

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

МАТЕРИАЛЫ ПО ФЦНТП

*«ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ
НАПРАВЛЕНИЯМ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ
ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ», ПОДПРОГРАММЕ
«КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ»*

2 – 3

2003

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – проф. **О.М. Соколов**
Заместители главного редактора:
проф. **Е.С. Романов**, проф. **С.И. Морозов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

проф. **Е.Д. Гельфанд**, проф. **И.И. Гусев**, проф. **Р.Е. Калитеевский**, проф. **А.Н. Кириллов**, проф. **В.И. Комаров**, проф. **Н.В. Лившиц**, проф. **В.И. Мелехов**, проф. **Е.Г. Мозолевская**, **В.В. Мусинский**, доц. **О. А. Неволин**, проф. **А.Н. Обливин**, проф. **В.И. Онегин**, проф. **Г.С. Ощепков**, проф. **А.В. Питухин**, проф. **В.К. Попов**, проф. **С.М. Репях**, проф. **А.Р. Родин**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Е.Д. Сабо**, проф. **Э.Н. Сабуров**, проф. **Е.Н. Самошкин**, проф. **В.И. Санев**, проф. **Ф.Х. Хакимова**, проф. **В.Я. Харитонов**, проф. **Г.А. Чибисов**, проф. **Х.-Д. Энгельманн**

Ответственный секретарь – заслуженный работник культуры **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 и студентов.

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

Редакторы **Н.П. Бойкова**, **Л.С. Окулова**
Перевод **Н.Т. Подражанской**
Компьютерный набор **О.В. Деревцовой**, верстка **Е.Б. Красновой**

Сдан в набор 10.03.2003. Подписан в печать 08.05.2003.
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 19,872. Усл. кр.-отт. 19,872.
Уч.-изд. л. 24,11. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17, тел.: (818-2) 28 07 18,
факс: (818-2) 28 07 14, e-mail: forest@agtu.ru <http://lesnoizhurnal.agtu.ru>

Типография Архангельского государственного технического университета
163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17



СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.И. Онегин.</i> Лесному образованию и науке – 200 лет	1
ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО	
<i>О.М. Полецук, В.А. Фролова.</i> Рейтинговые оценки состояния городских насаждений на основе методов теории нечетких множеств	7
<i>А.А. Афонин.</i> Изменчивость побегов ивы белой	15
<i>М.В. Сурсо.</i> Структура урожаев семян лиственницы в зависимости от условий опыления	19
МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ	
<i>Е.Н. Покровская, И.В. Котенева.</i> Изучение древесины памятников деревянного зодчества	23
<i>Д.Ю. Стрельцов, М.А. Тарасов.</i> Влияние трещин на напряженное состояние деревянных балок	27
<i>Р.Е. Калитеевский, В.В. Корнеев.</i> Особенности сушки пиломатериалов, выпиленных из различных зон бревна	34
<i>А.Р. Бирман.</i> Производство облицовочных деревянных покрытий в условиях лесопромышленных складов	39
ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ	
<i>М.Г. Мутовина, Т.А. Бондарева, В.А. Кирсанов, Н.Е. Самсонов, Б.В. Орехов.</i> Внедрение новой технологии варки на сульфитцеллюлозных заводах России расширяет сырьевую базу, повышает эффективность и улучшает экологию отрасли	45
<i>Е.В. Дьякова, В.И. Комаров, А.В. Гурьев, В.П. Елькин, В.И. Горшков, Н.А. Каунихин.</i> Разработка и внедрение технологии варки полуфабриката для тарного картона	53
<i>Т.А. Королева, Ю.В. Севастьянова, М.А. Холмова, Л.А. Миловидова, Г.В. Комарова, В.И. Комаров.</i> Повышение эффективности использования пероксида водорода и диоксида хлора при отбелке лиственной сульфатной целлюлозы	61
<i>Т.Б. Печурина, Л.А. Миловидова, Г.В. Комарова, В.И. Комаров.</i> Влияние добавок диспергантов на изменение состояния смолы и содержание экстрактивных веществ в лиственной сульфатной целлюлозе	67
<i>А.В. Федоров, О.Ю. Деркачева, Д.А. Сухов.</i> К вопросу оценки степени делигнификации целлюлозы в процессе ее отбели	75
<i>Н.В. Сысоева, А.В. Гурьев, В.И. Комаров.</i> Технологическое регулирование жесткости картона-лайнера в размольно-подготовительном отделе	81
<i>Я.В. Казаков, В.И. Комаров.</i> К вопросу о растрескивании наружного слоя картона-лайнера при рилевке и фальцовке гофрокартона	94
<i>Е.А. Челпанова, Д.Г. Чухчин, Я.В. Казаков, В.И. Комаров, О.М. Соколов.</i> Совершенствование метода определения адгезиозных свойств клеевого шва целлюлозно-бумажных материалов	100
<i>Б.Я. Зорин, Е.А. Демченко, В.М. Тришин, А.И. Киприанов.</i> Исследование химического состава фенольной фракции копильного препарата методом хромато-масс-спектрометрии	106
<i>М.В. Ефанов, А.И. Галочкин.</i> Нитрование древесины осины при механохимической обработке	111

<i>И. Фирсов.</i> Использование древесных отходов при очистке лесохимических стоков.....	115
<i>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</i>	
<i>А.В. Воронин.</i> Многоэтапные задачи планирования и управления материальными потоками в вертикально-интегрированных структурах лесопромышленного комплекса.....	123
<i>В.А. Кузнецов.</i> Планирование погрузки готовой продукции целлюлозно-бумажного комбината в транспортные средства	133
<i>Е.С. Романов.</i> Отраслевые структуры промышленности в Северном регионе.....	141
<i>Г.П. Бутко.</i> Система обеспечения конкурентоспособности организаций лесопромышленного комплекса.....	146
<i>И.В. Шутков.</i> Реформы в управлении лесным хозяйством России.....	152
<i>МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ</i>	
<i>Я.Ф. Молнар.</i> Индивидуальный план как инструмент системы мотивации и аттестации профессорско-преподавательского состава.....	167
<i>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ</i>	
<i>В.И. Мелехов, А. В. Волков.</i> Повышение качества сушки пиломатериалов в лесосушильных камерах периодического действия.....	173
<i>В.Г. Лисиенко, А.В. Мехренцев, Ю.А. Ширнин.</i> Энергетический анализ технологических процессов лесозаготовки.....	177
<i>А.Д. Голяков, О.А. Лисицына.</i> Исследование конструктивных свойств сосновых пиломатериалов.....	184
<i>Е.С. Романов, О.А. Головизнина.</i> Основные средства, фонды, основной капитал: вопросы терминологии.....	188
<i>ИСТОРИЯ НАУКИ</i>	
<i>Л.Н. Наумова, И. А. Грачев.</i> Памяти Александра Васильевича Грачева (к 90-летию со дня рождения).....	191
<i>КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ</i>	
<i>Б.Н. Уголев.</i> Брянская сессия и семинар Координационного совета по древесиноведению.....	194
<i>КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ</i>	
<i>Н.А. Бабич.</i> Книга уральских лесоводов.....	196
<i>Г.А. Чибисов.</i> Новая книга о притундровом лесоводстве.....	197
<i>Г.И. Редько.</i> О новых книгах профессора М.Д. Мерзленко.....	199
<i>Е.Н. Наквасина.</i> Интересная книга.....	200
<i>ЮБИЛЕИ</i>	
<i>В.К. Попов, В.К. Курьянов.</i> Владиславу Сергеевичу Петровскому – 70 лет.....	203
<i>Н.В. Петухов, А.М. Невидомов, В.К. Хлюстов, В.Я. Бондарев, В.В. Шишов, С.А. Наумов, Н.Н. Довбня.</i> Ветерану лесостроительства, лесоводу-экологу Владимиру Васильевичу Сидоренко – 75 лет.....	205
<i>НЕКРОЛОГИ</i>	
<i>Н.Н. Довбня, С.А. Наумов, В.К. Хлюстов, В.Я. Бондарев, А.М. Невидомов, В.П. Короткий, И.А. Киров, Н.Г. Коротков, В.Я. Половкович, А.А. Нефедов, В.П. Смирнов, Б.А. Радбиль.</i> Памяти Анатолия Михайловича Кирова.....	208
<i>Коллектив ЦНИЛХИ.</i> Памяти Петра Павловича Полякова.....	210



CONTENTS

<i>V.I. Onegin. Forest Education and Science – 200 years.....</i>	1
FORESTRY	
<i>O.M. Poleshchuk, V.A. Frolova. State Rating Values of Urban Stands Based on Fuzzy Multitude Theory Method.....</i>	7
<i>A.A. Afonin. Shoots Variability of White Willow.....</i>	15
<i>M.V. Surso. Structure of Larch Seeds Yield Depending on Pollination Conditions.....</i>	19
MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE	
<i>E.N. Pokrovskaya, I.V. Koteneva. Study of Wood of Wooden Architecture Monuments.....</i>	23
<i>D.Yu. Streltsov, M.A. Tarasov. Influence of Cracks on Stress Condition of Wooden Beams... </i>	27
<i>R.E. Kaliteevsky, V.V. Korneev. Peculiarity of Drying Sawn Wood Cut from Different Log Zones.....</i>	34
<i>A.R. Birman. Production of Facing Wooden Coverings in Conditions of Forest- industrial Stocks.....</i>	39
CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD	
<i>M.G. Mutovina, T. A. Bondareva, V. A. Kirsanov, N. E. Samsonov, B. V. Orekhov. Implementation of New Cooking Technology at Sulfite-pulp Mills of Russia Extends Raw-material Base, Increases Efficiency and Improves Ecology.....</i>	45
<i>E.V. Dyakova, V. I. Komarov, A. V. Gurjev, V. P. Elkin, V. I. Gorshkov, N. A. Kaunikhin. Development and Introduction of Semi-finished Product Cooking Technology for Containerboard.....</i>	53
<i>T.A. Koroleva, Yu. V. Sevastjanova, M. A. Kholmova, L. A. Milovidova, G. V. Komarova, V. I. Komarov. Increasing Efficiency of Using Hydrogen Peroxide and Chlorine Dioxide under Bleaching Sulphate Softwood Pulp.....</i>	61
<i>T.B. Pechurina, L.A. Milovidova, G.V. Komarova, V. I. Komarov. Influence of Dispergant Additives on Resin State Changing and Extractives Content in Sulphate Softwood Pulp.....</i>	67
<i>A.V. Fedorov, O.Yu. Derkacheva, D. A. Sukhov. On Assessment of Pulp Delignification Degree in Bleaching.....</i>	75
<i>N.V. Sysoeva, A.V. Gurjev, V.I.Komarov. Technological Control of Kraft Liner Hardness in Milling-preparation Department</i>	81
<i>Ya.V. Kazakov, V.I. Komarov. On Cracking Kraft Liner under Creasing and Seaming of Corrugated Cardboard.....</i>	94
<i>E. A. Chelpanova, D. G. Chukhchin, Ya. V Kazakov, V. I. Komarov, O. M. Sokolov. Improving Method for Determining Adhesive Characteristics of Seal of Pulp-and-paper Materials.....</i>	100
<i>B.Ya. Zorin, E. A. Demchenko, V. M. Trishin, A. I. Kiprianov. Chemical Composition Investigation of Smoker Phenol Fraction by Chromato-mass- spectrometry Method.....</i>	106
<i>M.V. Efanov, A.I. Galochkin. Nitration of Aspen Wood under Mechanochemical Treatment.....</i>	111
<i>A.I. Firsov. Use of Wood Wastes for Treatment of Effluents of Forest-chemical Industry</i>	115
ECONOMICS AND MANAGEMENT	
<i>A.V. Voronin. Multistage Tasks of Planning and Managing Material Flows in</i>	

Vertical-integrated Structures of Forest Industry.....	123
V.A. Kuznetsov. Planning of Loading Finished Products of Pulp-and-paper Mill on Vehicles	133
E.S. Romanov. Industrial Branch Structures in the Northern Region.....	141
G.P. Butko. System of Competitiveness Provision of Forest-industrial Companies.....	146
I.V. Shutov. Reforms of Forestry Management in Russia.....	152
<i>METHODS AND PRACTICAL EXPERIENCE OF TEACHING</i>	
Ya.F. Molnar. Individual Plan as Tool of Motivation System and Professor-and-Teachers Evaluation.....	167
<i>SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE</i>	
V.I. Melekhov, A.V. Volkov. Upgrading Quality of Sawn Timber Drying in Drying Kilns of Periodic Operation.....	173
V.G. Lisienko, A.V. Mekhrentsev, Yu. A. Shirmin. Energy Analysis of Forest Exploitation Processing.....	177
A.D. Golyakov, O.A. Lisitsyna. Investigation of Structural Properties of Pine Sawn Timber...	184
E.S. Romanov, O.A. Goloviznina. Fixed Assets: Questions of Terminology.....	188
<i>HISTORY OF SCIENCE</i>	
L.N. Haumova, I. A. Grachev. In Memory of Alexander V. Grachev (to 90 th birthday).	191
<i>SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES</i>	
B.N. Ugolev. Bryansk Session and Seminar of Coordination Council in Wood Science...	194
<i>CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY</i>	
N.A. Babich. Book of Ural Foresters.....	196
G.A. Chibisov. New Book on Pretundra Forestry.....	197
G.I. Redko. On New Books of Professor M.D. Merzlenko.....	199
E.N. Nakvasina. Interesting Book.....	200
<i>JUBILEES</i>	
V.K. Popov, V.K. Kurjanov. Vladislav S. Petrovsky - 70 years old.....	203
N.V. Petukhov, A.M. Nevidomov, V.K.Khlyustov, V.Ya.Bondarev, V.V Shishov, S.A.Naumov, N.N. Dovbnaya. Vladimir V. Sidorenko, Veteran of Forest Organization, Forester and Ecologist, is 75 years old.....	205
<i>NECROLOGUE</i>	
N.N. Dovbnaya, S. A. Naumov, V. K. Khlyustov, V. Ya. Bondarev, A. M. Nevidomov, V. P. Korotky, I.A. Kirov, N.G. Korotkov, V. Ya. Polovkovich, A. A. Nefedov, V. P. Smirnov, B.A. Radbil. In memory of Anatoly M. Kirov.....	208
Staff of Central Scientific-research Forest-chemical Institute. In memory of Peter Polyakov...	210

УДК 378.962:06.091.5

В.И. Онегин

ЛЕСНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ И НАУКЕ – 200 ЛЕТ

Верим в будущее, сохраняя традиции.

Человечество вступило в XXI век. Начавшееся столетие уже заявляет о себе возросшими скоростями политических и экономических процессов, обострением мировых проблем, научными открытиями и прорывными технологиями. Это время новых возможностей, но и новых императивов.

Атмосфера рубежа столетий обязывает нас, деятелей высшего образования, проявлять максимум заботы о будущем России, увеличении вклада высшей школы в государственно-политическое строительство и социально-экономическое развитие страны.

200 лет – это совсем немного... с точки мировой истории или хотя бы существования леса. Но в этих двух веках – вся история лесной науки и образования в России. Российская высшая школа выросла на фундаменте западноевропейского высшего образования, в основном немецкого, и превратилась в одну из ведущих в мире, стала достойным продолжателем традиций мировых университетов. Уместно вспомнить слова академика Д.С. Лихачева: «Университеты Европы – это, прежде всего, огромнейшие хранители и «усвоители» других культур, где эти культуры переосмысливались как свои, нужные, целебные и питающие».

Наша высшая школа пошла таким же путем и способствовала тому, что Россия – уникальное, единственное в мире евроазиатское государство, где проживает более 150 народов, обладающих огромным культурным, творческим и научным потенциалом, – стала неотъемлемой частью мировой культуры, и ей предстоит внести весомый вклад в формирование цивилизации XXI века.

Сегодня российская высшая лесная школа вызывает все больший интерес к себе, что является залогом укрепления ее международного авторитета, продолжения сотрудничества мировых образовательных систем.

История высшего лесного образования России ведет отсчет с 1803 г., когда императором Александром I был утвержден доклад министра финансов графа А.И. Васильева «Об учреждении практического лесного училища». 19 мая в Царском Селе был открыт Лесной институт. Долгое время он оставался единственным высшим учебным заведением в государстве, которое занималось вопросами леса, всегда актуальными для России.

Тогда первыми задачами русской лесной школы были учет леса, лесовосстановление, борьба с пожарами. Но уже к концу XIX в. в Лесном институте была сформирована концепция рационального использования леса, возникла необходимость в инженерных специальностях.

Занятия начались в октябре 1803 г. Первый выпуск составил 9 человек.

Первым наставником и управляющим Царскосельского лесного института был курляндский дворянин фон Штейн.

В 1811 г. Лесной институт был переведен в С.-Петербург, первоначально на Екатерининский канал, а затем в Лесное на Выборгской стороне, к нему присоединен Орловский практическо-теоретический лесной институт. Новому учебному заведению присвоено наименование С.-Петербургский форст-институт.

В 1813 г. С.-Петербургский форст-институт переименован в С.-Петербургский практический лесной институт. Число учащихся с 10 увеличилось до 50 человек, а к 1829 г. доведено до 78 человек.

В 1831 г. появился первый учебник лесоводства на русском языке «Начертание правил лесоводства», написанный П. Перельгиным.

В 1834 г. по инициативе министра финансов графа Е.Ф. Канкринна образовано Лисинское учебное лесничество «для образованного, устроенного в большом виде лесоводства и для введения воспитанников С.-Петербургского лесного института в надлежащую практику...»

В дальнейшем создано еще несколько учебно-опытных хозяйств, в том числе нынешний Охтинский учебно-опытный лесхоз, с 1902 г. – Охтинская дача, парк и дендрарий при институте. Охтинскую дачу устраивал и затем руководил ею проф. А.Ф. Рудзкий.

В 1837 г. институт реорганизован по типу военно-учебных заведений и представлял батальон, разбитый на роты. Лесная рота («лешие», по выражению императора Николая I) участвовала в военных парадах.

В 1882–1884 гг. напечатаны первые отчеты о деятельности института в виде приложения к «Лесному журналу», в 1886–1888, 1891 гг. выпущены «Ежегодники С.-Петербургского лесного института», а с 1898 г. – «Известия С.-Петербургского лесного института».

В 1902 г. вышло новое положение, по которому в учебном плане больше внимания уделено практическим занятиям, увеличено время летних практик, введена квалификационная работа в казенных лесах, защищаемая в особых комиссиях.

К столетнему юбилею институту было присвоено звание Императорского.

1917 г. – на первом съезде лесничих, проходившем в Лесном институте с 28 апреля по 2 мая, был учрежден союз лесоводов.

В 1918–1919 гг. совет Лесного института разработал «Временное положение о Петроградском лесном институте».

1 сентября 1929 г. организованы три факультета:

лесохозяйственный с лесокультурным и лесоэкономическим отделениями,

лесотехнологический с механическим и химическим отделениями,

лесоинженерный с транспортно-заготовительным, лесомелиоративным и торфяным отделениями.

1 января 1930 года Лесной институт переименован в Ленинградскую лесотехническую академию. ЛТА имеет статус основного лесного вуза страны: готовит кадры для народного хозяйства и других лесных высших учебных заведений.

С 1935 г. ЛТА носит имя С.М. Кирова.

В годы Великой Отечественной войны ЛТА прекратила учебные занятия. Оставшиеся в городе преподаватели и студенты в мастерских и лабораториях академии изготавливали продукцию для военных целей.

1945 г. – возобновлены занятия в ЛТА.

В 1953 г. в ознаменование 150-летия со дня основания и за достигнутые успехи в подготовке специалистов высокой квалификации академия награждена орденом Ленина.

1992 г. – введена многоуровневая структура высшего образования.

1996 г. – первый выпуск бакалавров.

1998–1999 гг. – первые выпуски магистров. Большинство магистров приняты в аспирантуру ЛТА, в другие вузы и НИИ.

И сегодня образовательная и научная деятельность академии ведется по широкому спектру специальностей для лесной промышленности: лесное и лесопарковое хозяйство, лесоинженерное дело и технология деревообработки, химическая переработка древесины, машины и оборудование лесного комплекса, информационные системы, экономика и управление, бухгалтер и аудит, стандартизация и сертификация, автоматизация производств и безопасность жизнедеятельности человека. Многие из наших специальностей уникальны. Например, только в С.-Петербургской лесотехнической академии (это название она имеет с 1991 г.) существует такая специализация, как технология деревянных музыкальных инструментов.

Лесное российское образование всегда отличалось последовательностью и вместе с тем открытостью для новых течений. Но самое главное – широкий профиль подготовки специалистов. Академичность образования, непрерывность учебного процесса, широта полученных знаний – отличительные характеристики российской высшей школы, и они в полной мере относятся к Лесотехнической академии.

Мировая практика последних лет доказывает, что рациональный подход к использованию леса не только не влечет стремительного убывания лесных массивов, а обеспечивает их прирост, положительно влияя на качество леса. Уже сегодня человек научился брать у природы так необходимую ему древесину, оставляя после себя не пустыри, а возможность для леса расти и развиваться. Реализовать эти умения, организовать эксплуатацию леса в соответствии с современными требованиями экологии и экономики в состоянии только грамотные специалисты, всесторонне подготовленные люди. Ученые пророчат тот день, когда высшее образование станет условием работы на всех уровнях лесного комплекса. Совершенство техники, необходимость четкого расчета процесса предполагают высочайшую профессиональную подготовку каждого работающего: от министра до водителя лесовозной машины.

Для России, страны, где лес всегда играл принципиальную экономическую роль, сохранение школы, передача профессионального мастерства от поколения к поколению – гарантия нормального функционирования всех связанных с лесом областей промышленности.

Последние годы внесли массу перемен в структуру и специфику лесного комплекса России. Но неизменны требования к профессиональным качествам специалистов. И обеспечить соответствующий уровень их подготовки – задача отечественной высшей школы, в том числе и Лесотехнической академии, старейшего лесного вуза страны, со всем ее научным потенциалом и накопленным опытом.

С.-Петербургская лесотехническая академия сегодня – одно из крупнейших государственных высших учебных заведений России, которое реализует образовательные программы, осуществляет подготовку, переподготовку и повышение квалификации специалистов для производственной, научной и педагогической деятельности в области лесного хозяйства, лесной, деревообрабатывающей, лесохимической, целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности; выполняет фундаментальные и прикладные научные исследования.

Академия была и остается лидером в разработке новых научных направлений во всех отраслях лесного комплекса. Коллективы ведущих ученых способны решать фундаментальные и прикладные научные задачи по лесовосстановлению, защите и охране лесов, механической и химической переработке древесины, экономике лесного хозяйства, лесной промышленности и лесной политике – по всем проблемам, связанным с лесом.

Научные разработки Лесотехнической академии всегда находили спрос как на внутреннем, так и зарубежном рынках. Мы говорим о мировом уровне российской лесной науки и лесного образования. Учеными вуза разработана технология получения биологически активных продуктов из коры, живицы и древесной зелени для сельского хозяйства, медицины и косметической промышленности, предложен новый экологически безопасный и эффективный метод стерилизации древесины, создаются новые конкурентоспособные целлюлозные композиционные материалы, тепло- и звукоизолирующие деревянные оконные, дверные и стеновые панели и т. д. Перспективные научные работы ведутся в области геоинформационных систем, анализа тенденций роста лесов. Осуществляется наблюдение за состоянием городских насаждений, специалисты академии регулярно привлекаются для проведения экспертиз и консультаций.

Было бы наивным думать, что проблемы лесного комплекса решаются усилиями специалистов только Лесотехнической академии. Она традиционно находится в творческом и интеллектуальном сотрудничестве со всеми учебными заведениями России, многими университетами Европы, Америки и Азии. Установились деловые и личностные контакты студентов, аспирантов, научных сотрудников и преподавателей, позволяющие использовать опыт других организаций как в учебном процессе, так и в разноплановых научных разработках. Большое значение имеет знакомство

наших специалистов с научными публикациями коллег других университетов. Эти добрые творческие традиции и дружба прошлых и ныне живущих поколений профессоров и преподавателей живы, что является залогом сохранения системы как в области профессиональных образовательных программ, так и в научной деятельности.

В сложные годы политических и экономических преобразований в нашей стране заметно снизились взаимные контакты, но мы уверены, что для мыслящих людей не существует границ, и знаем, что придет время, когда неустанный поиск нового вознесет наши взаимоотношения на несравненно большую высоту. В академии действует Международный центр лесного хозяйства и лесной промышленности, благодаря чему ЛГА обладает всей необходимой современной информацией и является непосредственным участником текущих международных процессов.

В настоящий момент все большую активность приобретают проблемы интеграции лесного хозяйства и лесной промышленности, которые нашли отражение в правительственных решениях и международных соглашениях по устойчивому управлению лесами и сертификации лесной продукции. Академия ведет несколько образовательных и международных проектов в этой области, в которых одновременно участвуют специалисты лесного хозяйства, лесной промышленности и экономики.

Основной задачей высшей школы остается подготовка специалистов лесного комплекса. Исторически сложилось, что в Лесотехнической академии всегда был велик процент студентов, приехавших с мест, чтобы получить необходимые знания для дальнейшей работы в уже выбранной области деятельности. И в настоящий момент 57 % студентов академии – люди, которые уже связали свою жизнь с лесным комплексом. География поступающих велика: от Камчатки до западных границ страны. Так же велика география мест, где работают наши выпускники. Но и С.-Петербург, и Ленинградская область занимают в лесном хозяйстве России заметное место. Это 80 % научно-технического потенциала, ведущие исследовательские институты, крупные предприятия.

На территории России насчитывается более 30 тыс. предприятий разных форм собственности, имеющих непосредственное отношение к лесопромышленному комплексу. И сегодня, когда мы наблюдаем динамичное развитие предприятий лесного комплекса, спрос на специалистов, которых выпускает академия, превышает число выпускников.

В последние годы значительно изменились требования к специалистам для лесной промышленности. Дело в том, что предприятия лесопромышленного комплекса на 94 % акционированы. И основное требование промышленников, находящихся сегодня в непростых экономических условиях и конкурентной борьбе, – стопроцентная готовность молодых специалистов к практической работе. Но мало кто понимает, что это условие невыполнимо для высшей школы, так как высшее образование и конкретные практические навыки – разные вещи, требующие не только различных под-

ходов к обучению, но и принципиально иной материально-технической базы.

Сегодня необходим поиск новых решений в организации учебного процесса и практики молодых специалистов. И Лесотехническая академия, всегда ориентирующаяся на нужды лесного сектора, готова искать и находить новые методы работы с предприятиями. Мы готовы идти навстречу промышленникам и выполнять их заказ на специалистов необходимой квалификации, навыков и умений при условии искренней заинтересованности и способности к ответным действиям. На наш взгляд, подготовка специалистов к конкретной практической работе – это общее дело высшей школы и предприятий лесопромышленного комплекса. Только вместе можно выработать новые методы подготовки специалистов в точном соответствии с непрерывно меняющимися требованиями современной экономики и законами бизнеса, временем, в котором живем.

Двухсотлетний юбилей – повод не только для праздника и подведения итогов, но и для серьезных раздумий о судьбе высшего образования в России. В настоящее время многие вузы страны ощущают острый недостаток в новых преподавательских кадрах. Молодежь не остается в высшей школе. Эта проблема представляется серьезной угрозой целостности и уровню высшего отечественного образования. Решать ее можно и нужно на государственном уровне.

Хочется надеяться, что за прошедшие 200 лет не исчезло понимание исключительной важности и необходимости сильной лесной науки и практики для процветания государства.

История одного из крупнейших высших учебных заведений, пережившего сложные политические и экономические преобразования в России, свидетельствуют о том, что отечественная наука, педагогика и студенчество остаются верными своим основным задачам – сохранения, умножения и передачи накопленных знаний и опыта.

Мощные корни нестареющего вуза продолжают расти и развиваться, умножая его потенциал и питая научными идеями и профессиональными кадрами ветвистую крону лесного комплекса.

V.I. Onegin

Forest Education and Science - 200 years



УДК 681.3: 625.77: 581.5

О.М. Полещук, В.А. Фролова

Фролова Вера Алексеевна родилась в 1975г., окончила в 1997 г. Московский государственный университет леса, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садово-паркового строительства и ландшафтной архитектуры МГУЛ. Имеет 16 печатных работ в области исследований экологии и состояния городских зеленых насаждений.



РЕЙТИНГОВЫЕ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

На основе аппарата теории нечетких множеств предложена методика определения рейтинговых оценок и рейтинга состояния различных видов растений, произрастающих на бульварах Москвы в различных экологических условиях.

Ключевые слова: лингвистическая шкала, оценка состояния насаждений, параметры функций принадлежности, рейтинг.

Визуальная оценка состояния насаждений широко применяется при решении многих задач. Это мониторинг состояния насаждений; выявление видов насаждений, наиболее адаптированных к произрастанию в сложных экологических условиях; оценка долговечности древесных растений в городских условиях; контроль приживаемости растений на объектах озеленения и т. д.

Процесс визуального обследования насаждений заключается в отнесении отдельных экземпляров растений к той или иной категории состояния в рамках подходящей лингвистической шкалы. В настоящей работе была использована шкала с семью категориями состояния: старый сухостой, свежий сухостой, усыхающее, сильно ослабленное, среднеослабленное, умеренно ослабленное, здоровое без признаков ослабления [4, 6]. Использование лингвистической шкалы вполне естественно и удобно для лица, производящего оценку (ЛПО), поскольку она воспроизводит мыслительные категории человека, для которого гораздо проще словесно описать интенсивность проявления изучаемого признака, чем напрямую дать количест-

венную оценку. Однако вместе с удобством применения лингвистическая шкала вносит заложенную в ней нечеткость в процесс оценки и дальнейшей обработки полученных результатов. Нечеткость возникает всегда, когда при описании объекта используются слова естественного языка [1]. Даже высококвалифицированный специалист не всегда может с полной уверенностью отнести оцениваемое растение только к одной из семи категорий состояния. ЛПО, как правило, имеет достаточный опыт, поэтому не может отнести растение к двум не соседним категориям состояния или к трем и более категориям одновременно. Специфика оценки на основе лингвистической шкалы не позволяет применить к полученным результатам методы традиционного математического аппарата. Необходимо разработать новые методы на основе аппарата теории нечетких множеств [8], базовым понятием которой является лингвистическая переменная [1].

Для формализации понятия «состояние насаждений» построим лингвистические переменные с терм-множествами $a_i, i = \overline{1, 7}$: $a_1 = \{\text{старый сухой}\}$, $a_2 = \{\text{свежий сухой}\}$, $a_3 = \{\text{усыхающее}\}$, $a_4 = \{\text{сильно ослабленное}\}$, $a_5 = \{\text{среднеослабленное}\}$, $a_6 = \{\text{умеренно ослабленное}\}$, $a_7 = \{\text{здоровое}\}$. Для того чтобы построить лингвистическую переменную, необходимо определить функции принадлежности ее терм-множеств, т. е. степень оттеночной уверенности ЛПО в принадлежности оцениваемого объекта к конкретному терм-множеству. Эти функции будем строить на универсальном множестве лингвистической переменной – отрезке $[0, 1]$ и накладывать на них логичные требования:

у всех терм-множеств существуют типичные представители, для которых функция принадлежности тождественно равна единице (степень оттеночной уверенности ЛПО в их принадлежности данному терм-множеству равна единице);

каждый объект может быть отнесен хотя бы к одному терм-множеству с ненулевым значением функции принадлежности (ненулевой степенью уверенности ЛПО);

сумма значений функций принадлежности всех терм-множеств объекта равна единице (сумма оттеночных уверенностей ЛПО равна единице);

слева от типичного для терм-множества отрезка функция принадлежности возрастает, а справа убывает (требование плавности границ между соседними терм-множествами).

Представление изучаемых признаков в виде лингвистических переменных позволяет оперировать с единичными для этих признаков понятиями – функциями принадлежности их терм-множеств. В этом состоит преимущество методов теории нечетких множеств по сравнению, например, с классическими методами многомерного шкалирования, в соответствии с которыми исследователи пытаются строить сомнительного рода свертки несовместимых по своей внутренней сути и несоизмеримых в одной шкале показателей. Кроме того, лингвистическая шкала имеет ряд преимуществ перед порядковой, в которой обычно измеряются качественные признаки. В поряд-

ковой шкале некорректны все арифметические операции [3], и применение их на практике приводит к неустойчивости полученных выводов (например при нахождении рейтинговых оценок). В лингвистической шкале обобщенные операции над ее нечеткими элементами определены на другой категорической основе (обычная арифметика заменена в частном случае минимаксными операциями, а в общем случае операциями на основе t -норм и t -конорм [1]). Подобный подход позволяет получать для ряда задач устойчивые выводы, адекватные реальности.

В настоящей работе рассматриваются данные, полученные в 1997–2001 гг. при обследовании насаждений г. Москвы в рамках общегородского мониторинга состояния зеленых насаждений [2, 7]. Для анализа были отобраны данные о состоянии наиболее широко представленных 17 видов древесных и кустарниковых растений в насаждениях Бульварного кольца Москвы (обследовано 4084 растения) и таких же видов на бульварах, удаленных от центра города (5022 растения).

В настоящей статье на основе методов теории нечетких множеств разработана методика анализа полученной в ходе обследования информации и определения в ее рамках рейтинговых оценок и рейтинга состояния 17 видов древесных и кустарниковых растений, произрастающих в различных по сложности экологических условиях на Бульварном кольце и других бульварах Москвы. Разработана также методика определения общей рейтинговой оценки и общего рейтинга состояния видов растений для всех обследованных насаждений на объектах озеленения данного типа – бульварах. Обозначим: $k_{ij}^1, i = \overline{1, 17}, j = \overline{1, 7}$ – относительное содержание растений i -го вида в насаждениях Бульварного кольца, отнесенных к j -му состоянию; $k_{ij}^2, i = \overline{1, 17}, j = \overline{1, 7}$ – то же в насаждениях других бульваров; $k_j^1, j = \overline{1, 7}$ – относительное содержание растений 17 видов в насаждениях Бульварного кольца, отнесенных к j -му состоянию; $k_j^2, j = \overline{1, 7}$ – то же в насаждениях других бульваров.

