 и 41 % всего числа предприятий ЦБП этих стран.

** Сведения по 106, 70, 36 и 30 предприятиям, изготовляющим в общей сложности 83,5, 84,0, 79,0 и 68,0 % всего объема производства бумаги и картона в этих же странах.

*** Средняя мощность одного предприятия ЦБП соответственно 54, 64, 183 и 241 тыс. т в год.

**** Сведения имеются по числу работников, составляющих 89, 72, 78 и 56 % всех занятых в ЦБП рассматриваемых стран.

на занимает второе место в Европе и пятое в мире. Изготовление бумаги и картона обеспечено отечественным производством волокнистых полуфабрикатов лишь на 10 %, доля макулатуры еще выше, чем в Германии (74 %), остальная часть — импорт.

Швеция и Финляндия являются странами-экспортерами, первая — целлюлозы и бумаги, вторая — в основном бумаги и картона. Потребление бумаги и картона в этих странах в 7—9 раз меньше объема их производства, использование макулатуры незначительно.

В табл. 1 представлены сведения о малых предприятиях ЦБП, которые ранее не публиковались. Они позволяют сопоставить роль и место малых предприятий по изготовлению бумаги и картона в ЦБП рассматриваемых стран.

Таблица 2

Страна	Доля малых предприятий в ЦБП страны, %			Производительность труда, % к средней по ЦБП страны
	по числу предприятий	по объему производства бумаги и картона	по числу работников	
Германия	51	22,0	12,3	162
Великобритания	47	18,5	4,8	45
Швеция	10	2,5	5,3	47
Финляндия	17	5,4	4,1	159

В Германии и Великобритании малые предприятия, в известной мере, определяют лицо целлюлозно-бумажной промышленности страны (табл. 2). На них изготовляется около 1/5 всего объема производства бумаги и картона, здесь заняты: в Германии — 1/8 всех работников, в Великобритании — почти половина. Технический уровень малых предприятий в Великобритании значительно ниже, чем в Германии, что и объясняет существенно меньшую производительность труда в ЦБП Великобритании.

В Швеции и Финляндии роль и место малых предприятий весьма незначительны. Обе эти страны — экспортеры и концентрация производства в них значительно больше. Так, в Швеции средняя мощность предприятий по выработке бумаги и картона почти в 2,8 и в 3,4 раза выше, чем в Великобритании и Германии; в Финляндии соответственно в 3,8 и 4,4 раза. Использование макулатуры в Швеции и Финляндии весьма незначительно.

Особый интерес привлекает эффективное функционирование малых предприятий с числом работников до 50 (в Германии 4-5), а также до 100 человек.

2. Для ЦБП России характерна крайне отсталая производственная инфраструктура. От 2/3 до 4/5 работников заняты в обеспечивающих и обслуживающих подразделениях, в связи с чем увеличивается общая численность. Малых предприятий с численностью до 50 и даже до 100 человек вообще нет. В то же время немало средних по масштабам России предприятий, которые за рубежом принято считать крупными. Есть и гиганты с числом работников свыше 8 тыс. человек, каких нет нигде в мире. Поэтому в ЦБП России уместно относить к малым предприятиям с числом работников до 500 человек. Соответствующие данные приведены в табл. 3. Как видим, малые предприятия пока не играют сколько-нибудь заметной роли в российской ЦБП, отличаются небольшой мощностью и низкой производительностью труда.

Таблица 3

Группа предприятий по численности работников	Число предприятий*		Объем производства бумаги и картона**		Средняя мощность***, тыс. т	Число работников****		Производительность труда, т/чел.
	шт.	% к числу всех предприятий отрасли	тыс. т	% к объему по отрасли		чел.	% к численности по отрасли	
101...200	6	7,2	31,1	0,3	5,18	989	0,5	31,5
201...500	12	12,0	108,8	0,9	9,06	3885	1,9	28,0
Всего	18	19,2	139,9	1,2	7,77	4874	2,4	28,7

* Сведения по 83 предприятиям, что составляет 86 % всего числа предприятий ЦБП России, входящих до 1990 г. в Минлесбумпром СССР.

** Сведения по 80 предприятиям, на которые приходилось 92 % всего объема производства бумаги и картона России.

*** Средняя мощность одного предприятия 98 тыс. т в год.

**** Доля указана по отношению ко всему числу работников ЦБП России в 1990 г. Производительность труда в производстве бумаги и картона в 1991 г. составила в среднем 40,6 т/чел.

Для характеристики малых предприятий может быть принят, кроме численности работников, еще и критерий производственной мощности в натуральном выражении по конечной продукции (бумага + картон). При этом к малым могут быть отнесены предприятия, мощность которых не превышает 35 тыс. т в год. Эта величина близка к средней мощности малых предприятий в Германии, Великобритании, Швеции.

Из всех 125 предприятий ЦБП России 82 предприятия имеют среднюю мощность не более 32 тыс. т. в год. В общем количестве предприятий это 65 %, в совокупной мощности — около 10 %, по числу работников — примерно 8 %.

Деформированная гигантоманией концентрация производства привела к тому, что свыше 50 % совокупной мощности приходится на 12 предприятий, составляющих менее 10 % всего числа предприятий, где занято свыше 60 % всех работников отрасли.

Сравнение важнейших экономических показателей, приведенные в табл. 4 и охватывающее только предприятия бывшего Минлесбумпрома*, оказывается далеко не во всем в пользу крупных предприятий.

Малые предприятия имеют значительно большую фондоотдачу и более высокую производительность труда, хотя их фондовооруженность в 3 раза ниже ввиду использования физически и морально устаревшего оборудования. Выполненный нами корреляционный анализ показал высокую тесноту связи стоимости основных производственных фондов (ОПФ) с численностью работников и объемом продукции.

Прибыль и рентабельность предприятий различной мощности мало сопоставимы из-за резких колебаний цен и тарифов. Отдельные выборочные сравнения показывают, что важнейшие результирующие показатели выше у малых предприятий.

По нашему мнению, ЦБП нуждается в сотнях, а быть может и тысячах малых предприятий. При этом необходимо обосновать целесообразность изменения или сохранения профиля действующих предприятий малой мощности. Очевидно, что без коренной реконструкции они окажутся банкротами.

---

* Предприятия других отраслей — это в основном заводы искусственной кожи, рубероида и строительного картона.

Таблица 4

Средняя мощность предприятия, тыс. т	Число предприятий	Стоимость ОПФ*		Число работников**		Объем производства бумаги и картона		Производительность труда, т/чел.	Фондовооруженность, тыс. р./чел.	Фондоотдача, т/тыс. р.	Среднее число наименований продукции
		млн р.	%	чел.	%	тыс. т	%				
<10	17	69	0,6	4 874	2,4	123	1,47	25,0	14,9	1,80	2,70
10...32	17	252	2,0	11 667	5,7	538	6,42	46,0	21,4	2,13	5,05
>170	46	11 969	97,4	189 904	91,9	7723	92,11	40,7	61,1	0,64	9,96
Всего	80	12 290	100,0	206 445	100,0	8384	100,00	40,6	59,5	0,68	7,37

* В ценах 1989 г.
** В ценах 1990 г.

Таблица 5

№ п/п	Исходное сырье	Продукция	Мощность предприятия	Численность работников, чел.	Производительность труда, т/чел.	Срок окупаемости, лет
1	Макулатура	Туалетная бумага, тыс. рулонов	82 000	167	90	2,4
2	Щепа	Газетная бумага, тыс. т	20	128	156	5,5
3	Солома	Упаковочная бумага, тыс. т	5	195	26	6,0
4	Макулатура	Газетная бумага, тыс. т	20	143	140	5,0
5	»	Оберточная бумага, тыс. т	20	143	140	4,5
6	Термомеханическая масса, целлюлоза	Писчая бумага, тыс. т	8,9	357	39	1,5
		Тетради, тыс. шт.	120 000	—	—	—
		Конверты, тыс. шт.	84 000	—	—	—
7	Щепа, целлюлоза	Типографская бумага, тыс. т	24	200	125	4,5
		Полиграфическая продукция, тыс. усл. оттисков	148 000	—	—	—

По нашим ориентировочным расчетам, малые предприятия с численностью до 500 человек и мощностью до 35 тыс. т должны выпускать не менее 20 ... 25 % всей производимой в отрасли продукции, предназначенной в первую очередь для рыночного потребления. Конечно, исправить сложившийся гигантизм пока крайне сложно. Но без развития малых предприятий ЦБП России никогда не выйдет на достойное место в мире.

Согласно зарубежному опыту и нашим расчетам, наиболее эффективны малые предприятия мощностью до 20 тыс. т в год, где выпуск конечной продукции для рыночного потребления основан на комбини-

рования производства или переработке полуфабрикатов на бумагу и изделия из нее. В течение последних 5 лет нами выполнены 12 эскизных проектов таких предприятий, в табл. 5 представлены данные для семи из них.

Приведенные данные нуждаются в кратких пояснениях. Низкая производительность труда при изготовлении упаковочной бумаги из соломы и относительно большой срок окупаемости свидетельствуют, что при сложившихся затратах на заготовку и переработку соломы пока невыгодно сооружать такое предприятие. Иначе обстоит дело с предприятием по выпуску конвертов. Здесь возможно резкое повышение производительности труда при автоматизации производства, в котором занято 2/3 персонала. По другим объектам производительность труда в 1,5—2,5 раза выше, чем на действующих российских предприятиях, и близка к показателям западноевропейских предприятий. Сроки окупаемости могут быть сокращены в 2,0—2,5 раза при использовании серийно изготовленного оборудования.

Приведенные данные свидетельствуют о высокой потенциальной эффективности комплексных малых предприятий. Главные их достоинства: краткие сроки сооружения, относительно небольшие инвестиции, возможность применения легкодоступного сырья, благоприятные условия реализации продукции в районе ее изготовления.

Поступила 8 августа 1994 г.

УДК 674 : 658.155

М. Т. БЕЦЬ

Львовская мебельная фабрика «Карпаты»

АНАЛИЗ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ВИДАМ ЗАТРАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

Разработано математическое формулирование рентабельности по отдельным элементам балансовой прибыли и производственных фондов в зависимости от их численного значения. Дан анализ результатов расчета.

Mathematical formulation of profitability by the segregated elements of balance profit and production funds depending on their numerical values has been developed. The analysis of computation results has been given.

Главным финансовым показателем деятельности промышленного предприятия, особенно в условиях рынка, является балансовая прибыль. Она служит источником накоплений и обновления средств производства, выплаты дивидентов акционерам, материальной заинтересованности работающих, формирования государственных и местных бюджетов и т. д.

Однако сама по себе абсолютная прибыль не в полной мере характеризует производственную деятельность анализируемого предприятия. Здесь важнее относительные показатели рентабельности. В условиях рыночной экономики это рентабельность капитала и оборота [1]. При этом используются показатели рентабельности капитала, номинального частного капитала, суммарной величины капитала, имущества и др. [3].

Практически в переходный к рыночной системе период определяют два показателя: общую рентабельность как отношение балансовой прибыли к основным фондам и оборотным средствам и отношение прибыли от реализации продукции к ее себестоимости.

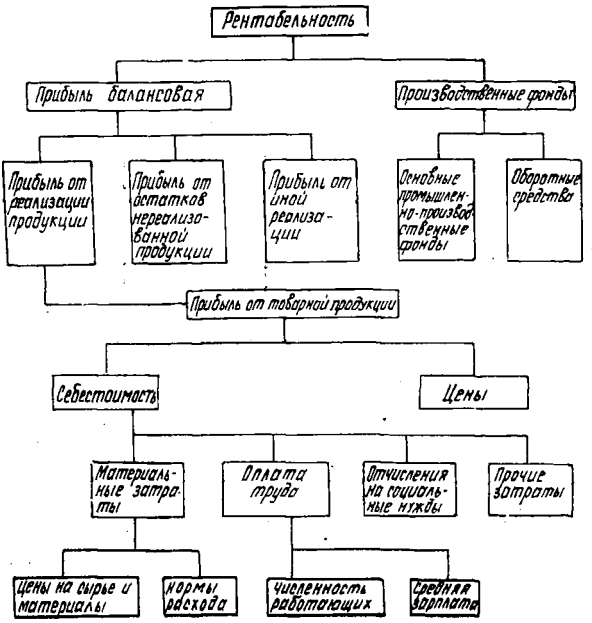


Схема разложения балансовой прибыли и производственных фондов на основные элементы затрат

Для анализа общей рентабельности показатели балансовой прибыли и производственных фондов были разложены на отдельные наиболее важные элементы (см. схему) [2].

Балансовая прибыль разделена на три составляющие. Первая — прибыль от реализации продукции как конечный результат основной деятельности предприятия. Во второй части отображены изменения нереализованной продукции, реализация разных материальных ресурсов, не являющихся продукцией данного предприятия, а также нереализованные доходы и убытки.

Важно выделить отдельные наиболее важные виды затрат на производство: материальные, заработная плата, отчисления на социальные нужды. Они составляют основу себестоимости продукции. Кроме того, к важным элементам отнесены численность работающих, отображающая изменение продуктивности труда и среднюю заработную плату одного работающего, а также цены на продукцию, что особенно важно в условиях инфляции.

По каждому из приведенных на рисунке элементов была математически сформулирована функциональная зависимость рентабельности от численного значения каждого показателя, что и позволило составить программу для анализа рентабельности на ЭВМ. Исходными числовыми значениями послужили реальные показатели деятельности одного из деревообрабатывающих предприятий Львовской области за 1992 и 1993 гг. (табл. 1).