Для Бульварного кольца $k_1^1 = 0,009$; $k_2^1 = 0,010$; $k_3^1 = 0,030$; $k_4^1 = 0,130$; $k_5^1 = 0,289$; $k_6^1 = 0,437$; $k_7^1 = 0,095$; для других бульваров $k_1^2 = 0,004$; $k_2^2 = 0,049$; $k_3^2 = 0,058$; $k_4^2 = 0,269$; $k_5^2 = 0,430$; $k_6^2 = 0,149$; $k_7^2 = 0,042$. Значения k_{ij}^1 и k_{ij}^2 приведены в табл. 1.

По относительному содержанию растений i -го вида построим лингвистические переменные $X_1 =$ «состояние насаждений на Бульварном кольце» и $X_2 =$ «состояние насаждений на других бульварах» [5] на универсальном множестве – отрезке $[0, 1]$. Точка $x = 0$ соответствует наихудшему состоянию насаждений и является типичной (функция принадлежности равна единице) для терм-множества a_1 , точка $x = 1$ соответствует наилучшему состоянию насаждений и является типичной (функция принадлежности равна единице) для терм-множества a_7 . Поставим в соответствие терм-множествам

Таблица 1

Вид растения	Бульварное кольцо							Другие бульвары						
	k_{i1}^1	k_{i2}^1	k_{i3}^1	k_{i4}^1	k_{i5}^1	k_{i6}^1	k_{i7}^1	k_{i1}^2	k_{i2}^2	k_{i3}^2	k_{i4}^2	k_{i5}^2	k_{i6}^2	k_{i7}^2
1. Береза бородавчатая	0,090	0,180	0,000	0,180	0,180	0,370	0,000	0,009	0,032	0,060	0,100	0,660	0,070	0,069
2. Боярышник полумягкий	0,000	0,000	0,040	0,149	0,400	0,260	0,151	0,000	0,009	0,180	0,290	0,450	0,030	0,041
3. Вяз гладкий	0,000	0,005	0,014	0,057	0,220	0,650	0,054	0,000	0,020	0,048	0,510	0,296	0,060	0,066
4. « шершавый	0,023	0,000	0,018	0,123	0,220	0,474	0,142	0,022	0,000	0,043	0,365	0,365	0,182	0,023
5. Боярышник однопестичный	0,000	0,000	0,000	0,040	0,240	0,680	0,040	0,000	0,054	0,055	0,363	0,253	0,154	0,121
6. Кизильник блестящий	0,000	0,000	0,000	0,083	0,125	0,670	0,122	0,000	0,000	0,050	0,230	0,670	0,050	0,000
7. Клен остролистный	0,023	0,008	0,031	0,160	0,183	0,400	0,195	0,006	0,054	0,030	0,087	0,468	0,235	0,120
8. « татарский	0,000	0,052	0,069	0,069	0,276	0,413	0,121	0,000	0,000	0,000	0,139	0,805	0,028	0,028
9. « ясенелистный	0,000	0,000	0,014	0,220	0,324	0,408	0,034	0,000	0,026	0,068	0,273	0,462	0,120	0,051
10. Липа крупнолистная	0,002	0,009	0,022	0,087	0,274	0,426	0,180	0,000	0,008	0,061	0,220	0,365	0,262	0,084
11. « мелколистная	0,005	0,008	0,050	0,140	0,336	0,392	0,069	0,000	0,027	0,073	0,304	0,419	0,145	0,032
12. Сирень венгерская	0,020	0,010	0,040	0,131	0,354	0,374	0,071	0,014	0,021	0,021	0,119	0,594	0,203	0,028
13. « обыкновенная	0,000	0,005	0,018	0,074	0,310	0,490	0,103	0,010	0,019	0,060	0,235	0,413	0,255	0,008
14. Тополь душистый	0,023	0,058	0,058	0,058	0,151	0,477	0,175	0,000	0,019	0,029	0,466	0,310	0,049	0,127
15. « бальзамический	0,039	0,031	0,035	0,117	0,190	0,432	0,156	0,001	0,160	0,037	0,303	0,417	0,070	0,012
16. Ясень обыкновенный	0,000	0,000	0,077	0,000	0,307	0,462	0,154	0,000	0,079	0,048	0,190	0,365	0,270	0,048
17. « пенсильванский	0,003	0,002	0,012	0,161	0,326	0,447	0,049	0,003	0,062	0,074	0,356	0,411	0,067	0,027

$a_i, i = \overline{1, 7}$ лингвистических переменных X_1, X_2 нечеткие множества с трапециoidalными функциями принадлежности, которые однозначно определяются четырьмя параметрами – абсциссами точек излома их графиков [5]. Параметры функций принадлежности $\mu_j^1, j = \overline{1, 7}$ терм-множеств лингвистической переменной X_1 и функций принадлежности $\mu_j^2, j = \overline{1, 7}$ терм-множеств лингвистической переменной X_2 приведены в табл. 2.

Функции принадлежности нечетких рейтинговых множеств, описывающих состояние 17 представленных в табл. 1 видов растений в насаждениях Бульварного кольца, определим формулой

$$\lambda_i^1 = k_{i1}^1 \otimes \mu_1^1 \oplus k_{i2}^1 \otimes \mu_2^1 \oplus \dots \oplus k_{i7}^1 \otimes \mu_7^1,$$

в насаждениях других бульваров – формулой

$$\lambda_i^2 = k_{i1}^2 \otimes \mu_1^2 \oplus k_{i2}^2 \otimes \mu_2^2 \oplus \dots \oplus k_{i7}^2 \otimes \mu_7^2,$$

в общем в насаждениях бульваров Москвы – формулой

$$\lambda_i = \lambda_i^1 \oplus \lambda_i^2,$$

где \otimes, \oplus – соответственно обобщенные операции умножения и сложения.

Таблица 2

Параметр	Значение параметров [5]			
	Бульварное кольцо			
μ_1^1	0,000	0,000	0,004	0,013
μ_2^1	0,004	0,013	0,013	0,023
μ_3^1	0,013	0,023	0,034	0,065
μ_4^1	0,034	0,065	0,114	0,244
μ_5^1	0,114	0,244	0,324	0,613
μ_6^1	0,324	0,613	0,858	0,953
μ_7^1	0,858	0,953	1,000	1,000
	Другие бульвары			
μ_1^2	0,000	0,000	0,002	0,006
μ_2^2	0,002	0,006	0,028	0,077
μ_3^2	0,028	0,077	0,082	0,140
μ_4^2	0,082	0,140	0,245	0,514
μ_5^2	0,245	0,514	0,735	0,884
μ_6^2	0,735	0,884	0,937	0,979
μ_7^2	0,937	0,979	1,000	1,000

Поскольку мы работаем с функциями принадлежности трапециевидального вида, то параметры функций принадлежности λ_i^1, λ_i^2 в результате этих операций находятся покомпонентным умножением на числа $k_j^1, j = \overline{1, 7}$ и $k_j^2, j = \overline{1, 7}$ параметров функций принадлежности соответственно $\mu_j^1, j = \overline{1, 7}$ и $\mu_j^2, j = \overline{1, 7}$ с последующим их сложением. Параметры функций принадлежности λ_i находятся покомпонентным сложением параметров функций принадлежности λ_i^1 и λ_i^2 . Общая рейтинговая оценка и общий рейтинг видов растений в насаждениях бульваров Москвы строится с учетом промежуточных рейтинговых оценок видов растений в насаждениях Бульварного кольца и других бульваров. Конечно, это не единственный способ построения общей рейтинговой оценки. Она может быть сделана без детализации промежуточных рейтингов, но на практике часто ставится задача максимального учета именно промежуточной информации, что и демонстрирует предложенная методика. Поскольку применяемые операции построены на основе минимаксных операторов, они не являются традиционными арифметическими операциями между числами. Рейтинговые оценки для всех 17 видов растений в насаждениях Бульварного кольца найдем по формуле

$$c_i^1 = \frac{\int_0^1 x \lambda_i^1 dx}{\int_0^1 \lambda_i^1 dx}, \quad i = \overline{1, 17};$$

в насаждениях других бульваров – по формуле

$$c_i^2 = \frac{\int_0^1 x \lambda_i^2 dx}{\int_0^1 \lambda_i^2 dx}, \quad i = \overline{1, 17}$$

и в насаждениях бульваров Москвы по формуле

$$c_i = \frac{\int_0^1 x \lambda_i dx}{\int_0^1 \lambda_i dx}, \quad i = \overline{1, 17}.$$

Исходя из полученных рейтинговых оценок, присвоим каждому виду растений рейтинг по возрастанию его рейтинговой оценки (табл. 3).

Таблица 3

№ вида растения	Бульварное кольцо						Другие бульвары					В общем бульвары						
	λ_i^1				c_i^1	Рей-тинг	λ_i^2				c_i^2	Рей-тинг	λ_i				c_i	Рей-тинг
1	0,147	0,285	0,399	0,512	0,335	17	0,288	0,488	0,650	0,783	0,550	6	0,218	0,386	0,525	0,648	0,442	17
2	0,265	0,412	0,522	0,683	0,471	13	0,200	0,353	0,486	0,643	0,421	16	0,232	0,382	0,504	0,663	0,446	16
3	0,284	0,508	0,690	0,823	0,573	3	0,222	0,345	0,470	0,657	0,426	11	0,253	0,427	0,580	0,740	0,499	11
4	0,305	0,488	0,635	0,760	0,545	7	0,276	0,426	0,555	0,718	0,494	12	0,291	0,457	0,595	0,739	0,519	9
5	0,283	0,516	0,706	0,845	0,584	2	0,320	0,440	0,546	0,694	0,502	10	0,302	0,478	0,626	0,769	0,542	5
6	0,339	0,563	0,747	0,857	0,622	1	0,221	0,425	0,600	0,766	0,502	9	0,280	0,494	0,673	0,812	0,562	3
7	0,324	0,487	0,617	0,730	0,537	9	0,408	0,581	0,710	0,817	0,626	1	0,366	0,534	0,663	0,773	0,582	1
8	0,273	0,443	0,576	0,706	0,498	11	0,256	0,486	0,680	0,838	0,562	4	0,264	0,464	0,628	0,772	0,530	7
9	0,206	0,376	0,515	0,676	0,443	16	0,274	0,437	0,576	0,729	0,504	8	0,240	0,407	0,546	0,702	0,473	13
10	0,327	0,506	0,645	0,777	0,562	5	0,381	0,537	0,657	0,785	0,589	2	0,354	0,522	0,651	0,781	0,575	2
11	0,230	0,399	0,532	0,686	0,461	14	0,266	0,423	0,557	0,713	0,490	13	0,248	0,411	0,545	0,700	0,476	12
12	0,228	0,393	0,523	0,680	0,455	15	0,332	0,531	0,687	0,818	0,589	3	0,280	0,462	0,605	0,749	0,522	8
13	0,285	0,480	0,633	0,779	0,542	8	0,317	0,483	0,614	0,754	0,541	7	0,301	0,482	0,623	0,766	0,542	6
14	0,325	0,502	0,643	0,742	0,550	6	0,270	0,395	0,518	0,694	0,472	14	0,298	0,448	0,580	0,718	0,511	10
15	0,300	0,469	0,603	0,716	0,520	10	0,191	0,334	0,466	0,623	0,404	17	0,246	0,402	0,535	0,669	0,462	14
16	0,318	0,507	0,653	0,788	0,564	4	0,350	0,504	0,622	0,746	0,554	5	0,334	0,506	0,637	0,767	0,559	4
17	0,230	0,411	0,557	0,715	0,477	12	0,207	0,353	0,487	0,654	0,426	15	0,218	0,382	0,522	0,685	0,452	15

Выводы

На основе аппарата теории нечетких множеств предложена новая методика анализа информации о состоянии городских насаждений и определения рейтинговых оценок и рейтинга отдельных видов древесных и кустарниковых растений. Эта методика позволяет достоверно оценить устойчивость отдельных видов древесных и кустарниковых растений в условиях интенсивного антропогенного воздействия и перспективность их дальнейшего использования для озеленения города. Являясь составной частью комплексной системы оценки состояния насаждений и прогноза их развития, методика может с успехом применяться для анализа различной информации, полученной в процессе экспертного оценивания на базе лингвистических шкал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аверкин А.Н.* и др. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун и др. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с.
2. *Авсиевич Н.А.* и др. Состояние зеленых насаждений и городских лесов в Москве (по данным мониторинга за 1999 г.): Аналитический доклад / Н.А. Авсиевич, В.А. Агальцова, Л.А. Атрошенко и др. – М.: Прима-пресс-М, 2000. – 277 с.
3. *Джини К.* Средние величины. – М.: Статистика, 1970. – 556 с.
4. *Мозолева Е.Г.* Мониторинг состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы. Методы оценки состояния деревьев и насаждений // Экология большого города. – М.: Прима-пресс, 1997. – Вып. 2. – С. 16–59.
5. *Полещук О.М.* О применении нечетких множеств в задачах построения уровней градаций // Лесн. вестн. – 2000. – № 4 (13). – С. 142–146.
6. Санитарные правила в лесах России. – 1993.
7. *Фролова В.А.* О состоянии зеленых насаждений на территории бульваров юго-запада Москвы (по результатам мониторинга 1998 года) // Проблемы управления качеством окружающей среды: Сб. докл. Междунар. конф. – М.: Прима-пресс-М, 1999. – С. 202–204.
8. *Zadeh L. A.* Fuzzy sets // Inform. and Control. – 1965. – N 8. – P. 338–352.

Московский государственный
университет леса

Поступила 13.06.02

O.M. Poleshchuk, V.A. Frolova

State Rating Values of Urban Stands Based on Fuzzy Multitude Theory Methods

Technique of determining the rating values and state rating of different types of plants growing in the parkways of Moscow in different environmental conditions has been suggested based on the theory of fuzzy multitudes.

УДК 630*231.1

А. А. Афонин

Афонин Алексей Алексеевич родился в 1959 г., окончил в 1981 г. Брянский педагогический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры зоологии и анатомии Брянского государственного университета. Область научных исследований – популяционная биология.



ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОБЕГОВ ИВЫ БЕЛОЙ

Установлены закономерности изменчивости летних побегов ивы белой. Доказано достоверное влияние индивидуальных особенностей растений на изменчивость ширины пластинки, длины черешка и длины пластинки. Выявлена гетерогенность выборки по данным параметрам.

Ключевые слова: полиморфизм, параметры метамеров, распределения признаков.

Ива белая (*Salix alba* L.) – типичный представитель древовидных ив средней полосы России [3], однако полиморфизм этого вида по морфометрическим параметрам побегов изучен недостаточно. Поэтому мы предприняли попытку детально описать структуру изменчивости летних (облиственных) побегов ивы белой.

Материал для исследования собирали в конце июня – начале августа 2000 г. в пойме р. Десны в зеленой зоне Брянска в однородных условиях обитания: прирусловое понижение поймы, слабо развитые луговые оглеенные почвы на прирусловом аллювии, тип растительности *Salicetum triandra-viminalis*. Для анализа использовали одноствольные деревья с типичными видовыми признаками ивы белой, находящиеся на генеративном этапе онтогенеза. С каждой особи срезали хорошо развитые неразветвленные ростовые побеги (ауксисласты). За структурно-функциональную единицу побега был принят метамер, который рассматривался как узел с листом, пазушной почкой и нижележащим междоузлием [2]. На каждом побеге с точностью $\pm 0,5$ мм определяли основные параметры метамеров: длину междоузлия (I), длину черешка (L), ширину пластинки (X) и длину пластинки (Y). Из анализа исключали самые нижние (базальные), самые верхние (апикальные), а также сильно поврежденные или уродливые листья и соответствующие им междоузлия. Всего изучено 14 особей. Общее число измерений $n = 1775 \dots 1893$.

Полученные материалы обрабатывали статистически [1]. Для каждой особи вычисляли основные показатели внутрикронной изменчивости параметров I , L , X и Y : средние арифметические (M), стандартные ошибки ($\pm m$), дисперсии (σ^2), коэффициенты вариации (C , %) и показатели точности (P , %). На основании средних внутрикронных значений I , L ,

Параметр метра	<i>n</i>	<i>M</i> , мм	$\pm m$	σ^2	H^2	<i>C</i> , %	<i>P</i> , %
Длина междоузлия	1893	20,1	$\frac{0,52}{0,35}$	$\frac{38,31}{1,72}$	0,003	$\frac{29,1}{6,5}$	$\frac{2,6}{1,7}$
Длина черешка	1893	7,7	$\frac{0,14}{0,36}$	$\frac{2,49}{1,81}$	0,369*	$\frac{20,0}{17,4}$	$\frac{1,8}{4,7}$
Ширина пластинки	1834	18,9	$\frac{0,26}{0,73}$	$\frac{8,63}{7,40}$	0,447*	$\frac{15,1}{14,4}$	$\frac{1,3}{3,8}$
Длина пластинки	1775	87,8	$\frac{1,71}{3,39}$	$\frac{382,50}{160,60}$	0,282*	$\frac{21,3}{14,4}$	$\frac{1,9}{3,9}$

Примечание. В числителе средние показатели внутрикронной изменчивости, в знаменателе – показатели межиндивидуальной изменчивости. * влияние индивидуальных особенностей достоверно при $p < 0,01$.

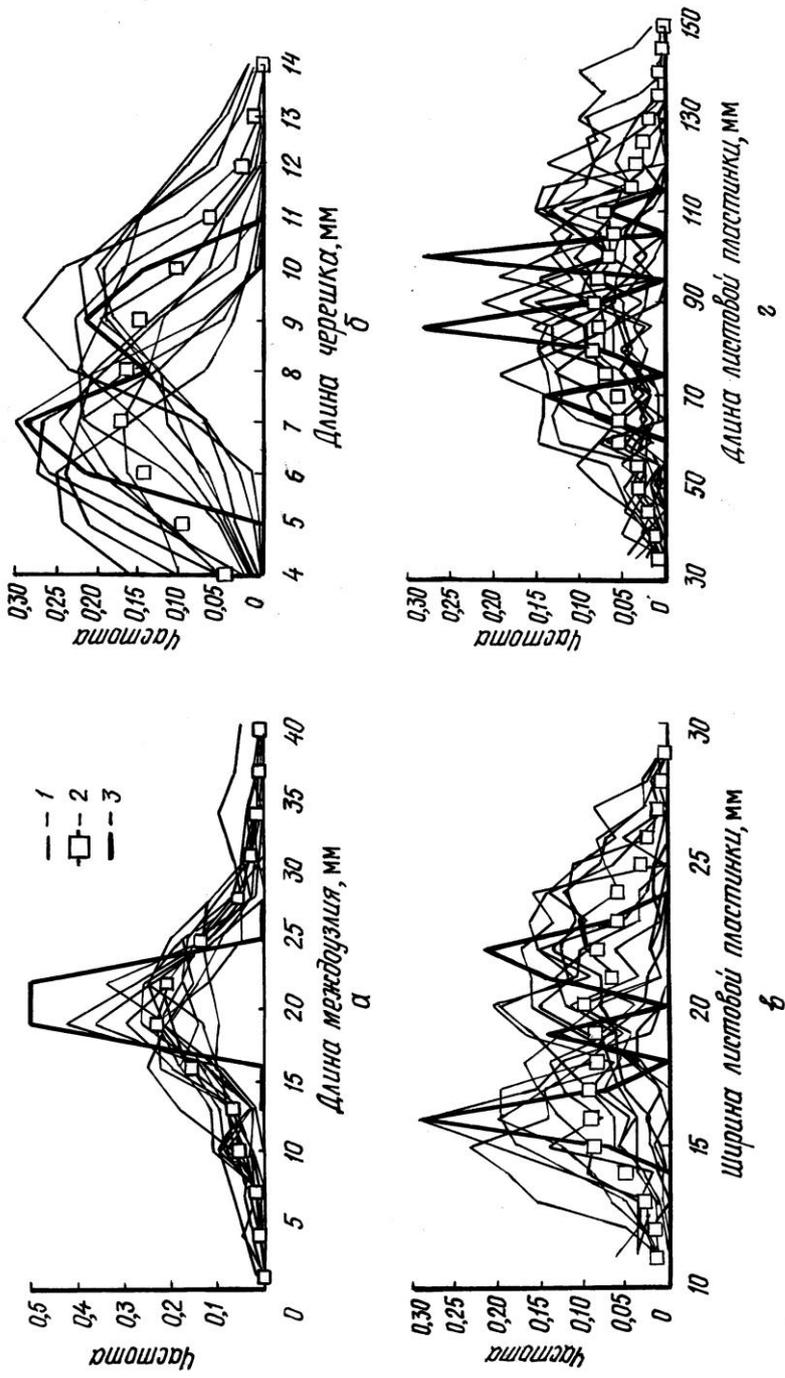
X и *Y* определяли основные показатели межиндивидуальной изменчивости этих параметров в выборке: M , $\pm m$, σ^2 , C , % и P , %. Силу влияния индивидуальных особенностей растений на изменчивость параметров (H^2) и достоверность этого влияния ($F_{\text{факт}}$) определяли с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Результаты вычислений представлены в итоговой таблице.

Для визуального анализа изменчивости каждого параметра были построены внутрикронные, средние внутрикронные и межиндивидуальные кривые распределения (см. рисунок). При построении графиков использовали относительные частоты (в долях единицы), поскольку внутрикронные выборки неодинаковы по объему. Таким образом, средние внутрикронные распределения в данном случае отражают общую изменчивость параметров.

Установлено, что средняя внутрикронная изменчивость длины междоузлия (*I*) характеризуется самой высокой изменчивостью ($C = 29,1\%$), а межиндивидуальная, наоборот, самой низкой ($C = 6,5\%$). Внутрикронные распределения *I* близки к нормальным, а межиндивидуальное – унимодальное и симметричное (рис. а). Влияние индивидуальных особенностей растений на изменчивость этого признака очень низкое ($H^2 = 0,003$) и недостоверное ($p > 0,10$). Таким образом, гетерогенность выборки по длине междоузлия не выявлена.

Средняя внутрикронная изменчивость длины черешка (*L*) довольно высокая ($C = 20,0\%$), а межиндивидуальная – наиболее высокая по сравнению с другими параметрами ($C = 17,4\%$). Внутрикронные распределения *L* (рис. б) близки к нормальным, но межиндивидуальное характеризуется бимодальностью, указывающей на гетерогенность выборки. Установлено достоверное влияние индивидуальных особенностей растений на изменчивость *L*: $H^2 = 0,369$; $F_{\text{факт}} = 91,8$; $p < 0,01$.

Изменчивость ширины пластинки (*X*) характеризуется довольно низкими коэффициентами средней внутрикронной ($C = 15,1\%$) и межиндивидуальной ($C = 14,4\%$) вариации. Графический анализ (рис. в) показывает, что в большинстве случаев внутрикронные распределения *X* близки к нормальному. Однако межиндивидуальное распределение *X* харак-



Распределения метамеров: *а* – по длине междоузлия; *б* – по ширине листовой пластинки; *в* – по длине черешка; *г* – по ширине листовой пластинки; 1 – внутрикронные; 2 – среднее внутрикронное; 3 – межиндивидуальное

теризуется наличием двух главных мод (узкие листья и широкие листья) и одной дополнительной (промежуточные по ширине листья), что указывает на гетерогенность выборки по этому параметру. Индивидуальные особенности растений оказывают высокое и достоверное влияние на изменчивость X : $H^2 = 0,447$; $F_{\text{факт}} = 113,4$; $p < 0,01$.

Средний внутрикронный коэффициент вариации длины пластинки (Y) равен 21,3 % (примерно, как и для L), а коэффициент межиндивидуальной вариации Y составляет 14,4 % (как и для X). Внутрикронные распределения Y (рис. 2) далеки от нормального, а полимодальность межиндивидуального распределения указывает на гетерогенность выборки по этому параметру. Установлено достоверное влияние индивидуальных особенностей растений на изменчивость Y : $H^2 = 0,282$; $F_{\text{факт}} = 54,9$; $p < 0,01$.

Таким образом, на имеющемся материале доказано, что природные популяции ивы белой гетерогенны по основным морфометрическим показателям летних побегов. Это необходимо учитывать в селекционной и природоохранной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высш. шк., 1982. – 224 с.
2. Магомедмирзаев М.М. Введение в количественную морфогенетику. – М.: Наука, 1990. – 229 с.
3. Скворцов А.К. Ивы СССР. – М.: Наука, 1968. – 262 с.

Брянский государственный университет

Поступила 19.03.02

A.A. Afonin

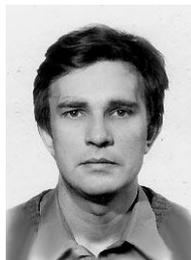
Shoots Variability of White Willow

Regularities of summer shoots variability of white willow have been set. True influence of individual features of plants on variability of plate width, petiole and plate length has been proved. Heterogeneity of sampling according to the given parameters has been revealed.

УДК 630*232.318

М.В. Сурсо

Сурсо Михаил Вольдемарович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института экологических проблем Севера УрО РАН. Имеет около 40 печатных работ в области генетики, цитозембриологии, семеноведения и радиобиологии голосеменных.

**СТРУКТУРА УРОЖАЕВ СЕМЯН ЛИСТВЕННИЦЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ОПЫЛЕНИЯ***

Описаны результаты опытов по контролируемому опылению лиственницы. Показано влияние условий опыления на качество семян.

Ключевые слова: лиственница, опыление, семена.

Лиственница, естественно произрастающая на севере европейской части России, является регрессирующим видом. Это во многом объясняется крайне низким качеством семян, причиной чего большинство исследователей считает высокую самостерильность данной породы [2–4]. Опыление у лиственницы происходит преимущественно по гейтоногамному типу, что связано с недостаточным радиусом разлета пыльцы, лишенной воздушных мешков, и малой долей участия лиственницы в составе древостоев. Ранее нами было установлено, что техническая всхожесть семян закономерно повышается с продвижением на восток, где доля лиственницы в составе древостоев в целом больше. В парковых посадках, где больше вероятность ксеногамии, техническая всхожесть семян обычно значительно выше, чем в природных популяциях. Однако низкую техническую всхожесть нельзя объяснить только преобладанием гейтоногамного типа опыления. По нашим данным, даже в пределах популяции на очень ограниченной площади, где условия опыления практически одинаковы, индивидуальная изменчивость по соотношению выполненных (полнозернистых по ГОСТ 13056.8 – 97[1]) и пустых семян может быть существенной, особенно в архангельских популяциях лиственницы. Количество выполненных семян у разных деревьев здесь варьирует от 2 до 70 % [6].

Для выяснения причин высокой стерильности семян в североевропейских популяциях лиственницы в 1999 – 2000 гг. на базе дендрологического сада СевНИИЛХ были проведены опыты по искусственному опылению. Биологический возраст деревьев около 30 лет. Посадки созданы из семян, собранных в Обозерском лесхозе Архангельской области. Использовали пыльцу, полученную в год проведения опытов. Ветви со зрелыми микростробилами в лабораторных условиях помещали в вазоны с водой для вы-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 02-04-97509 в Северном НИИ лесного хозяйства.

гонки пыльцы, что исключало ее смешивание. Полученную таким образом пыльцу хранили до опытов в эксикаторах над хлористым кальцием при +2° С. Контрольное проращивание пыльцы перед проведением опытов осуществляли на агаровом субстрате с 10 %-й сахарозой. Макростробилы изолировали до начала пыления единичных деревьев, при этом из-под изоляторов (пакеты из плотного полиэтилена) удаляли все мужские шишки (кроме варианта гейтоногамии). Внутри изолятора создавался тепличный эффект. Это сыграло положительную роль, поскольку погодные условия 1999 и 2000 гг. в период «цветения» лиственницы были крайне неблагоприятны. Сначала быстрое потепление способствовало бурному началу женского «цветения», а наступившие вслед за этим морозы до – (8...10) °С привели к гибели практически всех молодых женских шишек. В естественных условиях женские шишки сохранились лишь на позднераспускающихся формах лиственницы. Под изоляторами же, учитывая жесткие условия температурного режима и 100 %-ю влажность, макростробилов сохранилось достаточно много. Искусственное опыление максимально раскрывшихся женских шишек производили при помощи стеклянных пипеток. После нанесения пыльцы отверстие в изоляторе заклеивали скотчем, при необходимости для слива воды делали небольшой надрез в нижнем углу. Изоляторы убирали после окончания пыления, к моменту смыкания семенных чешуй. Опыты проводили по следующим вариантам: изоляция без опыления, ксеногамия и гейтоногамия. Опыт 2000 г. дополнили вариантом с опылением пыльцой, некротированной термическим шоком. Схемы опытов показаны в табл. 1.

После сбора опытных шишек (в октябре – ноябре) делали их морфометрию и извлекали все семена. Качество семян определяли при их взрезывании. Семена подразделяли на следующие категории: пустые (с полностью некротированными мягкими тканями), поврежденные (с поврежденными энтомовредителями наружными покровами, склерофицированными эндоспермами, личинками семеедов внутри семени) и выполненные

Таблица 1

Вариант опыта	Число деревьев в опыте	Число навешенных изоляторов	Число женских шишек, сохранившихся к моменту съёмки изоляторов
	шт.		
	Опыт 1999 г.		
Изоляция без опыления	5	14	13
Гейтоногамия	5	20	22
Ксеногамия	5	42	54
	Опыт 2000 г.		
Изоляция без опыления	6	24	67
Опыление некротированной пыльцой	3	14	46
Гейтоногамия	6	18	70
Ксеногамия	6	28	103

Таблица 2

Вариант опыта	Среднее число семян в одной шишке, шт.	Распределение семян по категориям, %			Масса 1000 выполненных семян, г
		Пустые	Поврежденные	Выполненные	
Изоляция без опыления	18,4	82,6	17,4	0	–
Гейтоногамия	17,4	80,3	19,4	0,3	10,00
Ксеногамия	19,3	66,6	26,9	7,4	10,46

Таблица 3

Вариант опыта	Среднее число семян в одной шишке, шт.	Распределение семян по категориям, %					Масса 1000 выполненных семян, г
		Череззернистые	Поврежденные	Пустые	С личинками	Выполненные	
Изоляция без опыления	25,4	7,7	13,2	77,0	2,1	0	–
Опыление некротированной пылью	33,7	1,5	15,3	80,3	2,9	0*	–
Гейтоногамия	30,0	4,8	14,7	75,5	4,3	0,7	11,38
Ксеногамия	29,0	5,4	18,7	64,2	4,8	6,9	10,71

(с внешне нормально развитыми эндоспермом и зародышем). Результаты опыта 1999 г. в обобщенном виде приведены в табл. 2.

Качество семян в опыте контролируемого опыления 2000 г. анализировали с учетом полученных ранее данных. Из категории пустых в отдельную категорию выделили череззернистые семена [5], а из категории поврежденных – семена, внутри которых находились живые личинки семеедов. Обобщенные результаты анализа приведены в табл. 3.

Анализ полученных данных показывает, что в средних размерах шишек, как и в их сохранности, не наблюдается существенных различий в разных вариантах опытов. Статистически недостоверны различия показателя среднего числа семян в одной шишке. Отсутствие опыления не препятствует формированию наружных покровов семяпочек. Семена из неопыленных женских стробиллов ни по своим размерам, ни по окраске не отличаются от сформировавшихся в результате ксено- или гейтоногамии. Более того, осенью в некоторых семенах, сформировавшихся из неопыленных семяпочек, были обнаружены живые личинки семеедов из сем. *Callimomidae* и *Eurytomidae*. А так как семееды питаются мягкими тканями семян, можно с большой долей вероятности предположить, что у лиственницы развитие эндосперма до определенной стадии происходит и в неопыленных семяпочках.

В среднем при гейтоногамном типе опыления вероятность формирования семян с полноценными зародышами снижается в 10–25 раз по сравнению с ксеногамным. Однако индивидуальная изменчивость деревьев по уровню автостерильности может быть существенной, и не всегда ксеногамия дает лучшие результаты.

В варианте опыления некротированной пылью из более чем 1,5 тыс. проанализированных семян было обнаружено лишь одно с наличием вполне развитого эндосперма. При более тщательном исследовании у этого семени не оказалось зародыша, а несколько слоев клеток ткани эндосперма, прилегающих к коррозионной полости, были некротическими. Наличие артефакта в данном случае маловероятно, поскольку именно этот вариант опыления готовился особенно тщательно, и проникновение чужеродной пыльцы под изоляторы было практически исключено. Маловероятно также, что у пыльцы, подвергшейся воздействию температуры +140 °С в течение 2 ч, единичные зерна могли сохранить способность к формированию трубок и дальнейшему развитию полноценных клеточных структур. Следовательно, тезис о том, что для лиственницы не исключена возможность стимулятивной партеноспермии, имеет под собой основание.