Результаты расчетов приведены в табл. 2. Как видно, общая рентабельность по предприятию за 1993 г. повысилась всего на 2,68 % против 1992 г. В то же время влияние отдельных факторов оказалось чрезвычайно большим. Увеличение цен на продукцию в среднем почти в 73 раза дало прирост рентабельности в 148 раз, а себестоимость продукции снизила ее в 120 раз, в основном за счет удорожания сырья и материалов, а также повышения средней заработной платы. Значитель-

Таблица 1

Показатели	Значение показателей по годам		Форма отчетности
	1992	1993	
1. Объем продукции в оптовых ценах, тыс. р.:			
сравниваемых	27 205	8 544	№ I — П
действующих	190 187	4 412 977	№ I — П
2. Прибыль по балансу, тыс. р.	25 345	1 068 423	№ 22
3. Среднегодовая стоимость, тыс. р.:			
основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств	99 510	3 763 162	№ 22
основных производственных фондов	83 748	2 137 082	№ 22
основных промышленно-производственных фондов	77 712	1 959 439	№ 22
4. Среднегодовая численность работающих, чел.	520	460	№ 22; № I — П
5. Средства на оплату труда, тыс. р.	34 273	522 100	№ I — П
6. Себестоимость товарной продукции, тыс. р.:	170 608	3 575 135	№ 5 — С
в том числе:			
материальные затраты	107 669	2 442 163	№ 5 — С
средства на оплату труда	34 273	522 100	№ 5 — С
отчисления на социальные нужды	16 543	34 309	№ 5 — С
7. Выручка от реализации продукции (без налога на добавленную стоимость и акциза), тыс. р.	173 312	3 869 845	№ 2 по ОКУД
8. Затраты на производство реализованной продукции, тыс. р.	151 521	3 124 120	№ 2 по ОКУД
9. Результаты от реализации продукции (прибыль, убытки), тыс. р.	21 791	745 725	№ 2 по ОКУД
10. Остатки готовой продукции, тыс. р.:			
на начало года	—	2 281	Бухгалтерский баланс
на конец года	700 504	—	»

Таблица 2

Показатели	Значения показателей по годам			Показатель влияния на рентабельность, %
	1992	1993	Отклонение	
1. Общая рентабельность, %	27,11	29,80	2,68	—
2. Прибыль, тыс. р.:				
балансовая	25 345	1 068 423	1 043 078	3 612,37
от реализации продукции	21 791	745 725	723 934	2 516,93
иная (убытки)	3 554	322 698	319 144	1 095,44
от товарной продукции	19 579	837 842	818 263	2 833,09
3. Остатки нереализованной продукции, тыс. р.	2 281	700 504	698 223	—316,15
4. Цены на товарную продукцию, %	100	7 388	7 288	14 828,94
5. Себестоимость товарной продукции, тыс. р.:	170 608	3 575 135	3 404 527	—11 995,85
материальные затраты	107 669	2 442 163	2 334 494	—8 203,82
средства на оплату труда	34 273	522 100	487 827	—1 741,82
отчисления на социальные нужды	16 543	34 309	17 766	—99,17
прочие затраты	12 123	576 563	564 440	—1 951,04
6. Численность работающих, чел.	520	460	—60	12 864
7. Среднегодовая зарплата, тыс. р.	66	1 135	1 069	—1 870,46
8. Основные промышленно-производственные фонды и оборотные средства, тыс. р.:	99 510	3 763 162	3 663 652	—3 609,69
основные фонды	77 712	1 959 439	1 881 727	—1 964,16
оборотные средства	21 798	1 803 723	1 781 925	—1 823,92

ное (в 36 раз) отрицательное влияние на рентабельность оказали основные фонды и оборотные средства, причем не изменения абсолютной величины основных фондов, а их фондоотдача, и не сами оборотные средства, а их оборачиваемость.

В нормальных условиях деятельности предприятия (отсутствие гиперинфляции, цивилизованное обеспечение сырьем и т. д.) колебания рентабельности за счет различных факторов, как правило, не превышают нескольких процентов. Тем не менее анализ с использованием составленной программы даже в кризисных условиях хозяйствования даст достаточно полную и конкретную информацию, позволяющую ориентироваться на разработку мероприятий по улучшению его деятельности по отдельным элементам затрат. И если при таких чрезвычайно больших колебаниях цен и затрат программа выдает сравнительно точные результаты влияния различных факторов, то при стабилизации работы предприятий такая программа анализа их рентабельности по отдельным элементам затрат, безусловно, является надежной для ее использования в практической деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Долан Э. Дж., Линдсей Д. Рынок: Микроэкономическая модель / Пер. с англ.— С.-Петербург, 1992.— 393 с. [2]. Оксанич Э. Я., Щетинин А. Б. Совершенствование планирования на деревообрабатывающих предприятиях.— Киев: Техніка, 1977.— 152 с. [3]. Хойер В. Как делать бизнес в Европе.— Москва: Прогресс, 1992.— 141 с.

Поступила 3 июня 1994 г.

УДК 630*375(23).003.13

В. А. ГОРДИЕНКО

Гордиенко Василий Афанасьевич родился в 1930 г., окончил в 1951 г. Львовский лесотехнический институт, кандидат технических наук, заслуженный лесовод Российской Федерации, ведущий научный сотрудник НИИгорлесэкол (г. Сочи). Имеет 65 печатных трудов в области экономической оценки экологических последствий рубок леса в горных условиях, их эколого-экономической оптимизации.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОЗАГОТОВОК В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрены вопросы моделирования эффективности лесозаготовок в горных условиях в зависимости от крутизны склонов, способов рубок и технологии лесосечных работ.

Problems of modelling the effectiveness of logging under mountain conditions depending on slopes, cutting methods and felling operations technology have been considered.

Горные леса выполняют важные средозащитные и социальные функции, в связи с чем установлены значительные ограничения на их эксплуатацию. Накопленный опыт и результаты научных исследований показывают, что эти ограничения во многих случаях не соблюдаются,

однако лесопользователи не несут никакой ответственности. В связи с этим повышение экономической эффективности лесозаготовок, как правило, вызывает рост экологического ущерба.

Наглядным примером может служить экологическая обстановка, сложившаяся в горных лесах Северного Кавказа, где самая дешевая и средоразрушающая технология лесозаготовок на базе гусеничных тракторов стала доминирующей. В 1992 г. 97 % всей заготовленной в регионе древесины трелевалось тракторами, а канатные установки, которыми в середине 70-х гг. трелевалось около 500 тыс. м³ древесины, не применялись, хотя экологический ущерб от них в 2—3 раза меньше.

В целях эколого-экономической оптимизации рубок леса в горах НИИгорлесэкол провел исследования по экономической оценке их последствий в зависимости от крутизны склонов, способов рубок и технологий лесозаготовок [1].

Разработаны модели влияния рубок на лесную среду и экономической оценки лесозаготовок с учетом экологического ущерба [4]. Уравнения этих моделей имеют вид:

а) в расчете на 1 м³ заготовленной древесины

$$E = r - d - k;$$

б) в расчете на объем древесины, заготовленной на лесосеке,

$$E = (p - d - k)\,M,$$

где E — доход от рубок леса с учетом эколого-экономического ущерба, наносимого среде, р/м³;

r — реализационная цена 1 м³ заготовленной древесины;

Крутизна склона, град	Значение параметров уравнения модели, р./м³					
	для бука			для дуба		
	p	d	k	p	d	k
Трелевка тракторами j_1						
0...10	2,36	1,56	0,53	2,17	1,38	0,35
11...20	2,36	1,72	0,88	2,17	1,45	0,64
21...30	2,36	1,95	1,46	2,17	1,78	0,97
31...35	2,36	Рубки запрещены				
Трелевка комбинированная j_2						
0...10	Нет данных					
11...20	2,36	2,06	0,64	2,17	1,88	0,41
21...30	2,36	2,17	0,97	2,17	1,97	0,61
31...35	2,36	Рубки запрещены				
Трелевка канатными установками						
1. Подвесной способ j_3						
0...10	Нет данных					
11...20	2,36	2,22	0,17	2,17	0,98	0,14
21...30	2,36	2,36	0,36	2,17	2,08	0,20
31...35	2,36	Рубки запрещены				
2. Полуподвесной способ j_4						
0...10	Нет данных					
11...20	2,36	1,86	0,32	2,17	1,75	0,26
21...30	2,36	1,98	0,53	2,17	2,08	0,35
31...35	2,36	Рубки запрещены				
Транспортировка вертолетами j_5						
0...10	Нет данных					
11...20	2,36	12,56	0,07	2,17	9,00	0,07
21...30	2,36	12,63	0,12	2,17	9,16	0,11
31...35	2,36	12,68	0,18	2,17	9,36	0,14

$d = d\,(i, j, \alpha)$ — себестоимость лесосечных работ с учетом попенной платы франко-верхний склад, р./м³ (i, j, α — номера способа рубок, технологии лесосечных работ и крутизны склона);

$k = k\,(i, j, \alpha)$ — суммарный эколого-экономический ущерб от лесозаготовок, р./м³;

$p = p\,(i, j, \alpha)$ — реализационная цена 1 м³ древесины франко-верхний склад;

M — объем заготовленной на лесосеке древесины, м³.

Предлагаемая модель позволяет «проигрывать» на ЭВМ различные сценарии экономической оценки рубок леса для конкретных участков в зависимости от принятых способов рубок, технологии лесозаготовок, крутизны склонов и выбирать оптимальные по эколого-экономическим критериям. Для этого на компьютере для каждого из четырех склонов «разыгрываются» возможные сценарии рубок леса, характеризующиеся способом рубки (i) и способом трелевки (j).

В качестве примера в таблице приведены параметры модели для сплошных узколесосечных рубок (i_1) в буковых и дубовых насаждениях. Они рассчитаны по данным количественной оценки и методике ВНИИЛМ [3]. Во избежание влияния временных инфляционных процессов на достоверность оценочных данных все расчеты произведены в ценах 1990 г., а затем пересчитаны в долях попенной платы на 1 м³ заготовленной древесины.

На рис. 1 приведены графики экономических показателей рубок леса d, k и p при сплошных рубках (i_1) для четырех вариантов технологий лесосечных работ (j_{1-4}). Сценарии пронумерованы следующим образом: 1 — i_1j_1; 2 — i_1j_2; 3 — i_1j_3; 4 — i_1j_4.

Анализ экономических показателей в динамике позволяет сделать следующие выводы.

Себестоимость лесосечных работ с применением тракторов без учета экологического ущерба для любых склонов самая низкая по сравнению с другими технологиями, что стало основной причиной отказа лесозаготовителей от применения средосберегающих технологий и в первую очередь канатных установок. Экологический ущерб от лесозаготовок при использовании тракторов в 2—3 раза выше.

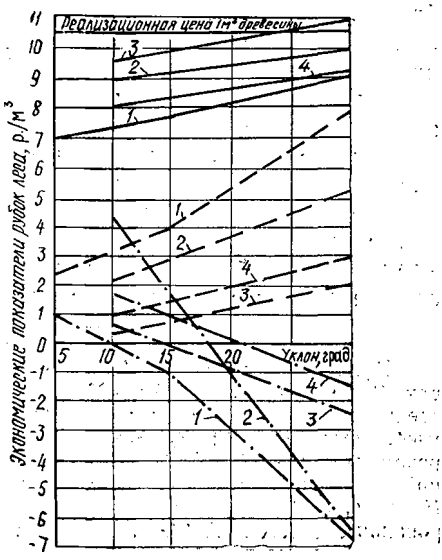


Рис. 1. Себестоимость лесосечных работ (сплошные линии), экологический ущерб от лесозаготовок (штриховые) и доход от лесозаготовок с учетом платежей за ущерб (штрихпунктирные): *1* — трелевка гусеничными тракторами; *2* — комбинированная; *3*, *4* — канатными установками, подвесной и полуподвесной способы соответственно

В целях объективной эколого-экономической оценки способов рубок леса, применяемых в горных условиях Северного Кавказа, были проанализированы экономические показатели рубок в расчете на 1 га площади лесосеки и 1 м³ заготовленной древесины. Данные такой оценки лесозаготовок с применением тракторов на склонах крутизной 11 ... 20° приведены на рис. 2.

Как видно из рисунка, эколого-экономический ущерб от лесозаготовок в расчете на 1 га площади лесосеки при добровольно-выборочных рубках в 2,5 раза ниже, чем при сплошных. В расчете на 1 м³ заготовленной древесины он, наоборот, в 2 раза выше, что в основном зависит от процента выборки древесины, так как на крутых склонах сеть магистральных и пасечных волоков практически идентична для всех спосо-

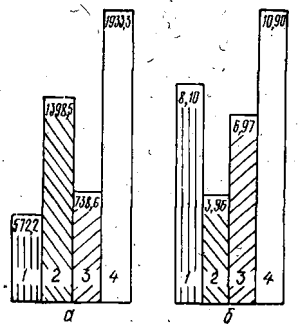


Рис. 2. Эколого-экономический ущерб от лесозаготовок, р., в расчете на 1 га площади лесосеки (*а*) и 1 м³ заготовленной древесины (*б*): *1* — добровольно-выборочные; *2* — сплошные; *3* — группово-выборочные; *4* — постепенные рубки

бов рубок, а нагрузка на волоки играет значительно меньшую роль на эрозионные процессы, чем их нарезка.

Экологический ущерб от лесозаготовок при постепенных рубках (рис. 2) в расчете как на 1 га лесосеки, так и на 1 м³ древесины самый большой по сравнению с другими способами рубок, что говорит о нецелесообразности их применения в горных условиях Северного Кавказа. Следовательно, концепция приоритетности любых несплошных рубок в горных условиях требует уточнения, так как она не учитывает эколого-экономических последствий этих рубок.

Суммарный доход от лесозаготовок с учетом экологического ущерба при тракторной трелевке положительный на склонах до 10°, при комбинированной — до 17 ... 18°, канатными установками подвесным и полуподвесным способами до 15 и 20° соответственно. Это позволяет сделать вывод об экономической целесообразности рассмотренных способов трелевки на склонах отмеченной крутизны.

Для экономического стимулирования средосберегающих технологий необходимо разработать и внедрить нормативы компенсационных платежей за экологический ущерб от лесозаготовок в зависимости от крутизны склонов и применяемых технологий. Для Краснодарского края, по заказу краевого комитета охраны природы и природных ресурсов, такие нормативы были разработаны НИИгорлесэкол в 1992 г. [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гордиенко В. А. Эколого-экономическая оптимизация рубок леса в горах // Лесн. хоз-во.— 1992.— № 1.— С. 14—16. [2]. Гордиенко В. А. Нарушение среды при рубках леса в горах // Лесн. журн.— 1993.— № 1.— С. 8—12.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Количественная оценка влияния рубок леса на среду: Методич. рекомендации / ВНИИЛМ.— М., 1983.— 33 с. [4]. Моделирование влияния хозяйственной деятельности на состояние горных лесов Северного Кавказа / А. Б. Горстко, М. В. Медалье, Г. А. Угольницкий и др. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 10.— Л.: Гидрометеоиздат, 1987.— С. 199—213.

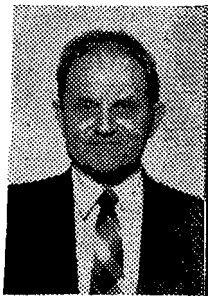
Поступила 27 сентября 1993 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

УДК 630*79

Е. С. РОМАНОВ



Романов Евгений Самуилович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и финансов Архангельского государственного технического университета, академик АЕН РФ. Имеет более 130 печатных научных работ по проблемам экономической эффективности, инвестиций, производственных мощностей в лесозаготовительной промышленности.

ХОЛДИНГОВЫЕ КОМПАНИИ В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

Рассмотрено начало становления холдингов в лесном комплексе. Они созданы «сверху» как средство государственного влияния в отрасли и выступают как среднее звено в управленческой вертикали: Рослеспром — лесопромышленные холдинговые компании — предприятия, акционерные общества.

The origination of holdings in forest products complex has been considered. They have been established «from above» as a source of government influence in the industry, and act as a medium link in the governmental vertical line: Roslesprom — timber industrial holding companies — enterprises, joint-stock companies.

Начало холдингам как форме государственного влияния на лесопромышленный комплекс было положено Указом Президента № 1392 от 16.11.92 г. «О мерах по реализации промышленной политики при приватизации государственных предприятий». Указ определяет действия «в целях упорядочения процессов структурной перестройки в промышленности, обеспечения государственных интересов в период широкомасштабной приватизации, создания интегрированных производственно-технологических комплексов при приватизации крупных государственных предприятий и преобразований добровольных объединений предприятий, составляющих основу промышленного потенциала РФ». Пунктом 4 этого указа предусмотрен выпуск «Золотой акции», предоставляющей ее владельцу право «вето» при принятии собранием акционеров решений о внесении изменений в устав, реорганизации или ликвидации АО, его участии в других предприятиях и их объединениях, передаче в залог или аренду, продаже имущества. «Золотая акция» находится в государственной собственности. Пунктом 7 утверждено «Временное положение о холдинговых компаниях, создаваемых при преобразовании государственных предприятий в акционерные общества».

О передаче акций, остающихся при акционировании лесных предприятий в руках государства (до 60 %), холдинговым компаниям речь

заходила задолго до этого указа. Так, еще в статье «От наркоматов к холдинговым компаниям» в «Лесной газете» от 3 марта 1992 г. высказывалась идея создания холдингов в целлюлозно-бумажной промышленности. В указе же лесные отрасли не вошли в перечень видов деятельности, для которых допускалось закрепление в федеральной собственности контрольных пакетов акций приватизируемых предприятий (на срок до трех лет).

В октябре 1992 г. архангельский концерн Северолес (по существу бывшее ТПО Архангельсклеспром) пытался из 60 % акций, оставшихся по I варианту приватизации за государством, получить 20 % себе, в доверительное управление (траст), обещая вложить их в техническое перевооружение того же предприятия. Остальные акции предлагалось распределить так: 20 % — предприятию, бесплатно, на содержание социальной сферы, 10 % — продать работникам предприятия и столько же (10 %) передать областному фонду имущества. Имелись и другие сообщения об идее создания трастовых компаний.

Но это решение слишком очевидно было направлено на поддержку аппарата ставших ненужными объединений. В самом деле, неужели предприятие не может само использовать 20 % своих акций на техническое перевооружение, не передавая их в траст? Конечно, концентрация капитала, например в Северолесе, имела бы плюсы и для предприятий, но главным здесь было — получить средства для выживания самого Северолеса. Из затеи с трастами ничего не получилось, хотя в печати сообщалось о почти готовом президентском указе о трастах. По-видимому, верх взяли те, кто выступал за холдинги.

Согласно целевой установке упомянутого указа надо: обеспечить государственные интересы (тогда как траст «кормил» бы среднее звено управления); преобразовать добровольные объединения предприятий (такие как Северолес) в холдинги опять-таки ради государственных интересов, а не корпоративных.

Для осуществления этой политики в отрасли потребовался орган, который представлял бы отрасль перед правительством, проводил в жизнь его постановления, противостоял там, где требуется, «добровольным объединениям». Поэтому следующим для лесного комплекса этапом стало образование Рослеспрома 2 декабря 1992 г.

Его усилиями Госкомимущество РФ издал в апреле 1993 г. распоряжение «Об особенностях разгосударствления в лесопромышленном комплексе». Но оно не помогло подчинению среднего звена управления (территориальных производственных объединений и т. п.) центру. Поэтому Рослеспром добился принятия постановления Правительства РФ «Об учреждении лесопромышленных холдинговых компаний» (декабрь 1993 г.).

Холдингами в рыночной экономике называют акционерные компании, использующие свой капитал для приобретения акций других компаний. В данном случае речь идет о государственных холдингах, которые не покупают акции предприятий, а получают их от государства, причем в виде контрольных пакетов, или наделяются другими средствами «решающего голоса». Во «Временном положении...» читаем: «Холдинговой компанией признается предприятие, независимо от его организационно-правовой формы, в состав активов которого входят контрольные пакеты акций других предприятий, которые считаются дочерними. Холдинговая компания, в свою очередь, может быть дочерним предприятием другой компании».

Пожалуй, самый важный тезис звучит так: «Под «контрольным пакетом акций» принимается *любая форма* участия (холдинга) в капитале предприятия, которая обеспечивает *безусловное* право принятия или отклонения (холдингом — *Е. Р.*) определенных решений

на общем собрании акционеров, пайщиков предприятий и в органах его управления, в том числе наличие «Золотой акции», права «вето», права непосредственного назначения директоров и т. п.». Последняя фраза («в том числе...»), оказавшаяся во «Временном положении...» сноской, показывает, что государственному холдингу вовсе не обязательно иметь контрольный пакет акций в количестве 51 %. «Требования настоящего Положения обязательны для всех холдинговых компаний, доля капитала которых, находящаяся в госсобственности, в момент создания компании превышала 25 %».

«Временное положение...» — большой и серьезный документ. Некоторые его формулировки не совсем ясны. Например, в п. 4.3 сказано: «Дочерние предприятия (предприятия, преобразуемые в дочерние) не могут входить в число участников холдинговой компании». Здесь, очевидно, имеет место специфическое толкование термина «участник». Руководителям и специалистам (юрисконсульты и др.) предприятий, попадающих в холдинг, необходимо основательно изучить Указ, «Временное положение...» и ряд других документов, чтобы лучше понять свою роль в холдинге.

В соответствии с постановлением правительства в отрасли намечено учредить 71 лесопромышленный холдинг, включив в них 890 предприятий. На начало ноября 1994 г. уже было образовано 46 холдингов, объединивших более 600 предприятий.

Лесопромышленные холдинговые компании (ЛПХК) создаются по принципу вертикального комбинирования, т. е. включают предприятия, выполняющие последовательные стадии производства от заготовки древесного сырья (леспромхозы) до глубокой переработки древесины (ЦБК, ЛДК, гидролизные заводы, мебельные фабрики и др.). При этом холдингообразующими, т. е. «головными», станут крупные перерабатывающие производства, хотя все предприятия холдинга юридически равноправны. В ЛПХК войдут и нелесные предприятия, НИИ.

Состав лесопромышленных холдинговых компаний определен постановлениями глав администраций субъектов Федерации по предложению Рослеспрома и отличается большим разнообразием как по количеству предприятий, так и по их составу. Например, в Архангельской области образованы девять ЛПХК. В самой малой компании «Двина» пять предприятий: три лесопильно-деревообрабатывающих и два леспромхоза. В самой крупной ЛПХК Северолес 36 предприятий: одна акционерная компания (Северолес), 14 леспромхозов и еще пять лесозаготовительных акционерных обществ, три лесозавода, три мебельные фабрики, сплавконтора, лесобаза, химлесхоз, целлюлозный и ремонтно-механический заводы, лесохимическое предприятие, проектно-конструкторское бюро, три строительных подразделения. В холдинговых компаниях Няндомалес, Коношалес, Вельсклес явно преобладают леспромхозы. ЛПХК Научдревпром включает два НИИ: НПО Научдревпром — ЦНИИМОД и АО СевНИИП, два леспромхоза, один ЛДК, две мебельные фабрики, два машиностроительных завода (Краснофлотский и Реммелиомаш), СП «Дендро». В комплектовании ЛПХК, в данном случае, больше просматривается территориальный признак, нежели отраслевая пропорциональность.

В Карелии в одну холдинговую компанию объединены сразу 28 лесопромышленных предприятий, 18 являются самостоятельными акционерными обществами. Ряд крупных предприятий заключили с Рослеспромом соглашение о взаимодействии и сотрудничестве напрямую. В то же время ряд небольших предприятий не войдет в систему Рослеспрома, так как они не включены ни в одну из создаваемых компаний.

Структуру, складывающуюся в Архангельской области, Рослеспром считает более удачной. При поддержке правительства области

там уже ведется работа по созданию совместно с Рослеспромом финансово-промышленной группы (ФПГ).

ФПГ формируются, конечно, не только в лесопромышленном комплексе. В их состав входят инвестиционные, страховые, депозитные и лизинговые компании, ипотечные банки, фондовые биржи, тендерные центры и др.

Создание ФПГ поможет холдингам собрать действительно контрольные пакеты акций своих предприятий и в то же время провести денежные аукционы и инвестиционные конкурсы по продаже акций самих холдингов, привлечь крупных инвесторов, в том числе и иностранных. Ведь одна из главных целей и задач Рослеспрома и холдингов — осуществить техническое перевооружение всех отраслей российского лесопромышленного комплекса. Разрабатывается порядок передачи холдингам в доверительное управление (траст) акций предприятий, близких к банкротству.

В целом вырисовывается и осуществляется следующая вертикальная система управления лесопромышленным производством в России:

на федеральном уровне — Рослеспром, представляющий интересы лесного комплекса в государственных органах и интересы государства в деятельности лесопромышленных предприятий;

система взаимодействия Рослеспрома с правительствами и администрациями республик, областей, краев РФ, основанная на заключении специальных соглашений, где устанавливаются взаимные обязанности и ответственность за функционирование лесного комплекса на той или иной территории;

финансово-промышленные группы, холдинговые лесопромышленные компании и территориальные представительства Рослеспрома в регионе.

Но, как отметил в конце октября 1994 г. на большом совещании руководителей президент Рослеспрома, работа по восстановлению управляемости отраслью, созданию холдинговых компаний или других объединений ведется недопустимо медленно. Причин тому, как и следовало ожидать, много. Одна из них состоит в том, что до появления холдингов в регионах уже сложились вполне легитимные и дееспособные местные структуры управления. Красноречивый пример — Ленинградская область. Здесь еще с 1931 г. существует Ленлес, который в административной экономике был и трестом, и комбинатом, и территориально-производственным объединением. В январе 1991 г. он оперативно преобразовался в ассоциацию арендных предприятий, а еще через полтора года, после акционирования предприятий (их 35), ими было создано акционерное общество закрытого типа — АОЗТ Ленлес.

В декабре 1993 г. по инициативе Рослеспрома и в соответствии с упомянутым постановлением правительства РФ Ленинградский областной комитет по управлению имуществом учредил акционерное общество открытого типа АООТ «Лесопромышленная холдинговая компания Ленпромлес».

Возникает вопрос, почему холдингом не стал Ленлес? Конечно, в нынешних условиях государство не имело права в административном порядке сделать это, тем более, что в АОЗТ нет акций, находящихся в госсобственности. Совет директоров АОЗТ Ленлес принял решение, что холдинг может быть создан при АОЗТ из тех предприятий, которые изъявят желание вступить в него. Но Рослеспром и областной комитет поступили по-иному, да и большинство предприятий Ленлеса не пожелали войти в государственный холдинг, полагая, что свои проблемы они лучше решат в рамках АОЗТ. Получилось так, что шесть предприятий, входящих в АОЗТ, включены и в холдинг пакетами акций, принадлежащими государству.

Холдинг Леспромлес получился довольно слабым (объем лесозаготовок равен половине того, что в АОЗТ дает один леспромхоз); он не помогает предприятиям инвестициями, но уже перехватывает средства, выделяемые целевым назначением леспромхозам, пуская их в оборот, пытается выселить Ленлес из его здания и т. п., чем никак не может привлечь предприятия на свою сторону. Сам президент Рослеспрома признал, что только угроза банкротства заставляет леспромхозы войти в Ленпромлес.

Ситуация могла бы разрешиться в добросовестной конкуренции двух структур, но руководству Ленинградской области более по душе государственный холдинг: в его лице область может скорее рассчитывать на поступления в бюджет от лесного комплекса, в том числе и валютные. Под холдинг уже разработана и программа до 2005 г. Очевидна «смычка» административных структур — областной и государственной. Скорее всего, это не на пользу реформам, становлению рыночных отношений. Но не безупречны и большинство АОЗТ: слишком уж откровенно они пользуются имуществом, которое, по справедливости, нельзя назвать их собственностью.

Попытки предприятий выйти из холдингов есть по всей России. Какого-либо улучшения в работе лесного комплекса холдинги не принесли. Оказавшись посредниками между Рослеспромом и предприятиями в распределении льготных кредитов холдинги даже ухудшили ситуацию.