Таким образом, ксеногамия является важным, но не единственным условием формирования полноценных семян лиственницы. Недостаточное количество продуцируемой пыльцы, ее низкий фон в женском генеративном ярусе и слабая жизнеспособность, сильные заморозки как в период «цветения», так и после него также могут быть причинами высокого процента пустых семян в общей структуре урожая семян этой ценной породы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 13056.8 – 97. Семена деревьев и кустарников. Метод определения доброкачественности. – Мн.:Межгосудар. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998.
2. Дылис Н.В. Сибирская лиственница (Материалы к систематике, географии и истории). – М.: Изд-во МОИП, 1947. – 139 с.
3. Дылис Н.В. О самоопылении и разное пыльцы у лиственниц // Докл. АН СССР. – 1948. – Т. 9, № 4. – С. 673-676.
4. Кашин В.И., Козобродов А.С. Лиственничные леса Европейского Севера России. – Архангельск, 1994. – 221 с.
5. Романовский М.Г., Рябоконт С.М. Выживаемость семян сосны обыкновенной при загрязнении. Устойчивые и чувствительные семьи макрогаметофитов // Генетика. – 1991. – Т. 27, № 6. – С. 1047-1058.
6. Сурсо М.В. Некоторые особенности семеношения лиственницы на Европейском Севере // Восстановление лесов, ресурсо- и энергосберегающие технологии лесного комплекса. – Воронеж: ВГЛТА, 2001. – С. 57-60.

Институт экологических
проблем Севера УрО РАН

Поступила 04.03.02

M.V. Surso

Structure of Larch Seeds Yield Depending on Pollination Conditions

The results of controlled pollination of larch have been described. The influence of pollination conditions on seeds quality are shown.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 691.11

Е.Н. Покровская, И.В. Котенева

Покровская Елена Николаевна родилась в 1938 г., окончила в 1960 г. Московский химико-технологический институт им. Д.И. Менделеева, доктор технических наук, профессор кафедры общей химии Московского государственного строительного университета, член-корреспондент РАЕН. Имеет более 200 научных трудов в области изучения древесины памятников деревянного зодчества, модифицирования ее элементарными соединениями.



Котенева Ирина Васильевна родилась в 1978 г., окончила в 2001 г. Брянский государственный университет, аспирант кафедры общей химии Московского государственного строительного университета. Имеет 1 печатную работу в области изучения древесины памятников (химический состав, удельная поверхность, прочность, сорбционная способность).



ИЗУЧЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПАМЯТНИКОВ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА

Методом сорбции исследованы образцы древесины памятников деревянного зодчества.

Ключевые слова: древесина памятников, целлюлоза, лигнин, пентозаны, сорбция, удельная поверхность.

Древесина имеет разветвленную капиллярно-пористую структуру, которая может характеризовать долговечность и сохранность эксплуатационных свойств конструкций. Для характеристики внутренней структуры древесины может быть использован метод сорбции [2].

Исследованию подвергали образцы заболонной древесины сосны, взятые из различных памятников деревянного зодчества: Успенского собора Кирилло-Белозерского монастыря (дата постройки 1493 г.); колокольни деревни Кулига Красноборского района Архангельской области (1600 г.); Ильинской церкви (1699 г.) и Преображенского собора (1790 г.), г. Белозерск; дома Толстых, г. Калуга (1870 г.); Преображенской церкви в Кижях, Карелия (1700 г.); летнего дворца-усадьбы Останкино, г. Москва (1750 г.). Кроме того, исследовали образцы и свежесрубленной древесины.

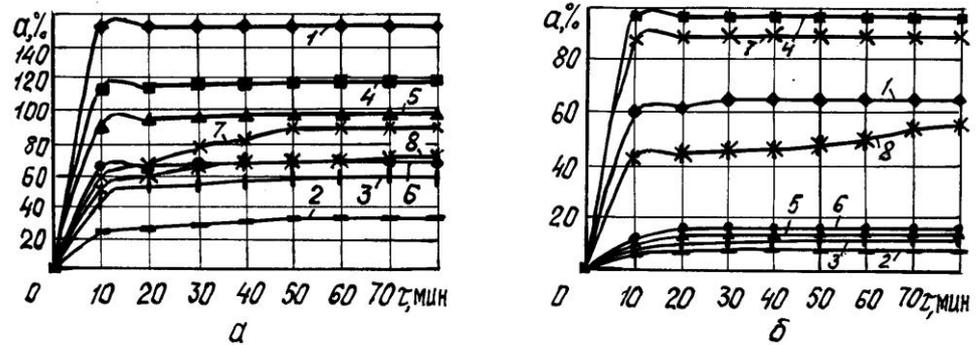


Рис. 1. Кинетические кривые сорбции адсорбат – $H_2O_{\text{дист}}$ (а), адсорбат – C_6H_6 (б): 1 – 1493 г. (—); 2 – 1600 (—); 3 – 1699 (—); 4 – 1700 (—); 5 – 1750 (—); 6 – 1790 (—); 7 – 1870 (—); 8 – 2000 г (—)

Для изучения сорбции были выбраны следующие адсорбтивы: вода дистиллированная, имеющая большое поверхностное натяжение и смачивающая поверхность капилляров древесины; бензол, не смачивающий капилляры.

Образцы древесины размером $5 \times 5 \times 5$ мм погружали в 50 мл адсорбтива. Через каждые 10 мин снимали кинетические кривые сорбции (рис. 1). Для всех изученных случаев предельное значение сорбции достигалось через время $\tau = 20 \dots 60$ мин. Ход кинетических кривых показывает, что процесс сорбции в образцах происходит по-разному, но для всех образцов характерна общая закономерность – предельная сорбция воды a превышает аналогичный показатель бензола, кроме образца 7, для которого они практически одинаковы. Разница между значениями предельной сорбции воды и бензола характеризует степень развития капилляров древесины.

Учитывая, что объем образцов в ходе сорбции не изменялся, рассчитывали удельную поверхность образцов древесины $S_{\text{уд}}$ по формуле [1]

$$S_{\text{уд}} = \frac{\Delta m \cdot 10^{-3}}{m_0 g M_r} N_A S,$$

где Δm – разность между исходной массой образца m_0 и массой образца во время сорбционного равновесия, г;

g – плотность образца, $г/см^3$;

M_r – молярная масса адсорбата, г/моль;

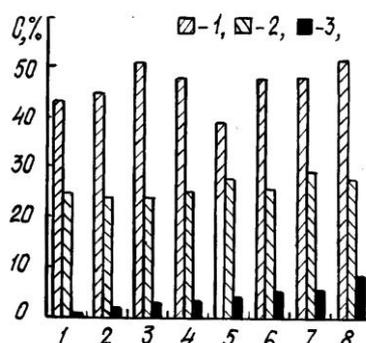
N_A – число Авогадро, моль $^{-1}$;

S – площадь поперечного сечения молекулы адсорбата, м 2 .

Результаты расчетов представлены в таблице. Значения удельной поверхности позволяют судить о состоянии внутренней структуры древесины, характеризуя ее рыхлость.

Во всех образцах (1 – 8) массовую долю целлюлозы $C_{\text{ц}}$ определяли азотно-спиртовым методом, лигнин – с 72 %-й серной кислотой

Рис. 2. Массовая доля компонентов С в образцах древесины памятников (года постройки с 1 – 8 см. на рис. 1): 1 – целлюлоза, 2 – лигнин, 3 – пентозаны



в модификации ВНПОбумпрома, пентозаны – модифицированным бромид-броматным методом [3]. Соотношение компонентов древесного комплекса представлено на рис. 2.

Полученные совокупные характеристики (см. таблицу) позволяют судить о состоянии древесины различных памятников деревянного зодчества.

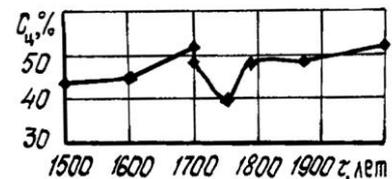
Как видно из рис. 2, в течение пятисот лет содержание лигнина в древесине памятников изменилось незначительно (не более 5 %), целлюлозы – более заметно (от 3 до 7 %). В одном случае (образец 5) содержание целлюлозы уменьшилось на 11 %. Для пентозанов характерно постоянное снижение их содержания в древесине во времени. Например, через 500 лет в образце 1 осталось всего 0,52 % пентозанов. Постоянное удаление из древесины пентозанов делает целлюлозу более доступной для гидролитического разложения. Образцы с меньшим содержанием пентозанов имеют и меньше целлюлозы. На содержание лигнина количество пентозанов заметного влияния не оказывает. Содержание целлюлозы в древесине памятников изменяется во времени, и кривая, отражающая это, имеет максимумы и минимумы (рис. 3).

Наименьшее содержание целлюлозы отмечено через 250 и 500 лет эксплуатации.

Порядковый номер образца*	$a = \Delta m/m, \%$		$\Delta a, \%$	$S_{уд}, \text{м}^2/\text{Г}$	$C_{ц}$	$C_{л}$	$C_{п}$	g, $\text{г}/\text{см}^3$
	H_2O	C_6H_6			%			
1	152,23	65,70	86,53	11,71	43,59	25,00	0,52	0,4365
2	32,63	8,86	23,77	2,51	44,88	24,18	2,16	0,5920
3	58,00	12,87	45,13	4,46	51,46	24,17	3,26	0,5155
4	118,00	97,30	20,70	9,08	48,27	25,53	3,50	0,4896
5	97,00	14,10	82,90	7,46	39,38	28,03	4,50	0,4440
6	67,75	16,24	51,51	5,21	48,17	26,23	5,54	0,4408
7	88,49	89,73	-1,43	6,81	48,53	29,66	6,02	0,4547
8	69,51	54,80	14,17	5,50	51,90	28,20	9,00	0,4744

* Совпадает с обозначениям на рис. 1.

Рис. 3. Изменение во времени содержания целлюлозы в образцах древесины памятников



Таким образом, в ходе исследования было установлено, что древесина Успенского собора Кирилло-Белозерского монастыря имеет самое высокое значение удельной поверхности ($11,71 \text{ м}^2/\text{г}$) и, как следствие, наиболее низкую плотность ($0,4365 \text{ г}/\text{см}^3$), а также самую большую разницу между значениями предельной сорбции воды и бензола (86,53 %).

Это говорит о том, что древесина строений Успенского собора является наиболее деградированной из всех изученных образцов и требует особого внимания. В плохом состоянии находится древесина Преображенской церкви (высокое значение удельной поверхности), музея Останкино (высокие значения Δa и $S_{\text{уд}}$, самое низкое содержание целлюлозы – 39,38 %, низкая плотность), дома Толстых. В последнем случае практически отсутствует система капилляров (Δa имеет отрицательное значение), высока удельная поверхность. Состояние древесины колокольни деревни Кулига, Ильинской церкви и Преображенского собора оценивается как удовлетворительное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. – М.: Мир, 1970.
2. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1976.
3. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. – М.: Экология, 1991.

Московский государственный
строительный университет

Поступила 23.05.02

E.N. Pokrovskaya, I.V. Koteneva

Study of Wood of Wooden Architecture Monuments

Wood samples of wooden architecture monuments are investigated by sorption method.

УДК 624.011.1.046.2

Д.Ю. Стрельцов, М.А. Тарасов

Стрельцов Денис Юрьевич родился в 1978 г., окончил в 2000 г. Южно-Российский государственный технический университет. Аспирант лаборатории деревянных конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Имеет 4 печатные работы в области обследования, реконструкции и эксплуатации деревянных конструкций.



Тарасов Михаил Александрович родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Московский государственный строительный университет. Аспирант лаборатории деревянных конструкций ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Имеет 5 печатных работ в области расчета деревянных конструкций.



ВЛИЯНИЕ ТРЕЩИН НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК

На основании математического моделирования деревянных балок с трещинами различных размеров и местоположения определено их объемное напряженное состояние и исследовано изменение несущей способности по сравнению с балками цельного сечения без дефектов.

Ключевые слова: деревянная балка, трещина, касательные и нормальные напряжения, несущая способность.

При натурном обследовании деревянных конструкций часто возникает необходимость производить их расчет с учетом дефектов, появившихся за время эксплуатации. Результаты расчета должны позволить принять решение о возможности дальнейшей эксплуатации конструкций или обоснованно выбрать способ их усиления.

В действующей отечественной нормативной литературе отсутствуют рекомендации по учету размеров и местоположения трещин по сечению и длине балок при определении их несущей способности.

Деревянные балки цельного сечения с горизонтальными трещинами с обеих сторон рассмотрел И.Н. Квасников [5]. Из условия хрупкого разрушения древесины балки при скалывании он определил предельные нормальные напряжения в зависимости от предельных скалывающих напряжений, глубины и местоположения трещины по высоте сечения. Однако разрушающие напряжения по экспериментальным данным отличаются от расчетных на 62 %, что свидетельствует о неточности этой методики.

Деревянные балки с выходящей на торец сквозной трещиной при различной ее длине и местоположении можно рассчитать по методу составных стержней А.Р. Ржаницына [7]. В работах [1–3, 6] рассмотрены частные

случаи решения этой задачи для дефектных изгибаемых элементов. Расчетные формулы и графики, полученные в указанных работах, пригодны для определения прочности изгибаемых элементов со сквозной трещиной, хотя в длительно эксплуатируемых элементах из цельной древесины чаще всего встречаются несквозные трещины.

В работе [4] методом математического моделирования плоской задачи проанализировано по методу конечных элементов напряженно-деформированное состояние большепролетной деревянной клееной балки с болтовым креплением в узле опирания. Болтовое крепление в опорном узле балки имитировали с помощью введения вертикальных связей в зоне отверстия. Однако этим методом невозможно определить объемное напряженное состояние балки с эксплуатационным дефектом, которое характеризуется наличием трех компонентов напряжений, действующих во всех координатных плоскостях, а также рассчитать элемент с несквозной трещиной.

Цель настоящей работы – с помощью математического моделирования сравнить объемное напряженное состояние и изменение несущей способности деревянных балок с трещинами различных размеров и местоположения и балок цельного сечения без дефектов.

При решении задачи определяли коэффициенты изменения напряжений в сечении K_σ и K_τ , зависящие от длины трещины и показывающие во сколько раз снижается несущая способность балки с дефектом:

$$K_\sigma = \frac{\sigma_a}{\sigma_0}; \quad K_\tau = \frac{\tau_a}{\tau_0}, \quad (1)$$

где $\sigma_\sigma, \tau_\sigma$ и σ_τ, τ_τ – нормальные и касательные напряжения в балке с цельным сечением и в балке с трещиной.

Обследования многих объектов, эксплуатируемых в течение 50 ... 150 лет, показали, что около 80 % балок перекрытий имеют вертикальные и горизонтальные трещины различной длины, причем 92 % из них развиваются со стороны торцов.

Объемное напряженное состояние исследовали на примере балок перекрытий больницы Министерства путей сообщения РФ (г. Москва) длиной $L = 5,2$ м и сечением 220×260 мм при соотношении $H/L = 1/20$ (H – высота сечения) с помощью комплекса MARC, работающего по методу конечных элементов. Продолжительность эксплуатации постройки 68 лет.

Древесину рассматривали как трансверсально-изотропное тело с осями изотропии, направленными вдоль и поперек волокон. В объемной модели использовали около 10 тыс. конечных элементов, каждый из которых имел 16 точек интегрирования.

Расчетные физико-механические характеристики древесины были приняты согласно СНиП II-25-80: модуль упругости вдоль оси балки $E_x = 10\,000$ МПа, поперек оси балки $E_y = 450$ МПа; модуль сдвига $G_{xy} = 500$ МПа; коэффициенты Пуассона $\mu_{yx} = 0,45$, $\mu_{xy} = 0,03$.

Сначала рассчитывали балку без трещины при шарнирном закреплении ее на одной опоре и свободном опирании на другой. Расчетная нагрузка интенсивностью $q = 51,5$ кН/м равномерно распределена по ее длине. Точность расчета напряженного состояния балки под нагрузкой оценивали за счет построения кривых зависимости результатов расчета от количества конечных элементов.

Затем рассчитывали балку со сквозной торцевой трещиной (от шарнирно закрепленной опоры) длиной $C = 0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6$ м. Соотношение длины трещины и длины балки (C/L) составило соответственно $0,12; 0,23; 0,35; 0,46; 0,58; 0,69$. Горизонтальную трещину располагали по оси поперечного сечения $H/2$ балки (рис. 1, а) как конечный элемент, имеющий те же характеристики, что и древесина, но низкий модуль сдвига: $G_{xy} = 0,003$ МПа. Размер конечных элементов в зоне расположения трещины уменьшен в два раза. По ширине сечения величину напряжений принимали исходя из максимальных значений.

Эпюры изменения нормальных и касательных напряжений по пролету балки при различной длине трещины представлены на рис. 1.

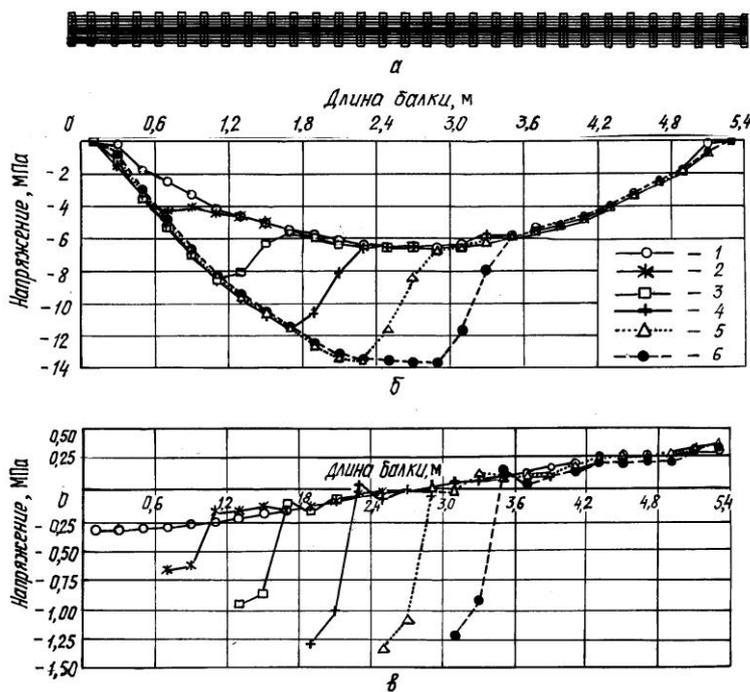


Рис. 1. Расчетная схема балки (а), распределение нормальных напряжений по нижней полке балки (б) и касательных напряжений по нейтральной оси балки (в) без трещины (1) и с трещиной (2 – 6) различной длины: 2 – 0,6 м; 3 – 1,2; 4 – 1,8; 5 – 2,4; 6 – 3,0 м

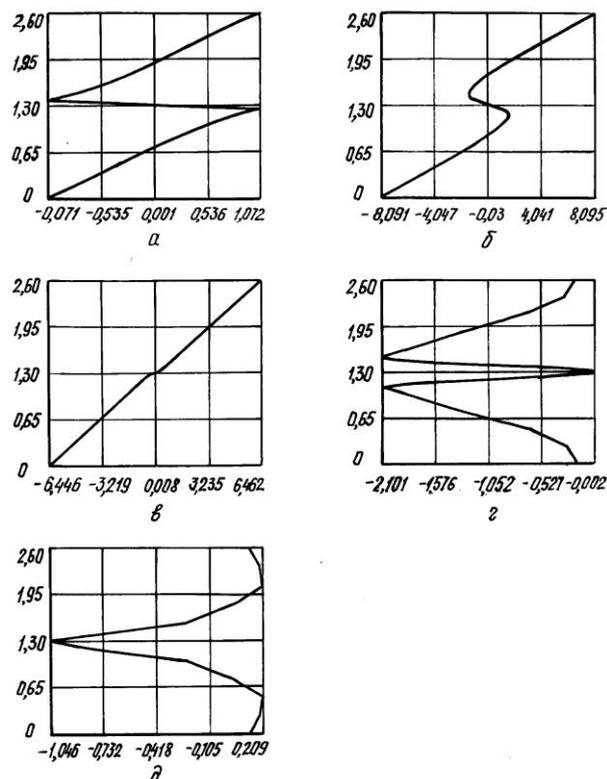


Рис. 2. Распределение нормальных (*a – в*) и касательных (*г, д*) напряжений по высоте поперечного сечения балки (длина трещины 1,8 м) на длине балки: *a, д* – 1,8 м; *б* – 2,0; *в* – 2,6; *г* – 1,6 м

Из приведенных эпюр (рис. 1) видно, что максимальные растягивающие напряжения возникают в растянутой зоне по нижней полке балки непосредственно перед трещиной, а максимальные касательные – в вершине трещины.

На рис. 2 показаны эпюры распределения напряжений по высоте сечений, расположенных в разных местах по пролету балки, при сквозной трещине длиной 1,8 м. В вершине трещины сохраняется распределение напряжений, присущее для раздельной работы ветвей потрескавшейся балки (рис 2, *a*). Изменение характера распределения напряжений на участке 0,6 м от вершины трещины приведено на рис. 2, *б*. Распределение нормальных напряжений на цельном участке, удаленном от вершины трещины на расстоянии более 0,6 м, иллюстрирует рис. 2, *в*.

На расстоянии 0,4 м от вершины происходит уменьшение касательных напряжений по отношению к максимальным в 1,05–1,32 раза. Они приближаются к значениям, характерным для балки без трещины. Концентрация напряжений наблюдается в вершине трещины (рис. 2, *д*). В сечении на расстоянии 0,2 м от вершины характер распределения напряжений остается прежним.

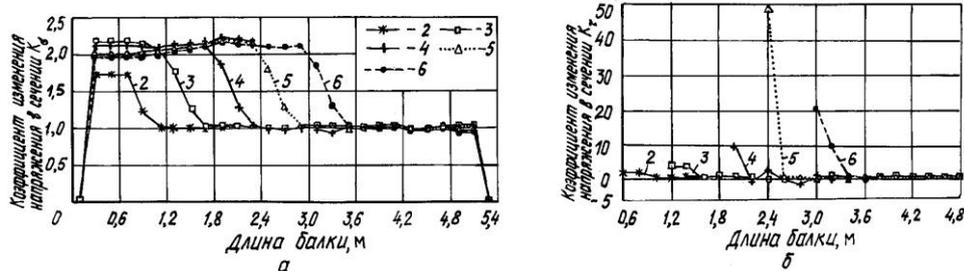


Рис. 3. Изменение нормальных (а) и касательных (б) напряжений по длине балки при различной длине трещины (см. обозначения на рис. 1)

На рис. 3 приведены графики изменения нормальных и касательных напряжений по пролету балки, построенные на основании формулы (1). Как видно, нормальные напряжения изменяются в 2,2 раза, а касательные – в 48 раз.

На рис. 4 показаны графики изменения максимальных напряжений при различной длине трещины. При развитии трещины (рис. 4, а) на участке I (C/L изменяется от 0 до 0,11) наибольшие нормальные напряжения возникают в середине пролета, что мало влияет на напряженное состояние. При дальнейшем развитии трещины повышается опасность напряжений в вершине трещины. На участке II при $C/L = 0,11 \dots 0,36$ напряжения в зоне трещины постоянно увеличиваются, в середине пролета они практически не изменяются. При длине трещины от 0,36 до 0,51 (участок III) эти изменения незначительны, в середине пролета напряжения в зоне трещины увеличиваются существенно, достигая максимума при $C/L = 0,51$.

Если трещина развивается по пролету (рис. 4, б), то наибольшие касательные напряжения возникают в вершине трещины. На участке I при изменении C/L от 0 до 0,35 наблюдается постоянное увеличение напряжений, на участке II – снижение.

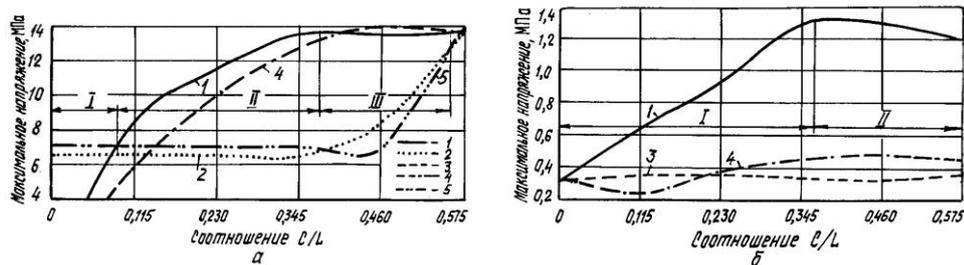


Рис. 4. Максимальные нормальные (а) и касательные (б) напряжения, рассчитанные методами конечных элементов (1 – 3) и составных стержней на упругоподатливых связях (4, 5) при различной длине трещины: 1, 4 – в вершине трещины; 2, 5 – в середине пролета балки; 3 – на торце балки

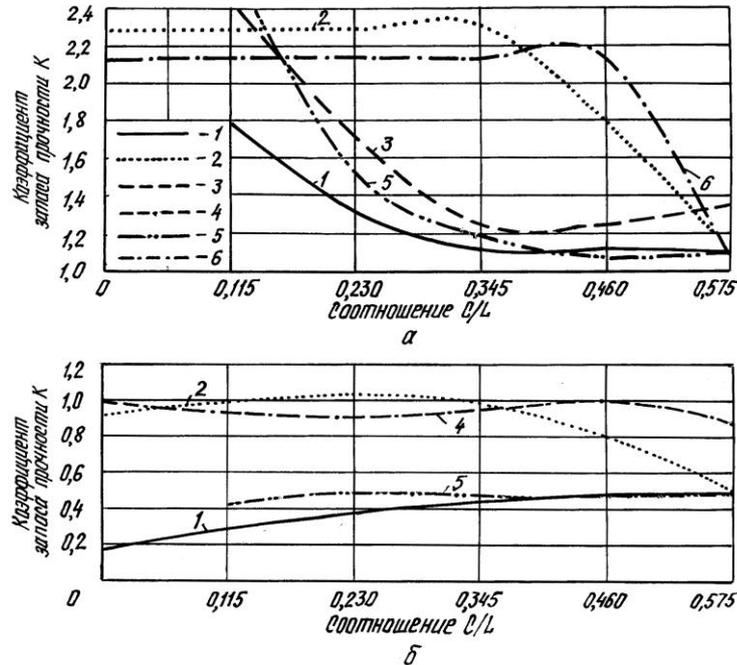


Рис. 5. Коэффициент запаса прочности по нормальным (1, 2, 5, 6) и касательным (3, 4) напряжениям (а) и изменение напряженного состояния балки (б) при различной длине трещины: 1 – 4 – метод конечных элементов; 5, 6 – метод составных стержней на упругоподатливых связях; 1, 3, 5 – в вершине трещины; 2, 6 – в середине пролета балки; 4 – на торце балки

На рис. 5, а показаны закономерности изменения коэффициентов запаса прочности, полученных по формулам:

$$K_1 = \frac{R_{\sigma}}{\sigma_a}; \quad K_2 = \frac{R_{\tau}}{\tau_a}. \quad (2)$$

Согласно СНиП II-25-80 принимали $R_{\sigma} = 15$ МПа, $R_{\tau} = 1,6$ МПа.

Из анализа графиков видно, что при увеличении нагрузки причиной разрушения рассматриваемой балки служат нормальные напряжения при любой длине трещины.

Закономерности изменения прочности балки при различной длине трещины, показанные на рис. 5, б, являются аппроксимирующими зависимостями, построенными по результатам расчетов. Уравнения аппроксимирующих кривых в виде полинома 4-й степени и соответствующие им коэффициенты корреляции приведены в таблице.

Анализ результатов расчетов по методу конечных элементов и с использованием теории составных стержней на упругоподатливых связях [1] показал следующее:

Напряжения	Уравнения аппроксимирующих кривых	Коэффициент корреляции
Нормальные: в середине пролета в зоне трещины	$y = 0,0016x^4 - 0,0293x^3 + 0,131x^2 - 0,1628x + 1$	0,9901
	$y = -7E - 05x^4 + 0,0017x^3 - 0,0278x^2 + 0,1985x$	0,9619
Касательные: у опоры (на торце) в вершине трещины	$y = -0,0011x^4 + 0,0038x^3 + 0,0519x^2 - 0,2585x + 1,2045$	0,9913
	$y = -0,0068x^4 - 0,1051x^3 + 0,6156x^2 - 1,7456x + 2,2281$	1,0000

1. При $C/L = 0,12; 0,23$ и $0,35$ значения нормальных напряжений в зоне трещины, полученные по методу конечных элементов, соответственно на 32,1; 13,7 и 6,6 % выше, чем по теории составных стержней, а при $C/L = 0,46$ и $0,58$ – соответственно на 2,4 и 2,8 % ниже.

2. При $C/L = 0,12; 0,23$ и $0,35$ значения нормальных напряжений в середине пролета, рассчитанные по методу конечных элементов, соответственно на 6,3; 6,5 и 7,8 % ниже, чем полученные по теории составных стержней, а при $C/L = 0,46$ данные метода конечных элементов на 16,3 % выше.

3. При $C/L = 0,12$ значения касательных напряжений в зоне трещины по методу конечных элементов на 31,3 % выше, чем по теории составных стержней, а при $C/L = 0,35; 0,46$ и $0,58$ – соответственно на 25,4; 30,2 и 20,7 % ниже.

Выводы

1. На основании математического моделирования деревянных балок с трещинами различных размеров объемным методом конечных элементов и методом составных стержней установлено, что значения, полученные по этим методам, отличаются для нормальных и касательных напряжений соответственно на 2,4 ... 16,3 и 20,7 ... 31,3 %.

2. Максимальные нормальные напряжения возникают в нижней ветви перед вершиной трещины балки. Наибольшие нормальные и касательные напряжения отмечены при длине трещины 0,36.

3. С помощью полученных аппроксимирующих зависимостей при известной длине трещины можно определить изменение напряженного состояния балки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биричевский М.Л., Варфоломеев Ю.А. К расчету составных стержней с неравномерно распределенными связями сдвига // Исследования в области деревянных конструкций. – М: ЦНИИСК, 1985. – С. 164–172.

2. Биричевский М.Л., Варфоломеев Ю.А. Расчет деревянных изгибаемых элементов с трещинами, выходящими на торец // Строительство и архитектура. – 1985. – № 7. – С. 10–14. – (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Биричевский М.Л., Варфоломеев Ю.А., Славик Ю.Ю. Влияние местоположения и размеров трещин на прочность изгибаемых деревянных элементов // Строительная механика и расчет сооружений. – М.: Стройиздат, 1986. – № 3. – С. 42–44.

4. Варфоломеев Ю.А., Потуткина Л.Г. Причины снижения эксплуатационной надежности опорных узлов большепролетных балок // Перспективные направления использования сырья и совершенствования продукции в лесопилении: Науч. тр. / ЦНИИМОД, 1986. – С. 116 – 121.

5. Квасников Е.Н. О прочности и надежности деревянных балок и ферм // Повышение надежности и долговечности строительных конструкций. – Л.: ЛИСИ, 1972. – С. 47–67.

6. Крылов Н.А., Потапов А.И., Биричевский М.Л. Расчет клееной деревянной балки с симметричным непрочным // Лесн. журн. – 1975. – № 1. – С. 10–14. – (Изв. высш. учеб. заведений).

7. Ржаницын А.Р. Теория составных стержней строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1948. – 160 с.

ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

Поступила 10.12.02

D.Yu. Streltsov, M.A. Tarasov

Influence of Cracks on Stress Condition of Wooden Beams

The three-dimensional stress state of wooden beams is determined and change of their bearing capacity is investigated based on mathematical simulation of wooden beams with cracks of different size and location in comparison with solid-section beams without defects.



УДК 674.047

Р.Е. Калитеевский, В.В. Корнеев

Калитеевский Ростислав Евгеньевич родился в 1924 г., окончил ЛТА, доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств С.-Петербургской лесотехнической академии, академик РАЕН, член-корреспондент МАН ВШ, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 150 печатных трудов в области технологий, оборудования и систем управления в лесопилении.



ОСОБЕННОСТИ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ, ВЫПИЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЗОН БРЕВНА

Выявлены факторы, влияющие на неоднородность конечной влажности; доказана эффективность разделения пиломатериалов перед сушкой по признаку места вырезки из бревна на ядровые и ядрово-заболонные.

Ключевые слова: сушка, пиломатериалы, показатель однородности, зоны бревна.

Неоднородность конечной влажности пиломатериалов, как правило, создает проблемы для деревообрабатывающего производства.

В соответствии с РТМ [2], допустимый диапазон варьирования конечной влажности

$$D = \overline{W}_\epsilon \pm 2s_w, \quad (1)$$

где \overline{W}_ϵ – средняя конечная влажность, %;

s_w – среднее квадратическое отклонение влажности, %.

Тогда за показатель однородности конечной влажности может быть принят вариационный коэффициент

$$v = \frac{s_w}{\overline{W}_\epsilon} \cdot 100. \quad (2)$$

В производстве мебели из массива отклонения конечной влажности отдельных досок от средней регламентируются весьма жестко. Так, в производстве стульев $D = (8 \pm 1) \%$, щитовых клееных элементов – максимум $(8 \pm 2) \%$. Соответственно показатель однородности равен 6,25 и 12,50 %.

Для столярно-строительных изделий (окна, двери), где имеет место склеивание для улучшения формо- и размероустойчивости изделий, показатель однородности не должен превышать 10,00 ... 12,50 %. Не менее жесткие требования по показателю однородности предъявляются и при поставке пиломатериалов на экспорт. В этом случае он зависит от толщины досок: 6,25 % – для пиломатериалов толщиной более 50 мм; 11,10 % – для досок толщиной 38 ... 50 мм; 18,75 % – для тонких досок.

Как показывает практический опыт, большинству предприятий добиться таких показателей однородности весьма сложно при традиционном подходе к технологии сушки.

Перед нами стояла задача – выявить наиболее существенные факторы, влияющие на продолжительность сушки и однородность конечной влажности пиломатериалов.

Из теории сушки [3, 5] известно, что на продолжительность сушки и однородность конечной влажности влияет множество факторов, которые можно разделить на три группы: относящиеся к свойствам древесины (плотность, начальная влажность, место вырезки из бревна, порода древесины, направление волокон); характеризующие режим сушки (температура среды, психрометрическая разность, скорость циркуляции агента сушки); характеризующие оборудование (равномерность распределения агента сушки по материалу, наличие реверсирования потока агента сушки и др).