Поступила 24 мая 1995 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

УДК 674 (07.07)

Р. Е. КАЛИТЕЕВСКИЙ

Калитеевский Ростислав Евгеньевич родился в 1924 г., окончил Всесоюзный заочный лесотехнический институт (при Ленинградской лесотехнической академии), доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Академии естественных наук Российской Федерации, профессор кафедры лесопильного производства и гидротехнической обработки древесины С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 120 печатных работ в области технологии, оборудования и систем управления лесопильного производства.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

Изложены основные положения и структура дисциплины «Информационные технологии лесопиления».

The principal statements and structure of the subject "Information Technologies of Sawmilling" have been presented.

В ближайшее время наша экономика, в частности отечественная лесопильная промышленность, должна войти полноправным членом в мировое хозяйство.

В соответствии с Указом Президента РФ от 4 февраля 1994 г. разработаны основные положения государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и экологическая безопасность признана составной частью национальной безопасности России.

До сих пор человечество опасалось утраты невозобновляемых ресурсов — руды, нефти, угля. В действительности под угрозой оказалась возобновляемая их часть — лес, природные воды и др. Поэтому сегодня проблема истощения природы может быть решена путем совершенствования технологий. Необходим переход к информационным технологиям, позволяющим в условиях неистощительного ведения лесного хозяйства экономить примерно 1/4 древесного сырья, используемого в традиционных технологиях лесопиления.

Имеющее место утверждение, что мы сегодня не вырубаем и половины расчетной лесосеки ($\sim$ 500 млн м^3 в год), не соответствует действительности. По данным Межведомственной комиссии по экологическим вопросам Российской Федерации, которая располагает материалами, полученными с помощью спутников из США, в России сводится в 6 раз больше лесных запасов, чем отражено в статистике (пожары, охватывающие до 1 млн га, которые соизмеримы с площадью рубок главного пользования; миллионы кубометров, брошенные на верхних складах и др.).

В настоящее время объемы заготовок древесины уменьшены по сравнению с 1988 г. более чем в 2 раза. По проекту Федеральной программы развития лесопромышленного комплекса предусмотрено увеличение заготовок древесины к 2005 г. до 290 млн м^3. Это ставит перед лесопильно-деревообрабатывающей отраслью задачи технического перевооружения. Необходим экономически качественный скачок в производстве пилопродукции, так как в условиях рыночных отношений именно конкретная экономика определяет уровень технологий, тип оборудования и систем управления.

В теории производства имеются три взаимосвязанных фактора: труд, капитал и природные ресурсы. В мировом лесопилении именно замещение дорогих сырья и рабочей силы привело в условиях конкуренции к широкому внедрению автоматизированных процессов, оборудования и систем управления, позволяющих осуществлять экономию сырья, труда и энергии при оптимальном раскрое и переработке пиловочного сырья на пилопродукцию. Экономия сырья, стоимость которого в наших условиях увеличилась на три порядка (более чем в 3000 раз), а также труда и энергии позволяет окупить в разумные сроки дорогостоящее автоматизированное оборудование и системы управления. Но обеспечение их рационального использования при наиболее высоких уровнях экономии древесины, труда и энергии невозможно без применения новых информационных технологий.

Под информационными технологиями понимают производственно-технологические процессы, в которых применяют средства измерения, обработки, хранения и использования информации с оптико-электронными и другими типами измерительных систем, обеспечивающими технологическую связь измерительных средств производственных процессов с компьютерными. Это позволяет оптимизировать процессы оперативного планирования раскроя пиловочного сырья и осуществлять ведение производства во времени, начиная с получения древесного сырья и кончая отгрузкой заказанной пилопродукции.

Объединение процессов маркетинга, получения заказов, планирования и оперативного управления в единую систему дает значительные преимущества с точки зрения гибкости, сокращения сроков поставки, расходов и, в конечном итоге, получения максимальной эффективности производства пиломатериалов.

Обычно к вопросам маркетинга относят управление и планирование деятельности предприятия, направленные на рост прибыли и полное удовлетворение потребителей пилопродукции. Кроме того, маркетинг подразумевает не только философию, логику предпринимательского мышления, подхода к решению тех или иных проблем, но и определение такой системы управления и структуры, которые обеспечивают взаимодействие всех остальных структур с окружающей средой.

Применение информационных технологий, базирующихся на современных системах управления с возможностью оптимизации процессов раскроя бревен на пиломатериалы, в корне меняет представления об уровне автоматизации лесопильных предприятий малой производственной мощности по сравнению с предприятиями средней и большой мощности [1, 2]. Имеющиеся десятки тысяч установок и цехов на базе одноэтажных лесопильных рам практически могут выпускать только необрезные, неспецификационные пиломатериалы. Между тем на малых предприятиях с информационными технологиями, базирующихся на головном оборудовании с гибкими поставами, возможно иметь высокий выход обрезных, спецификационных пиломатериалов без производства сортировки бревен.

К элементам информационных технологий относят математические, имитационные и другие виды моделей; технологически ориентирован-

ные алгоритмы и программы, процедуры, обеспечивающие, например, подготовку и оптимальный раскрой пиловочного сырья на бревнопильном оборудовании.

В начале 80-х годов в США начаты интересные работы по созданию лазерной автоматизированной технологии раскроя древесины на пилопродукцию. Применение ЭВМ позволяет полностью контролировать процесс резания в соответствии с выбранной программой. Осмотр каждого бревна с помощью новейшей видеотехники, называемой фотон-томографией, дает возможность определить внутреннее строение бревна (скрытые дефекты, состояние сердцевины, размеры и расположение сучков, наклон волокон и др.). Серия томограмм дает полное трехмерное изображение объекта и позволяет оценить качество древесины. Полученная информация поступает в ЭВМ, которая по специальной программе определяет оптимальное положение бревна при прохождении через лазерную установку и выбирает оптимальную схему его раскроя. Только это увеличивает выход пиломатериалов примерно на 15 %. Ширина реза при лазерной технологии значительно меньше, чем при механической. Производительность лазерной системы при встречном режиме резания, обеспечиваемом двумя лазерными устройствами мощностью по 5...8 кВт, составляет 75 м³ в смену (суммарная скорость подачи 24 м/мин). Считается, что лазерная система резания древесины достаточно экономична, несмотря на ее довольно высокую стоимость (400...800 тыс. долларов). Так, при раскрое бревен красного дуба на мебельные заготовки увеличение выхода только на 5 % дает ежедневную экономию в 1200 долларов, что окупает установку за полтора — три года [3].

К информационным технологиям относят не только лазерные автоматизированные технологии, но и производство конструкционных пиломатериалов и другие типы технологий лесопиления.

Основной задачей современного лесопиления является перевод существующих производств пилопродукции на уровень информационных технологий. Для этого сегодняшним инженерам и техникам, а также студентам — инженерным работникам XXI века, необходимы знания об основах теории раскроя сырья с использованием ЭВМ; оперативном планировании раскроя пиловочника на компьютерах; организации информационных технологий лесопиления на предприятиях малой, средней и большой производственной мощности. Кроме того, необходимо освоить технологическую подготовку производства пиломатериалов с использованием его имитационного моделирования на ЭВМ; иметь знания об автоматизированном рабочем месте (АРМ) технолога лесопильного производства, системе автоматизированного проектирования (САПР) информационных технологий лесопиления, их программно-методическом обеспечении и ряде других вопросов.

Проектирование информационных технологий лесопиления практически невозможно старыми методами, когда оборудование располагалось по ходу производственного процесса (сортировка бревен — склад рассортированного сырья — переработка бревен на пиломатериалы) без определения рациональных взаимозависимостей его основных технологических параметров, емкости складов между ним и других показателей, без анализа которых невозможно ни проектировать, ни работать в условиях современного высокоэффиктивного производства. При этом возникает необходимость пересмотра всей системы учета круглых лесоматериалов, планирования раскроя бревен на пиломатериалы и целого ряда других вопросов.

Типовое проектирование процессов лесопиления, сыгравшее свою положительную роль в определенный период времени, осуществляли практически с помощью ручных методов расчета. При современной

стоимости древесного сырья, оборудования, систем управления и строительных сооружений это приводит к низкой достоверности технологических расчетов и, как следствие, к большим экономическим потерям.

Технологическими основами создания и ведения информационных технологий лесопиления являются специальные технологически ориентированные программы. Они предназначены для расчета и проектирования оптимальных поставов и их систем и составления оперативных планов раскроя сырья на пиломатериалы. Они включают также имитационные программы для определения рациональной емкости склада рассортированного сырья и анализа ее влияния на производительность лесопильного цеха и другие производственные факторы. К этим факторам относятся: величина периодов работы лесопильных потоков, соотношение производительности линии для сортировки бревен и лесопильного цеха, коэффициент превышения минимальных партий запуска бревен, коэффициент загрузки лесопильного цеха и др.

Естественно, что этим не исчерпывается номенклатура специальных технологически ориентированных программ. В нее входят, например, программы кругового раскроя бревен, оптимизация раскроя хлыстов по критерию максимального выхода пиломатериалов и целый ряд других.

Специальное технологически ориентированное программно-методическое обеспечение является основой создания АРМ технологов лесопильных предприятий, на базе которых отрабатываются САПР технологий лесопиления.

Очевидно, что создание в России современного автоматизированного оборудования, датчиков, систем управления и другого технологического оснащения для реконструкции и строительства лесопильных предприятий будет осуществляться с подключением новых конверсионных предприятий ВПК, инофирм и совместных предприятий.

Для обеспечения требований к современному лесопилению уже сегодня необходимо вводить в учебный процесс отечественных вузов дисциплину «Информационные технологии лесопиления». Опыт показывает, что только во время лекционных и лабораторных занятий у студентов— будущих инженеров-технологов современных лесопильных предприятий XXI века формируются необходимые знания по этому предмету. В С.-Петербургской лесотехнической академии в учебном процессе по курсу «Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств» создана и используется в течение ряда лет система компьютерных программ. Однако имеющийся опыт показывает, что для подготовки квалифицированных инженеров-технологов сегодня следует читать две дисциплины: «Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств» и «Информационные технологии лесопиления».

К основным разделам последней следует отнести следующие.

1. Общие положения информационных технологий лесопиления.
2. Социально-экологические проблемы лесопиления.
3. Основные типы информационных технологий лесопиления.
4. Технологические аспекты маркетинга в лесопилении.
5. Теория производительности лесопильных потоков и предприятий.
6. Моделирование и оптимизация раскроя сырья на пилопродукцию.
7. Оперативное планирование и управление производством пиломатериалов в информационных технологиях лесопиления.
8. Основы теории организации информационных технологий лесопиления на предприятиях малой, средней и большой производственной мощности.
9. Концентрация операций и технологические основы создания из модулей оборудования лесопильного производства.

10. Основы технологических расчетов производственных процессов лесопильных предприятий с использованием ЭВМ.

11. АРМ и САПР информационных технологий лесопиления и их программно-методическое обеспечение.

Мы предполагаем, что опыт С.-Петербургской лесотехнической академии может найти применение и в других вузах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Калитеевский Р. Е. Теория и организация лесопиления.— М.: Экология, 1995.— 352 с. [2]. Калитеевский Р. Е. Технология лесопиления.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 264 с. [3]. Новая пильная система, применяемая на лесопильном заводе.— М.: 1986.— 24 с.— (Зарубежный опыт. Сер. «Механическая обработка древесины»: Экспресс-информ. / ВНИИПИлеспром; Вып. 1).

Поступила 4 апреля 1995 г.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630*232.4

В. В. БЕЛЯЕВ

Архангельский институт леса и лесохимии

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САЖЕНЦЕВ С ЧЕТКО ВЫРАЖЕННОЙ МУТОВЧАТОСТЬЮ ПРИ СОЗДАНИИ КУЛЬТУР ЕЛИ

Приведены результаты изучения эффективности использования 5 (2 + 3)- и 5 (3 + 2)-летних саженцев ели, отобранных перед посадкой по признаку четко выраженной мутовчатости. Показаны состояние и рост опытных культур в условиях осушенного переходного болота и вырубки из-под ельника-черничника свежего.

The study results into the effectiveness of using 5(2+3)-and 5(3+2)-year old spruce saplings chosen before planting according to pronounced verticillateness are presented. The condition and growth of sample trees under conditions of drained transitional bog and new bilberry spruce forest felled area are revealed.

В решении проблемы повышения продуктивности лесов одно из первых мест наряду с мелиоративными мероприятиями (осушение, обработка почвы, рубки ухода и т. д.) занимает селекция древесных пород. Задача лесоводов — поставить лесовосстановление и лесовыращивание на селекционно-генетическую основу [3, 4, 10, 12].

В последние годы отечественные и зарубежные исследователи интенсивно занимаются изучением вопросов ранней диагностики быстроты роста растений, особенно древесных [5, 7, 11, 13]. У ели обыкновенной к числу признаков, которые формируются в раннем возрасте, существуют на последующих этапах онтогенеза, тесно связаны с другими показателями (тип ветвления кроны по Сильвену) и отражают продуктивность спелых деревьев, относятся степень проявления мутовчатости, размерные соотношения мутовчатых и вставочных побегов [8, 9].

Мы изучали эффективность отбора пятилетних саженцев ели 5 (2 + 3) и 5 (3 + 2) по признаку четко выраженной мутовчатости [8, 9] в опытных культурах, заложенных на осушенном переходном болоте (почва переходная торфяно-глеевая с мощностью торфяного слоя около 0,5 м) и вырубке из-под ельника черничного свежего (почва мелкоподзолистая поверхностно-глеевая легкосуглинистая). Перед посадкой культур саженцы отбирали по данному признаку, контролем служили несортированные растения. Каждый вариант заложен в трех повторностях. Технология создания культур на осушенном болоте включала полосную вспашку плугом ЛКН-600, борозды были выведены в осушители, посадку производили по пластам вручную, под лопату. На минеральных почвах вырубок предварительно выполняли полосную корчевку пней машиной КМ-1 в агрегате с трактором ТДТ-55 и вспашку плугом ПЛМ-1,3. Саженцы высаживали в микроповышения также вручную, под лопату. Пятилетние наблюдения за состоянием и ростом культур показали, что отбор саженцев по признаку четко выраженной мутовчатости не оказал существенного влияния на их приживаемость в

культурах. Это подтверждает результаты ранее проведенных исследований, что приживаемость как свойство сеянцев (саженцев) восстанавливать поврежденную при выкопке и пересадке корневую систему определяются прежде всего отношением массы тонких корней ($d < 1$ мм) к массе надземной части [2]. В то же время саженцы, отобранные по этому признаку, отличаются более интенсивным ростом в лесных культурах. Так, в 4-летних посадках особи с четко выраженной мутовчатостью имеют высоту, диаметр, прирост по высоте соответственно на 31,3; 22,9 и 57,5 % больше, чем несортированные перед посадкой растения (см. таблицу). Еще больше различия (почти в 2 раза) в показателе D^2H, который наиболее тесно связан с объемом стволика.

До посадки в культуры биометрические показатели несортированных и отборных саженцев отличались менее значительно. Высота, диаметр и D^2H саженцев 5 (2 + 3) лет с четко выраженным признаком мутовчатости были соответственно на 14,8; 4,3 и 25,0 % больше, чем у несортированных. Это свидетельствует об усилении различий в интенсивности роста за изученный период.

Кроме того, особи ели с четко выраженным признаком мутовчатости превосходили растения, отобранные перед посадкой по относительной массе [6]. Так, их высота в 4-летних культурах больше на 6,0 %, диаметр — на 20,4 %, прирост по высоте — на 23,4 % и показатель D^2H — на 60,0 % (см. таблицу).

Состояние и рост опытных культур

Вид и возраст саженцев	Приживаемость, % в возрасте, лет		Биометрические показатели			
	1	2	H, см	D, мм	Z, см	D^2H, см^3
5-летние культуры на осушенном болоте						
Несортированные, 5 (2 + 3)	86,9	83,2	35,4 ± 1,8	3,8 ± 0,15	3,4 ± 0,12	5,1
С четко выраженной мутовчатостью, 5 (2 + 3)	74,6	72,6	52,1 ± 2,2	4,7 ± 0,10	5,3 ± 0,20	11,5
4-летние культуры на вырубке из-под ельника-черничника						
Несортированные, 5 (3 + 2)	80,9	53,8	48,8 ± 2,0	9,6 ± 0,30	8,7 ± 0,30	44,9
Отобранные по относительной массе (более 1,2 от средней), 5 (3 + 2)	68,2	54,7	58,1 ± 2,5	9,7 ± 0,42	11,1 ± 0,51	55,8
С четко выраженной мутовчатостью, 5 (3 + 2)	81,2	61,0	64,1 ± 2,8	11,8 ± 0,58	13,7 ± 0,62	89,3

Обследование культур ели, созданных несортированными 5 (3 + 2) саженцами, показало, что из 525 растений 152 (28 %) были с четко выраженным признаком мутовчатости. Это полностью соответствует данным В. Я. Попова и др. [9], согласно которым около 28 % особей еловой плантации имеют гребенчатый тип ветвления кроны.

Отбор саженцев ели перед посадкой по относительной массе [6] не изменил структуру 9-летнего насаждения. Из 502 обследованных растений оказалось 142 особи с четко выраженной мутовчатостью (28,3 %).

Известно, что минимально допустимый возраст, в котором можно определить будущий тип ветвления кроны ели, равен 7...10 годам [8, 9]. Ранее нами установлено [1], что на Севере саженцы ели следует выращивать в школьном отделении питомника не более 3 лет, т. е. использовать для посадки саженцы не старше 6 (3 + 3) лет. В связи с этим представляет интерес возможность установить будущий тип ветвления кроны у ели в более молодом возрасте. В 4-летних посадках

ели, созданных 5 (3 + 2)-летними саженцами, отобранными перед посадкой по принципу четко выраженной мутовчатости, особей с данным признаком оказалось 50 %. Такая точность отбора на практике вполне допустима, так как в последующем при рубках ухода можно в первую очередь удалять растения с плосковетвистой кроной, а регулировать структуру насаждения густотой посадки.

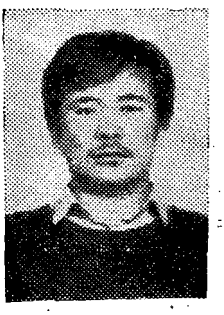
Таким образом, использование посадочного материала ели с четко выраженной мутовчатостью позволит на 25...30 % повысить продуктивность культур, по крайней мере на первых этапах их выращивания. Отбор саженцев по этому признаку при их сортировке проще предложенного нами ранее [6] способа отбора по относительной массе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Беляев В. В. Лесокультурная оценка индивидуальной изменчивости посадочного материала ели и сосны в условиях Архангельской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.— Л., 1982.— 20 с. [2]. Беляев В. В. Лесокультурная оценка индивидуальной изменчивости сеянцев и саженцев ели и сосны // Северные леса: состояние, динамика, антропогенные воздействия: Междунар. симпозиум (Архангельск, 16—26 июля 1990 г.).— М., 1990.— Ч. 2.— С. 100—106. [3]. Долголиков В. И. Отбор быстрорастущих саженцев ели для плантационного лесовыращивания: Методич. указания.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1987.— 15 с. [4]. Иванов В. П. Повышение продуктивности лесов методами селекции и генетики // Соврем. леса Брянской области и рациональное лесопользование.— М., 1989.— С. 40—47. [5]. Ковалев Л. С., Ковалев М. С. Диагностика роста сосны обыкновенной по морфологическим признакам.— Южно-Сахалинск, 1986.— 84 с. [6]. Пигарев Ф. Т., Беляев В. В., Сунгуров Р. В. Комплексная оценка качества посадочного материала и его применение на Европейском Севере: Методич. указания.— Архангельск, 1987.— 14 с. [7]. Попов В. Я., Жариков В. М. Ранняя диагностика наследственных свойств плюсовых деревьев сосны и ели: Методич. пособие.— Архангельск, 1978.— 14 с. [8]. Попов В. Я., Тучин П. В., Сурсо М. В. О связи селектируемых и сигнальных признаков у ели в раннем возрасте // Материалы отчетн. сессии по итогам НИР за 1983 г.— Архангельск, 1984.— С. 14—15. [9]. Попов В. Я., Тучин П. В., Сурсо М. В. Оценка потенциальной продуктивности ели по косвенным признакам в молодом возрасте // Вопросы искусственного лесовосстановления на Европейском Севере.— Архангельск, 1986.— С. 45—54. [10]. Правдин Л. Ф. Направление и содержание работ по изучению природного разнообразия древесных пород, их значение для лесной селекции // Лесоведение.— 1967.— № 3.— С. 3—15. [11]. Роне В. М. Генетический анализ лесных популяций.— М.: Наука, 1980.— 159 с. [12]. Шутов И. В., Маслаков Е. Л., Маркова И. А. Лесные плантации. Ускоренное выращивание ели и сосны.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 244 с. [13]. Jhompson S. Shoot morphology and shoot growth potential in 1-years old scots pine sidlings // Can. J. Forest Res.— 1986.— N 4.— P. 189—191.

УДК 630*116.26

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.

ВЛИЯНИЕ ВЫПАСА СКОТА И РЕЖИМА ЗАПОВЕДОВАНИЯ НА ЛЕСНЫЕ КУЛЬТУРЫ АРЧИ В КИРГИЗИИ

Проанализирована возможность пастьбы скота в лесных питомниках и культурах арчи полушаровидной. Даны рекомендации по его регулированию.

A possibility of cattle pasture in arboretums and *Juniperus semiglobosa* plantations has been analysed. Recommendations on its regulation are given.

Основу горных лесов Киргизии составляют арчовые насаждения, которые занимают 161,1 тыс. га, или 6,2 % от покрытой лесом площади. Они уникальны по строению, биологическим и системно-функциональным особенностям, имеют большое почвозащитное, водоохранное и климаторегулирующее значение.

Однако в настоящее время арчовники малопродуктивны и сильно изрежены, что вызвано их чрезмерным использованием для сельскохозяйственных целей. Нерегулируемая пастьба скота, недостаточная охрана от потрав и пожаров привели к уничтожению растительности в арчовниках и постепенной их деградации, развитию аэрозионных процессов, отсутствию естественного возобновления. При создавшемся положении вся хозяйственная деятельность должна быть направлена на восстановление этих лесов и повышение их основного значения.

Проблема пастьбы домашнего скота в Киргизии приобрела большую остроту. Из-за отсутствия свободных земель овец пасут даже в питомниках. Лесовосстановительные работы ведут в сравнительно небольших объемах. За период с 1964 г. по 1993 г. лесхозами республики создано всего около 2 тыс. га культур. Такие темпы не могут восполнить убыли от многочисленных антропогенных воздействий.

Большинство исследователей, занимавшихся культурами арчи, свидетельствуют о возможности успешного выращивания ее сеянцев в питомниках и создания арчовых насаждений посадкой [1 и др.].

Разработаны эффективные методы такого выращивания, составлены руководства и рекомендации, которые широко используются во всех республиках Среднеазиатского региона.

Так как основной отраслью горного края является и в перспективе останется животноводство, в первую очередь овцеводство, то нужна правильная организация использования лесных пастбищ, которые не наносили бы большого ущерба природе, лесной среде. В связи с неумеренным и бессистемным выпасом скота в арчовых лесах наиболее важными задачами являются восстановление их искусственным путем и научная разработка методов комплексного использования для нужд сельского и лесного хозяйства, направленного на научно обоснованное регулирование и нормирование выпаса.

Вредное влияние выпаса скота отмечали многие авторы [2—7 и др.], однако в их работах слабо отражен вопрос о влиянии пастьбы скота и режима заповедования на состояние арчовников. Имеющаяся информация не раскрывает полностью механизма этого воздействия. Нет сведений об устойчивости возобновившегося молодняка арчи различного возраста. В значительной степени это объясняется тем, что в период исследований в арчовом поясе практически не было заповедников и национальных парков, которые действуют в последние 20 лет.

Нами выполнены исследования на территории Кыргыз-Атинского национального парка в урочище Кара-Гой, расположенном в средней части арчового пояса, на северном склоне Алайского хребта, сначала в питомнике внутри национального парка, а затем в культурах арчи. В питомнике две грядки сеянцев арчи полушаровидной были огорожe-

ны металлической сеткой. На них заложены 10 учетных площадок размером 1,0 × 0,5 м и подсчитаны всходы. Туда были выпущены две овцы на 1 ч. Между посевными грядками и по границам огороженного участка раскладывали траву, которую овцы поедали свободно передвигаясь. Таким образом имитировали выпас. Затем на каждой площадке подсчитывали оставленные овцами следы и количество сохранившихся всходов. Результаты опыта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Номер учетной площадки	Количество всходов до выпаса, шт.	Количество всходов после выпаса, шт.	Количество всходов после выпаса, %	Вытаптывание площади, %
1	52	43	82,7	23,9
2	83	72	86,7	23,9
3	47	39	83,0	23,5
4	75	62	82,7	20,6
5	91	62	68,1	28,2
6	38	29	76,3	19,6
7	20	16	80,0	17,0
8	44	40	90,9	15,6
9	69	52	75,4	20,3
10	51	39	76,5	25,7
Среднее $M \pm m$	57,0 ± 7,0	45,3 ± 5,3	80,2 ± 2,0	21,8 ± 1,2

По данным таблицы установлено, что всходы арчи очень уязвимы к воздействию скота при выпасе. Пребывание двух овец только в течение 1 ч на площади 13 м² привело к гибели 20 % сеянцев. Основная причина — вытаптывание посевов, т. е. механическое уничтожение копытами животных.

Коэффициент корреляции между показателями вытаптывания площади и сохранностью всходов составил $r = -0{,}531$, т. е. связь между ними обратная.

Осенний перечет показал, что на семи площадках из десяти количество всходов было не меньше, чем при учете после выпаса, а на трех даже больше, чем перед выпасом (табл. 2). На пяти контрольных учет-

Таблица 2

Номер учетной площадки	Количество всходов шт.	Количество всходов % от учета	Номер учетной площадки	Количество всходов шт.	Количество всходов % от учета
	Опыт			Контроль	
1	34	65,4	1	45/34	75,6
2	37	44,6			
3	79	168,1	2	48/37	77,1
4	99	132,0			
5	92	101,1	3	100/79	79,0
6	26	68,4			
7	18	90,0	4	112/99	88,4
8	43	97,7			
9	52	75,4	5	123/92	74,8
10	40	78,4			
Среднее $M \pm m$	52,0 ± 8,9	92,1 ± 11,3	Среднее $M \pm m$	85,6 ± 16,4 / 68,2 ± 13,7	79,0 ± 2,5

Примечание. В числителе — данные весеннего учета, в знаменателе — осеннего.

ных площадках, заложенных рядом, где выпаса не было, сохранилось 79 % всходов от весеннего учета.

Возрастание количества всходов на некоторых площадках связано с появлением новых растений после того, как овцами была разбита почвенная корка.

Опыт дает важный для практики вывод, что при существующей агротехнике выращивания сеянцев в питомнике грунтовую всхожесть арчи можно повысить на 1/3 своевременной разбивкой почвенной корки или применением мульчирующего материала, препятствующего ее образованию.

Влияние выпаса скота на культуры арчи изучали на пробной площади, которая разделена на шесть делянок, в зависимости от интенсивности выпаса и степени нагрузки (0 ... 10 % — отсутствует; 11 ... 40 % — слабая; 41 ... 60 % — средняя; 61 ... 80 % — сильная). Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3

Номер делянки	Число деревцев арчи, шт.	Нагрузка выпаса, %	Интенсивность выпаса	Число затоптанных деревцев, шт.	Сохранность арчи	
					шт.	%
3	646	Сильная	76	50	541	83,7
5	651	Средняя	55	14	543	83,4
4	611	»	59	11	513	84,0
1	597	Слабая	39	—	490	82,1
6	624	»	40	10	545	87,3
2	593	Отсутствует	—	—	452	76,2

С увеличением нагрузки выпаса возрастает и количество затоптанных растений. При слабой нагрузке (39 ... 40 %) затаптывается до 1,9 % сеянцев, средней (55 ... 59 %) — 2,2—2,6 %, сильной (76 %) — 10 %. Большинство из этих растений к осени распрямляется и восстанавливает свою жизнеспособность. В конечном итоге сохранность арчи на делянках со слабой, средней и сильной нагрузками выпаса оказалась практически одинаковой. Это объясняется тем, что при умеренном и сильном выпасе отпад растений обусловлен в основном механическим воздействием копыт животных. В то же время овцы, съедая траву, улучшают условия роста в культурах, осветляя их.