Анализ факторов показал, что если оборудование отвечает современным требованиям к скорости циркуляции агента сушки и равномерности его распределения по материалу, а режимы сушки выбраны для данной породы и толщины пиломатериалов исходя из конкретного назначения, то на продолжительность сушки и однородность конечной влажности наибольшее влияние оказывают плотность, начальная влажность, а также место вырезки из бревна.

Таблица 1

**Оценка однородности конечной влажности
и продолжительности сушки**

Показатели	Значение показателей для досок* толщиной, мм	
	26	50
Число периодов сушки	4	7
Средняя продолжительность сушки, ч	140,3	228,0
Средняя конечная влажность, %	8,03	8,28
Среднее квадратическое отклонение влажности, %	1,73	1,62
Вариационный коэффициент, %	21,6	19,6

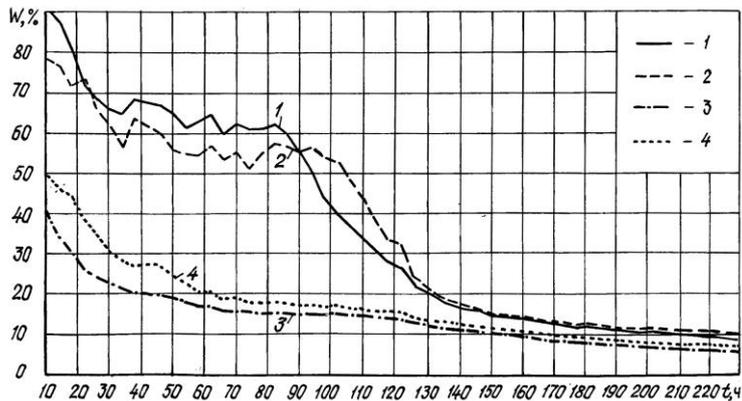
*Соответственно исследовано 32 и 56 досок.

Нами были проведены экспериментальные исследования на базовом предприятии, выпускающем мебель из массива сосны (стулья, столы, стеллажная мебель). Для сушки пиломатериалов использовали сушильные камеры австрийской фирмы «Ваничек», обладающие мощной равномерной реверсивной циркуляцией агента сушки. Результаты представлены в табл. 1.

Сравнивая показатели однородности конечной влажности (21,60 и 19,60 %) с требуемыми для мебельного производства (6,25 и 12,50 %), отмечаем, что фактические показатели превышают требуемые в 2–3 раза. Это и является одной из основных причин брака в производстве мебели.

Далее был проведен качественный анализ закономерности изменения влажности пиломатериалов в процессе сушки. На рисунке представлены наиболее характерные кривые изменения влажности.

Кривые 1 и 2 относятся к ядрово-заболонным боковым и крайним доскам (начальная влажность выше 90 %), имеющим заболонь, выходящую на пласт. Кривые 3 и 4 относятся к ядровым доскам, влажность которых, за редким исключением, превышает 40 ... 50 %. Это сердцевинные



Кривые сушки пиломатериалов толщиной 50 мм с различной начальной влажностью: 1, 2 – ядрово-заболонные доски; 3, 4 – ядровые доски

или центральные доски, а иногда и боковые из бревен больших диаметров, с небольшими участками заболони на кромках. При этом, если характер изменения влажности ядровых досок соответствует уравнению современной теории сушки [5], то для ядрово-заболонных досок отмечено совпадение только во второй половине процесса. Кривые 1 и 2 имеют четыре характерных участка. Первый соответствует интенсивному падению влажности в течение первых суток, далее процесс резко замедляется. В течение вторых-третьих (а иногда и более) суток влажность изменяется очень медленно. Далее она вновь сравнительно интенсивно падает до точки перегиба (20 ... 22 %). Четвертый участок – медленное удаление связанной влаги по сечению. При этом конечная влажность пиломатериалов (1, 2) и в конце процесса оказывается более высокой, а пиломатериалы (3, 4) существенно пересыхают, что и является причиной неоднородности конечной влажности.

Нами сделана попытка объяснить наличие второго участка для кривых 1 и 2. По нашему мнению это связано с фазовыми превращениями живицы, находящейся в заболонной зоне бревна. Известно [4], что процесс ядрообразования регламентирован, в том числе, и удалением из ядра свободной влаги, вместе с влагой удаляется основная жидкая фаза смолы – терпены. Таким образом, в ядровой части находятся лишь смоляные кислоты, частично в твердом состоянии.

В заболонной зоне живица представляет собой смесь терпенов и смоляных кислот, находящихся в жидком состоянии. Первые, хотя и имеют температуру кипения в 1,5 раза больше, чем вода, обладают повышенной химической активностью. Под действием температуры они удаляются из древесины вместе с паром, однако медленнее воды. Еще более сложно идет

процесс фазового перехода смоляной части живицы, представляющей собой трудноразделимую смесь смоляных кислот с общей химической формулой $C_{20}H_{30}O_2$. Именно фазовыми превращениями этих двух составляющих живицы и можно объяснить пологий участок кривых 1 и 2, а также резкое замедление процесса сушки.

Следует отметить, что вопросу влияния экстрактивных веществ не только на влагопроводность, но и на влажность и плотность, до настоящего времени не уделялось должного внимания [1]. Нами начаты исследования в данной области.

Установлено, что попытки ужесточения режимов сушки на данном этапе, как правило, приводят к браку (трещины, выплавление смолы). Следовательно, только увеличение длительности процесса сушки при щадящих режимах может способствовать получению качественно высушенных ядро-заболонных досок.

Анализ поставок базового предприятия показал, что до 50 % толстых досок, выпиленных из бревен, можно отнести к ядровым с начальной влажностью 50 ... 55 %. В связи с этим было предложено сортирование досок на ядровые и ядро-заболонные перед их отдельной сушкой.

Результаты оценки показателей качества и продолжительности сушки сосновых досок представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты опытных сушек

Показатели	Значения показателей		
	фактические для досок		требуемые по нормам влажности
	ядровых	ядро-заболонных	
Средняя влажность, %	7,6	8,3	8,0
Среднее квадратическое отклонение, %	0,62	0,81	0,50/1,00
Вариационный коэффициент, %	8,15	9,80	6,25/12,50
Перепад влажности по толщине, %	1,1	1,8	2,5
Продолжительность сушки, ч	176	228	–

Примечание. В числителе приведены данные для изделий из массива, в знаменателе – из щитовых клееных элементов.

Анализ данных табл. 2 убедительно доказывает эффективность предварительной сортировки пиломатериалов с учетом места вырезки из бревна и отдельной сушки ядровых и ядро-заболонных досок. При этом не только существенно улучшается однородность конечной влажности, но и на 23 % сокращается продолжительность сушки ядровых досок.

Выводы

1. Предложенная технология даст экономический эффект не только в мебельном производстве, но при сушке до транспортной влажности (сокращение продолжительности сушки ядровых досок на 38 %) и в производстве столярно-строительных изделий.

2. Выявлено существенное влияние экстрактивных веществ на характер изменения влажности ядрово-заболонных и заболонных досок разных толщин.

3. Вопрос влияния экстрактивных веществ на влагопроводность при сушке, гигроскопичность, точность определения влажности и плотности древесины требует детального изучения.

4. Актуальны вопросы прогнозирования выхода пиломатериалов по месту вырезки из бревна с учетом геометрических размеров ядра и бревна, их плотности, влажности и смолистости.

5. Перспективной следует признать разработку способов сортировки пиломатериалов, выпиленных из различных зон бревна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полубояринов О.И.* Плотность древесины. – Л.: ЛТА, 1973. – 77 с.
2. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. – Архангельск, 1985. – 139 с.
3. *Серговский П.С.* Гидротермическая обработка древесины. – М.: Гослесбумиздат, 1958. – 440 с.
4. *Уголев Б.Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 332 с.
5. *Шубин Г.С.* Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 336 с.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 05.09.01

R.E. Kaliteevsky, V.V. Korneev

Peculiarity of Drying Sawn Wood Cut from Different Log Zones

Factors effecting the heterogeneity of final humidity have been revealed; the efficiency of dividing sawn wood before drying according to the place of cutting from the log into duramen and duramen-sap wood.

УДК 674.02

А.Р. Бирман

ПРОИЗВОДСТВО ОБЛИЦОВОЧНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ СКЛАДОВ

Рассмотрен вопрос повышения производительности прессового оборудования при склеивании облицовочных деревянных покрытий за счет уменьшения времени пьезообработки до 5 ... 10 с; приведено теоретическое обоснование предлагаемого способа склеивания и результаты определения прочности клеевого соединения.

Ключевые слова: склеивание, облицовочные деревянные покрытия, поточное производство.

Лес и продукты его переработки являются одним из значимых экономических ресурсов Российской Федерации. Продукты леса применяются практически во всех отраслях народного хозяйства. Однако за последние три года расчетная лесосека в России использовалась не более чем на 24 %, а в многолесных районах Севера, Европейской части, Сибири и Дальнего Востока – на 10 ... 15 %.

Существующая тенденция, направленная на вырубку преимущественно пиловочных ресурсов, привела в зоне их освоения к истощению высокосортного крупного пиловочника, а также высокобонитетных хвойных древостоев. Увеличился дефицит древесины твердых лиственных пород. Практически свелось к нулю применение в строительстве древесины мягких лиственных пород. Недостаток нашего лесного комплекса – низкий уровень глубокой переработки древесины и эффективного комплексного использования как высококачественных лесных ресурсов, так и их отходов.

Одним из факторов, определяющих экономическую доступность резервов древесины, является их удаленность от предприятий деревообрабатывающей промышленности. Поэтому необходимо внедрять безотходные комплексные технологии переработки лесоматериалов с изготовлением товаров народного потребления непосредственно на лесопромышленных складах. В этом случае малоиспользуемая древесина мягких лиственных пород (МЛП) и отходы составят ту часть дополнительных ресурсов, которая может быть предметом эффективного освоения и переработки в конечные продукты.

Перспективным видом такого продукта являются облицовочные деревянные покрытия (ОДП), клееная конструкция которых выполняется в виде подложки из реечных щитов и лицевого слоя из мелких планок, уложенных в композиционный рисунок. Их широко используют как декоративные и напольные покрытия.

Применение древесины МЛП и отходов деревообработки, механизация процесса сборки лицевого покрытия и снижение времени пьезообработки при склеивании позволяют организовать эффективное поточное производство этой продукции в условиях лесопромышленных складов.

Повышение эффективности производства декоративных ОДП из натуральной древесины МЛП возможно за счет применения холодного способа склеивания клеями на основе поливинилацетатной дисперсии (ПВАД). Склеивание осуществляют в два этапа: слипание за 5 ... 10 с пьезообработки с усилением $P_y = 0,01 \dots 0,03$ МПа; окончательное отверждение клея вне прессового оборудования.

Условие сохранения монтажной прочности после пьезообработки с усилением P_y :

$$y_{изг} + y_{см} - y_{сл} = 0, \quad (1)$$

где $y_{изг}$ – деформация изгиба наклеиваемой детали;

$y_{см}$ – деформация выступов шероховатости древесины при сжатии;

$y_{сл}$ – задержанная деформация за счет сил слипания.

Деформация изгиба для планки, нагруженной распределенной нагрузкой q , определяется по формуле

$$y_{изг} = \frac{q}{8EI\beta^4} 2(1 - e^{-\beta a} \cos\beta a), \quad (2)$$

где E – модуль упругости древесины поперек волокон;

I – момент инерции сечения наклеиваемой детали;

β – расчетный коэффициент;

a – расстояние от торца планки до рассматриваемого сечения.

Заменив a на текущую координату x и приняв

$$\eta = e^{-\beta x} \cos\beta x,$$

получим

$$y_{изг} = \frac{q}{4EI\beta^4} (1 - \eta). \quad (3)$$

Величина $y_{см}$ складывается из деформаций смятия шероховатостей поверхности $R_{z\max}$ планки $y_{см1}$ и подложки $y_{см2}$:

$$y_{см1,2} = \frac{R_{z\max}}{l} \sqrt{\frac{P}{\sigma_{\text{н1}}}}, \quad (4)$$

где l – длина планки.

Для определения предельного давления, обеспечивающего склеивание без образования пустот и разрывов клеевого слоя, воспользуемся равенством

$$\frac{R_{z\max}}{l} \sqrt{\frac{P}{\sigma_{\text{н1}}}} + \frac{Pb(1 - \eta)}{4EI\beta^4} = \frac{\sigma_{\text{ид}} bL^4}{120EI}. \quad (5)$$

Обозначим

$$R = \frac{R_{z \max}}{l}. \quad (6)$$

После преобразований будем иметь

$$P^2 \frac{(1-\eta)^2}{16\beta^8} - P \left[\frac{R^2 E^2 I^2}{b^2 \sigma_{\text{н}1}} + \frac{\sigma_{\text{н}0} L^4 (1-\eta)}{240\beta^4} \right] + \frac{\sigma_{\text{н}0}^2 L^8}{14400} = 0. \quad (7)$$

Решив уравнение (7) относительно P , получим давление пьезообработки. В связи с небольшой продолжительностью прессования, как показали опыты, деформации от разбухания древесины и усадки клея для практических расчетов можно не учитывать.

Область применения предлагаемого способа склеивания ограничена длиной ($l \leq 400$ мм) и толщиной ($h \leq 8$ мм) планок лицевого покрытия. При нормируемой величине неплоскостности планок и определенных экспериментальных значениях липкости неотвержденного клея (0,0085 ... 0,0125) превышение указанных размеров приводит к разрушению клеевого соединения за счет упругого восстановления величины неплоскостности планок.

Следует отметить, что отклонения размеров планок лицевого покрытия по толщине достигают $\pm 0,5$ мм. Это при низких давлениях склеивания ($P = 0,03$ МПа) приводит к непрочности склеивания планок с минимальной толщиной. Для повышения качества склеивания предлагается снабжать плиты прессов упругими элементами [1], например из резины с модулем упругости $E = 0,3$ МПа. В этом случае усилие прессования при склеивании декоративных щитов с площадью лицевого покрытия $0,36 \dots 0,64$ м² будет в пределах 8 ... 15 кН. Столь малая величина прессующего усилия позволяет сделать вывод о нерациональности склеивания ОДП в мощных гидравлических прессах и возможности использования относительно простых механизмов с грузовым нагружением.

Для оценки технологических параметров склеивания и с учетом результатов работы [3] построена математическая модель процесса заполнения сквозного капилляра в древесине. Выходная формула модели позволяет определить время t заполнения капилляра радиусом r на определенную глубину L :

$$t = \frac{L^2}{r^2} \left[-\frac{1}{2\mu} \left(\delta P + \text{sign} \frac{2\sigma}{r} \right) \right]^{-1}, \quad (8)$$

где μ – вязкость клея;

δ – толщина слоя адгезива;

σ – поверхностное натяжение клея;

$\text{sign} = +1$ (смачивание); $\text{sign} = -1$ (несмачивание).

С учетом уплотнения древесины изменение радиуса капилляра можно оценить по формуле

$$r = r_0 \left(1 - \frac{\varepsilon}{2} \right),$$

где ε – степень уплотнения.

В результате построения факторизованной модели процесса предлагаемого способа склеивания, где в качестве выходного параметра y_1 определена прочность соединения на отрыв ($\sigma_{отр}$), а переменными факторами x_1, x_2, x_3 являлись соответственно давление прессования P , вязкость μ и расход клея Q , получено уравнение с нормированными значениями факторов для ПВАД, модифицированной для повышения водостойкости тетраэтаксисилоном [2]:

$$y_1 = 1,109 + 0,298 x_1 - 0,353 x_1^2 - 0,138 x_2^2. \quad (9)$$

Определим по (9) натуральные значения факторов, обеспечивающие оптимум критерия:

$$P = x_1 \delta x_1 + x_{10} = 0,42 \cdot 0,01 + 0,01 = 0,0142 \text{ МПа}; \quad (10)$$

$$\mu = x_1 \delta x_1 + x_{10} = 0,00 \cdot 105 + 555 = 555 \text{ мПа} \cdot \text{с}. \quad (11)$$

После подстановки переменных в натуральном виде уравнение примет вид

$$\sigma_{отр} = 4,248966 + 100,4P - 3530P^2 + 0,016972\mu - 0,00001528\mu^2. \quad (12)$$

В результате оптимизации факторов установлено, что максимальная прочность клеевого соединения ОДП на отрыв в исследуемой области варьирования факторов обеспечивается при $P = 0,014$ МПа, $\mu = 555$ мПа · с, $Q = 280$ г/м² и составляет 1,17 МПа. Это подтверждает теоретические расчеты.

Второй этап предлагаемого способа склеивания (отверждение клея) происходит вне прессового оборудования. В этот период осуществляются операции по перемещению пакетов ОДП к месту технологической выдержки. При движении пакетов имеют место инерционные нагрузки при неустановившихся режимах работы транспортных устройств. Возможны случайные ударные нагрузки. Запишем условия отсутствия подвижек лицевого покрытия ОДП относительно подложки при неотвержденном клеевом слое:

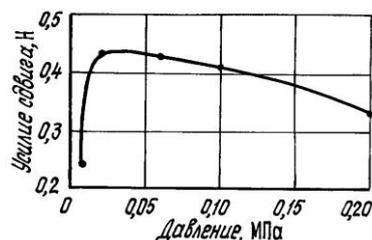
$$P_{и} \leq P_{сдв}; \quad P_{и. уд} \leq P_{сдв}, \quad (13)$$

где $P_{и}$ и $P_{и. уд}$ – соответственно силы инерции в период неустановившегося движения транспортирующих органов и при ударе;

$P_{сдв}$ – усилие, необходимое для сдвига планок лицевого покрытия после пьезообрезки пакета.

По значениям величины $P_{сдв}$, определенным через 10 с после пьезообработки образцов, построена зависимость, приведенная на рисунке.

Анализ результатов эксперимента позволяет проследить тенденцию уменьшения прочности соединения при увеличении давления на первом этапе склеивания от



Влияние давления прессования на усилие сдвига

0,06 до 0,20 МПа. Это объясняется нарушением целостности клеевого слоя в результате упругого восстановления склеиваемых поверхностей при неотвержденном клее, что подтверждается результатами микроскопического анализа.

Расчеты показывают, что при ударных нагрузках ($P_{и. уд} \gg P_{и}$) на пакет, движущийся со скоростью до 50 м/мин (реальная скорость транспортировки пакетов в производственных условиях не превышает 5 м/мин), коэффициент запаса прочности клеевого соединения пакета $n \geq 2$.

Изучение принципиальных вопросов производства ОДП из древесины мягких лиственных пород позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Изготовление клееных видов ОДП с использованием древесины мягких лиственных пород является перспективным направлением развития производства товаров народного потребления в условиях лесопромышленных складов и способствуют развитию глубокой переработки древесины.

2. Склеивание ОДП рекомендуется осуществлять при нормальных температурах клеями на основе модифицированной ПВАД в два этапа: слипание деталей в период пьезообработки, окончательное формирование клеевого соединения вне прессового оборудования. Предельное давление $P = 0,01 \dots 0,03$ МПа, продолжительность пьезообработки $\tau = 5 \dots 10$ с, вязкость адгезива $\mu = 550 \dots 570$ мПа · с, расход адгезива $Q = 250 \dots 280$ г/м², продолжительность технологической выдержки без давления $\tau_2 \geq 4$ ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирман А.Р. Расчет упругих элементов контактных поверхностей прессового оборудования. – СПб.: ЛТА, 2002. – 11 с. – Деп. в ВИНТИ 16.04.02. № 698 – В 2002.
2. Подосенова Е.А. Исследование и разработка технологии склеивания древесины дифференцированным способом в поточном производстве: Автореф. ... канд. техн. наук. – Л.: ЛТА, 1981. – 20 с.
3. Чубинский А.Н., Нуллер Б.М. Проникновение клея в древесину в процессе склеивания // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: ЛТА, 2001. – 188 с.

Санкт-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 1.07.02

A.R. Birman

**Production of Facing Wooden Coverings in Conditions
of Forest-industrial Stocks**

The question of increasing productivity of press equipment is considered when bonding facing wooden coverings through reducing time of piezotreatment to 5-10 seconds. Theoretical substantiation of the suggested bonding method and results of determining the adhesive joint strength are provided.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.1.022

*М.Г. Мутовина, Т.А. Бондарева, В.А. Кирсанов,
Н.Е. Самсонов, Б.В. Орехов*

**ВНЕДРЕНИЕ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВАРКИ
НА СУЛЬФИТЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ЗАВОДАХ РОССИИ
РАСШИРЯЕТ СЫРЬЕВУЮ БАЗУ, ПОВЫШАЕТ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
И УЛУЧШАЕТ ЭКОЛОГИЮ ОТРАСЛИ**

Представлены итоги работы по испытанию и внедрению в промышленность модифицированного бисульфитного способа варки целлюлозы, разработанного ЦНИИБ. Обоснованы преимущества применения магниевого основания.

Ключевые слова: целлюлоза, модификация, бисульфитный способ варки, магниевое основание.

Производство сульфитной целлюлозы в России до 1990 г. составляло около 3 млн т. Сульфитная целлюлоза легко белился и размалывается, имеет оптимальное сочетание оптических, печатных, прочностных, впитывающих и других бумагообразующих свойств для печатных и писчих видов бумаги. Для массовых видов бумаги, типа газетной, сульфитная целлюлоза используется в небеленом виде благодаря высокой белизне по сравнению с сульфатной целлюлозой.

Сульфитным способом варки возможно перерабатывать только ель и пихту. Дефицит лесосырьевой базы значителен, особенно, в Европейской части страны, что сдерживает развитие сульфит-целлюлозных предприятий.

В связи с этим сохранение и повышение эффективности сульфитных предприятий является одной из актуальных задач ЦБП.

В ОАО ЦНИИБ в рамках федеральной программы развития лесопромышленного комплекса Российской Федерации разрабатываются модификации варки, в которых устраняются недостатки сульфитного способа, что делает их весьма привлекательными и конкурентоспособными.

Модифицированным бисульфитным способом можно перерабатывать практически все породы древесины, в том числе сосну, лиственницу, и низкокачественное сырье. Делигнификация древесины сульфитными растворами протекает путем сульфонирования и последующего растворения

лигнина. При классической сульфитной варке лимитирующей стадией является сульфонирование, при классической бисульфитной – гидролитические процессы, что делает необходимым повышать температуру до 160...165 °С.

Двухступенчатая варка направлена на ликвидацию этого недостатка путем сульфонирования чистым бисульфитным раствором на 1-й ступени и проведения гидролитических реакций в водном растворе SO₂ при низком pH на 2-й. Такой подход хотя и улучшает результаты варки, но не дает ожидаемого эффекта. Дело в том, что процесс делигнификации строго делить на две стадии нельзя. Фактически обе они протекают почти одновременно. Только очень небольшая часть лигнина сульфонируется без предварительного гидролиза, основное его количество – после гидролитического воздействия.

Исходя из этого нами был разработан режим одноступенчатой варки, при котором ни сульфонирование, ни гидролиз не лимитируют процесс делигнификации. Это достигается путем оптимального подбора основных переменных факторов варки: pH, температуры, давления и содержания SO₂ в бисульфитной форме.

Благодаря этому модифицированная бисульфитная варка по предложенному режиму протекает наиболее избирательно, а получаемая целлюлоза (по сравнению с сульфитной) имеет более высокий выход (на 7 ... 8 % – небеленая, на 3 ... 5 % – белая). Следовательно, сокращается удельная норма расхода древесины на 1 т целлюлозы соответственно на 14 ... 16 и 6 ... 10 %, БПК и ХПК сточных вод – на 17 ... 20 %.

Модифицированным бисульфитным способом можно получать как целлюлозу высокого выхода (58 %), так и белую с числом Каппа 20 ... 25. Как видно из таблицы, белая целлюлоза от модифицированной бисульфитной варки имеет по сравнению с сульфитной целлюлозой более высокие выход, показатели механической прочности и белизну. Осиневая целлюлоза по прочностным свойствам приближается к сульфитной хвойной. Основным преимуществом этой целлюлозы является высокая способность к отбелке по сравнению с сульфитной, бисульфитной и, тем более, сульфатной.

Показатели	Значения показателей белой целлюлозы				
	сульфитной	модифицированной бисульфитной			
		из ели и пихты	из сосны	из осины	
			европейской	Красноярского края	
Выход, %	49	53	52	55	54
Белизна, %	60...62	68	65	69	67
Жесткость, °Б	85	105	95	85	85
Разрывная длина, м	8 300	11 000	9 800	8 500	8 300
Сопротивление:					
излому, ч.д.п.	1 300	2 500	2 500	1 300	1 200
продавливанию, кПа	400	570	520	420	400
раздиранию, мН	380	500	510	350	320

Так, при отбелке модифицированной бисульфитной целлюлозы с числом Каппа 19 по бесхлорной схеме (отбелка кислородом и перекисью водорода) с использованием гидроксида магния в качестве щелочного реагента была достигнута белизна 82,3 % при потерях волокна 6,3 %. Для сравнения сульфатная целлюлоза с числом Каппа 20,5 при таких же условиях отбелки имела белизну 78,3, потери составили 12,9 %.

В производстве модифицированной бисульфитной целлюлозы возможно использовать натриевое, аммониевое или магниевое основание. В зависимости от этого изменяется режим варки и свойства целлюлозы. По возрастанию скорости варки основания располагаются следующим образом: натриевое – магниевое – аммониевое. Самые низкие избирательность делигнификации и белизна отмечены у целлюлозы в небеленом виде при использовании аммониевого основания, но она легко отбеливается. Натриевое и магниевое основания дают целлюлозу одинаковой белизны. Хорошие результаты получены при использовании смеси одновалентного натриевого основания с двухвалентным магниевым. Прочность целлюлозы практически не зависит от вида основания и в основном определяется степенью провара и условиями варки. Необходимо отметить, что режим должен разрабатываться конкретно для каждого предприятия в зависимости от назначения целлюлозы и особенностей сырьевой базы.

В ЦНИИБе исследованы варки всех древесных пород России, имеющих практическое значение, а также все виды оснований и их смеси. Наиболее перспективным признано магниевое. Главные его достоинства – сравнительно невысокая стоимость и возможность организации самой простой и надежной системы регенерации химикатов и тепла из отработанных щелоков.

Кроме того, процесс на магниевом основании может проходить как с регенерацией химикатов и тепла, так и без нее. Более того, в настоящее время переход на новую технологию целесообразно проводить постепенно. Сначала необходимо заменить полностью или частично имеющееся варочное основание на магниевое, что позволит снизить себестоимость целлюлозы, а сэкономленные средства направить на внедрение системы регенерации химикатов и тепла из отработанных щелоков. Это сделает целлюлозный завод практически экологически безопасным. Только за счет экономии при переходе на магниевое основание систему регенерации можно внедрить за 4-5 лет.

В качестве магниезиального сырья в сульфитцеллюлозном производстве можно использовать различные химикаты. Наиболее распространен каустический магнезит, крупнейшим поставщиком которого является ОАО «Комбинат “Магнезит”» (г. Сатка Челябинской области). Для сульфитцеллюлозных предприятий предназначен наиболее тонкодисперсный пылевидный унос, образующийся при обжиге природного магнезита для производства огнеупоров (ГОСТ 1216–87) марок ПМКМк-75 и ПМКМк-80. Содержание MgO в них соответственно не менее 75 и 80 %.

На этом сырье работают ОАО «Красноярский ЦБК», АО «Светлогорский ЦКК» и Камский ЦБК.

В последние годы содержание MgO в поставляемых порошках несколько повысилось и, как правило, не опускается ниже 80 %. В 90-х годах начались работы по организации производства каустического магнезита на базе месторождений Красноярского края и Иркутской области. Зарубежные предприятия используют более качественный каустический магнезит, содержащий 85 ... 92 % MgO.

Одним из недостатков каустического магнезита является наличие шлама в готовом варочном растворе. Содержание его составляет обычно 1 ... 2 кг/м³. Таким образом от 5 до 8 % каустического магнезита переходит в шлам. ОАО ЦНИИБ с соисполнителями разработал способ получения магнезиального вяжущего с использованием шлама варочных растворов и каустического магнезита, а также различных строительных изделий из него. Способ защищен патентом России.

Другим источником магнезиального сырья для сульфитцеллюлозного производства является брусит – природный минерал, содержащий в основном гидроксид магния. Большие залежи его расположены в Хабаровском и Приморском краях. В настоящее время разрабатывается только Кульдурское месторождение. В соответствии с ТУ 14-203-92–90, специально разработанным для целлюлозно-бумажной промышленности, массовая доля MgO в брусите должна быть не менее 60 %, что в пересчете на гидроксид магния составляет 87 %. Кроме того, выделяется брусит марки БРК-3 с содержанием MgO не менее 62 % (в пересчете на основное вещество 90 %).

Для получения варочных растворов брусит используют без дополнительной подготовки. Брусит может храниться длительное время, не боится влаги. Он хорошо взаимодействует с SO₂, а варочные растворы практически не содержат шлама, так как процесс их получения происходит в тонкой пленке одновременно с осветлением.

Нами запатентованы два способа получения бисульфитного раствора с использованием брусита. Углегорский ЦБЗ, который ранее использовал соду и известняк, переведен на брусит, проведены опытно-промышленные выработки бисульфитной целлюлозы. Позднее брусит стали использовать на Поронайском ЦБК.

На ряде зарубежных предприятий применяют оксид или гидроксид магния, получаемые из бишофита, хлормагниевого рассола и озерных рап, отходов опреснения морской воды. В России в заметных количествах эти продукты не используют в сульфитцеллюлозном производстве, хотя они представляют из себя потенциальный источник магнезиального сырья.

Еще одним источником магнезиального сырья служат сульфаты магния в виде кизерита (одноводная соль) и эпсолита (семиводная соль). Это сырье можно использовать только при наличии системы регенерации. Следует отметить, что сульфат магния несет в себе два химиката, необходимых для получения варочных растворов: MgO и SO₂. Эти химикаты образу-

ются при разложении сульфита магния в магнийрегенерационных котлоагрегатах (МПК).

Мировой и отечественный опыт показывает, что наиболее простой и надежной является регенерация щелоков на магниевом основании, поскольку продукты сжигания содержат химикаты в форме, пригодной для приготовления варочных растворов практически без дополнительных превращений. Этот процесс решает проблему реализации отработанных щелоков, остро стоящую в России, позволяет в 3–5 раз снизить расход химикатов, практически полностью обеспечить теплом выпарную станцию и целлюлозное производство и не сопровождается образованием дурнопахнущих веществ.

В дымовых газах МПК после системы абсорбции нет твердых частиц, а содержание SO_2 обычно не превышает 0,005 ... 0,010 %, что в 5–10 раз меньше, чем при сжигании угля и мазута. Сжигание щелоков происходит при более низких температурах, чем при использовании традиционного топлива, а дымовой газ проходит 3–4 ступени мокрой очистки, что позволяет снизить образование и выбросы оксидов азота. Таким образом, получение тепловой энергии от сжигания щелоков наиболее безопасно.

Наличие системы регенерации практически полностью решает проблему загрязнения как водного, так и воздушного бассейнов сульфитных предприятий. Помимо утилизации варочных щелоков в объеме, который обеспечивает отбор щелока на предприятии, в МПК могут быть направлены на утилизацию и обезвреживание газовые выбросы от большинства источников, а также жидкие органические фракции, образующиеся при очистке варочных растворов от цимола и грязных конденсатов варки и выпарки. При этом вредные летучие органические соединения (метанол, терпеновые, фурфурол и др.) сгорают в МПК с образованием воды и CO_2 , а SO_2 газовых выбросов утилизируется вместе с SO_2 , образующимся при сжигании щелока. Регенерационная установка позволит утилизировать отработанные щелока от кислородно-щелочной отбелки.

Наличие системы регенерации делает обоснованной нейтрализацию щелоков перед их упариванием, что позволяет на 80 ... 95 % снизить загрязненность кислых конденсатов SO_2 и летучими кислотами. Следует отметить, что в этом случае затраченный на нейтрализацию MgO регенерируется при последующем сжигании щелоков в МПК.

В России систему регенерации имеет ОАО «Красноярский ЦБК», в Республике Беларусь – АО «Светлогорский ЦКК». ОАО ЦНИИБ принимал активное участие в предпроектных разработках, проектировании этих систем, а также их совершенствовании. Подобная работа проводится на ООО «Неманский ЦБК».

На лучших зарубежных предприятиях степень регенерации химикатов достигает 85 ... 87 %. На АО «Светлогорский ЦКК» она составляет 72 ... 75 %, а на ОАО «Красноярский ЦБК» по ряду причин (главным образом из-за низкой степени отбора щелока) значительно меньше.

В России выпускается отечественное энерготехнологическое оборудование для систем регенерации. Сравнительно недорогие МРК производит АО «Белгородский завод энергетического машиностроения». Котлоагрегат МРК-210 недавно установлен и успешно работает на АО «Светлогорский ЦКК». Подобный котел заказан для ООО «Неманский ЦБК».

В связи с тем, что модифицированная бисульфитная целлюлоза легко отбеливается, нами проведены исследования по ее отбелке без применения хлора и хлоропродуктов. В качестве щелочного реагента использован оксид магния, т.е. на варку и отбелку было взято одно и то же основание. Это дает возможность утилизировать отработанные растворы от отбелки, что обычно представляет большие трудности. По предлагаемой нами технологии отбельные отработанные растворы концентрируются на мембранной установке до оптимальной концентрации, затем соединяются с отработанным варочным щелоком и идут на регенерацию.

Таким образом, нами разработана технология производства беленой целлюлозы модифицированным бисульфитным способом с регенерацией химикатов и тепла и бесхлорной отбелкой, приближающаяся к экологически чистому процессу с высокими экономическими показателями.