В условиях слабой конкуренции со стороны трав сеянцы арчи приживаются и растут лучше. При отсутствии выпаса или слабом стравливании конкуренция травянистой растительности усиливается, травы притеняют сеянцы, перехватывают влагу и элементы питания, в результате чего происходит отпад арчи.

Таким образом, анализ литературы, опыта, а также наших исследований позволяет сделать следующие основные выводы.

1. Всходы арчи в питомнике очень чувствительны к воздействию скота при выпасе, так как в первые годы развивается очень неглубокая, слаборазвитая корневая система. Поэтому в питомниках с однолетними сеянцами пастьба овец должна быть запрещена. Сеянцы старшего возраста приобретают достаточную гибкость и устойчивость к механическому воздействию копыт животных. Временное полегание не вызывает гибели арчи; почти все затоптанные растения к осени выправляются и продолжают расти.

2. Величина нагрузки выпаса овец практически одинаково влияет на сохранность культур. При средней и сильной нагрузке отпад растений происходит в основном под механическим воздействием копыт жи-

вотных, при отсутствии пастьбы и слабом уничтожении травы — в результате сильного затенения и конкуренции травянистой растительностью.

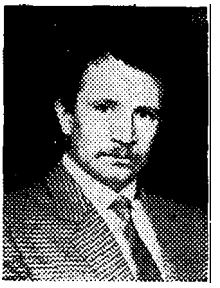
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Ган П. А. Леса Киргизии, их современное состояние // Гидрологические исследования в горных лесах СССР.— Фрунзе: Илим, 1985.— С. 8—15. [2]. Джанаева В. М. Естественное возобновление арчи в урочище Киргиз-Ата // Тр. КирЛОС.— Фрунзе, 1958.— Вып. 1.— С. 43—56. [3]. Кульбачный И. А. Культуры арчи в Бахмальском и Зааминском лесхозах Узбекистана // Науч. тр. / ТашСХИ.— Ташкент, 1977.— Вып. 71.— С. 20—25. [4]. Кульбачный И. А., Горелик В. А. Лесные культуры арчи на склонах Туркестанского хребта // Науч. тр. / ТашСХИ.— Ташкент, 1984.— Вып. 112.— С. 29—36. [5]. Нигматов У. Н. Особенности естественного возобновления в арчовниках Узбекистана // Сб. работ молодых ученых.— Ташкент, 1962.— Вып. 1.— С. 252—257. [6]. Мухамедшин К. Ф. Арчовые леса и редколесья Южной Киргизии // Тр. КиргЛОС.— Фрунзе: Кыргызстан, 1967.— Вып. 5.— С. 247. [7]. Чеботарев И. Н. Состояние и перспективы восстановления и развития арчовых лесов Средней Азии.— Фрунзе: Илим, 1972.— С. 7—27.

УДК 630*18

А. В. ГРЯЗЬКИН, Е. С. МЕЛЬНИКОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия



Грязькин Анатолий Васильевич родился в 1951 г., окончил в 1981 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет 32 печатные работы в области естественного лесовозобновления и мер содействия, баланса CO_2 в лесной экосистеме, изучения вертикально-фракционной структуры фитомассы, постепенных и выборочных рубок.

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЕЛИ НА УЧАСТКАХ, ПРОЙДЕННЫХ КОМПЛЕКСНЫМ УХОДОМ

Изучен побочный эффект комплексного ухода за лесом. Дана оценка успешности естественного возобновления и количественных характеристик подроста ели на трех пробных площадях. Установлено, что внесение азотных удобрений стимулирует процесс возобновления и увеличивает жизнеспособность подроста ели.

A side effect of combined forest treatment has been studied. An assessment of the natural regeneration progress and quantitive characteristic of spruce young growth in three test areas is given. It has been stated that nitrogenous fertilizing stimulates the process of regeneration and increases spruce young growth viability.

Известно, что комплексный уход способствует повышению продуктивности и качества древостоев, ускоряет сроки получения ценных сортиментов. При этом могут проявляться и другие эффекты, наибольший интерес из которых представляет стимулирование процесса естественного лесовозобновления.

В Сиверском лесхозе Ленинградской области 20 лет назад были заложены опыты с комплексным уходом за лесом в сосняках, ельниках и лиственно-еловых древостоях кисличного и черничного типов. Под комплексным уходом здесь подразумевается сочетание традиционных рубок ухода с внесением удобрений. Для внесения удобрений на опытно-производственных участках использовали специализированный агрегат МВУ-1 [1]. Предварительно проводили рубки средней интенсивности. Доза вносимого азота составляла 150 ... 180 кг/га по д. в. Рубки повторяли через 10 лет, а удобрения вносили через 5 и 10 лет. Всего за период наблюдений проведено от 1 до 3 приемов комплексного ухода.

Побочный результат комплексного ухода — появление молодого поколения главной породы. Наиболее характерными в этом отношении оказались ельники. В ельниках кисличных данный эффект менее однозначен, чем в черничных.

Цель нашей работы — оценить влияние комплексного ухода на естественное лесовозобновление. Объектами исследования служили три пробные площади, таксационная характеристика древостоев приведена в табл. 1.

Таблица 1

Номер пробной площади	Состав древостоя	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Класс бонитета	Абсолютная полнота, м²/га	Число деревьев на 1 га, шт.	Запас древесины, м³/га
		1973					
10—1	8Е1С1Ос + Б	12,9	10,1	III	23,9	3380	184
10—2	10Е ед. С, Б	15,7	14,1	II	22,1	1284	167
10—3	10Е, ед. С, Б, Ос	14,6	12,9	II	17,8	1408	144
		1993					
10—1	6Е1С2Ос1Б	18,8	15,4	II	26,7	1666	288
10—2	10Е ед. С, Б	22,9	21,4	I	23,7	674	277
10—3	10Е ед. С, Б	22,7	20,9	I	25,5	773	296

Пробная площадь 10—1 представляет собой контроль. На пробе 10—2 в 1974 и 1984 гг. выполняли рубки интенсивностью 23 и 19 % по запасу, удобрения не вносили. На пробной площади 10—3 в те же сроки проводили рубки интенсивностью 30 и 18 %. Кроме этого, в 1974, 1979 и 1986 гг. на этой пробе вносили азотное удобрение с разовой до-

Таблица 2

Номер пробной площади	Порода	Количество подроста, шт. на 1 га, по категориям							
		состояния				крупности*			
		Жизнеспособный	Нежизнеспособный	Поврежденный	Сухой	Крупный	Средний	Мелкий	Итого
10—1	Е	1 917	222	171	463	49	49	2 212	2 310
	Ос	975	—	123	98	—	171	927	1 098
	Б	171	—	—	—	—	—	171	171
10—2	Е	15 034	2118	1085	848	—	2017	16 220	18 237
	Б	1 492	—	51	17	136	695	712	1 543
	Ос	390	—	85	—	—	119	356	475
	С	—	—	17	—	—	17	—	17
10—3	Е	18 775	5551	204	1224	—	2367	22 163	24 530
	Б	142	20	—	—	20	20	122	162
	Ос	652	20	—	—	—	40	632	672

* Без категории «сухой».

зой 150 кг/га по д. в. Цикл рубок ухода и внесения удобрений начат в 47-летнем древостое.

Подрост учитывали согласно [2] по маршрутным ходам на круговых площадках радиусом 1,78 м. Обобщенные результаты учета представлены в табл. 2.

Количественные характеристики подроста на всех пробных площадях сильно различаются. В контроле густота оказалась минимальной, на участках с комплексным уходом — максимальной, причем различия более 10 раз. На участке с внесением удобрений подроста на 26 % больше, чем на участке без удобрений, следовательно, они содействуют естественному лесовозобновлению.

Таблица 3

Показатели подроста	Номер пробной площади	Характеристика подроста по категориям крупности			
		Крупный	Средний	Мелкий	Итого
Состав	10—1	100Е	23Е77Ос	77Е18Ос5Б	74Е21Сс5Б
	10—2	50Б31И19Ол	69Е24Б4Ос 2Ол1И	93Е5Б2Ос, ед. Ол, И	88Е8Б2Ос 1Ол1И
	10—3	100Б	97Е2Б1Ос	97Е2Ос1Б	96Е3Ос1Б
Встречаемость, %	10—1	2	2	61	62
	10—2	0	18	80	82
	10—3	0	33	98	98
Отпад, %	10—1	75,0	50,0	7,4	13,5
	10—2	0	1,7	4,8	4,6
	10—3	0	1,7	5,1	4,8
Процент жизнеспособного	10—1	—	4,5	66,2	70,4
	10—2	—	11,6	68,4	80,0
	10—3	—	8,1	65,5	73,6
Процент по крупности	10—1	1,4	1,4	97,2	100
	10—2	0	11,0	89,0	100
	10—3	0	9,6	90,4	100

Комплексный уход вызвал дифференциацию подроста и по качественным показателям (табл. 3). Данные о встречаемости подроста на опытных участках позволяют надеяться, что при любой технологии рубок главного пользования он будет сохранен в достаточном количестве. В составе подроста преобладает ель, на опытных участках он распределен равномерно.

Резюмируя сказанное, можно утверждать, что комплексный уход, являясь эффективным мероприятием для улучшения качества древостоя, стимулирует процесс естественного лесовозобновления. Он обеспечивает преобладание жизнеспособного подроста, а также главной породы в составе древостоя, значительное уменьшение отпада.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Данилин А. В., Мельников Е. С. Механизированное внесение удобрений при уходе за лесом.— Л.: ЦНТИ, 1988.— 3 с. [2]. Инструкция по проведению лесоустройства в едином государственном лесном фонде СССР, Ч. 1.—М., 1986.— 133 с.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

УДК 630* : 631.4.07

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 лесоэксплуатации Украинского государственного аграрного университета, изобретатель СССР, член Академии оригинальных идей Украины. Имеет более 180 печатных работ в области механизации лесохозяйственных работ.

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОЙ ФОРМУЛЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ ТЯГИ ПЛУГОВ АКАД. В. П. ГОРЯЧКИНА*

Предложено силу трения в формуле В. П. Горячкина определять с помощью динамометрирования.

It has been suggested that friction force in V. P. Goryachkin's equation be determined by dynamo-measuring.

В 1923 г. В. П. Горячкин, изучая работу плуга, предложил рациональную с точки зрения механики формулу для определения тягового сопротивления его движению

$$R_п = fQ + \frac{2}{3}KaB + \varepsilon aBV^2, \qquad (1)$$

где f — коэффициент трения скольжения;
Q — вес плуга;
K — коэффициент деформации на единицу площади поперечного сечения пласта;
aB — поперечный размер пласта (a — глубина вспашки; B — рабочая ширина захвата плуга);
ε — коэффициент пропорциональности;
V — скорость движения плуга.

По рекомендации В. П. Горячкина, Н. О. Лучинского и др. первое слагаемое в формуле (1) определяют при протаскивании плуга в открытой борозде. Это в какой-то мере было оправдано для конных лемешных плугов, имеющих малую ширину захвата и глубину вспашки и движущихся со сравнительно небольшой скоростью. Фактические затраты на преодоление сил трения при работе тракторных плугов значительно больше.

Позднее сам В. П. Горячкин, касаясь необходимости систематического изучения силы тяги тракторных плугов, указывал, что в буду-

* В порядке обсуждения.

щем, при более подробном изучении, каждый из трех членов формулы, может быть, придется развивать и заменять более сложными функциями.

Такая работа была сделана многими исследователями, в том числе и акад. Н. В. Щучкиным. Но все они не касались первого члена формулы, соответствующего усилию на преодоление сил трения, которое, по утверждению акад. В. П. Горячкина, иногда равно 50...70 % от общего тягового сопротивления тракторного плуга. Изучение этого вопроса дает нам основание утверждать, что нельзя согласиться с методикой определения первого члена формулы протаскиванием плуга в открытой борозде по следующим соображениям.

1. Сила трения при обработке почвы плугом возникает из-за трения полевой доски о стенку борозды, однако ее фактически нет при перемещении корпуса плуга в открытой борозде, поскольку нет силы, пытающейся сместить плуг в сторону необработанной части поля.

2. Нет силы трения предплужников в почве.

3. В рабочем состоянии вертикальная составляющая, вызывающая силы трения плуга о почву, создается, помимо его веса, также весом почвы, находящейся на корпусах плуга и предплужниках. По нашим исследованиям, для 4-корпусного плуга на средних почвах это около 300 кг, т. е. более 1/3 массы плуга.

4. При протаскивании плуга в открытой борозде отсутствуют силы трения, возникающие при резании почвы черенковым или дисковым ножами.

Силы сопротивления почвы движению плуга, действующие во время пахоты на рабочую лемешно-отвальную поверхность его корпуса, можно свести к результирующей силе и паре сил. Такую пространственную систему сил целесообразно заменить тремя эквивалентными силами R_x, R_y и R_z, действующими во взаимно перпендикулярных плоскостях и не проходящими через одну точку.

Вертикальная составляющая R_z дополняет нагрузки от веса плуга и почвы, находящейся на корпусах и предплужниках, а горизонтальная R_y действует на полевые доски корпусов. Поэтому суммарная сила трения $R'_{\text{п}}$ во время движения плуга по неровной поверхности может быть представлена в виде

$$R'_{\text{п}} = (G_{\text{п}} + G_{\text{пч}} + R_z)\left[\frac{\sin(\alpha \pm \varphi)}{\cos(\beta \mp \varphi)} + \frac{f'r + K}{R}\right] + R_y f, \qquad (2)$$

где $G_{\text{п}}$ — вес плуга, $G_{\text{п}} = M_{\text{п}} g$ ($M_{\text{п}}$ — масса плуга; g — ускорение силы тяжести);

$G_{\text{пч}}$ — вес почвы, $G_{\text{пч}} = M_{\text{пч}} g$ ($M_{\text{пч}}$ — масса почвы);

α — угол наклона поверхности почвы, по которой скользят корпуса;

φ — угол трения для стали корпусов о почву;

β — угол между линией тяги и направлением движения;

f' — коэффициент трения ступицы колеса об ось;

R, r — радиус опорного колеса и его оси;

K — коэффициент сопротивления качению для опорного колеса.