Ее преимущества по сравнению с сульфатной – повышенные выход целлюлозы, белизна в небеленом виде и способность к отбелке, хорошие печатные свойства. Кроме того, отсутствуют выбросы дурнопахнущих веществ в атмосферу и сброс в водоемы сульфид- и меркаптидсодержащих сточных вод.

Преимущества разработанной технологии по сравнению с сульфитным способом – возможность успешной переработки практически всех пород древесины, повышенные выход, белизна и прочность, низкие расходы серы и основания, уменьшение загрязнения окружающей среды, получение дополнительной тепловой энергии на самообеспечение производства.

На основании результатов исследовательских варок в широком диапазоне рН сульфитных варочных растворов (рН 2,0 ... 4,5) с изменением максимальной температуры (от 150 до 165 °С) и продолжительности варки (от 1,5 до 3,5 ч) нами разрабатываются технологические режимы варок хвойной и лиственной целлюлозы различного назначения.

В разное время опытно-промышленные выработки проводились на Красноярском, Кондопожском, Балахнинском, Ляскельском, Сясьском, Камском, Калининградском, Выборгском ЦБК и Углегорском ЦБЗ, в последние полтора года – на Камском ЦБК, СП АО «Цепрусс», Туринском и Вишерском ЦБК. Опробована технология модифицированной бисульфитной варки при получении целлюлозы, используемой в небеленом виде в производстве печатных видов бумаги, белимой целлюлозы, а также целлюлозы для химпереработки. Режимы варки разработаны с учетом производственных условий комбинатов, сырьевой базы и назначения целлюлозы.

Результаты опытно-промышленных выработок подтверждают наши исследования. Повышаются выход целлюлозы из древесины на 3 ... 7 %, прочность на 15 ... 20 %, белизна на 4 ... 6 % (абс.), снижаются в 1,5-2 раза

содержание непровара и сорность. Этим методом можно успешно перерабатывать древесину ели, пихты, сосны, лиственницы и осины, а также низкокачественную древесину (сухостойную и поврежденную гнилью). Однако показатели полученной целлюлозы ухудшаются, хотя и в этом случае они значительно лучше, чем при сульфитной варке.

Технологии бисульфитной варки и ее модификаций были внедрены в разное время на Красноярском, Балахнинском, Ляскельском, Кондопожском, Камском, Соликамском ЦБК и СП АО «Цепрусс».

Переход Камского ЦБК с натрий-бисульфитной варки на модифицированную бисульфитную магниевую-натриевую в 1995 г. дал экономический эффект, который составил 16 млрд руб.

На АО «Соликамскбумпром» после перехода с двухступенчатой варки на бисульфитную получена целлюлоза повышенной прочности, особенно по сопротивлению раздиранию. Отмечена также высокая технологичность бисульфитной варки.

Внедрение предложенного способа на СП АО «Цепрусс» позволило этому предприятию перерабатывать еловую древесину невысокого качества, а также значительное количество сосновой (до 30 %).

Перевод перечисленных предприятий на модифицированную бисульфитную варку способствовал значительному улучшению экологии предприятий: уменьшены в 1,5 раза выбросы SO_2 в атмосферу, БПК сточных вод снижено на 20 %, заметно улучшены условия труда в кислотном и варочном цехах.

В настоящее время интерес к этой технологии проявляют Туринский ЦБЗ, ОАО «Вишерабумпром» и Неманский ЦБК. На Туринском и Вишерском комбинатах успешно проведены опытно-промышленные варки. Почти все предприятия в перспективе имеют намерение перейти на магниевое основание.

Таким образом, представляется перспективным перевод сульфитных предприятий отрасли на модифицированную бисульфитную варку с использованием магниевое основания. Этот способ подходит для производства целлюлозы различного назначения – от небеленой до белимой, вплоть до целлюлозы для химпереработки. Главные его преимущества перед традиционным сульфитным:

перерабатывается древесина практически всех пород и низкокачественное сырье;

снижается себестоимость целлюлозы за счет повышения выхода из древесины на 3 ... 7 % в зависимости от назначения (экономия древесного сырья составляет $(0,5 \pm 0,2)$ пл.м³/т целлюлозы), дешевизны магниезального сырья и меньшего его расхода по сравнению с дорогостоящей кальцинированной содой;

улучшается качество целлюлозы (прочность повышается на 15 ... 20 %, белизна – на 4 ... 6 % (абс.), снижаются в 1,5-2 раза сорность и непровар).

Внедрение предлагаемой технологии возможно осуществлять поэтапно:

1-й этап – переход на модифицированную варку без капитальных вложений;

2-й этап – переход на магниевое основание с постепенным увеличением его доли;

3-й этап – внедрение экологически безопасной магнийдисульфитной варки с регенерацией химикатов и тепла; на этом этапе необходимы капитальные вложения.

При этом появляются дополнительные преимущества: уменьшается расход химикатов в 4 раза и транспортно-заготовительные затраты за счет снижения объема перевозимых химикатов; за счет сжигания растворенной органики появляется дополнительная тепловая энергия в количестве, покрывающем собственные нужды предприятия на 85 ... 90 %; снижается плата за сброс вредных веществ; решаются экологические проблемы предприятия; выбросы летучих органических веществ уменьшаются в 3-4 раза, сброс щелочесодержащих сточных вод на очистные сооружения – более чем в 4-5 раз.

Нами выполнено технико-экономическое обоснование перевода сульфитных предприятий на новую технологию применительно к Камскому ЦБК, АО «Соликамскбумпром» и СП АО «Цепрусс». Экономический эффект от внедрения новой технологии на предприятиях за первые 5 лет составит 381 млн руб.

ОАО ЦНИИБ

Поступила 19.03.01

*M.G. Mutovina, T.A. Bondareva, V.A. Kirsanov,
N.E. Samsonov, B.V. Orekhov*

Implementation of New Cooking Technology at Sulfite-pulp Mills of Russia Extends Raw-material Base, Increases Efficiency and Improves Branch Ecology

The results of work on testing and implementation into industry of modified bisulfite method of pulp cooking developed by Central Scientific Research Institute of Paper are presented.



УДК 676.1.022

***Е.В. Дьякова, В.И. Комаров, А.В. Гурьев,
В.П. Елькин, В.И. Горшков, Н.А. Каунихин***

Дьякова Елена Валентиновна родилась в 1977 г., окончила в 1999 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства. Имеет 6 печатных работ в области исследования свойств полуфабрикатов для производства тарного картона.



Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 270 печатных трудов в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



Гурьев Александр Владиславович родился в 1965 г., окончил в 1990 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных трудов в области исследования свойств и разработки технологии производства и переработки тарного картона.



Елькин Владимир Павлович родился в 1947 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, директор по качеству ОАО «Архангельский ЦБК». Имеет 10 печатных работ в области технологии производства целлюлозы и картона.



РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВАРКИ ПОЛУФАБРИКАТА ДЛЯ ТАРНОГО КАРТОНА

Разработана технология производства тарного картона с использованием в композиции модифицированных видов полуцеллюлозы.

Ключевые слова: волокнистые полуфабрикаты, картон-лайнер, бумага для гофрирования, нейтрально-сульфитная полуцеллюлоза, варка, степень замещения, гофрированный картон, моноссульфитный щелок, белый щелок.

За последние годы возросла как конкуренция среди производителей картона-лайнера различных марок и флутинга, так и требования к их качеству и стабильности. Качество картона становится все более весомым аргументом при выборе поставщика продукции. Это побуждает производителей к модернизации действующих картоноделательных машин, внедрению современных технологий, средств автоматизации и контроля качества.

Архангельский ЦБК, являясь крупнейшим производителем картона для плоских слоев гофрокартона (крафт-лайнер и картон универсальный) и обладая двумя самыми мощными в России КДМ, производит качественную продукцию, признанную многими потребителями.

Однако из-за значительного различия в цвете сульфатной целлюлозы и нейтрально-сульфитной полуцеллюлозы (НСПЦ) при производстве картона универсального постоянно возникала проблема внешнего вида. При выработке картона универсального на КДМ-2 сквозь коричневый покровный слой виден более светлый основной слой. Чаще всего это проявляется в виде дефекта «светлых полос». Существующий напорный ящик покровного слоя не позволяет подавать более 10 ... 12 % волокна от общей массы картона. Это вызывало необходимость уменьшения количества более дешевого полуфабриката, коим является НСПЦ, в основном слое картона и, как следствие, удорожание продукции.

Для решения данной проблемы было предложено изменить технологию варки полуцеллюлозы. Цель модификации – изменение цвета полуцеллюлозы для улучшения внешнего вида картона и повышения доли полуцеллюлозы в композиции с сохранением качественных показателей продукции.

Известно, что более темную полуцеллюлозу можно получить путем изменения характера хромофорных групп лигнина при смещении pH варочного раствора в щелочную область (pH 8,5 ... 9,5) за счет добавки к моносльфитному щелоку определенного количества щелочного реагента – белого щелока [2, 3].

Основные задачи, стоявшие перед нами – получение полуфабриката, пригодного для использования в композициях картона-лайнера и бумаги для гофрирования, с максимальным (до 100 %) замещением моносulfита в варочном щелоке на белый щелок; оценка влияния факторов варки на смеси щелоков на физико-механические свойства полуцеллюлозы.

Варки проводили периодическим способом в лаборатории АГТУ с использованием сырья и варочных реагентов, отобранных на производстве.

Эксперимент осуществлен с использованием ротатбельного композиционного равномерного плана второго порядка. В качестве варьируемых факторов приняли продолжительность стоянки на конечной температуре и процент замещения моносulfита натрия белым щелоком (БЩ). Полная характеристика варьируемых параметров представлена в табл. 1.

Постоянные условия варки: гидромодуль 4,5; соотношение моносulfита натрия и соды 5:1; начальная температура варки 150 °С; максимальная температура варки 175 °С; расход общей щелочи на варку 20 %

Таблица 1

Вариант	Варьируемые параметры		Состав белого щелока, г/л (в ед. Na ₂ O)		Состав моносльфитного щелока, г/л (в ед. Na ₂ CO ₃)		Выход, %	Число Каппа	Продолжительность размола до 30 °ШР, мин
	Замещение на БЩ, %	Продолжительность стоянки, мин	A	Na ₂ S	Na ₂ SO ₃ /Na ₂ CO ₃	Na ₂ CO ₃ общ.			
1	57,3	30	104,5	32,2	88,5/17,5	106	86	118	22,0
2	57,3	60	104,5	32,2	88,5/17,5	106	80	154	22,0
3	92,6	30	106,0	32,6	87,5/18,6	106	76	134	22,0
4	92,6	60	106,0	32,6	87,5/18,7	106	88	120	22,0
5	75,0	24	111,0	32,2	91,2/19,1	110	76	84	21,5
6	75,0	66	111,0	32,2	91,2/19,2	110	83	80	22,0
7	50,0	45	112,5	32,6	94,9/19,1	114	67	110	22,0
8	100,0	45	102,6	29,8	–	–	91	184	30,0
9	75,0	45	114,7	33,8	90,6/17,0	108	85	132	22,5
10	75,0	45	114,7	33,8	90,6/17,1	108	88	127	22,0
11	75,0	45	112,5	32,6	94,9/19,1	114	89	110	17,0
12	75,0	45	112,5	32,6	94,9/19,2	114	87	125	23,0
13	75,0	45	112,5	32,6	94,9/19,3	114	86	108	17,0

(в ед. Na₂CO₃); продолжительность подъема до максимальной температуры 45 мин.

В качестве параметров для оценки свойств полученной полуцеллюлозы приняты выход и число Каппа, а также комплекс физико-механических показателей: стандартные физико-механические характеристики прочности и жесткости (разрывная длина L , сопротивление продавливанию $П$, сопротивление плоскостному сжатию СМТ, сопротивление сжатию кольца РСТ, сопротивление сжатию короткого образца $ССТ$), характеристики деформативности (жесткость при изгибе EI , начальный модуль упругости E_1 , энергия, поглощаемая при растяжении ТЕА, деформация разрушения ε_p , жесткость при растяжении S_t , показатель трещиностойкости J_{IC} , силы связи по Иванову $F_{св}$, плотность ρ , прочность волокна L_0).

В результате реализации плана эксперимента были получены образцы полуфабриката массой 1 м² 125 г, имеющие степень помола волокна 30 °ШР, с выходом 67 ... 91 % и степенью делигнификации 80 ... 184 ед. Каппа. Указанные значения соответствуют крайним, граничным условиям. Средний диапазон варьирования существенно меньше: выход – 80 ... 88 %, степень делигнификации – 110 ... 135 ед. Каппа. Практически все полученные образцы обладают насыщенным коричневым цветом. Следует отметить некоторое увеличение продолжительности размола до 30 °ШР (в среднем на 5-6 мин) по сравнению с классической моносльфитной варкой. Свойства полученных полуфабрикатов представлены в табл. 1.

В табл. 2 приведены результаты определения стандартных физико-механических характеристик полуцеллюлозы. Данные показывают, что во всех исследуемых вариантах значения основных показателей превышают

Таблица 2

Вариант	Варьируемые параметры		Физико-механические характеристики				
	Замещение на БЦ, %	Продолжительность стоянки, мин	L, м	П, кПа	СМТ ₃₀	RCT	SCT, кН/м
					Н		
1	57,3	30	9 850	710	300	330	5,9
2	57,3	60	10 100	725	310	360	5,9
3	92,6	30	9 500	775	285	350	6,0
4	92,6	60	10 800	740	300	340	5,6
5	75,0	24	9 650	780	315	345	6,0
6	75,0	66	9 500	760	260	295	5,3
7	50,0	45	9 800	700	280	320	5,5
8	100,0	45	8 500	610	280	280	5,3
9	75,0	45	9 900	700	310	325	5,6
10	75,0	45	9 600	690	255	305	5,4
11	75,0	45	9 950	755	275	310	5,7
12	75,0	45	10 650	750	285	320	5,7
13	75,0	45	11 300	735	235	305	5,2

Таблица 3

Вариант	Замещение на БЦ, %	Продолжительность стоянки, мин	ρ , г/см ³	$F_{св}$, МПа	L_0 , м	EI , МН·см ²	E_1 , МПа	TEA, Дж/м ²	ε_p , %	$J_{с}$, кДж	S_i , Н/мм
1	57,3	30,0	0,87	1,264	9 000	502	7068	185	2,43	601	1010
2	57,3	60,0	0,92	1,273	8 100	527	6274	217	2,69	709	917
3	92,6	30,0	0,85	0,928	9 550	661	6590	239	2,88	753	1046
4	92,6	60,0	0,88	1,301	9 150	508	6599	255	2,94	783	953
5	75,0	23,8	0,94	1,209	8 500	322	6972	161	2,46	603	854
6	75,0	66,2	0,85	1,163	9 350	445	6619	204	2,77	839	945
7	50,0	45,0	0,79	0,760	7 600	548	7087	222	2,78	766	1008
8	100,0	45,0	0,90	1,001	8 000	536	6475	160	2,27	676	974
9	75,0	45,0	0,88	1,316	8 500	546	6306	221	2,73	683	937
10	75,0	45,0	0,91	1,429	9 000	570	6298	217	2,73	–	920
11	75,0	45,0	0,91	1,423	8 750	519	6106	223	2,76	812	897
12	75,0	45,0	0,93	0,885	8 550	522	6316	277	3,21	782	915
13	75,0	45,0	0,88	1,311	8 900	349	6926	247	3,05	770	911

требования существующего технологического регламента производства НСПЦ.

Как следует из табл. 3, полученная полуцеллюлоза по деформационным характеристикам сопоставима с сульфатной лиственной целлюлозой.

Математическая модель реализации двухфакторного ротатбельного композиционного равномерного плана второго порядка имеет следующий вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2.$$

Значения коэффициентов уравнения регрессии аппроксимирующего полинома, адекватно описывающего процесс ($F_{расч} < F_{табл}$), для стандартных

Таблица 4

Коэффициенты	Значения коэффициентов уравнения для стандартных характеристик полуцеллюлозы						
	Выход ЦВВ	Число Каппа	L , м	Π , кПа	RCT	CMT	SCT, кН/м
					H		
b_0	87,00	120,0	10300	726,00	313,10	272,07	5,52
b_1	1,99	2,0	166	-6,04	-6,34	-6,60	-0,17
b_2	3,99	10,8	-201	-5,91	-7,10	-3,12	-0,06
b_{12}	4,50	-12,5	260	-12,50	-10,00	1,25	-0,10
b_{11}	-2,88	-14,9	-176	28,70	12,45	11,67	0,15
b_{22}	-3,14	17,6	-372	-28,80	2,45	7,93	0,03
Статистические показатели							
$R_{\text{мн}}$	0,33	0,94	0,99	0,85	0,79	0,75	–
$F_{\text{табл}}$	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59
$F_{\text{расч}}$	12,31	3,69	0,68	1,28	7,84	0,38	0,91

Таблица 5

Коэффициенты	Значения коэффициентов уравнения для деформационных характеристик полуцеллюлозы								
	ρ , г/см ³	$F_{\text{св}}$	EI	E_1	TEA	ϵ_p	J_{IC}	S_i	L_0
b_0	0,903	1,270	501,21	6392	236,8	2,900	609,5	916,03	8745,0
b_1	-0,003	0,040	5,6372	-160	13,6	0,100	59,1	-7,18	-10,3
b_2	0,012	0,004	15,50	-127	0,4	-0,003	12,2	3,40	276,0
b_{12}	-0,005	0,090	-44,75	201	-4,3	-0,050	-19,4	-0,20	126,0
b_{11}	-0,001	-0,003	-36,84	168	-17,6	-0,100	54,0	1,47	247,4
b_{22}	-0,026	-0,160	42,41	160	-13,5	-0,140	53,9	47,08	-321,0
Статистические показатели									
$R_{\text{мн}}$	–	–	0,97	0,98	0,95	–	0,95	0,91	0,99
$F_{\text{табл}}$	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59
$F_{\text{расч}}$	4,55	0,42	0,64	0,21	1,80	1,05	6,11	13,34	5,45

и деформационных характеристик полуцеллюлозы представлены в табл. 4, 5. Высокие численные значения коэффициентов множественной корреляции $R_{\text{мн}}$ свидетельствуют о достаточной точности аппроксимации.

Для характеристик жесткости коэффициенты при квадратичных эффектах положительны, для характеристик прочности – отрицательны. Это свидетельствует о наличии минимума или максимума, т. е. подтверждается известный факт, что чрезмерное повышение продолжительности варки и увеличение добавки белого щелока нежелательно. Необходимо использовать оптимальный вариант.

Усиление интенсивности варки несколько снижает показатели прочности (L , Π) и жесткости (CMT, SCT), которые не выходят за пределы, регламентированные для классической моносульфитной варки.

Повышение значений варьируемых параметров отрицательно влияет на характеристики жесткости при растяжении и изгибе (S_i , EI).

Увеличение продолжительности варки приводит к росту значений показателей, характеризующих растяжимость материала (ϵ_p , TEA). В то же

время варьирование степени замещения моносulfита натрия белым щелоком практически не оказывает влияния на растяжимость образцов полуцеллюлозы.

Для показателей ρ и $F_{св}$ коэффициенты при x_{11}^2 имеют низкие значения, что предопределяет линейный характер зависимости.

Таким образом, по выходу лабораторные образцы соответствуют классической НСПЦ, а их физико-механические характеристики не ниже, чем у полуцеллюлозы, полученной в реальных производственных условиях.

Следующая задача данной работы – промышленные варки модифицированной полуцеллюлозы в производстве картона ОАО «Архангельский ЦБК».

Первый этап производственных испытаний был проведен в марте 2001 г. На одном из двух технологических потоков по производству полуцеллюлозы на установках «Пандия» применили модифицированный режим; второй поток работал по обычному режиму.

Выработка полуцеллюлозы на обоих потоках была одинаковой и составила 26,0 кг на один оборот дозатора. После замены моносulfитного варочного щелока на смесь крепкого и слабого белого щелоков при сохранении соотношения объемов 1 : 2 и рН 8,6 ... 8,8 объем жидкости, подаваемой в варочный аппарат, на первом потоке возрос на 0,5 м³/т. Показатели щелоков, используемых на обоих потоках, во время испытаний были практически постоянными. Температура варки по потокам изменялась в интервале 177 ... 180 °С при среднем значении для обоих потоков 178 °С. Показатели механической прочности модифицированного полуфабриката по сравнению с полуцеллюлозой классического способа варки снизились незначительно – на 3 ... 6 %.

Результаты, достигнутые на первом этапе производственных испытаний по модификации варки НСПЦ, доказали возможность затемнения массы предложенным способом без существенного изменения механических показателей полуцеллюлозы.

В мае 2001 г. (в период производства на КДМ-2 картона универсального) была запланирована повторная выработка на двух потоках полуцеллюлозы с целью окончательной оценки качества полуцеллюлозы и картона. При этом использовали варочный раствор с замещением 50 % моносulfита натрия на смесь крепкого и слабого белого щелока. Результаты определения физико-механических и деформационных характеристик картона, производимого во время выработки, представлены в табл. 6. Анализ свойств полученной полуцеллюлозы показал, что величина непровара после установки горячего размола для обоих потоков была практически одинаковой при близких значениях Каппа. Расход химикатов на обоих потоках был практически одинаковым и составил: моносulfит натрия – 0,51 м³/т, крепкий белый щелок – 0,18 м³/т, слабый белый щелок – 0,48 м³/т. Характеристики механической прочности полуцеллюлозы модифицированной варки

Таблица 6

Характеристика	Значение характеристики для различного времени отбора				
	14.05	15.05	16.05	17.05	среднее за выработку
Масса 1 м ² , г	148	150	146	145	147
Содержание НСПЦ, %	60,7	63,0	70,0	75,4	67,3
P , кПа	560	580	540	530	550
RCT, Н	252	286	257	242	259
L , м	<u>9 630</u>	<u>9 870</u>	<u>10 000</u>	<u>9 390</u>	<u>9 720</u>
	3 880	4 190	4 030	3 960	4 015
E_1 , МПа	<u>3 313</u>	<u>4 302</u>	<u>4 329</u>	<u>4 606</u>	<u>4 138</u>
	1 804	1 959	1 945	1 946	1 914
S_t , Н/м	<u>1 034</u>	<u>1 047</u>	<u>1 002</u>	<u>959</u>	<u>1 011</u>
	442	477	448	409	444
EI , мН·см ²	<u>863</u>	<u>836</u>	<u>679</u>	<u>509</u>	<u>722</u>
	296	353	298	192	285
ε_p , %	<u>2,15</u>	<u>2,20</u>	<u>2,23</u>	<u>1,95</u>	<u>2,13</u>
	3,31	3,25	3,19	3,09	3,21

Примечание. В числителе приведены данные для образцов, испытанных в машинном направлении, в знаменателе – в поперечном.

по сравнению с классическим способом практически не ухудшились, а в конце периода выработки даже повысились: разрывная длина – 7750 м (против 7300 м по обычному способу), сопротивление продавливанию – 490 кПа (445 кПа), СМТ – 325 Н (290 Н), сопротивление раздиранию – 860 мН (810 мН).

При дальнейшем увеличении степени замещения моносulfита натрия белым щелоком (до 75 %) наблюдалось еще большее потемнение массы и улучшение механических свойств картона массой 160 г/м² с содержанием 55 ... 56 % полуцеллюлозы. Однако при варке с 75 %-м замещением моносulfита натрия наблюдалось увеличение выбросов летучих сернистых соединений, которое не удалось снизить без дополнительных инженерно-технических мероприятий. Также отмечено снижение баланса щелочи в связи со снижением расхода соды на варку полуцеллюлозы.

С сентября 2001 г. варка с замещением 50 ... 60 % моносulfита натрия смесью слабого и крепкого белого щелока используется на двух установках «Пандия» постоянно.

Таким образом, в ходе опытно-промышленной выработки была достигнута основная цель модификации варки полуцеллюлозы – потемнение массы при замещении не менее 50 %

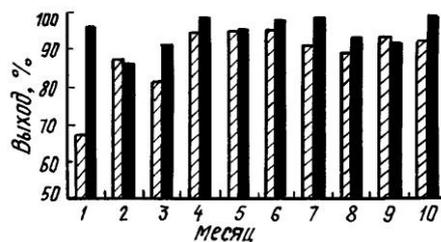


Рис. 1. Изменение качества бумаги для гофрирования марки Б-0 до (□) и после (▨) модификации варки (цифрами с 1 по 10 обозначены месяцы с июня по март)

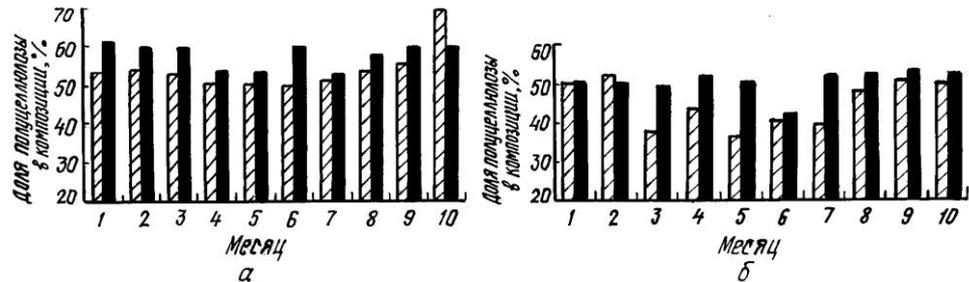


Рис. 2. Использование полуцеллюлозы в композиции бумаги для гофрирования (а) и картона (б) универсального (см. обозначения на рис. 1)

моносulfита смесью крепкого и слабого белого щелока без существенного изменения показателей полуцеллюлозы и ухудшения физико-механических свойств картона универсального и бумаги для гофрирования. Кроме того, выпуск бумаги для гофрирования марки Б-0 увеличился в среднем с 88,9 до 95,1 % (рис. 1). Отмечено снижение в несколько раз отбраковки по сопротивлению плоскостному сжатию и светлым полосам. Выход полуцеллюлозы из древесины практически не изменился и в среднем составил 78 %.

Использование полуцеллюлозы в композиции бумаги для гофрирования увеличилось в среднем с 52,3 до 57,6 %, картона универсального – с 44,2 до 50,2 % (рис. 2). Затемнение полуцеллюлозы позволило повысить ее долю и в композиции картона на КДМ-1 без ухудшения внешнего вида.

Таким образом, использование картона и бумаги для гофрирования с содержанием в композиции до 55 ... 60 % модифицированного полуфабриката для производства гофрокартона и тары не вызвало ухудшения их качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданович Н.И. Расчеты в планировании эксперимента: Учеб. пособие. – Л.: РИО ЛТА, 1978. – 80 с.
2. Влияние различных модификаций нейтрально-сульфитной варки на физико-механические свойства полуцеллюлозы / Е.В. Дьякова, Л.А. Миловидова, В.И. Комаров и др. // Лесн. журн. – 2002. – № 6. – С. 116–121. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Галеева Н. А. Производство полуцеллюлозы и целлюлозы высокого выхода. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 320 с.
4. Пен Р.З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства: Учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1982. – 192 с.

Архангельский государственный
технический университет

ОАО «Архангельский
целлюлозно-бумажный комбинат»

Поступила 21.11.02

*E.V. Dyakova, V.I. Komarov, A.V. Gurjev, V.P. Elkin,
V.I. Gorshkov, N.A. Kaunikhin*

**Development and Introduction of Semi-finished Product Cooking
Technology for Containerboard**

Technology of producing containerboard using modified types of semichemical pulp in composition has been developed.

УДК 676.1.022

*Т.А. Королева, Ю.В. Севастьянова, М.А. Холмова,
Л.А. Миловидова, Г.В. Комарова, В.И. Комаров*

Королева Татьяна Алексеевна родилась в 1974 г., окончила в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, ассистент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства АГТУ. Имеет 16 печатных работ в области исследования отбелки целлюлозы.



Миловидова Любовь Анатольевна родилась в 1946 г., окончила в 1970 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии ЦБП Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 научных трудов в области производства беленых волокнистых полуфабрикатов.



Комарова Галина Владимировна родилась в 1947 г., окончила в 1970 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии ЦБП Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 научных трудов в области производства белой целлюлозы.



ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА И ДИОКСИДА ХЛОРА ПРИ ОТБЕЛКЕ ЛИСТВЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Разработана технология отбелки «мягкой» ЕСФ для лиственной сульфатной целлюлозы без кислородно-щелочной делигнификации с включением предварительной обработки целлюлозы водным раствором диоксида серы, которая позволяет получить беленую товарную целлюлозу (белизна 88...90 %) с высокими показателями вязкости и механической прочности.

Ключевые слова: лиственная сульфатная целлюлоза, гексенурановая кислота, технология отбелки, пероксид водорода, диоксид хлора, факторы отбелки, предварительный кислый гидролиз.

Наиболее перспективным направлением развития технологии отбеливания целлюлозы является технология бесхлорной отбеливания с пониженным расходом диоксида хлора (технология «мягкой» ECF).

Современные варианты технологии отбеливания ECF разработаны в первую очередь для хвойной сульфатной целлюлозы. Такая технология предполагает использование модифицированной варки, двухступенчатой кислородно-щелочной обработки (КЩО) с последующей отбеливкой в 4-5 ступеней с применением кислорода, диоксида хлора и пероксида водорода. Однако при производстве сульфатной лиственной целлюлозы из-за особенностей химического состава и морфологического строения древесного сырья, особенно произрастающего в северной климатической зоне, возможна более глубокая делигнификация уже при варке.

Ранее было показано [5, 9, 12], что включение КЩО в схему отбеливания лиственной сульфатной целлюлозы не всегда эффективно, более экономичным и технологически целесообразным вариантом является стандартная пятиступенчатая схема. При этом варка может быть проведена до числа Каппа 13 ... 14 ед.

Дальнейшее снижение числа Каппа лиственной целлюлозы перед отбеливкой может быть достигнуто удалением групп гексенурановой кислоты, а сокращение расхода диоксида хлора – оптимизацией условий на каждой ступени отбеливания.

Целью настоящего исследования является разработка технологии отбеливания «мягкой» ECF лиственной сульфатной целлюлозы с максимальным использованием потенциала таких белящих реагентов, как диоксид хлора и пероксид водорода, и включением ступени предварительной кислотной обработки для обеспечения снижения числа Каппа целлюлозы перед отбеливкой.

Для достижения этой цели требовалось исследовать влияние предварительных обработок серной кислотой и водным раствором диоксида серы на свойства и белимость целлюлозы; определить оптимальные условия для обработки целлюлозы водным раствором диоксида серы; определить оптимальные условия для отдельных ступеней отбеливания ECF целлюлозы; определить соотношение расходов диоксида хлора и пероксида водорода на делигнифицирующих ступенях отбеливания целлюлозы для достижения максимального делигнифицирующего воздействия при минимальном расходе диоксида хлора; оценить прочностные свойства целлюлозы после отбеливания.

Для удаления групп гексенурановой кислоты была предложена технология жесткого гидролиза лиственной целлюлозы серной кислотой (продолжительность 4 ч, температура 90 °С, рН целлюлозной массы 2,0 ... 2,5, концентрация массы 4,0 ... 4,5 %). Однако предложенные условия нетехнологичны, так как требуют сложного оборудования, дополнительного расхода тепла и соответственно высоких капитальных затрат.

Нами был опробован вариант кислотной обработки с использованием водного раствора SO₂ в более мягких условиях. Подробное изучение влияния таких обработок на содержание лигнина, групп гексенурановой кислоты, число Каппа, вязкость целлюлозы и содержание легкогидролизуемых

углеводов проводили на промышленных образцах лиственной сульфатной целлюлозы с числом Каппа 11 ... 14 ед. [2, 3].

Установлено, что основными факторами, влияющими на эффективность кислых предварительных обработок, являются температура и рН целлюлозной массы. Показано, что максимальная эффективность обработки водным раствором диоксида серы достигается при следующих условиях: температура 50 ... 60 °С; рН 2,5 ... 5,0; продолжительность 1 ч; концентрация массы 8 %. При рН 2,5 создаются условия, благоприятные для удаления групп гексенурановой кислоты, а при рН 5,0 – для снижения содержания экстрактивных веществ. В обоих случаях проведение обработки водным раствором диоксида серы позволяет повысить белизну лиственной сульфатной целлюлозы без увеличения расхода химикатов или сократить расход химикатов для достижения одинаковой белизны (табл. 1). Максимальное снижение числа Каппа (до 3 ед.) достигается в интервале температуры 50 ... 60 °С. Повышение температуры более 70 °С приводит к ухудшению растворения остаточного лигнина и экстрактивных веществ и в меньшей степени влияет на изменение числа Каппа.

Таблица 1

Влияние включения предварительных кислых обработок в схемы отбелки на характеристики беленой лиственной сульфатной целлюлозы

Схема отбелки	Расход ClO ₂ , кг/ед. Каппа	Начальное значение рН целлюлозной массы на ступени SO ₂	Белизна, %	Содержание экстрактивных веществ, %	Вязкость, мл/г
Д ₀ -Щ ₁ -Д ₁ -Щ ₂ -Д ₂	3,2	–	86,4	0,16	800
SO ₂ -Д ₀ -Щ ₁ -Д ₁ -Щ ₂ -Д ₂	3,2	2,5	87,6	0,15	805
КЩО-Д ₀ -Щ ₁ -Д ₁ -Щ ₂ -Д ₂	3,6	–	88,5	0,17	785
КЩО- SO ₂ -Д ₀ -Щ ₁ -Д ₁ -Щ ₂ -Д ₂	3,0	2,5	88,9	0,18	788
КЩО- SO ₂ -Д ₀ -Щ ₁ -Д ₁ -Щ ₂ -Д ₂	3,0	5,0	88,8	0,11	790

Таким образом, для снижения числа Каппа целлюлозы при одновременном снижении содержания остаточного лигнина и групп гексенурановой кислоты можно использовать более мягкие условия обработки водным раствором SO₂, которые легко вписываются в технологические параметры существующих схем бесхлорной отбелки целлюлозы.

На следующем этапе работы была проведена оптимизация ступеней отбелки диоксидом хлора и пероксидом водорода по технологии, исключая применение КЩО, с включением обработки водным раствором диоксида серы.

В результате исследований было установлено следующее [1 – 12].

1. Для полного использования окислительного потенциала диоксида хлора с целью достижения требуемого делигнифицирующего эффекта на ступени Д₀ и при последующем щелочном экстрагировании необходимо

проводить регулирование начального значения pH до уровня 2,0 ... 2,5 и поддерживать температуру на уровне 50 ... 60 °С. Оптимальным вариантом регулирования pH является проведение предварительной обработки водным раствором SO₂, так как начальное значение pH 2,5 на ступени D₀ устанавливается без дополнительного введения кислоты.

2. Для достижения максимального делигнифицирующего эффекта на ступени Щ₁ при введении пероксида водорода в схеме отбелки D₀-ЩП₁ должно быть определено оптимальное соотношение реагентов. Расход диоксида хлора на ступени D₀ характеризуется значением фактора Каппа (KF). Максимальный делигнифицирующий эффект при добавке H₂O₂ на ступени Щ₁ достигается в интервале KF = 0,10 ... 0,14. При дальнейшем повышении расхода диоксида хлора (KF = 0,17) введение на ступень щелочения пероксида водорода не приводит к дополнительному снижению числа Каппа по сравнению с обычным щелочением.

3. Для достижения более высокой белизны целлюлозы при наличии двух щелочных ступеней в схеме отбелки при минимальном расходе диоксида хлора на ступени D₀ целесообразно подавать основное количество пероксида водорода на ступень второго щелочения.

4. Для достижения максимальной белизны целлюлозы на ступени ЩП₂ достаточной является продолжительность обработки 2 ч. Увеличение продолжительности не приводит к существенному приросту белизны независимо от температуры и расхода пероксида водорода. Использование разработанного режима ступени ЩП₂ (продолжительность 2,0 ... 2,5 ч, температура 80 °С, расход пероксида водорода 10 ... 15 кг/т) не приводит к снижению показателей механической прочности целлюлозы.

5. Для достижения высокой белизны целлюлозы и сохранения ее вязкости необходимо на ступенях D₁ и D₂ поддерживать температуру 70 ... 75 °С и начальное значение pH 5 ... 6 при продолжительности обработки 3,5 ч.

Таблица 2

**Условия проведения отбелки лиственной сульфатной целлюлозы
по схеме SO₂-D₀-ЩП₁-D₁-ЩП₂-D₂**

Параметры отбелки	Значения параметров для ступени отбелки					
	SO ₂	D ₀	ЩП ₁	D ₁	ЩП ₂	D ₂
Расход реагентов, кг/т:						
SO ₂	10	–	–	–	–	–
ClO ₂ в ед. активного хлора	–	15	–	15	–	10
NaOH	–	–	10	–	10	–
H ₂ O ₂	–	–	5	–	5	–
Температура, °С	60	50	70	70	70	70
Продолжительность, мин	60	60	120	210	120	210

pH _н	2,5	2,6	11,8	5,0	11,8	5,0
pH _к	3,5	2,8	10,7	4,5	10,7	4,5
Концентрация массы, %	8	8	8	8	8	8
Остаточное содержание химикатов, кг/т:						
ClO ₂ в ед. активного хлора	–	Следы	–	1,0	–	1,5
H ₂ O ₂	–	–	0,02	–	0,20	–

Таблица 3

Характеристика белевой лиственной сульфатной целлюлозы*

Схема отбели	Белизна, %	Вязкость, мл/г	Разрывная длина, м	Сопротивление раздиранию, мН
SO ₂ -ЩП ₁ -Д ₁ -ЩП ₂ -Д ₂	90,0	915	9100	500
Д ₀ -ЩП ₁ -Д ₁ -ЩП ₂ -Д ₂	88,6	900	9000	495

* К целлюлозе марки ЛС-0 высшего качества предъявляются следующие требования: белизна не менее 89 %, сопротивление раздиранию не менее 480 мН, разрывная длина не менее 7500 м.

В табл. 2 приведен разработанный нами режим отбели лиственной сульфатной целлюлозы по схеме SO₂-Д₀-ЩП₁-Д₁-ЩП₂-Д₂ с числом Каппа после варки 14 ... 16 ед.

Использование этого режима позволяет получить целлюлозу с конечной белизной 90 % при расходе диоксида хлора 40 кг/т (в ед. активного хлора) или 2,5 кг на единицу Каппа при суммарном расходе пероксида водорода 10 кг/т целлюлозы.

Таким образом, разработанная технология отбели «мягкой» ЕСФ для лиственной сульфатной целлюлозы без КЩО с включением предварительной обработки водным раствором диоксида серы позволяет получить белевую товарную целлюлозу с белизной 88 ... 90 % (табл. 3), высокими показателями вязкости и механической прочности, снизить образование и сброс адсорбированных хлорорганических соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

5

1. Влияние отбели пероксидом водорода на физико-механические свойства целлюлозы / В.И. Комаров, Л.А. Миловидова, Г.В. Комарова и др. // Лесн. журн. – 2000. – № 4. – С. 45–52. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Влияние предварительных кислых обработок перед отбелкой на показатели лиственной сульфатной целлюлозы / Т.А. Королева, Г.В. Комарова, В.И. Комаров и др. // Лесн. журн. – 2002. – № 1. – С. 122–127. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Влияние предварительных перед отбелкой кислых обработок на изменение числа Каппа и удаление гексенуриновых кислот лиственной сульфатной целлюлозы / Г.В. Комарова, В.И. Комаров, Л.А. Миловидова и др. // Междунар. молодежн. эколог. форум стран Баренц региона – 2001. – Архангельск: АГТУ, 2001. – С. 184 – 185.

4. Казаков Я.В., Комаров В.И., Королева Т.А. Оптимизация параметров ступени отбели пероксидом водорода лиственной сульфатной целлюлозы // Аэрокосмическая техника и высокие технологии – 2000: Тр. науч.-техн. конф., Пермь, 12-14 апреля 2000 г. – Пермь, 2000. – С.106.

5. Комарова Г.В., Миловидова Л.А., Королева Т.А. Особенности отбели лиственной сульфатной целлюлозы // Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера: Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Архангельск, 1999 г. – Архангельск: Институт эколог. проблем Севера Уро РАН, 1999. – С. 87–90.

6. Королева Т.А., Миловидова Л.А., Комаров В.И. Влияние отбели пероксидом водорода на механическую прочность лиственной сульфатной целлюлозы // Химия и технология растительных веществ: Тр. науч.-техн. конф., Сыктывкар, 2000 г. – Сыктывкар, 2000. – С. 106.

7. Миловидова Л.А., Королева Т.А. Влияние условий хлорирования и щелочения на показатели лиственной сульфатной целлюлозы // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. науч. тр. – Архангельск: АГТУ, 1999. – Вып. 6. – С. 68–71.

8. Миловидова Л.А., Комарова Г.В., Королева Т.А. Возможности повышения эффективности схемы отбели лиственной сульфатной целлюлозы без использования молекулярного хлора // Целлюлоза, бумага, картон. – 1999. – № 1-2. – С. 18–19.

9. Миловидова Л.А., Комарова Г.В., Королева Т.А. К вопросу о целесообразности включения ступени кислородной делигнификации в схему отбели лиственной сульфатной целлюлозы // Вклад ученых АГТУ в развитие науки и техники: Сб. науч. тр. – Архангельск: АГТУ, 1999. – С. 87

10. Миловидова Л.А., Комарова Г.В., Королева Т.А. Особенности бесхлорной отбели сульфатной лиственной целлюлозы // PAF-FOR – 2000: Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., С.-Петербург, 11-12 сентября 2000 г. – СПб., 2000. – С. 28–32.

11. Миловидова Л.А., Комарова Г.В., Королева Т.А. Повышение эффективности схемы отбели лиственной сульфатной целлюлозы без использования молекулярного хлора // Научно-практ. конф., Архангельск., 1998 г.: Тез. докл. – Архангельск: Институт эколог. проблем Севера Уро РАН, 1999. – С. 57.

12. Миловидова Л.А., Комарова Г.В., Королева Т.А. Предварительная обработка целлюлозы перед отбелкой // Экология–98: Конф. молодых ученых и специалистов, Архангельск, 23-25 июня 1998 г. – Архангельск: Институт эколог. проблем Севера Уро РАН, 1998. – С. 35.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 20.11.02

*T.A. Koroleva, Yu.V. Sevastjanova, M.A. Kholmova,
L.A. Milovidova, G.V. Komarova, V.I. Komarov*

Increasing Efficiency of Using Hydrogen Peroxide and Chlorine Dioxide under Bleaching Sulphate Softwood Pulp

The technology of bleaching “soft” ECF has been developed for sulphate softwood pulp without oxygen-alkaline delignification including preliminary treatment of pulp by water solution of sulfur dioxide. Such technology allows to produce bleached commercial pulp with brightness of 88...90% and high characteristics of viscosity and mechanical strength.

УДК 676.019.264

Т.Б. Печурина, Л.А. Миловидова, Г.В. Комарова, В.И. Комаров

**ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ДИСПЕРГАНТОВ
НА ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СМОЛЫ
И СОДЕРЖАНИЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
В ЛИСТВЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЕ**

Установлено, что наилучшие результаты по снижению содержания смолы в лиственной сульфатной целлюлозе достигаются при увеличении расхода воды на промывку до 10 м³/т, подаче диспергантов непосредственно на ступень отбелки, снижении жесткости производственной воды.

Ключевые слова: капсулированная и свободная смола, целлюлозное волокно, промывка, фильтрат, отбелка, жесткость производственной воды.

При производстве лиственной сульфатной целлюлозы возникают специфические затруднения, называемые смоляными. Эти затруднения выражаются в появлении смоляного сора и отложений на оборудовании [1]. Помимо технологических мероприятий (промывка горячей водой, изменение технологии отбелки, соблюдение технологии подготовки древесины), практически все заводы, выпускающие беленую лиственную целлюлозу, используют поверхностно-активные вещества (ПАВ) или дисперганты [4, 7]. Их роль заключается в стабилизации коллоидных частиц смолы [3]. Существуют различные рекомендации для выбора оптимальных точек ввода диспергантов в схему отбелки целлюлозы (на кольцевой спрыск или непосредственно в отбельную башню). Для определения оптимальных точек ввода в лабораторных условиях была смоделирована подача диспергантов на различные ступени отбелки лиственной сульфатной целлюлозы. Результаты экспериментов оценивали по количеству волокон, содержащих капсулированную смолу, и частиц свободной смолы методом микроскопии (с красителем судан-4), а также по содержанию экстрактивных веществ в целлюлозе (экстракция этиловым спиртом) [6].

В первой серии экспериментов моделировали подачу диспергантов на кольцевой спрыск башен щелочения, гипохлоритной отбелки и отбелки диоксидом хлора.

Как следует из результатов экспериментов по моделированию подачи диспергантов (Verocell 171 и Vitex 750) на кольцо башен щелочения первой и второй ступени (Щ₁, Щ₂) и гипохлоритной отбелки (Г), представленных в табл. 1, 2, содержание смолы в волокне (капсулированная) и снаружи волокна (свободная) при расходе воды на промывку 6 м³/т зависит от расхода химикатов. При низких расходах химикатов на щелочные ступени,

особенно на ступени Щ₁, отмечается увеличение содержания свободной смолы, которое при дальнейшем повышении расхода ПАВ снижается. Наи-

Таблица 1

**Содержание свободной и капсулированной смолы в целлюлозе
после ступени Щ₁ (числитель) и Щ₂ (знаменатель)
при моделировании подачи диспергантов на кольцо башни**

Диспергант	Расход дисперганта, г/т	Количество частиц смолы*, шт.	
		свободной	капсулированной
Контроль**	–	0,7/4,0	45/35
Vimex 750	100	3,0/4,7	83/60
	150	1,3/2,0	84/65
	200	3,0/1,7	87/67
	250	2,0/0	81/73
	200	2,7/–	68/–
Berocell 171	300	1,3/0,7	56/38
	500	2,0/1,7	45/48
	600	1,0/1,3	43/36
	700	0,3/0,3	35/25
	Контроль***	–	2,3/1,7
Infinity DA 2723	50	6,7/6,7	142/142
	100	1,3/5,0	103/152
	150	1,0/1,7	106/153

* Здесь и далее, в табл. 2–4, средние значения из трех параллельных определений.

** Без добавки.

*** После ступени Щ₁ для Infinity DA 2723.

более стабильный и высокий эффект удаления смолы на ступени Щ₁ обеспечивается при добавке Berocell 171 (табл. 1). На ступени Щ₂ эффективность Berocell 171 и Vimex 750 примерно одинакова, но расход Berocell 171 при этом в 2,8 раза выше.

Трудно пока объяснить факт увеличения содержания волокон с капсулированной смолой, который имел место во всех экспериментах. Можно предположить, что при щелочных обработках имеет место разделение пучков волокон на отдельные составляющие, что и приводит к визуальному увеличению количества волокон с капсулированной смолой. В дальнейшем при обсуждении результатов эксперимента оценивали только содержание свободной смолы.

Следует отметить, что частицы свободной смолы имели размер, не превышающий диаметра волокна, причем добавка диспергантов в лабораторных условиях не влияла на изменение размера частиц свободной смолы.

В табл. 2 представлены данные по моделированию подачи Vimex 750 на кольцо башни гипохлоритной отбелки. Установлено, что при расходе ПАВ 250 г/т снижается количество как свободной, так и капсулированной смолы. При подаче Vimex AP 410 в количестве более 50 г/т, предназначен-

ного для работы в кислой среде, также наблюдается существенное снижение свободной и капсулированной смолы.

Поскольку одним из важнейших факторов, влияющих на удаление смолы в процессе производства целлюлозы, является промывка целлюлозы как небеленой, так и по ступеням отбелки, нами в лабораторных условиях было исследовано влияние расхода воды, используемой для обработок целлюлозы на ступенях отбелки и для промывки.

Для оценки влияния расхода воды на состояние смолы после ступеней щелочения и обработки диоксидом хлора было проведено моделирование подачи дисперганта Infinity DA 2723 на кольцевой спрыск башен.

Таблица 2

**Содержание свободной и капсулированной смолы в целлюлозе
после гипохлоритной отбелки ** и ступени D₂ ***
при моделировании подачи диспергантов на кольцо башни**

Диспергант	Расход дисперганта, г/т	Количество частиц смолы*, шт.	
		свободной	капсулированной
Контроль **	–	3,7	49
Vimex 750	100	2,0	54
	150	2,0	46
	200	1,7	31
	250	0,3	13
Контроль ***	–	2,7	33
Vimex AP 410	50	1,3	26
	100	1,0	15
	150	0,3	12

Таблица 3

**Содержание свободной и капсулированной смолы в целлюлозе
после ступеней Щ₁ ** и Щ₂ *** при моделировании подачи дисперганта
на кольцевой спрыск башни**

Диспергант	Расход дисперганта, г/т	Количество частиц смолы*, шт.	
		свободной	капсулированной
Контроль **	–	2,7	59
Infinity DA 2723	50	1,7	43
	100	0,7	41
	150	0,3	28
	–	1,3	17
Контроль ***	–	1,3	17
Infinity DA 2723	50	0,3	21
	100	0,3	34
	150	0,3	40

В этом эксперименте для промывки целлюлозы использовали дистиллированную воду с расходом 10 м³/т целлюлозы (табл. 3).

Сравнение результатов промывки с разными расходами воды (см. табл. 1 и 3) подтверждает тот факт, что увеличение расхода воды на промывку до 10 м³/т приводит к снижению содержания как свободной, так и капсулированной смолы. При этом содержание свободной смолы на ступени Щ₁ зависело от расхода дисперганта. На ступени Щ₂ увеличение расхода дисперганта не влияло на содержание свободной смолы, и достаточной для получения хорошего эффекта была добавка 50 г/т.

В следующей серии экспериментов моделировали подачу диспергантов непосредственно в башню отбелки. Диспергант Vimex AP 410 добавляли в массу перед ступенью Д₁, т.е. моделировали его подачу в шнек предыдущего перед башней фильтра. Для эксперимента использовали образец целлюлозы, отобранный с вакуум-фильтра после ступени щелочения (схема Д₀-Г-Щ). Условия обработки: расход диоксида хлора 4 кг/т (в ед. активного хлора), расход дисперганта 100 г/т, температура обработки 65 °С, продолжительность обработки 4 ч. Для проведения обработки и промывки целлюлозы после отбелки использовали дистиллированную воду. Изменение расхода от 6 до 10 м³/т приводит к существенному снижению свободной (практически в 3 раза) и капсулированной смолы (табл. 4).

Таблица 4

Влияние расхода воды на промывку целлюлозы после ступени Д₁ при моделировании подачи дисперганта Vimex AP 410 на ступень отбелки

Расход воды, м ³ /т	Количество частиц смолы*, шт.	
	свободной	капсулированной
6	10,0	13,3
8	5,3	11,7
10	2,7	9,0

Для исследования влияния жесткости воды при промывке и подаче диспергантов в отбельные башни использовали образец целлюлозы, отобранный с вакуум-фальтра после ступени гипохлоридной отбелки (схема Д₀-Щ-Г) [2, 5]. Условия обработки целлюлозы на ступени Д₁ были как в предыдущей серии. Дополнительно оценивали влияние добавки дисперганта Vimex AP 410 (при расходе 100 г/т) на содержание частиц смолы. Диспергант вводили в массу перед обработкой (табл. 5, 6). Следует отметить, что при определении количества частиц смолы проба массы (для микроскопии) была увеличена в 1,5–2 раза из-за низкого содержания смолы. Для промывки применяли производственную воду жесткостью 2,8 мг-экв/л.

Параллельно в фильтрах, отобранных при промывке целлюлозы после обработки, также определяли содержание частиц смолы (табл. 6). Следует отметить, что частицы свободной смолы в фильтрате были светлыми и имели средние размеры (5...10 мкм).

Как видно из данных табл. 5, 6, увеличение расхода воды на промывку также сопровождается снижением количества частиц капсулирован-

ной и свободной смолы в целлюлозе. Введение дисперганта на ступень Д₁ приводит к дополнительному снижению капсулированной смолы почти в 2 раза. На содержание свободной смолы в массе введение дисперганта не оказывает влияния, при этом возрастает содержание частиц свободной смолы в фильтрах. Вероятно, добавка дисперганта в массу перед отбелкой способствует лучшему растворению капсулированной смолы, а увеличение

Таблица 5

Влияние расхода воды на промывку целлюлозы и добавки дисперганта Vimex AP 410 (100 г/т) на содержание свободной смолы

Расход воды, м ³ /т	Количество частиц смолы в фильтрате, шт.	
	Контроль	Vimex AP 410
6	3	8
8	5	9
10	7	13

Таблица 6

Влияние расхода воды на промывку целлюлозы и добавки дисперганта Vimex AP 410(100 г/т) на содержание свободной смолы после ступени Д₁

Диспергант	Расход воды, м ³ /т	Количество частиц смолы, шт.					
		свободной			капсулированной		
		1	2	Среднее	1	2	Среднее
Контроль	6	3	2	2,5	22	24	23,0
	8	2	1	1,5	16	18	17,0
	10	1	1	1,0	12	13	12,5
Vimex AP 410	6	2	3	2,5	11	10	10,5
	8	1	1	1,0	9	9	9,0
	10	1	1	1,0	8	7	7,5

Таблица 7

Влияние добавки дисперганта Vimex AP 410 на содержание экстрактивных веществ в целлюлозе после ступени Д₁

Расход дисперганта, г/т	Содержание экстрактивных веществ, %
Контроль	1,08
50	0,98
100	0,91
150	0,86

расхода воды на промывку – удалению свободной смолы с фильтратом. Этот результат подтверждается снижением содержания экстрактивных веществ в целлюлозе после ступени Д₁ (табл. 7).

Для оценки влияния жесткости воды, используемой на ступени первого щелочения, были проведены обработки массы, отобранной на ступени

D_0 при следующих условиях: температура 60 °С, продолжительность обработки 2 ч, расход щелочи 15 кг/т, концентрация массы 8 %. Для обработок и промывки целлюлозы использовали производственную воду с жесткостью 3,0 мг-экв/л и дистиллированную воду в качестве умягченной (рН 5,5). Для умягчения производственной воды применяли добавку тринатрийфосфата (Na_3PO_4) в массу на ступень щелочения (табл. 8). Расход воды на промывку в этой серии опытов составлял 10 м³/т. Добавка тринатрийфосфата при использовании производственной воды как на ступени щелочения, так и для промывки целлюлозы приводит к снижению содержания экстрактивных

Таблица 8

Влияние расхода Na_3PO_4 на содержание экстрактивных веществ в целлюлозе после ступени щелочения

Расход Na_3PO_4 , кг/т	Содержание экстрактивных веществ, %
Производственная вода на ступень щелочения и промывку (жесткость 3 мг-экв/л)	
Контроль	1,04
6	0,90
11	0,75
17	0,60
Производственная вода – на ступень щелочения, дистиллированная – на промывку	
Контроль	0,86
4	0,78
8	0,72
12	0,70

Таблица 9

Влияние расхода Na_3PO_4 и добавки диспергантов на содержание экстрактивных веществ в целлюлозе после ступени щелочения

Диспергант	Расход Na_3PO_4 , кг/т	Содержание экстрактивных веществ, %
Vimex 750	Контроль	0,94
	2	1,00
	4	0,95
	6	0,89
	8	0,86
Berocell 171	Контроль	0,97
	2	0,91
	4	0,77
	6	0,77
	8	0,77

веществ в тем большей степени, чем выше расход химиката. При использовании дистиллированной воды для промывки существенно снижалось содержание экстрактивных веществ уже в контрольной пробе. Как видно, расход тринатрийфосфата для умягчения воды может быть снижен до 4 кг/т.

В табл. 9 представлены результаты исследований совместного влияния диспергантов и тринатрийфосфата на ступени щелочения. В этой серии экспериментов использовали производственную воду как на ступени щелочения, так и для промывки целлюлозы.

Как следует из данных табл. 9, добавка Vimex 750 на ступени щелочения приводит к некоторому снижению содержания экстрактивных веществ, добавка тринатрийфосфата практически не влияет на процесс.

Аналогичный результат получен при добавке Vergocell 171 в контрольном опыте. В этом случае добавка тринатрийфосфата обеспечила дополнительное снижение содержания экстрактивных веществ. Однако суммарный эффект был ниже по сравнению с серией опытов, где для промывки использовали дистиллированную воду (см. табл. 8).

Выводы

1. Показана возможность лабораторного тестирования действия диспергантов на содержание свободной смолы. Лучшие результаты получены при введении диспергантов непосредственно на ступени отбелки.

2. По результатам лабораторного тестирования подачи диспергантов Vimex 750 и Vergocell 171 на кольцевые спрыски башен щелочения установлено, что на ступени Щ₁ более эффективен Vergocell 171 при практически одинаковых расходах ПАВ. На ступени Щ₂ эффективность от введения ПАВ практически одинакова, однако расход Vergocell 171 при этом в 2,8 раза выше.

3. Введение дисперганта Vimex AP 410 как на кольцевой спрыск башни, так и на ступень отбелки диоксидом хлора обеспечивает удаление свободной и капсулированной смолы.

4. Моделирование в лабораторных условиях влияния дистиллированной промывной воды показало, что с увеличением ее расхода с 6 до 10 м³/т снижается содержание свободной и капсулированной смолы при постоянном расходе диспергантов.

5. Введение на ступени щелочения тринатрийфосфата (расход 4 ... 12 кг/т) приводит к снижению содержания экстрактивных веществ в целлюлозе с 1,04 до 0,75 % при использовании на промывку производственной воды с жесткостью 3,0 мг-экв/л. Замена жесткой воды на дистиллированную обеспечивает снижение содержания экстрактивных веществ в целлюлозе до 0,80 % без использования тринатрийфосфата.

6. Показано, что использование на ступени щелочения диспергантов Vimex 750 и Vergocell 171 для снижения содержания экстрактивных веществ эффективно при условии применения для промывки мягкой воды или введения тринатрийфосфата в количестве 4 ... 6 кг/т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В.* Химия древесины и синтетических полимеров: Учебник для вузов. – СПб: СПбЛТА, 1999. – 628 с.
2. *Долгалева А.А.* Методы контроля сульфатцеллюлозного производства. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 344 с.
3. *Евстратова К.И., Купина Н.А., Малахова Е.Е.* Физическая и коллоидная химия: Учебник для фарм. вузов и факультетов / Под ред. К.И. Евстратовой. – М.: Высш. шк., 1990. – 487 с.
4. *Никитин В.М., Оболенская А.В., Щеголев В.П.* Химия древесины и целлюлозы. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 368 с.
5. Смолистые вещества древесины и целлюлозы / М.А. Иванов, Н.Л. Коссович, С.С. Малевская, и др. – Лесн. пром-сть, 1968. – 349 с.
6. *Тумбин П.А.* Современные методы обессмоливания сульфитной целлюлозы. – М.: Лесн. пром-сть, 1966. – 335 с.
7. Экстрактивные вещества древесины и значение их в целлюлозно-бумажном производстве / Под ред. В.Э. Хиллиса; Пер. с англ. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 505 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 20.11.02

T.B. Pechurina, L.A. Milovidova, G.V. Komarova, V.I. Komarov

Influence of Dispergant Additives on Resin State Changing and Extractives Content in Sulphate Softwood Pulp

It is found out that the best results of reducing resin content in sulphate softwood pulp are achieved under increasing discharge of washing water up to 10 m³/t, adding dispergant directly at the bleaching stage and reducing fresh water hardness.

УДК 676.1.023.1

А.В. Федоров, О.Ю. Деркачева, Д.А. Сухов

Деркачева Ольга Юрьевна родилась в 1965 г., окончила в 1987 г. Ленинградский государственный университет, инженер кафедры физики С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Область научных интересов – спектроскопия растительных полимеров.



Сухов Дмитрий Александрович родился в 1944 г., окончил в 1966 г. Ленинградский государственный университет, кандидат физико-математических наук, доцент, зам. проректора по научной работе С.-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров. Область научных интересов – молекулярная физика и строение полимеров.



К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ОТБЕЛКИ

Показано, что для целлюлозных образцов (сульфатные лиственная и хвойная, а также сульфитная хвойная) делигнифицирующее действие отбеливающих реагентов по данным ИК-Фурье спектроскопии выше, чем по данным, полученным по методу числа Каппа. Это свидетельствует о наличии в обработанном волокне структурных фрагментов, способных наряду с лигнином реагировать с перманганатом калия. Предложен метод оценки вклада таких реакционноспособных структур в величину числа Каппа. Выявлена универсальность воздействия стадий СЕ, DE и Р на все три вида полуфабрикатов и зависимость характера воздействия стадий О и ZЕ от вида целлюлозы.

Ключевые слова: волокнистый полуфабрикат, первая стадия отбеливания, хлор- и кислородосодержащие отбеливающие реагенты, степень делигнификации, число Каппа, полоса поглощения С=С колебаний ароматического кольца в ИК-спектре.

Известно, что основной целью отбеливания химического волокнистого полуфабриката является придание ему стабильной белизны, что невозможно без полного удаления остаточного лигнина и продуктов его деструкции. Поэтому совершенствование традиционных и разработка новых отбельных процессов должны основываться на заслуживающих доверия методах определения степени делигнификации полуфабриката на всех стадиях его обработки.

В мировой практике для определения степени делигнификации в ходе варки наиболее часто используют метод определения числа Каппа. Однако многие исследователи полагают, что из-за особенностей компонентного состава волокон полученные таким путем результаты не всегда являются точными [6–8]. Считают, что при действии перманганата калия в волокне

происходят два типа реакций: быстрое окисление собственно лигнина и медленное разложение перманганата калия гемицеллюлозами и другими нелигнинными структурами. В научной литературе такие органические соединения иногда называют «фальшивым лигнином». Предполагают, например, что вклад гексуроновой кислоты и продуктов ее разложения при оценке содержания остаточного лигнина в целлюлозных образцах листовых пород древесины может составлять десятки процентов. Поэтому для получения более точных данных рекомендуют перед определением числа Каппа проводить предварительный гидролиз с целью удалить гексуроновую кислоту, а время самого анализа сократить с 10 до 2 ... 3 минут. Имеются также и другие предложения. Так, в работе [4] предлагается заменить стадию титрования УФ-спектрофотометрическим сопоставлением интенсивности полос в спектрах поглощения используемого раствора перманганата калия без образца и после нахождения его там в течение 2 ... 3 минут. Но, несмотря на совершенствование этого косвенного метода, его результаты зависят от состояния капиллярно-пористой структуры образца, температуры, при которой проводится анализ, квалификации экспериментатора.

В последнее время для оценки степени делигнификации в качестве альтернативы все чаще начинают использовать методы молекулярной спектроскопии – инфракрасную спектроскопию поглощения и спектроскопию комбинационного рассеяния света. Эти физические методы позволяют напрямую оценивать степень делигнификации по изменению интегральной интенсивности полосы валентных колебаний C=C связей ароматического кольца остаточного лигнина. Пригодность и эффективность такого подхода показана на примере анализа значительного числа образцов, прошедших различные стадии варки [1–3, 5, 9]. Так, в работе [9] проведено сопоставление данных химического и ИК-спектроскопического методов оценки степени делигнификации на разных стадиях сульфатной варки хвойной древесины. Выявлено наличие корреляции полученных данных, но при этом уменьшение содержания ароматических колец остаточного лигнина на основной стадии лабораторной варки спектральный параметр оценивал в 10 раз, тогда как величина числа Каппа изменилась только в 2,5 раза. Столь значительные расхождения в оценке степени делигнификации свидетельствуют не только о высокой чувствительности спектроскопического метода, но и позволяют также утверждать о наличии в волокне компонентов, которые, наряду с остаточным лигнином, дают свой вклад в величину числа Каппа.

С научной и практической точек зрения представлялось интересным использование этого неразрушающего физического метода для анализа образцов с более низким содержанием остаточного лигнина и сравнение полученных результатов с данными оценки степени делигнификации, проведенной по методу числа Каппа. Для этого были изучены образцы, обработанные различными отбеливающими реагентами в одну стадию. Известно, что первая стадия отбеливания носит делигнифицирующий характер.

Использовали хлорсодержащие (хлор, диоксид хлора) и кислородсодержащие (пероксид водорода, кислород и озон) реагенты. После действия хлора, диоксида хлора и озона проводили щелочную экстракцию. Условия проведения отбельных обработок соответствовали промышленным. Для получения более полной информации о делигнифицирующей способности реагентов были исследованы следующие волокнистые полуфабрикаты: сульфатная лиственная (Светогорский ЦБК), сульфатная хвойная (Швеция) и сульфитная хвойная (Сясьский ЦБК) целлюлоза.

Число Каппа определяли традиционным способом, для проведения спектроскопического анализа использовали ИК-Фурье спектрометр IFS-113v фирмы «Брукер» (Германия). Образцы для спектроскопического исследования готовили в виде тонких таблеток, полученных методом прямого прессования без использования KBr, спектры поглощения регистрировали в диапазоне 3000 ... 400 см⁻¹. Перед съемкой для удаления остатков влаги, препятствующей получению спектров высокого качества, образцы вакуумировали. Интегральную интенсивность полосы поглощения остаточного лигнина (1500 см⁻¹) нормировали на величину интегральной интенсивности всего спектра поглощения лигноцеллюлозного образца.

Результаты анализов делигнифицирующей способности отбеливающих реагентов для трех образцов технической целлюлозы представлены в таблице, где L_x (L_c) – относительное содержание остаточного лигнина, определенное химическим (спектроскопическим) методом.

Из таблицы видно, что у сульфатной лиственной целлюлозы по спектроскопическим данным делигнифицирующее действие рассмотренных отбеливающих реагентов, как правило, выше, чем это дает химический анализ. Это указывает на то, что в волокне после стадии отбелики, кроме остаточного лигнина, также присутствуют структурные компоненты, которые в ходе проведения анализа вступают в реакции с перманганатом калия, что может приводить к серьезным ошибкам при оценке степени делигнификации. Наибольшие расхождения при этом наблюдались после стадий СЕ, ДЕ и Р. Прямые данные об уменьшении содержания в образце основных фрагментов лигнина показывают, что в качестве самого активного делигнификатора выступает хлор, а не озон, как это следует из результатов химического анализа. Стадия ЗЕ, являясь второй по делигнифицирующей

Влияние различных обработок целлюлозы на показатели делигнификации (%)

Вариант обработки	СФА								СФИ			
	лиственная				хвойная							
	L_x	L_c	$L_x - L_c$	$\frac{L_x - L_c}{L_c}$	L_x	L_c	$L_x - L_c$	$\frac{L_x - L_c}{L_c}$	L_x	L_c	$L_x - L_c$	$\frac{L_x - L_c}{L_c}$
Исходный образец	100	100	–	–	100	100	–	–	100	100	–	–
СЕ	35	5	30	6,0	40	5	35	7,0	50	10	40	4,0
ДЕ	65	35	30	0,9	50	30	20	0,7	35	20	15	0,8
Р	65	50	15	0,3	75	70	5	0,1	80	60	20	0,3
О	50	50	0	0	60	20	40	2,0	70	50	20	0,4

ZE | 25 | 20 | 5 | 0,3 | 55 | 15 | 40 | 2,7 | 45 | 30 | 15 | 0,5
 способности в этом случае, эффективнее стадии DE, что не противоречит химическим данным. Обработка DE эффективнее стадий O и P.