Как видно из (2), первый член формулы (1) имеет более сложную функцию. Также фактически очень сложно определить действительное значение коэффициента пропорциональности ε в третьем члене формулы. Кроме того, не учтены силы трения от действия центробежных сил при перемещении почвы по вогнутой поверхности отвала. Существование этих сил подтверждается вызванным ими износом, что можно наблюдать при обработке почв, особенно песчаных и супесчаных.

На основании изложенного следует признать, что при подборе трактора для агрегатирования с плугом в каждом конкретном случае необходимо тяговое сопротивление плуга $R_п$ определять с помощью динамометрирования или же пользоваться расчетной формулой

$$R_п = K_у aB, \tag{3}$$

где $K_у$ — удельное сопротивление обрабатываемой почвы.

Но при этом необходимо более детально определить удельное сопротивление с учетом физико-механических и технологических свойств почвы, характера лемешно-отвальной поверхности, конструкции плуга, скорости движения и других факторов, влияющих на тяговое сопротивление плуга.

Для работы плугов на вырубках Е. И. Власов* предложил в формулу В. П. Горячкина ввести дополнительное слагаемое, учитывающее сопротивление от разрыва корней, т. е.

$$R_п = fQ + KaB + \varepsilon aBV^2 + \mu\Delta aB, \tag{4}$$

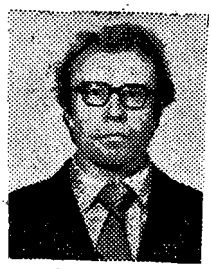
где μ — коэффициент, определяющий усилие на разрыв поперечного сечения корней;

ΔaB — суммарное сечение корней, приходящееся на все поперечное сечение пласта aB.

Первое слагаемое оставлено в таком же виде, как и в формуле В. П. Горячкина, и предлагается также его определять. Поэтому все сказанное в отношении первого члена формулы (1) относится и к первому члену формулы (4).

УДК 674.05

А. Д. ГОЛЯКОВ, Г. Н. ДАНИЛОВА



Голяков Александр Дмитриевич родился в 1939 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 научных трудов по механической технологии древесины и изучению показателей механических свойств пилопродукции.

Данилова Галина Николаевна родилась в 1972 г., студентка факультета механической технологии древесины Архангельского государственного технического университета.

---

* Стогов Б. Н., Власов Е. И. и др. Машины и механизмы лесозаготовок, лесосплава и лесного хозяйства.— М.: Лесн. пром-сть, 1967.— 543 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРУЗКИ ОБРЕЗНЫХ СТАНКОВ

Изложены результаты исследования коэффициентов использования машинного времени обрезных станков, работающих в лесопильных потоках, и предложены мероприятия по их повышению, позволяющие снизить потребность лесопильных предприятий в этих станках.

The test results of workload time rate of cutting machines in sawing flow are presented. The improvement measures allowing to decrease the need of wood enterprises in those machines are offered.

Обрезные станки обычно используют в лесопильных потоках лесопильно-деревообрабатывающих предприятий. Степень их загрузки зависит от типа бревнопильного оборудования и специализации потоков на переработку пиловочного сырья определенных характеристик. В результате варьирования диаметров, длин бревен и «тяжести» поставов загрузка обрезных станков изменяется. Чаще всего они недогружены.

Нами исследована загрузка обрезных (Ц2Д-5А) и фрезерно-обрезных (Ц2Д-1Ф) станков в лесопильном цехе АО «ЛДК № 3» для определения резерва использования станков.

Цех оснащен лесопильными рамами 2Р75, работающими со 100 %-й брусовкой (толщина бруса 0,6 ... 0,7 диаметра бревна). На рамах применяют оптимальные поставы. По каждому из них распиливают бревна одного-двух четных диаметров. В каждом рамном потоке установлено по два обрезных станка (по одному за каждой рамой). Скорость подачи 120 м/мин. Обслуживающий персонал — 1 станочник (мужчина средних лет). К обрезным станкам, кроме тонких необрезных досок, поступают выпиливаемые на рамах второго ряда из зоны пласти бруса обрезные доски. Их пропускают транзитом. Поступают также длинные горбыли, которые сбрасывают с впередистаночных столов в люки. Устройств поштучной выдачи полуфабрикатов на столы станков нет.

Определим коэффициент использования машинного времени обрезных станков по известной формуле

$$K_м = \frac{t_{обр}}{t_{обр} + t_в},$$

где $t_{обр}$ — продолжительность обрезки доски, с;

$t_в$ — продолжительность межторцового разрыва, с.

Таблица 1

Диаметр распиливаемого сырья, см	Условия работы	Статистические характеристики			
		Среднее арифметическое значение $\bar{y}$	Среднее квадратичное отклонение s	Вариационный коэффициент v, %	Ошибка среднего арифметического P с вероятностью 0,9, %
22 ... 24	Обычные	0,32	0,114	35,9	3,62
26 ... 28	»	0,26	0,091	34,7	3,51
26 ... 28	Завал	0,35	0,080	23,1	3,56
22 ... 24	Непрерывная подача*	0,37	0,075	20,1	2,33
26 ... 28	»	0,36	0,059	16,2	2,70

* Условия непрерывной подачи смоделированы путем исключения из выборок, полученных при обычной работе потока, времени на ожидание поступления очередных порций необрезных досок ($t_в$ более 9 с).

В табл. 1 представлены результаты статистической обработки наблюдений $K_м$.

По результатам статистической обработки наблюдений можно сделать следующие выводы.

1. В обычных условиях $K_м$ равен 0,26 ... 0,32.

2. В условиях завала, когда перед обрезным станком накапливаются полуфабрикаты, работа обрезчика интенсифицируется и значение $K_м$ возрастает до 0,35, хотя и в этом случае встречаются большие межторцовые разрывы между обрезаемыми досками из-за затруднительной поштучной подачи, осуществляемой вручную станочником.

3. При моделировании непрерывной подачи полуфабрикатов значение $K_м$ повышается до 0,36 ... 0,37, т. е. возрастает на 16 ... 38 % (в среднем 27 %). Это бесспорный резерв использования станков.

При проведении ранее теоретических исследований загрузки обрезных станков лесопильных рамных потоков в результате варьирования диаметров распиливаемого сырья был получен средний коэффициент загрузки $K_э$, равный 0,73 (Исследование производительности обрезных станков в лесопильном потоке. Разработка высокомеханизированных производств по переработке древесины: Отчет о НИР / АЛТИ; Руководитель А. Д. Голяков.— Инв. № Б-35-85.— Архангельск, 1985.— 176 с.) Следовательно, резерв также составил 27 %.

Резерв использования станков может быть реализован только при условии организации в лесопильном цехе централизованного участка обрезки досок. В этом случае, при сохранении существующего уровня механизации вспомогательных операций, потребность в обрезных станках будет снижена на 27 %. Например, вместо четырех обрезных станков, работающих в потоках, на централизованном участке потребуется три.

Есть и другие резервы повышения коэффициента использования машинного времени. При существующей технологии на обрезные станки, расположенные за рамами второго ряда, поступают также полуфабрикаты, не требующие обрезки (переобрезки). Результаты статистической обработки наблюдений вероятности количественного выхода тонких досок, подлежащих обрезке, после рам второго ряда приведены в табл. 2.

Таблица 2

Диаметр распиливаемого сырья, см	Статистические характеристики			
	$\bar{y}$	s	v, %	$P_{0,9}$, %
14 ... 16	70,3	30,7	43,7	6,81
18 ... 20	75,5	21,1	27,9	4,36
24 ... 26	68,3	24,9	36,5	5,68

Эти данные показывают, что выход тонких досок, требующих обрезки, после рам второго ряда составляет 68,3 ... 75,5 %. В среднем 25 ... 32 % досок выпиливают из зоны пласти бруса, и они в обрезке не нуждаются. Учитывая, что тонкие обрезные доски получают только на рамах второго ряда, разделим 28 % на два прохода и получим дополнительный средний резерв рационального использования обрезных станков 14 %. Следовательно, при организации в лесопильном цехе централизованного участка обрезки досок с отводом от него обрезных тонких досок и существующей норме обслуживания загрузку участка (потребность в обрезных станках) можно снизить более чем на 40 %.

При изменении нормы обслуживания, организации поштучной подачи полуфабрикатов на столы обрезных станков и отводе от участка горбылей потребность централизованного участка обрезки в станках может быть снижена до минимума.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 06.091.5

75 ЛЕТ ВЫСШЕМУ ЛЕСНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ НА ДОНУ

Старейший на юге России лесохозяйственный факультет Новочеркасского инженерно-мелиоративного института в 1995 г. отмечает 75-летие подготовки инженерных кадров для лесного хозяйства страны.

В 1920 г. при Донском сельскохозяйственном институте в Новочеркасске был открыт лесной факультет. В 1922 г. Донской СХИ преобразован в Донской институт сельского хозяйства и мелиорации (ДИСХиМ), где вместо лесного создан мелиоративный факультет с агромелиоративным и лесомелиоративным отделениями. К 1924 г. лесомелиоративное отделение стало одноименным факультетом.

Толчком к реорганизации вуза и факультета послужила сильнейшая засуха 1921 г. и голод, охвативший многие губернии с населением 30 млн человек. Правительственное постановление «О борьбе с засухой», принятое 29 апреля 1921 г., предусматривало развитие в государственном масштабе работ по укреплению оврагов и песков с помощью лесных насаждений, особенно в Саратовской, Царицынской, Астраханской, Тульской и Донской областях. Для проведения исследовательских, проектных и практических работ нужны были специалисты с высшим лесным образованием.

В 1930 г. на базе ДИСХиМ были созданы Северо-Кавказский зерновой институт и Северо-Кавказский институт водного хозяйства и мелиорации (СКИВХиМ). В состав последнего вошел и лесомелиоративный факультет. Однако уже в 1931 г. этот факультет преобразован в Новочеркасский институт инженеров агролесомелиорации (НИИАЛМ). Это был первый и единственный в стране вуз подобного профиля. Его выпускники (инженеры-лесомелиораторы) вели хозяйство в лесах и лесных насаждениях степной и лесостепной зон страны, а также в горных областях с учетом повышения их средозащитной роли. Просуществовал он до 1933 г., когда произошло слияние СКИВХиМа и НИИАЛМа; новое объединение получило название Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт (НИМИ).

В 1954 г. лесомелиоративный факультет НИМИ был преобразован в лесохозяйственный со специализацией «Лесные мелиорации».

Возвращаясь к 20-м гг., следует сказать, что основу лесного, а затем и лесомелиоративного факультета составил ряд кафедр, переданных из Донского политехнического института (ДПИ). В их число входила и кафедра лесоводства, созданная в 1914 г. проф. В. П. Веселовским, которой он заведовал в течение четверти века (до 1939 г.).

У истоков высшего лесного образования на Дону стояли крупные ученые, в их числе проф. Б. Б. Полынов. В блестящей карьере этого выдающегося почвоведа нашей страны, действительного члена АН СССР как-то малозаметен факт, что он был выпускником Лесного института, который окончил в 1900 г. вместе с В. П. Веселовским.

В 20—30-е гг. на факультете работали профессора В. П. Веселовский, А. С. Карасев, Ф. И. Готшак, С. Г. Заозерский, С. А. Спасский, М. П. Воскресенский, А. Ф. Флеров, В. М. Арциховский, И. В. Новопокровский и др., много сделавшие для становления и развития высшего лесного образования на Дону.

В течение многих лет на сельскохозяйственном (лесомелиоративном) факультете трудились доценты С. Ф. Бессарабов, Н. А. Степанов, К. И. Прохоров, Н. С. Плотников, Б. В. Дзетовецкий, М. Г. Слюсарев, К. А. Лашкевич, А. Ф. Калашников, Н. М. Светлищев, Л. П. Яцыно, Л. И. Яцыно, М. К. Литвяков, Н. С. Крымов, И. И. Богородицкий, М. Ф. Качан, Л. В. Шолохов, В. К. Левченко; профессора П. С. Захаров, Ф. К. Родионовский, А. П. Шапошников, М. Г. Слюсарев, И. П. Коваль, К. К. Калуцкий.

В настоящее время в состав факультета входят четыре кафедры: лесоводства, лесных мелиораций, лесных культур, охраны природы и рационального природопользования. Факультет имеет свой корпус с лабораториями и кабинетами. С 1926 г. за факультетом закреплен Донской учебно-опытный лесхоз (бывш. Донское образцовое лесничество, созданное известным лесоводом Ф. Ф. Тихоновым). В этом лесхозе в течение 26 лет жил и работал крупный лесной энтомолог, д-р биол. наук Д. В. Померанцев.

За годы своего существования факультет подготовил около 5 тыс. инженеров лесного хозяйства. Направлялись они на работу в центральные и южные области России, Сибирь, на Дальний Восток и другие регионы.

Однако основная масса выпускников работает в лесном и сельском хозяйстве Северо-Кавказского района России, средняя лесистость которого равна 10,5 %. Их первоочередной задачей является лесовосстановление и защитное лесоразведение и ведение хозяйства в целях повышения средозащитной роли степных и горных лесных насаждений. Выпускники лесохозяйственного факультета НИМИ являются уникальными специалистами по ландшафтно-инженерному обустройству эродированных почв, оврагов и песков, водоохранных зон рек. Особую заботу инженеры лесного хозяйства проявляют к полезащитным и водоохранным, рекреационным и городским лесам, насаждениям, расположенным вдоль путей транспорта, на орошаемых землях и др.