Для сульфатной хвойной целлюлозы делигнифицирующая способность использованных отбеливающих реагентов, определенная на основе спектроскопических данных, также выше, чем по данным химического анализа. Причем эти расхождения даже значительнее, чем в случае лиственной целлюлозы, а это, на наш взгляд, свидетельствует о том, что не только гемицеллюлозы играют роль «фальшивого лигнина». Оба метода подтвердили, что лучшее делигнифицирующее действие присуще хлору, а наименьшей способностью к делигнификации обладает пероксид водорода. В отличие от данных химического анализа, спектроскопия указывает на высокую делигнифицирующую способность озона и кислорода, которая при этом даже выше, чем у стадии DE.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что и для сульфитной хвойной целлюлозы делигнифицирующую способность реагентов оба метода оценивают по-разному. Так, спектроскопический анализ показывает, что содержание лигнина в волокне изменяется существенно всего, как и в случае остальных видов целлюлозы, в процессе хлорирования, а не в ходе обработки диоксидом хлора, как это следует из результатов химического анализа. Среди кислородсодержащих отбеливающих реагентов, по данным обоих методов, лучшим делигнифицирующим действием обладает озон, а меньшим – стадия P. В отличие от сульфатной хвойной целлюлозы, действие кислорода на лигнин сульфитной целлюлозы менее эффективно, чем действие диоксида хлора.

Сопоставление данных прямого и косвенного методов определения степени делигнификации позволило также оценить вклад в величину числа Каппа продуктов деструкции волокна, способных, наряду с лигнином, к окислению перманганатом калия. Для этого в третьем (7-м, 11-м) столбце таблицы приведена разность между величинами, представленными в первом и втором (5-м и 6-м, 9-м и 10-м) столбцах. Таким образом, это полностью отражает относительный вклад образующихся в ходе отбеливания реакционноспособных структурных фрагментов в величину числа Каппа. В четвертом (8-м, 12-м) столбце приведено отношение $\frac{\dot{E}_{\delta} - \dot{E}_{\bar{n}}}{\dot{E}_{\bar{n}}}$, которое

можно считать коэффициентом, позволяющим количественно оценить вклад «фальшивого лигнина» в величину числа Каппа.

Данные, представленные в таблице, демонстрируют, что вклад «фальшивого лигнина» в величину числа Каппа может быть существенным. Например, после действия стадии SE на лиственную целлюлозу в волокне по данным числа Каппа остается 35 % лигнина от его содержания в исходном образце. В то же время, по данным спектроскопии его содержание составляет только 5 %. Таким образом, можно считать, что в

данные химического анализа остаточный лигнин дает 5-процентный вклад, а остальные 30 % приходятся на побочные реакционноспособные структуры.

Следовательно, после стадии СЕ вклад этих продуктов в величину числа Каппа в лиственной целлюлозе в 6 раз превышает долю остаточного лигнина. Для образцов сульфатной хвойной целлюлозы это соотношение равно 7, для сульфитной – 4. Очевидно, что эти коэффициенты позволяют сравнивать эффективность окислительного воздействия реагента, приводящего к образованию реакционноспособных продуктов деструкции. В нашем случае, скорее всего, ароматических колец лигнина, так как, если учитывать высокую селективность делигнификации хлора, его окислительное воздействие на углеводную часть волокна не должно быть значительным. Полученные данные указывают, что именно обработка хлором дает самые высокие значения этих коэффициентов для всех образцов. Это означает, что на данной стадии процессы деструкции лигнина сопровождаются возникновением наиболее значительного числа побочных продуктов, вносящих основной вклад в величину числа Каппа. Близкие значения этого параметра для всех образцов целлюлозы позволяют утверждать, что механизм воздействия хлора на их волокна один и тот же.

На стадии DE продуктов деструкции лигнина образуется в несколько раз меньше. Данные таблицы позволяют также предположить, что механизмы воздействия этого хлорсодержащего реагента на образцы целлюлозы достаточно близки.

Среди кислородсодержащих реагентов наиболее универсальным для исследованных образцов является воздействие пероксида водорода. При этом малые значения рассматриваемых коэффициентов (0,3 ... 0,1) указывают на иной характер реакций этого реагента с волокнистым полуфабрикатом.

Интересно, что при обработке лиственной целлюлозы кислородом и озоном данные по относительному содержанию лигнина, полученные двумя методами, практически совпадают. Это свидетельствует не только об отсутствии в волокне продуктов деструкции, склонных к взаимодействию с перманганатом калия, но и о схожести их механизмов делигнификации, приводящих, очевидно, к удалению лигнина без разрушения его ароматических фрагментов.

В отличие от лиственной целлюлозы, обработка сульфатной целлюлозы из сосны кислородом и озоном сопровождается образованием значительного количества продуктов деструкции лигнина и углеводного комплекса волокна (селективность делигнификации этих реагентов в несколько раз ниже, чем в случае хлорсодержащих окислителей), дающих вклад в величину числа Каппа (коэффициенты 2,0 и 2,7 соответственно). Можно говорить о том, что характеры воздействия этих реагентов на волокно достаточно близки и отличаются от процессов их взаимодействия с лиственной целлюлозой.

Сравнение химических и спектроскопических данных, характеризующих делигнифицирующую способность стадий O и ZE при обработке

образцов сульфитной хвойной целлюлозы, показывает не столь большие различия, как в предыдущем случае. Возможно, механизмы воздействия этих кислородсодержащих реагентов на сульфитную и лиственную сульфатную целлюлозу близки.

Таким образом, показаны преимущества ИК-спектроскопии перед химическим методом при решении проблем оценки степени делигнификации на начальной стадии отбелки. Полученные спектроскопические данные позволили уточнить имеющиеся сведения о делигнифицирующей способности хлор- и кислородсодержащих отбеливающих реагентов. Показано, что в большинстве случаев значения числа Каппа завышены из-за присутствия в волокне продуктов деструкции, которые, наряду с остаточным лигнином, способны к взаимодействию с раствором перманганата калия. Проведена оценка вклада подобных продуктов в величину числа Каппа. Следовательно, результаты работы позволяют сопоставить характер воздействия на волокнистый полуфабрикат различных отбеливающих реагентов. Выявлена зависимость механизма действия кислорода и озона от вида полуфабриката.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменение состава и структуры основных компонентов стенки волокна хвойной древесины в процессе сульфатной варки / Д.А. Сухов, О.Ю. Деркачева, В.И. Комаров, Я.В. Казаков // Лесн. журн. – 1994. – № 3. – С. 100–104. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Исследование методом ИК-спектроскопии изменения содержания лигнина в целлюлозе в процессе кислородно-щелочного облагораживания / П.И. Зеликман, И.Ю. Левдик, Л.Г. Давыдовская, Г.Л. Аким // Химия древесины. – 1984. – № 4. – С. 35–37.
3. Карклин В.Б., Трейманис А.П., Громов В.С. ИК-спектроскопия древесины и ее основных компонентов. VI. Определение содержания лигнина в препаратах сульфатной целлюлозы по ИК-спектрам // Химия древесины. – 1975. – № 2. – С. 45–52.
4. *Chai X.S., Luo Q., Zhu J.Y.* A simple and practical pulp Kappa test method // Proceed. of the 11-th Int. Symposium on Wood and Pulping Chemistry, June 11-14, 2001. – Nice, France. – Vol. III. – P. 527–531.
5. FT-Raman spectroscopic studies of a novel wood pulp bleaching system / I. Weinstock, R.H. Atalla, U.P. Agarwal et al. // Spectrochimica Acta. – 1993. – Vol. 49A. – P. 819–829.
6. Influence of Hexenuronic acids on U.S. bleaching operations / F.S. Chakar, L. Allison, A.J. Ragauskas et al. // Tappi Journal. – 2000. – Vol. 83, N 11. – P. 62.
7. *Li J., Gellerstedt G.* Kinetics and mechanism of kappa number determination // Nordic Pulp and Paper Research Journal. – 1998. – Vol.13, N 2. – P.147–152.
8. *Li J., Gellerstedt G.* On structural significance of the kappa number measurement // Nordic Pulp and Paper Research Journal. – 1998. – Vol.13, N 2. – P.153–158.
9. *Michell A.J.* Kappa number determination in kraft pulping by FTIR spectroscopic measurements on spent liquors // Tappi Journal. – 1990. – Vol. 73, N 4. – P. 235–236.

С.-Петербургский государственный

технологический университет растительных полимеров

Поступила 19.07.02

A.V. Fedorov, O.Yu. Derkacheva, D.A. Sukhov

On Assessment of Pulp Delignification Degree in Bleaching

Delignification effect of bleaching reagents for pulp samples (sulfate hardwood and softwood, as well as sulfite softwood pulp) is shown to be higher according to IR-Furje spectroscopy data than according to data obtained by Kappa number method. It speaks about the presence of structural fragments in the treated fiber able to react with potassium permanganate alongside with lignin. Method of assessing input of such reactive structures in the value of Kappa number is proposed. The versatility of the influence of CE, DE and P stages on all three types of semi-finished products and dependence of the influence character of O and ZE stages on pulp type are revealed.

УДК 676.6

Н.В. Сысоева, А.В. Гурьев, В.И. Комаров

Сысоева Наталья Владимировна родилась в 1976 г., окончила в 1999 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 10 печатных работ в области исследования характеристик жесткости полуфабрикатов для производства гофрированного картона.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ КАРТОНА-ЛАЙНЕРА В РАЗМОЛЬНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕ

Показана возможность регулирования жесткости картона путем изменения параметров размола. Установлено, что раздельный размол полуфабрикатов (целлюлоза и НСПЦ) способствует повышению жесткости картона, а добавка двухкомпонентной системы химикатов на основе катионного крахмала позволяет не только повысить удержание и обезвоживание на сетке, но и улучшить процесс формирования картонного полотна и, как следствие, увеличить прочность и жесткость готовой продукции.

Ключевые слова: средняя длина волокна, коротковолокнистая фракция, крафт-лайнер, жесткость при изгибе и растяжении, деформативность, удержание, обезвоживание, катионный крахмал, сопротивление сжатию вдоль плоскости, разрушающее усилие при сжатии кольца.

В настоящее время картонная тара является наиболее экономичным и прогрессивным видом тароупаковочной продукции. На ее долю приходится более 80 % всего производимого в мире картона [12]. Основной функцией тары из гофрокартона является защита ее содержимого от повреждений. Потребительские свойства гофрированного картона и тары из него зависят, прежде всего, от вида и совокупности свойств исходных материалов.

Таблица 1

Методы определения характеристик качества картона-лайнера

Характеристики	ГОСТ	ISO	TAPPI	SCAN
Масса 1 м ² (Grammage), г	13 199	535	T410	P6
Толщина (Thickness), мм	27 015	534	T411	P7
Сопротивление продавливанию (Bursting strength), кПа	13 525,8	2 758	T403	P24
Поверхностная впитываемость воды по Коббу (верхняя сторона) (Cobb sizing), г/м ²	12 605	535	T441	P12
Разрушающее усилие при сжатии кольца в поперечном направлении (Ring crush nest (RCT)), Н	10 711	–	T818 T822	P24
Влажность (Moisture test), %	13 525,19	287	T412	P4
Сопротивление сжатию короткого образца (Shot span compression test (SCT)), кН/м	–	9 895	T826	P46
Воздухопроницаемость (пористость) по Gurley (Air permeance, Gurley), с/100 мл	–	5 636/5	T460	P19 P53
Прочность (жесткость) при растяжении (Tensile strength (tensile stiffness S_t)), кН/м	–	1 924/2	T494	P38
Прочность в z-направлении (энергия внутренних связей) (Internal bond strength), Дж/м ² или Дж	–	–	T883 T541	P80
Прочность поверхности по Дениссону (номер воскового состава)	–	–	T459	–

Поведение материалов при механическом воздействии складывается из способности к деформированию (жесткость при растяжении, сжатии и изгибе, вязкоупругие свойства, устойчивость) и прочности [7].

Однако вопрос о том, какие именно свойства бумаги и картона и характеризующие их показатели должны приниматься во внимание, в мировой практике решается неоднозначно [4].

Анализ международных и отечественных систем стандартов позволяет сделать вывод о значительных отличиях в подходах к оценке качества картона-лайнера и флютинга. Как видно из приведенных в табл. 1 данных, методы определения жесткости при растяжении S_t (tensile stiffness), жесткости при изгибе S_b (bending stiffness) и сопротивления сжатию (SCT) стандартизованы в большинстве рассматриваемых систем (ISO, SCAN, TAPPI) и являются перспективными в практике оценки качества компонентов гофрированного картона. В России вопрос об их применении остается открытым.

Для измерения показателей жесткости при растяжении, сжатии и изгибе разработаны специальные приборы, которые применяются на многих зарубежных предприятиях-производителях картона-лайнера, флютинга и гофрированного картона. Наиболее часто используются приборы фирм «Lorentzen & Wettre» и «Messmer Buchel» [13, 14].

Таблица 2

Изменение средней длины волокна в потоке производства картона

Точка отбора массы	Длина, мм		Доля волокон длиной менее 1,2 мм, %
	средняя	средне- взвешенная	
1. Целлюлоза для основного слоя	2,50	2,99	14,63
2. Целлюлоза для покровного слоя	2,50	2,94	14,52
3. НСПЦ	1,13	1,35	62,00
4. Выход мельниц основного слоя	2,33	2,88	18,21
5. После размола основного слоя	2,14	2,68	25,43
6. Напорный ящик основного слоя	2,02	2,51	28,33
7. Вход мельниц покровного слоя	2,26	2,73	18,33
8. После 1-й ступени размола покровного слоя	2,23	2,73	21,44
9. После 2-й ступени размола покровного слоя	2,07	2,58	26,29
10. Напорный ящик покровного слоя	1,95	2,44	28,90
11. Регистровая вода	0,28	0,58	97,38

Примечание. Среднюю длину волокон получают делением общей условной длины волокон на их количество; при определении средневзвешенной длины в расчет принимают массовую долю фракций с разной длиной.

Факторы, оказывающие влияние на жесткость картона-лайнера, можно объединить в три основные группы: свойства полуфабрикатов и параметры подготовки массы; действие химических добавок; параметры работы картоноделательной машины (КДМ).

Традиционно о пригодности волокон технической целлюлозы и полцеллюлозы для производства бумаги и картона судят по степени помола (СП) и способности к обезвоживанию, поскольку текущий технологический контроль анатомических и морфологических свойств волокон в производстве – трудоемкий процесс даже при наличии современных анализаторов [2, 5, 10].

Для получения более полной картины в ходе обследования технологического потока производства картона на КДМ нами были определены геометрические размеры и фракционный состав по длине волокон целлюлозы и происходящие с этими характеристиками изменения с целью выявить их влияние на жесткость и деформативность крафт-лайнера. Данные микроскопического анализа волокон представлены в табл. 2. Для исследования использовали микроскоп «Биолар».

Схема расположения точек отбора проб приведена на рис. 1.

Для случая, представленного в табл. 2, на варку целлюлозы для основного и покровного слоев подавали щепу с содержанием нормальной и мелкой фракций соответственно 82,7 и 12,2 %. Установки для варки целлюлозы для основного и покровного слоев отличаются технологическим регламентом. Целлюлоза, отобранная после варки из выдувных резервуаров,

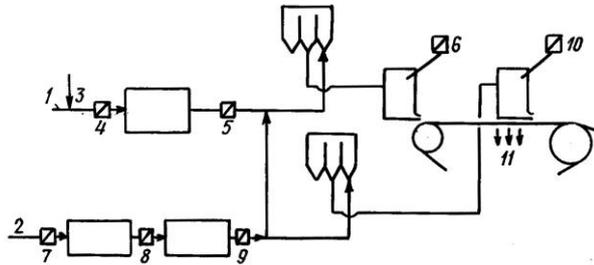


Рис. 1. Схема точек отбора проб в потоке производства крафт-лайнера: 1, 2 – целлюлоза для основного и покровного слоев; 3 – добавка НСПЦ; 4, 7 – вход мельниц основного и покровного слоев; 5 – после размола основного слоя; 6, 10 – напорный ящик основного и покровного слоев; 8, 9 – после первой и второй ступеней размола покровного слоя; 11 – регистровая вода

имела следующие свойства: жесткость соответственно для основного и покровного слоев 72,2 и 70,7 ед. Каппа; непровар 2,7 и 2,3 %; СП на обоих потоках 12,5 °ШР.

Представленные в табл. 2 значения средней длины волокна всегда меньше средневзвешенной, и это различие тем больше, чем больше содержание в полуфабрикате коротких волокон [2]. Коротковолокнистой фракцией считается фракция волокон целлюлозы длиной менее 1,2 мм, процентное содержание которой оказывает существенное влияние на деформационные свойства бумаги и картона [1].

Средняя и средневзвешенная длина волокна сульфатной небеленой целлюлозы практически не отличаются от показателей технической целлюлозы, произведенной в двух разных варочных установках. Коэффициенты корреляции средней длины целлюлозных волокон после варки и доли мелкой фракции щепы, поступающей на варку, для потоков основного и покровного слоев соответственно составляют $-0,64$ и $-0,69$ (значимый $r = 0,62$). Следовательно, средняя длина волокна обусловлена количеством мелкой фракции в щепе, поступающей на варку.

Особенностью технологии изготовления картона на исследуемой КДМ является совместный размола компонентов массы основного слоя (целлюлоза и листовая нейтрально-сульфитная полуцеллюлоза (НСПЦ)) в одну ступень. Значительное снижение средней длины после размола массы основного слоя вызвано не столько режущим действием гарнитуры дисковых мельниц, сколько добавкой в массу перед размолом НСПЦ в количестве до 15 %, содержание коротковолокнистой фракции в которой составляет в среднем 62 %. Средняя и средневзвешенная длина волокон хвойной сульфатной целлюлозы до и после 1-й ступени размола массы покровного слоя практически не изменяется. Снижение средней и средневзвешенной длины наблюдается в напорном ящике основного слоя, где доля мелкой фракции

Таблица 3

**Изменение фракционного состава волокна
в потоке производства крафт-лайнера**

Точка отбора массы	Доля, %, фракции размером, мм				
	< 0,6	> 0,6...1,2	> 1,2...2,4	> 2,4...3,6	> 3,6
1	2,07±0,99	12,56±4,96	32,86±3,40	34,62±4,10	18,10±2,47
2	1,67±0,77	12,84±6,25	32,70±3,41	34,56±3,27	18,23±2,65
3	5,33±0,68	56,70±4,04	35,33±3,12	2,00±0,21	0,64±0,20
4	2,45±3,08	15,77±2,04	36,00±3,36	27,77±2,75	18,02±1,80
5	3,59±2,75	21,84±5,50	36,10±3,62	26,18±3,58	12,36±4,03
6	3,33±3,48	25,00±6,54	35,96±2,45	28,10±3,60	7,63±1,33
7	1,39±1,28	16,93±3,84	34,83±1,72	31,04±1,70	12,69±2,06
8	1,80±3,12	19,63±0,95	38,87±3,51	30,32±3,82	12,50±1,42
9	3,44±1,86	22,86±7,95	38,16±3,85	25,66±3,05	9,89±1,15
10	3,84±3,08	25,06±5,86	39,23±3,35	25,16±3,74	6,72±1,15
11	88,85±6,43	8,53±3,63	3,3±0,92	–	–

возрастает до 28,3 %. Это вызвано разбавлением массы оборотной водой, средняя длина волокна в которой равна 0,28 мм, а содержание мелкой фракции составляет более 95 %. Аналогичное снижение средней длины отмечено у массы, отобранной из напорного ящика покровного слоя с относительным содержанием мелкой фракции 28,9 %. Следовательно, основная часть мелочи добавляется в массу с оборотной водой.

Было проанализировано по десять проб в каждой точке отбора в течение трех месяцев (табл. 3). Относительная доля различных фракций имеет значительное расхождение, но общая тенденция накопления коротковолокнистой фракции в потоке в период проведения эксперимента остается постоянной. При этом происходит ухудшение обезвоживания и формования на сеточном столе КДМ. В результате усиливается неоднородность структуры картонного полотна, что приводит к снижению качественных характеристик крафт-лайнера. Одним из наиболее действенных способов решения данной проблемы является использование химических добавок в мокрой части КДМ.

На следующем этапе были детально обследованы все дисковые мельницы в потоке основного слоя крафт-лайнера. В целях оптимизации регулирования процесса размла в зависимости от состава и свойств поступающих волокнистых полуфабрикатов и их влияния на характеристики жесткости крафт-лайнера использовали образцы картона лабораторного изготовления. Для исключения влияния СП были выбраны случаи, когда степень помола массы после размла на всех мельницах составляла 17 °ШР. Влияние относительного содержания коротковолокнистой фракции и средней длины целлюлозы на деформационные свойства основного слоя картона представлено на рис. 2.

Из приведенных зависимостей видно, что при увеличении доли мелкой фракции от 6,7 до 36,7 % начальный модуль упругости в среднем снижается на 22,6 %, RCT – на 10 %, жесткость при растяжении – на 8,7 %;

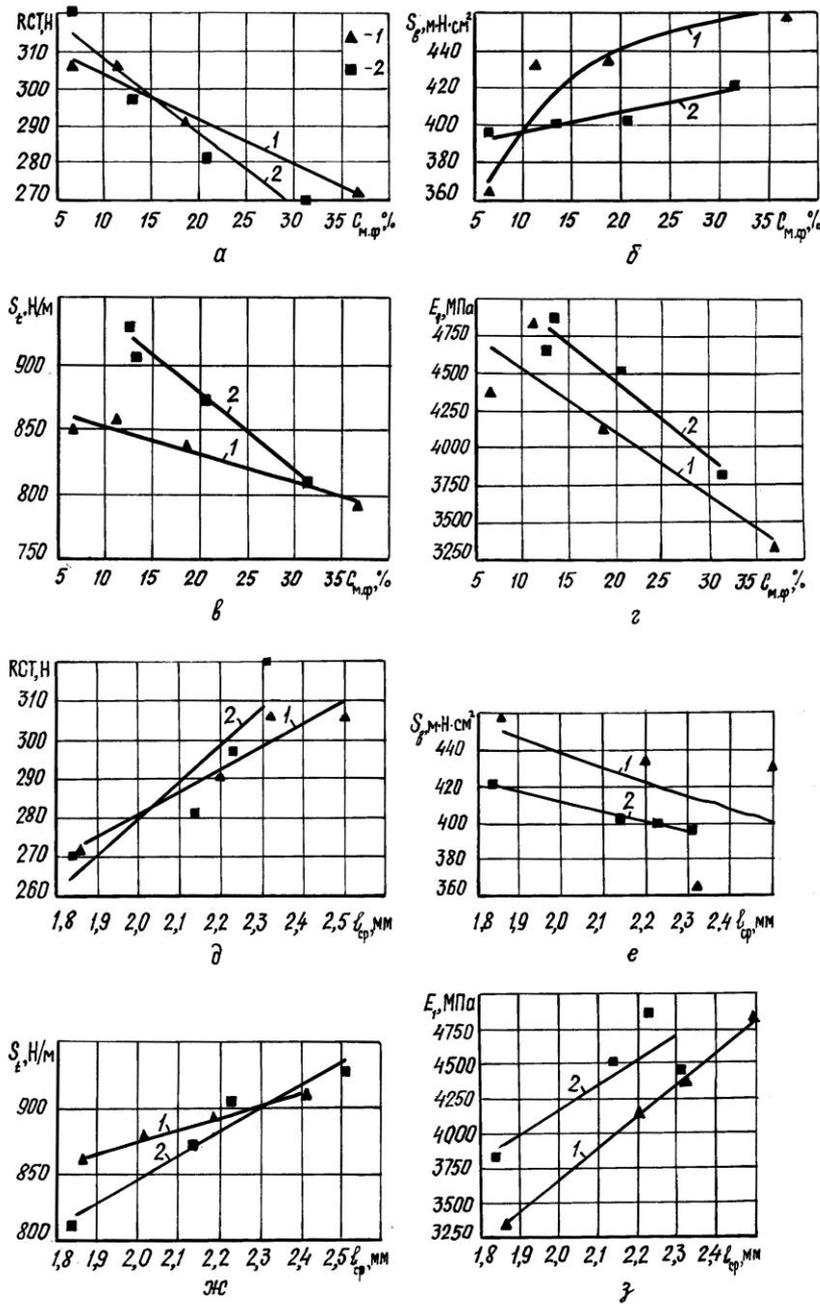


Рис. 2. Влияние фракционного состава массы (а–г) и средней длины волокна (д–з) на характеристики жесткости образцов основного слоя картона-лайнера: а, д – разрушающее усилие при сжатии кольца; б, е – жесткость при изгибе; в, ж – жесткость при растяжении; г, з – начальный модуль упругости (1, 2 – соответствуют мельницам 1, 2; $C_{m,ф}$ – доля мелкой (до 1,2 мм) фракции)

жесткость при изгибе увеличивается в среднем на 22,6 %. При повышении средней длины волокна от 1,84 до 2,50 мм жесткость при изгибе снижается на 6,5 %; модуль упругости, RCT и жесткость при растяжении возрастают в среднем соответственно на 36,0; 15,5 и 10,0 %.

Кроме того, было выявлено, что геометрические размеры волокон не оказывают существенного воздействия на показатель SCT, так как площадь приложения нагрузки при определении сопротивления торцевому сжатию составляет $(0,70 \pm 0,05)$ мм, что сопоставимо с толщиной материала и приблизительно в 3 раза меньше средней длины волокна. Поэтому принятое соотношение геометрических размеров предотвращает бифуркацию образца, и деформация происходит именно в результате сжатия, а не из-за потери устойчивости или влияния краевых эффектов [6, 13].

Полученные результаты подтверждают, что и в данном случае характеристики картона зависят от длины и фракционного состава волокон. На жесткость при изгибе в большей степени влияет фракционный состав, а не средняя длина волокна. При этом масса при одинаковой степени помола может иметь как коротко-, так и длинноволокнистые фракции.

Для оценки упругих свойств исследуемого материала были построены зависимости напряжение – деформация, которые позволяют оценить процесс деформации. Кривые, представленные на рис. 3, показывают, что

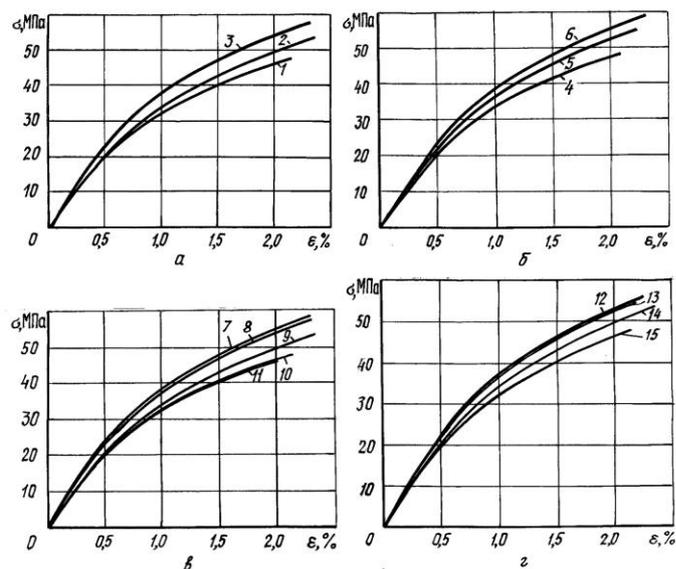


Рис. 3. Влияние степени помола (а) средней длины волокна (б), фракционного состава (доли мелкой фракции) (г) и относительного содержания НСПЦ (з) в бумажной массе основного слоя на зависимость напряжение – деформация ($\sigma - \epsilon$): 1 – 16 °ШР; 2 – 17; 3 – 19°ШР; 4 – 1,96 мм; 5 – 2,26; 6 – 2,35; 7 – 8,7 %; 8 – 10,1; 9 – 12,0; 10 – 23,3 %; 11 – 26,8 %; 12 – без НСПЦ; 13 – 6,7 % НСПЦ; 14 – 8,2; 15 – 12,3 %

упругие свойства материала и его способность к деформации прямо пропорциональны средней длине волокна и степени помола массы и обратно пропорциональны количеству коротковолокнистой фракции и содержанию НСПЦ.

Известно, что основными управляемыми факторами процесса размола являются продолжительность воздействия и удельное давление на волокна. Для исследования влияния этих факторов на свойства бумажной массы и качество картона в потоке была выделена одна из мельниц, поскольку изменение параметров ее работы не должно было вызывать существенных «возмущений» на КДМ.

Вначале изучали изменение свойств при увеличении нагрузки на мельницу и постоянном расходе массы, затем стабилизировали нагрузку и изменяли расход. Получено 22 варианта образцов основного слоя картона. В ходе эксперимента установлено, что при увеличении нагрузки на мельнице с 65 до 88 А (при постоянном расходе массы 142 м³/ч) начальный модуль упругости при изгибе $E_{\text{изг}}$, а также S_b , SCT и RCT возрастают соответственно на 33,0; 7,0; 14,5 и 17,0 %. Повышается СП массы на 34,4 % и доля мелкой фракции на 24,0 %, средняя длина волокна снижается на 16,2 %, что свидетельствует о сильном укорочении волокон с увеличением нагрузки (табл. 4). Таким образом, увеличение нагрузки на мельнице приводит к образованию более плотного и прочного листа с пониженными значениями толщины, что способствует повышению упругих свойств материала.

При изменении расхода массы с 84 до 202 м³/ч и постоянной нагрузке (80 А) понижается СП массы на 13,8 %, средняя длина волокна увеличивается на 17,0 %, количество мелкой фракции несколько снижается, следовательно, волокно меньше укорачивается. Такое поведение волокнистых полуфабрикатов при размоле приводит к формированию более пухлого

Таблица 4

Изменение качественных показателей отливок лабораторного изготовления при варьировании нагрузки на мельницы

Нагрузка, А	СП, °ШР	$l_{\text{ср}}$, мм	$S_{\text{м.ф}}$, %	$\delta_{\text{отл}}$, МКМ	$E_{\text{изг}}$, МПа	S_b , м·Н·см ²	SCT, кН/м	RCT, Н	Π , кПа
65	14,5	1,91	28,0	193	4850	430	4,1	268	706
70	15,0	1,84	30,0	186	5350	427	4,1	265	692
80	16,5	1,79	31,4	180	5800	423	4,2	286	715
88	19,5	1,60	34,7	179	6450	460	4,7	314	769

Примечание. Π – сопротивление продавливанию.

Таблица 5

Изменение качественных показателей отливок лабораторного изготовления при варьировании расхода массы на мельницы

Расход, м ³ /ч	СП, °ШР	$l_{\text{ср}}$, мм	$S_{\text{м.ф}}$, %	$\delta_{\text{отл}}$, МКМ	$E_{\text{изг}}$, МПа	S_b , м·Н·см ²	SCT, кН/м	RCT, Н	Π , кПа
84	18	1,64	33,5	168	6100	360	5,0	280	677
154	16,5	1,91	27,4	177	6350	435	4,7	275	772
202	15,5	1,92	31,3	180	6000	433	4,2	263	745

полотна, что подтверждается увеличением толщины образцов картона (табл. 5). Можно сделать вывод, что такие характеристики качества картона, как жесткость при изгибе и сопротивление продавливанию, с увеличением расхода массы на мельницу возрастают, остальные характеристики жесткости и деформативности снижаются.

Анализ экспериментальных данных позволяет утверждать, что в диапазоне СП от 15 до 19 °ШР отсутствует прямая зависимость между этим показателем и средней длиной волокна. При одной и той же СП массы средняя длина волокна может значительно снижаться, что приводит к ухудшению большинства деформационных характеристик.

Путем направленного изменения параметров размола (нагрузка на мельницу и расход массы) установлено, что наилучшие характеристики жесткости и деформативности достигнуты при увеличении нагрузки на мельницу до 88 А и расходе массы в пределах 140 ... 150 м³/ч.

Во время проведения эксперимента содержание НСПЦ в композиции основного слоя изменяли от 0 до 8,6 %. Это отразилось на некоторых результатах работы. Например, при отсутствии НСПЦ степень помола, жесткость при изгибе и разрушающее усилие при сжатии кольца повышаются в наибольшей степени, что подтверждает необходимость раздельного помола полуфабрикатов.

Известно, что при формовании бумаги и картона в оборотной воде накапливается мелкое волокно, которое отрицательно действует на характеристики жесткости картона. В реальных производственных условиях этот процесс является мало регулируемым, поэтому необходимо повышать удержание мелкой фракции на сеточном столе. В последние годы для улучшения удержания, обезвоживания и формования полотна картона в сеточной части машины активно применяются химические добавки, которые позволяют снизить промой и накопление мелочи в оборотной воде, а также повысить качество готовой продукции.

В отечественных и зарубежных источниках рассмотрено и экспериментально подтверждено повышение прочностных характеристик качества (сопротивление продавливанию и разрушающее усилие при сжатии кольца) за счет использования химикатов в мокрой части КДМ [3, 8, 9, 11, 15]. Вопрос влияния химических добавок на жесткость материала при изгибе, растяжении и сжатии в литературе освещен недостаточно. Нами на примере одной из отечественных КДМ было изучено влияние добавки химикатов на такие показатели жесткости и деформативности, как торцевое сжатие вдоль плоскости, жесткость при изгибе и растяжении и др.

Для достижения лучшего результата необходимо подбирать индивидуальную систему химикатов, адаптированную к условиям производства на отдельно взятой машине.