Среди специалистов хорошо известны выпускники лесохозяйственного факультета: доктора наук Т. А. Желтикова, В. В. Миронов, П. Г. Кальной; лауреат Государственной премии СССР, чл.-кор. РАСХН В. И. Петров, доктора с.-х. наук, профессора М. Н. Фисун, А. Н. Маланин и др., заслуженные лесоводы России С. Ф. Бессарабов, П. С. Захаров, И. И. Перевертайло, А. А. Сущев, А. Ф. Калашников, Ю. Т. Просоедов, Л. В. Шолохов, М. И. Чакхиев, В. И. Саенко, В. И. Шиман, Ю. Я. Лекаркин, заслуженный деятель науки В. М. Ивонин, заслуженные лесоводы Калмыкии, Украины, Узбекистана и др.

Выпускниками факультета являются начальники управлений лесами: Алтайского края (И. Д. Менжулин), Красноярского края (Ю. Я. Лекаркин), Ростовской области (В. И. Саенко). Многие практические работники лесного хозяйства заочно окончили аспирантуру лесохозяйственного факультета и защитили кандидатские диссертации (В. И. Саенко, Ф. Е. Медведев, В. К. Левченко и др.).

В настоящее время факультет насчитывает 35 преподавателей, в том числе 6 докторов наук и профессоров, 10 кандидатов наук и доцентов. Кроме этого, на кафедрах по совместительству работают опытные производственники, имеющие ученые звания и степени (В. И. Саенко, начальник Ростовского управления лесами; Ф. Е. Медведев, главный лесничий этого управления).

Ежегодно к работе Государственной аттестационной комиссии по защите дипломных проектов и работ привлекаются руководители лесохозяйственных предприятий Северного Кавказа. Кроме этого, при факультете создан совет попечителей, в состав которого вошли начальники управлений лесами региона.

Преподаватели проводят профориентационную работу среди выпускников средних школ Ростовской области, Краснодарского и Ставропольского краев. С 1990 г. при факультете функционирует Донская малая лесная академия для учащихся 9—10 классов средних школ Ростовской области; ее устав утвержден начальником Ростовского областного департамента народного образования и ректором Новочеркасского инженерно-мелиоративного института.

В связи со спецификой Северо-Кавказского региона в учебный план специализации «Лесные мелиорации» введены дополнительные дисциплины: экология и охрана природы (с выполнением курсовой работы по охране малых рек), недревесные ресурсы леса и пчеловодство, основы сельскохозяйственного производства, плодоводство и др.

На последнем курсе студенты обучаются на кафедрах, выбирая одно из направлений: лесное хозяйство, лесные мелиорации и экология, охрана и защита леса, садово-парковое строительство и рекультивация нарушенных земель.

Наличие Донского учебно-опытного лесхоза НИМИ (2642 га) позволяет значительную часть занятий проводить в производственных условиях (экскурсии, практики, дипломное проектирование). Базой для практик студентов служат также Шахтинский, Манычский, Ростовский и другие лесхозы.

Методическая комиссия факультета работает по следующим направлениям:

рассмотрение и рекомендации к изданию учебно-методической литературы (указания, учебные пособия, учебники);

организация музеев, специализированных аудиторий, экскурсий и др.;

рассмотрение методик новых форм обучения (деловые игры, моделирование учебного процесса и т. п.);

составление и рассмотрение примерных планов специальности «Лесное и лесопарковое хозяйство»; специализаций, программ, утверждение тем дипломных проектов и др.;

организация и анализ оценки остаточных знаний по циклам дисциплин.

Сотрудники факультета издают учебники и учебные пособия с грифом учебно-методического объединения «Для межвузовского использования», пособия для инженеров-экологов, указания по созданию познавательных экологических троп Донского края и др.

На лесохозяйственном факультете НИМИ издавна существовали три основные области исследований, послужившие основой формирования научных школ:

1) закрепление и хозяйственное освоение песков (основатели проф. В. П. Веселовский, Ф. И. Готшалк, С. Г. Заозерский; в настоящее время это направление возглавляет проф., лауреат Государственной премии Н. Ф. Кулик);

2) защитное лесоразведение и борьба с эрозией почв (основатели проф. С. А. Карасев, Б. В. Дзетовецкий, П. С. Захаров; в настоящее время руководители проф. А. А. Кулыгин и И. В. Ревяко;

3) теоретическое обеспечение агролесомелиоративной науки и развитие ее нового направления — экологизация сельскохозяйственного производства (проф., заслуженный деятель науки Российской Федерации В. М. Ивонин).

Для выполнения исследований заложены научные опыты и стационары в производственных условиях и Донском учебно-опытном лесхозе, ежегодно организуются научные экспедиции, созданы специализированные научные лаборатории. Часть НИР выполняется по хозяйственным договорам.

По результатам законченных научных исследований в 1989—1993 гг. издано десять нормативных документов для производства, восемь из них внедрены в учебный процесс. Студенты факультета участвуют в научно-исследовательских работах, научных экспедициях и экспериментах.

Профессорско-преподавательский состав и аспиранты лесохозяйственного факультета НИМИ активно участвуют в международных, всероссийских, региональных конференциях, съездах лесничих Дона и др., где делают научные доклады.

В последние годы (1991—1993 гг.) по этим материалам на факультете изданы две научные монографии общим объемом 33 печ. л. Одна из них, ранее изданная, переведена на китайский язык, несколько научных работ опубликованы за рубежом в журнале «Евроазиатское почвоведение» и др. Всего опубликовано 80 научных статей и тезисов.

Профессорско-преподавательский состав лесохозяйственного факультета НИМИ поздравляет с юбилеем своих выпускников, работающих в лесном хозяйстве Российской Федерации и за рубежом, и приглашает принять участие в торжествах, которые состоятся 8—9 сентября 1995 г. в институте и Донском учебно-опытном лесхозе.

В. М. Ивонин, А. А. Кулыгин, И. В. Ревяко,
Н. Ф. Кулик, В. М. Павлов, В. С. Майоров
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 2—3 ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 1995

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*23(049.3)

ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Европейский Север — один из основных лесопромышленных районов страны, где до последнего времени ежегодно вырубали древостои на площади около 400 тыс. га. Проблема успешного восстановления хвойных лесов в этом регионе приобрела общегосударственное значение.

Актуальным вопросам возобновления леса на вырубках Севера посвящена книга Г. И. Редько, Н. А. Бабича «Лесовосстановление на Европейском Севере России», выпущенная Северо-Западным книжным издательством (Архангельск, 1994.— 188 с.).

В главе «Лесоводственная оценка естественноисторических условий» рассмотрены биоклиматический потенциал, рельеф и гидрология, почвы и их естественное плодородие, развитие лесного хозяйства в пределах Архангельской и Вологодской областей, Республики Коми.

В главе «Способы рубок и лесовосстановление» рассмотрена история развития рубок в лесах Севера, начиная с приисковых и кончая концентрированными. Констатируется, что под пологом формаций хвойных пород на Европейском Севере в большинстве случаев накапливается такое количество подроста, которого при условии сохранения в процессе лесозаготовок вполне достаточно для успешного восстановления хвойных пород на вырубках. Обращается внимание на особую остроту проблемы смены пород при активном использовании мощной лесозаготовительной техники (ВМ-4, ВТМ-4, ЛП-19, ЛП-49).

Глава «Лесокультурное районирование Европейского Севера» носит теоретический характер и, по мнению авторов, может явиться основой дальнейшего совершенствования таежного лесокультурного производства. В ней обобщен опыт районирования других регионов, приведена методика выделения таксономических единиц и их характеристика.

Одним из основополагающих разделов монографии следует считать главу «Эколого-биологические основы искусственного лесовосстановления». По данным отчетности лесхозов, архивным, опубликованным материалам и результатам собственных исследований авторы выполнили анализ и дали лесоводственную оценку способов обработки почвы, методов создания культур, их состава. В зонально-типологическом разрезе рассмотрены модели роста культур по диаметру, высоте. Уделено внимание изучению сезонного роста сосны и ели в культурах.

В заключение приводится лесоводственная оценка культур сосны, отмечается более высокая их продуктивность по сравнению с естественными насаждениями. Вывод авторов о том, что в лишайниковой группе типов леса северной подзоны тайги различия в накоплении запаса стволовой древесины в искусственных и естественных насаждениях не выходят за пределы точности, принятой при инвентаризации леса, по нашему мнению, требует дальнейшего обоснования.

Рецензируемая книга написана простым и доступным языком и, несмотря на имеющиеся мелкие недостатки, несомненно, будет полезным пособием для широкого круга работников лесного хозяйства, преподавателей, студентов, учащихся.

В. Я. Попов, В. В. Беляев

Архангельский институт леса и лесохимии

ЮБИЛЕИ

УДК 06.091.5

АНАТОЛИЮ СЕРГЕЕВИЧУ СИННИКОВУ — 80 ЛЕТ

4 июля 1995 г. исполнилось 80 лет Герою Советского Союза, доценту, кандидату сельскохозяйственных наук Анатолию Сергеевичу Синникову.

Вся трудовая и научная деятельность Анатолия Сергеевича связана с лесом. С 1935 г., после окончания Костромского техникума водного транспорта леса, он работал техноруком, начальником лесопункта, техником-лесоводом, инспектором охраны леса, начальником отдела лесного хозяйства в леспромхозах Мурманской области и Карельской АССР.

В 1941—1944 гг. Анатолий Сергеевич находился в рядах Советской Армии, участвовал в боях за освобождение Белгорода, Воронежа, Харькова, в форсировании Днепра. За мужество и отвагу в 1943 г. награжден орденом Красной Звезды, а в 1944 г. ему присвоено звание Героя Советского Союза с вручением медали «Золотая Звезда» и ордена Ленина.

После демобилизации из рядов Советской Армии в 1944 г. по ранению он продолжил работу в лесном хозяйстве, а в 1945 г. поступил в Архангельский лесотехнический институт. По окончании лесохозяйственного факультета АЛТИ, как отличник учебы, А. С. Синников был оставлен в аспирантуре на кафедре лесоводства у проф. И. С. Мелехова. В 1956 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию. С 1953 г. по 1965 г. Анатолий Сергеевич работал старшим преподавателем, доцентом кафедры лесных культур, деканом заочного факультета.

В 1965 г. Анатолий Сергеевич был назначен директором Архангельского института леса и лесохимии. Здесь он много внимания уделял развитию материальной и научной базы института, подготовке кадров, расширению исследований, вел большую научную работу.

Научные интересы А. С. Синникова относятся к области актуальных вопросов сохранения и воспроизводства лесных ресурсов Севера, искусственного лесовосстановления, в том числе разработке технологий создания лесных культур, охраны окружающей среды. Впервые для условий Севера им, совместно с учениками, разработана и внедрена в производство технология выращивания посадочного материала в закрытом грунте, по которой подготовлены нормативные документы и издана монография. А. С. Синников организовал широкие исследования по производству органических удобрений из отходов деревообработки и ЦБП и использованию их в лесном хозяйстве и тепличном овощеводстве. Им опубликовано более 80 печатных трудов. Работы неоднократно

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений.

Статьи, представляемые в журнал, следует оформлять в соответствии с ОСТ 29.115—88 «Оригиналы авторские и текстовые издательские. Общие технические требования». Статьи не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста, превышающие указанный объем к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера должны быть не более 3 страниц. Над названием статьи следует проставлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное

упоминаемые в тексте статьи в первый раз, нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылка на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы, номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1—84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» и содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы, и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры: должны быть написаны дата отправки рукописи, полные имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации (не более трех, рисунки под литерами считаются за отдельные рисунки) представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на ма-

приложены
рекомендация
ние, фотогра-

ать авторам
с требова-
и более ак-

изводить со-
менения руко-
авторам, как

ысылаются.
урнала могут
платежом по

демонстрировались на ВДНХ и отмечены серебряной и бронзовой медалями. Под его руководством подготовлены и успешно защищены несколько кандидатских диссертаций.

Одновременно с научной работой Анатолий Сергеевич много внимания уделял развитию лесного хозяйства Севера. Он энергично пропагандировал достижения науки для внедрения в практику как лектор и как член правления областных организаций общества «Знание» и НТО лесной промышленности и лесного хозяйства. А. С. Синников был членом НТС Государственного комитета лесного хозяйства Совета Министров СССР и членом секции лесного хозяйства Госкомитета Совета Министров СССР по науке и технике.

Наряду с педагогической и научной деятельностью Анатолий Сергеевич вел большую общественную работу как депутат Архангельского областного Совета народных депутатов, член райкома КПСС и областного совета профсоюзов. Выйдя в 1985 г. на заслуженный отдых, он принимает активное участие в работе совета ветеранов ВОВ.

Трудовая, научная и общественная деятельность Анатолия Сергеевича отмечена орденом Октябрьской Революции, медалями, почетными грамотами Гослесхоза СССР и ЦК профсоюзов, знаком «За сбережение и приумножение лесных богатств РСФСР».

Поздравляя А. С. Синникова со знаменательной датой, лесоводы и коллеги желают ему крепкого здоровья, долгих лет жизни, бодрости, энергии, успехов во всех намеченных делах.

Г. А. Чибисов, Б. А. Мочалов
Архангельский институт леса и лесохимии
П. М. Малаховец, В. Г. Кизенков, А. И. Барабин, Н. А. Бабич
Архангельский государственный технический университет

05
И332

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

2-3

1995

Подписывайтесь
на второе полугодие 1995 г.
на журнал
«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ»

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца. Подписная цена на 6 месяцев 13500 руб. (без учета пересылки).

Подписка принимается органами «Роспечати».

В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию. Наш расчетный счет 000609140 в РКЦ госбанка г. Архангельска, МФО 103004.

Копию платежного поручения или денежный перевод с указанием адреса и фамилии подписчика просим выслать в редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163007, Архангельск-7, наб. Северной Двины, 17, АГТУ, «Лесной журнал».

ISSN 0536—1036. Изв. вузов. Лесной журнал, № 2—3, 1—208.