В исследуемый период на КДМ производили картон по традиционной технологии с применением двухкомпонентной системы химикатов на основе катионного крахмала со степенью замещения 0,06. В качестве анионного продукта использовали низкомолекулярное неорганическое колло-

идное вещество – силиказоль. Эта система химикатов, по мнению авторов работ [11, 15], действует по механизму микрочастичной флокуляции и оказывает положительное влияние на удержание, обезвоживание и формование полотна картона на сетке. Для оптимизации работы системы химикатов катионный крахмал подавали в две точки технологического потока массы. Для повышения физико-механических характеристик картона катионный крахмал дозировали в густую массу, находящуюся в машинном бассейне, для улучшения обезвоживания и удержания – в разбавленную массу в смесительном насосе в количестве 40 ... 50 % от общего расхода. Силиказоль добавляли в трубопровод перед напорным ящиком. Общий расход катионного крахмала составлял 5,0 ... 7,0 кг/т элементарного слоя, расход силиказоля – 2,5 ... 3,5 кг/т.

Степень удержания мелкого волокна оценивали по концентрации подсеточной или регистровой воды. Благодаря добавке двухкомпонентной системы химикатов, концентрацию удалось снизить в среднем на 50 % независимо от массы 1 м². Стабилизация работы машины, улучшение формования, обезвоживания и удержания на сеточном столе позволили несколько повысить содержание НСПЦ в композиции массы основного слоя картона-лайнера без ухудшения качества готовой продукции. При выработке картона с высокой массой 1 м² (200 г) содержание НСПЦ подняли до 15 %. Кроме того, улучшение обезвоживания на сеточном столе КДМ позволило увеличить производительность за счет повышения скорости работы машины (табл. 6).

В табл. 7 представлено изменение характеристик жесткости по абсолютным значениям в поперечном направлении после использования систе-

Таблица 6

Влияние добавок химикатов на изменение технологических параметров

Масса 1 м ² , г	Концентрация регистровой воды, г/л	Средняя скорость КДМ, м/мин	Содержание НСПЦ, %
125	0,589/0,314	570/570	7,5/9,7
140	0,568/0,259	550/560...570	9,4/11,4
150	0,571/0,323	550/560...570	9,4/11,5
175	0,586/0,275	500/510	6,1/11,1
200	-/0,227	440/475	0/15,2

Примечание. Здесь и далее, в табл. 7, в числителе приведены параметры без добавок химикатов, в знаменателе – с добавками химикатов.

Таблица 7

Влияние добавок химикатов на изменение качественных показателей картона в поперечном направлении

Масса, 1 м ² , г	δ, мкм	RCT, Н	S _b , Н/м	E ₁ , МПа	S _b , мНсм ²	SCT, кН/м
125	205/202	217/247	355/410	1700/2000	225/225	2,38/2,70
140	242/231	236/268	385/435	1600/1900	390/340	2,40/2,81
150	256/240	256/280	415/447	1650/1850	420/415	2,80/2,90
175	289/297	294/325	495/500	1750/1700	615/640	2,85/3,40
200	334/324	340/369	565/585	1750/1750	930/890	3,60/3,68

мы химикатов. Жесткость картона при изгибе после добавки химикатов изменялась незначительно или оставалась на том же уровне. Это можно объяснить тем, что жесткость при изгибе напрямую зависит не только от упругих свойств материала, но и пропорциональна толщине картона, а добавка химикатов приводит к образованию более плотного однородного листа с пониженными значениями толщины.

Полученные данные показали, что использование катионного крахмала и силиказоля приводит к росту значений SCT для картона с различной массой 1 м^2 в среднем на 14 % (для картона массой 200 г/м^2 увеличение менее значительно). Следовательно, усиливается равномерность микроструктуры картона, которая во многом обуславливает повышение упругости материала.

Подтверждение этого факта было обнаружено при сравнении деформационного поведения образцов картона с различной массой 1 м^2 при одноосном статическом растяжении. В результате испытаний на растяжение были получены зависимости напряжение – деформация (рис. 4).

Введение в картонную массу катионного крахмала в количестве 6 кг/т увеличивает силы связи между волокнами и мелкой фракцией у поверхности бумаги в среднем на 8 %. Формирование химических связей между волокнами ограничивает их способность к перемещению относительно друг друга, и приводит к повышению относительной жесткости картона при растяжении в среднем на 13 %. Кроме того, из рис. 4 видно, что картон с

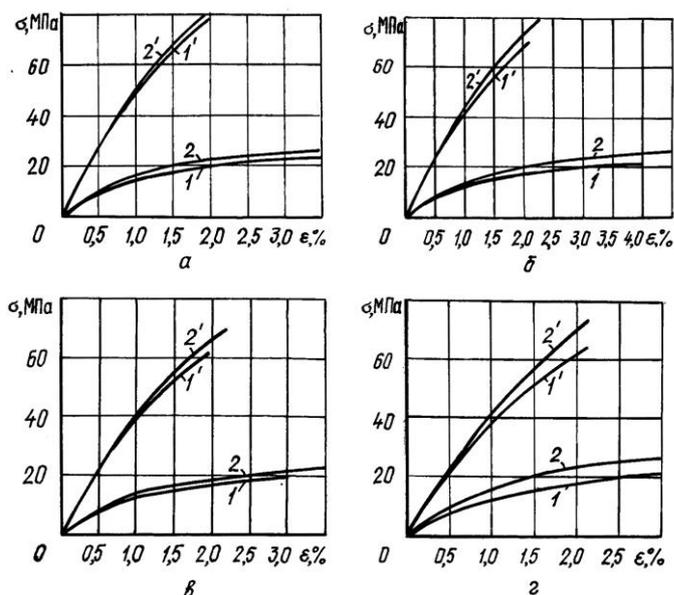


Рис. 4. Зависимость $\sigma - \epsilon$ для крафт-лайнера массами 125 (а); 150 (б); 175 (в); 200 г/м^2 (г): 1, 2 – картон поперечного направления; 1', 2' – машинного направления; 1, 1' – без добавок химикатов; 2, 2' – с добавками химикатов

добавкой химикатов имеет большую способность к деформированию при растяжении по сравнению с изготовленным по традиционной технологии. Увеличение растяжимости картона важно с точки зрения его последующей переработки в гофрированный картон и тару. Кроме того, данный эффект, по нашему мнению, позволяет снизить обрывность на участках открытой передачи полотна картона на КДМ.

Практическое использование системы химикатов показало возможность снижения концентрации «вредных» веществ в оборотной воде, что позволило уменьшить нагрузку на очистное оборудование. В итоге была снижена анизотропия свойств картонного полотна и, как следствие, улучшено качество картона-лайнера. Это стабилизировало работу КДМ и качество крафт-лайнера. Кроме того, улучшение обезвоживания и повышение скорости работы КДМ дало возможность повысить производительность. Таким образом, можно утверждать, что система химикатов является реальным дополнительным инструментом для контроля за жесткостью картона и управления работой КДМ.

Выводы

1. Установлено, что жесткость крафт-лайнера (S_t , S_b , SCT) в значительной степени зависит от длины волокна и относительного содержания фракции волокон с длиной менее 1,2 мм, определяющей величину средневзвешенной длины волокна.

2. Экспериментально подтверждено, что увеличение нагрузки на мельницу в процессе размола до 88 А при постоянном расходе массы в пределах 140 ... 150 м³/ч позволяет получать более плотный и прочный лист с повышенными значениями жесткости и деформативности.

3. Для повышения жесткости при изгибе необходимо проводить раздельный размол полуфабрикатов (целлюлоза и НСПЦ).

4. Добавка двухкомпонентной системы химикатов, состоящей из катионного полиэлектролита и анионного вещества, в мокрую часть КДМ способствует повышению упругих свойств материала (точки дозирования, расход и тип химикатов подбираются отдельно для каждой машины).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аспит С.О., Клипенко А.В. Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 88 с.
2. Атлас древесины и волокон для бумаги / Е.С. Чавчавадзе, З. Е. Брянцева, Е.В. Ганчарова и др. – М.: Ключ, 1992. – 336 с.
3. Герли А. Новый состав для повышения степени удержания мелкого волокна и наполнителей и интенсификации процесса обезвоживания бумажного полотна в мокрой части бумагоделательной машины / Формование: Сб. докл. 27-й конференции EUCERA, Гренобль, 11-14 октября 1999 г. – Гренобль, Франция: 1999. – С. 225–230.
4. Гурьев А.В., Комаров В.И. Методы оценки качества компонентов гофрированного картона // Целлюлоза, бумага, картон. – 1997. – № 7-8. – С.16–18.

5. *Иванов С.Н.* Технология бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 696 с.
6. Использование SCT-теста для оценки жесткости крафт-лайнера / В.И. Комаров, А.В. Гурьев, Н.В. Сысоева и др. // Целлюлоза, бумага, картон. – 2000. – № 11-12. – С. 26–27.
7. *Комаров В.И.* Деформация и разрушение волокнистых целлюлозно-бумажных материалов - Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. – 440 с.
8. *Ковернинский И.Н., Крылатов А.Ю., Почкин А.Г.* Современные методы удержания в бумажно-картонном производстве // Науч. тр. 3-й Междунар. научно-техн. конф. «Создание конкурентоспособного оборудования и технологий для изготовления бумажно-картонной продукции из вторичного сырья», Караваево. – Правдинский, 2002 г. – С. 81.
9. Современные направления использования химикатов в производстве бумаги и картона. AKZO NOBEL NV: Семинар. – Кипр, 2002.
10. *Фляте Д.М.* Технология бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 440 с.
11. *Au C.O., Thorn I.* Application of the Wet-End Paper. – London: Chapman and Hall, 1995. – 200 p.
12. *Casebolt V.A.* Our Views on the Future of the Corrugated Industry // International Paper Board Industry. – 1990. – Vol. 33, N 7. – P. 37.
13. *Markstrom H.* Testing Methods and Instruments for Corrugated Board. – Stockholm: Ljunglofs Offset AB, 1992. – 77 p.
14. *Markstrom H.* The Elastic Properties of Paper. Test Methods and Measurement Instruments. – Stockholm: Lorentzen and Wettre, 1993. – 45 p.
15. *Neimo L.* Papermaking Science and Technology // Papermaking Chemistry (4 book). – Printed by Gummerus Printing, Jyväskylä, Finland, 1999. – 329 p.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 6.12.02

N.V. Sysoeva, A.V. Gurjev, V.I. Komarov
**Technological Control of Kraft Liner Hardness
in Milling-preparation Department**

Possibility of control over cardboard hardness by changing milling parameters is demonstrated. Separate milling of semi-finished products (pulp and neutral semichemical pulp) is found out to promote hardening of cardboard, whereas addition of a two-component system of chemicals based on cationic starch allows not only to increase holdback and dehydration on the net, but also to improve the process of moulding cardboard resulting in enhancing strength and hardness of finished products.

УДК 676.76

Я.В. Казаков, В.И. Комаров

Казаков Яков Владимирович родился в 1966 г., окончил в 1990 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 научных трудов в области деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



К ВОПРОСУ О РАСТРЕСКИВАНИИ НАРУЖНОГО СЛОЯ КАРТОНА-ЛАЙНЕРА ПРИ РИЛЕВКЕ И ФАЛЬЦОВКЕ ГОФРОКАРТОНА

Предложенный способ испытаний позволяет разработать метод прогнозирования механического поведения гофрокартона при рилевке.

Ключевые слова: картон крафт-лайнер, рилевка, деформация, жесткость.

Ящики из гофрированного картона являются наиболее массовой продукцией, используемой в качестве транспортной тары. При изготовлении ящиков из листового гофрированного картона вырезанная по формату заготовка проходит ряд технологических операций, которые завершаются рилевкой (нанесение продольных линий на плоские заготовки ящиков), фальцовкой (сгибание и складывание заготовки) и склейкой [2, 3].

Рилевка гофрокартона производится различными муфтами. Размеры и профиль муфт выбирают с учетом толщины гофрированного картона T и суммарной толщины компонентов картона – флютинга и лайнера T_1 [5].

ГОСТом [1] предусмотрено использование муфт с формой профиля в виде равнобокой трапеции, которая вписывается всеми своими углами в полуокружность с диаметром, равным ее нижнему основанию (рис.1, табл.1). Высота трапеции должна соответствовать половине верхнего

Рис. 1. Основные размеры профилей рилевочных муфт 1 и 2 (H , B_1 – глубина и ширина канавки муфты, B – ширина выступа муфты)

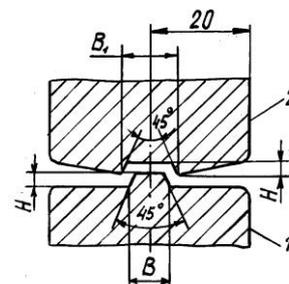


Таблица 1

Характеристика рилевочных муфт

Номер комплекта	B_1	B	H
	мм		
1	4,5	2,3	0,8
2	6,1	4,0	1,4
3	8,3	5,7	2,0
4	10,9	7,9	2,8
5	15,3	11,3	4,0

основания. Профиль выемки между выступами на муфте 2 должен соответствовать профилю ободка муфты 1 с учетом толщины картона T_1 в зоне рилевки (рис. 2).

Величина T_1 определяется как сумма толщин плоских слоев картона плюс трехкратная толщина бумаги для гофрирования, так как при сдавливании гофров бумага складывается в три слоя [5]:

$$T_1 = \sum_1^n \delta + 3 \sum_1^m \delta_1, \quad (1)$$

где n – число плоских слоев гофрированного картона;

m – число слоев бумаги для гофрирования;

δ – толщина слоя лайнера;

δ_1 – толщина слоя флютинга.

Толщина гофрокартона T зависит от суммы толщин плоских слоев картона, числа волнистых слоев и высоты h гофров, определяемых типом гофров (рис. 3, табл. 2).

Физическая сущность процесса рилевания заключается в уплотнении картона на узком прямолинейном участке, в результате чего на заготовке формируется линия рилевки, служащая местом перегиба картонной заготовки при формировании ящика. Нанесенная рилевка должна обеспечивать перегиб картона на 90 или 180°, при этом не должен происходить сильный зажим внутреннего гладкого слоя, так как возникающие предельные напряжения в наружном слое могут вызвать его разрыв [2].

После рилевания гофрированный картон подвергается перегибу, по линии рилевки происходит его дополнительное растяжение, что приводит к снижению прочности.

При качественно проведенном рилевании картон по линии рилевки легко складывается без появления трещин в месте перегиба, что имеет

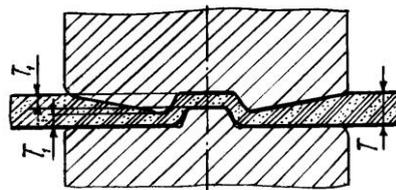


Рис. 2. Размеры гофрированного картона между рилевочными муфтами

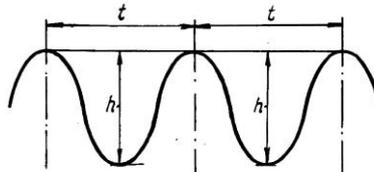


Рис. 3. Схема определения параметров гофрированного слоя картона (t – шаг)

большое значение, особенно, для недостаточно прочных видов картона. Для них рилевку проводят с минимальным растяжением плоских слоев.

Увеличение ширины рилевки гофрированных картонов снижает сопротивление сжатию готовых ящиков [2].

В процессе нанесения линий рилевки в картоне наблюдается значительное растяжение покровных слоев, возникающее в локальных областях действия рилевочных муфт. При этом напряженно-деформированное состояние материала заготовки непрерывно изменяется от одноосного сжатия и растяжения с краю муфты до двухосного растяжения в зоне вытяжки между муфтами. Наибольшая интенсивность напряженно-деформированного состояния возникает в локальных областях перехода от плоской части заготовки к формуемой канавке и по оси вытяжки в вершине канавки.

Поскольку картон является вязко-упругим материалом, при расстоянии между муфтами больше T_1 наружные слои картона не принимают форму рилевочной канавки: их профили не совпадают. При рекомендуемом расстоянии между муфтами [1], равном половине толщины гофрокартона T , в первом приближении можно принять, что в зоне рилевки плоская поверхность наружного картона преобразуется в участок цилиндрической поверхности с внешним радиусом R , центральным углом 2α и высотой H (рис. 4). Если же муфты сводятся на расстояние T_1 , т. е. до полного смятия гофров, то профиль наружной поверхности картона в зоне рилевки имеет форму трапеции (см. рис. 2).

В результате рилевки происходит вытяжка материала. При этом относительная деформация ε может быть определена количественно как разница между длинами поверхности наружного слоя картона, подвергнутого l_1 и не подвергнутого l_0 рилеванию:

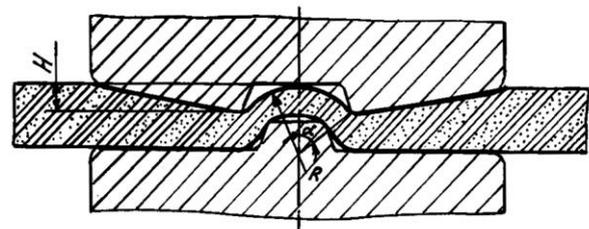
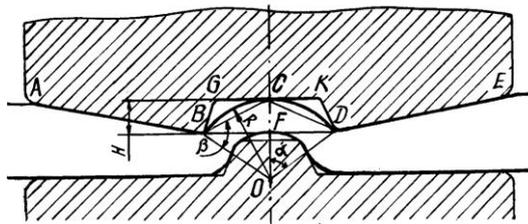


Рис. 4. Профиль картона между рилевочными муфтами при неполном смятии волнистого слоя

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\% . \quad (2)$$

Если допустить, что в областях АВ и DE (рис. 5) материал не подвергается растяжению, а местное растяжение наблюдается лишь на участке BD, то, согласно формуле (2), минимальную степень деформации (вытяжки) можно выразить соотношением

Рис. 5. Расчетная схема для определения вытяжки картона при рилевке



$$\varepsilon_{\min} = \frac{\cup BD - |BD|}{|BD|} \cdot 100 \% ; \quad (3)$$

максимальную

$$\varepsilon_{\max} = \frac{|BGKD| - |BD|}{|BD|} \cdot 100 \% . \quad (4)$$

Длина хорды BD равна B_1 (см. рис. 1):

$$|BD| = B_1 = 2R \sin\left(\frac{n^\circ}{2}\right) = 2R \sin \alpha; \quad (5)$$

длина дуги

$$\cup BD = \pi R \frac{n^\circ}{180} = \pi R \frac{\alpha}{90} . \quad (6)$$

Из треугольника FBC находим длину гипотенузы BC и угол β :

$$|BC| = \sqrt{(B_1/2)^2 + H^2} ; \quad (7)$$

$$\cos \beta = \frac{H}{|BC|} . \quad (8)$$

Из равнобедренного треугольника OBC находим угол

$$\alpha = 180 - 2\beta; \quad (9)$$

из треугольника FBO – длину гипотенузы BO:

$$|OB| = R = \frac{B_1}{2} \sin \alpha. \quad (10)$$

Нами проведен расчет вытяжки картона при использовании стандартных комплектов рилевочных муфт (табл. 3). Анализ процессов, происходящих в структуре гофрированного картона при рилевке, показал, что имеют место сильные деформации растяжения на коротком участке, захватывающем пространство, примерно равное расстоянию между соседними волнами гофров. В этих условиях подвергаемый рилевке участок картона длиной 5 ... 15 мм удлинится на 0,37 ... 2,65 мм.

Кроме размеров муфт, область растягивающих напряжений ограничивается впитавшимся клеем в местах склейки плоского и волнистого слоя на коротком участке между волнами гофров. При этом главную роль в прочности материала играют собственная прочность волокон и их длина, в определенной степени обуславливающая величину межволоконных сил связи.

Таблица 3

Изменение показателей деформирования картона в зоне рилевки

Показатель	Значение показателя для комплекта муфт				
	1	2	3	4	5
Ширина канавки муфты, мм	4,5	6,1	8,3	10,9	15,3
Глубина канавки муфты, мм	0,8	1,4	2,0	2,8	4,0
Угол α , град	39,1	49,3	51,4	54,4	55,2
Радиус дуги BD, мм	3,56	4,02	5,31	6,70	9,31
Длина дуги BD, мм	4,87	6,92	9,53	12,73	17,95
Длина трех сторон трапеции BGKD, мм	5,57	7,97	10,97	14,64	20,65
Вытяжка Δl_{\min} , мм	0,37	0,82	1,23	1,83	2,65
Максимальная вытяжка Δl_{\max} , мм	1,07	1,87	2,67	3,74	5,35
Деформация ϵ_{\min} , %	8,2	13,5	14,8	16,8	17,3
Максимальная деформация ϵ_{\max} , %	23,7	30,7	32,2	34,3	34,9

Используемые при оценке качества картона-лайнера механические характеристики (сопротивление продавливанию и сопротивление сжатию кольца) не воспроизводят реально имеющих место условий деформирования при рилевке и фальцовке. Поэтому прогнозировать по стандартным характеристикам поведение картона при рилевке затруднительно и требуется использование дополнительных характеристик. Такие характеристики могут быть получены при проведении испытаний образцов с малой длиной, соответствующей расстоянию между гофрами в картоне.

На рис. 6 представлены кривые усилие–удлинение для образцов картона крафт-лайнер производства двух отечественных предприятий с массой 1 м^2 – 125, 150 и 200 г, испытанных при стандартном (100 мм) и уменьшенном (10 мм) расстоянии между зажимами разрывной машины.

Картон этих производителей отличается композицией по волокну и технологией формования структуры листа на сеточном столе КДМ. На первом предприятии в композицию крафт-лайнера входят: основной слой – сульфатная хвойная целлюлоза высокого выхода (ЦВВ) и листовая нейтально-сульфитная полуцеллюлоза; покровный слой – только ЦВВ; отлив осуществляется на одном сеточном столе с двумя напорными ящиками. На втором предприятии в композицию основного и покровного слоев картона входят сульфатная хвойная и листовая целлюлоза нормального выхода; отлив каждого слоя осуществляется на своей сетке с последующим соединением слоев на сетке основного слоя. Поэтому крафт-лайнер на втором предприятии отличается менее прочным и более гибким волокном и, соответственно, повышенной прочностью и растяжимостью, но меньшей жесткостью.

Результаты свидетельствуют, что картон, обладающий достаточно высокой растяжимостью при стандартной длине образцов, при короткой длине образцов обнаруживает гораздо меньшую величину деформации разрушения (удлинение до разрыва составляет около 1 мм и уменьшается при снижении массы 1 м^2 картона). Растяжимость картона первого предприятия

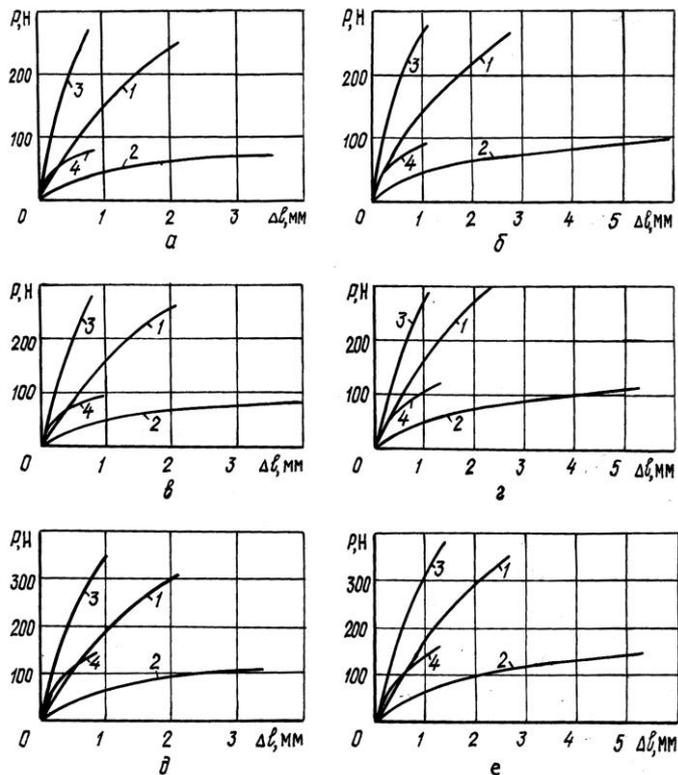


Рис. 6. Сравнительная характеристика деформативности при растяжении образцов картона крафт-лайнера разной длины: 1, 2 – при длине образцов 100 мм; 3, 4 – 10 мм; 1, 3 – в направлении MD; 2, 4 – CD; а, в, д – картон первого предприятия; б, з, е – второго предприятия; а, б – масса 1 м^2 составляет 125 г; в, з – 150; д, е – 200 г;

в этих условиях несколько меньше. С увеличением массы 1 м^2 картона растяжимость коротких образцов увеличивается за счет большего количества элементов структуры, способных к растяжению.

Теоретические расчеты показывают, что при рилевке имеет место удлинение материала в локальной области приложения нагрузки (до 0,5... 2,5 мм). Эти значения близки к разрушающему удлинению образцов, испытанных при малом расстоянии между зажимами.

Таким образом, предложенный способ испытаний картона для плоских слоев гофрированного картона позволяет разработать метод прогнозирования механического поведения гофрокартона при рилевке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 7376–89. Картон гофрированный. Общие технические условия. – Введен с 01.01.91.
2. Данилевский В.А. Картонная и бумажная тара. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 248 с.
3. Ефремов Н.Ф. Тара и ее производство: Учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – М.: МГУП, 2001. – 312 с.
4. Ильин В.Я. Машины и оборудование для переработки бумаги и картона: Учебник для техникумов. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 200 с.
5. О рилевании гофрированного картона / П.Н. Варенцов, Г.А. Карпова, Л.С. Мордовина и др. // Бум. пром-сть. – 1983. – № 6. – С. 23–24.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 5.10.02

Ya.V. Kazakov, V.I. Komarov

**On Cracking Kraft Liner under Creasing and Seaming
of Corrugated Board**

The proposed trial method allows to develop method of forecasting mechanic behavior of corrugated board under creasing.

УДК 676.014.44

***Е.А. Челпанова, Д.Г. Чухчин, Я.В. Казаков,
В.И. Комаров, О.М. Соколов***

Челпанова Екатерина Александровна родилась в 1979 г., окончила в 2001 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета. Имеет 4 печатные работы в области целлюлозно-бумажного производства.



Чухчин Дмитрий Германович родился в 1971 г., окончил в 1993 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных работ в области химической переработки древесины.



Соколов Олег Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, доктор химических наук, профессор, ректор, заведующий кафедрой биотехнологии Архангельского государственного технического университета, академик Международной академии наук, РИА, РАЕН, Академии проблем качества РФ, чл.-кор. МИА. Имеет более 170 научных трудов в области исследования процессов сульфатной варки, изучения свойств и применения технических лигнинов.



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ КЛЕЕВОГО ШВА ЦЕЛЛЮЛОЗО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Предложено усовершенствование стандартного метода определения прочности клеевого шва применительно к целлюлозно-бумажным материалам.

Ключевые слова: склеивание, клей, клеевой шов, прочность, адгезия, расслаивание, когезия.

При изготовлении бумаги и картона часто применяют технологическую операцию склеивания. Прочность клеевого шва имеет определяющее значение как при оценке потребительских свойств изделия, так и при определении показателей экономической эффективности продукции.

Образование стабильного клевого соединения целлюлозно-бумажных материалов осложнено неоднородной структурой поверхности листа, которая формируется из волокон с разными морфологическими характеристиками, ориентацией в плане и по толщине листа. Свой вклад вносят нестабильность адгезионной способности волокон различного происхождения, присутствие минеральных наполнителей и проклеивающих веществ.

В адгезионном взаимодействии с молекулами полимерного клея участвуют волокна, часть активной поверхности которых задействована в когезионном взаимодействии с волокнами из внутренней области листа бумаги. Поэтому разрушение клевого шва может происходить по трем вариантам: когезионное разрушение структуры бумаги (расслаивание и выщипывание); когезионное разрушение клея; разрушение адгезионной связи волокна с клеем (рис. 1). Кроме перечисленных факторов, прочность клевого соединения лимитируется прочностью самих целлюлозных волокон и глубиной

Рис. 1. Схематическое представление различных видов разрушения склеенных образцов: *a* – когезионное по материалу, *b* – когезионное по клею, *в* – адгезионное



проникновения клея в структуру бумаги. При оценке качества склеивания следует принимать во внимание как адгезионную способность клея, так и когезионную способность целлюлозного материала. Таким образом, если сам материал не обладает достаточной прочностью в *z*-направлении и его когезионная способность лимитирует прочность клевого соединения, то не имеет смысла повышать адгезионную способность и расход клея.

Исходя из этого, требуется разработать надежный метод оценки качества клея для оптимизации его расхода и клеящей способности, что особенно важно при создании новых видов клея и технологии склеивания целлюлозно-бумажных материалов.

Определение клеящей способности клея производили по ГОСТ 28966.1–91 «Клеи полимерные. Метод определения прочности при расслаивании» [1], в соответствии с которым для испытания берут два образца размером 170 × 15 мм.

На подготовленную поверхность образцов наносят полимерный клей (рис. 2) и соединяют образцы. После сушки их устанавливают в разрывную машину и испытывают в соответствии со схемой (рис. 3).

Существенными недостатками этого метода являются большая продолжительность расчетов и их не-

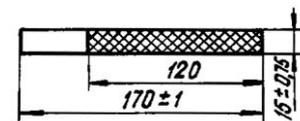
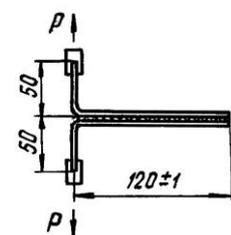


Рис. 2. Образец для испытаний



высокая точность. Немаловажное влияние оказывает человеческий фактор. Необходимо, чтобы все действия по подготовке образцов к испытанию, их склеивание и расчет производил один и тот же человек.

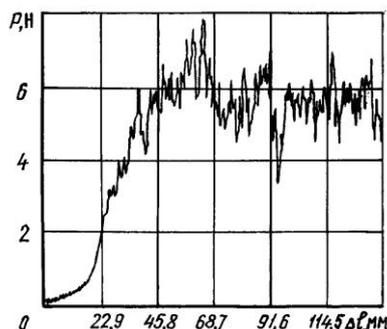
Мы предлагаем модифицировать процедуру изготовления и подготовки к испытаниям на прочность при расслаивании образцов целлюлозно-бумажных материалов. Поскольку исследуемые свойства зависят от влажности, для повышения скорости высыхания клея, моделирования производственных условий склеивания и стандартизации условий сушки предложено склеенные образцы сушить в сушильном шкафу при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 5 мин. Перед испытанием проводят кондиционирование образцов при относительной влажности воздуха 50 % и температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 4 ч, что соответствует нормам.

Проведенные нами предварительные эксперименты показали, что длина клеевого шва l может быть уменьшена со 120 (по ГОСТ 28966.1–91) до 60 мм, так как уже при такой длине обеспечивается возможность получения необходимых данных для оценки прочности при расслаивании.

Эксперименты проводили на лабораторном испытательном комплексе, включающем разрывную машину ИП 5158-0,5Б, интерфейс RS-232 и ПЭВМ. Скорость передвижения подвижного захвата 100 мм/мин. Снятие

Рис. 3. Схема установки образца в разрывной машине

Рис. 4. Типичная экспериментальная кривая усилие–перемещение при расслаивании с адгезионным механизмом разрушения клеевого шва



показаний производят через каждые 200 мс, получая 900 экспериментальных точек [4].

Результаты испытания выводятся на экран монитора в виде графика изменения усилия расслаивания во времени (рис. 4) для каждого из параллельных образцов. С помощью специально разработанной программы [2] исходные данные и результаты расчетов могут быть распечатаны.

Для расчета прочности при расслаивании с использованием методики [1] требуется определить не менее пяти значений разрушающего усилия 50 % наименьших значений максимумов на кривой зависимости усилие – перемещение подвижного захвата, при этом первое максимальное усилие не учитывают. Нами предложено для расчета прочности при расслаивании использовать интегральную характеристику – работу разрушения, которая имеет более понятный физический смысл:

$$A = \int_0^{\Delta l} P dl, \quad (1)$$

а также удельную прочность адгезионного соединения

$$\dot{I}_{\text{д\text{а}н}} = \frac{A}{S}, \quad (2)$$

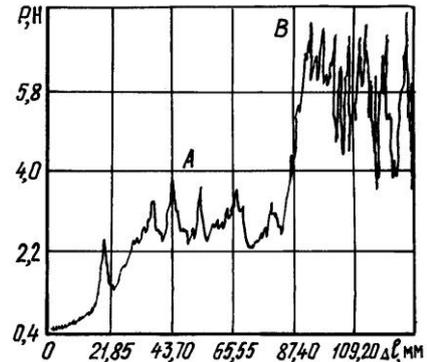
где P – разрушающее усилие;

S – площадь образца, $S = 0,0009 \text{ м}^2$.

Характер кривой на рис. 4 свидетельствует о том, что клеевой шов не является однородным. В ходе испытания нагрузка последовательно прилагается к отдельным участкам шва, и в зависимости от полноты впитывания клея может происходить один из ранее перечисленных видов разрушения шва. При изменении механизма разрушения с адгезионного A (по клею) на когезионный B (расслаивание бумаги) на графике наблюдается скачок (рис. 5).

Вариация свойств приводит к отсутствию точной воспроизводимости результатов для серии образцов одного материала. Поэтому важно проводить параллельные испытания и статистическую обработку полученных данных. За результат испытания принимают среднее арифметическое не менее трех параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не должно превышать 10 %.

Рис. 5. Экспериментальная кривая усилие–перемещение при расслаивании с разрушением клеевого шва по адгезионному (A) и когезионному (B) механизмам



Для сравнительной оценки методов расчета характеристик прочности клеевого шва были проведены испытания на прочность при расслаивании $P_{\text{рас}}$ для серии образцов картона крафт-лайнера и ватмана, склеенных декстриновым клеем (см. таблицу). Расход и концентрация клея одинаковы.

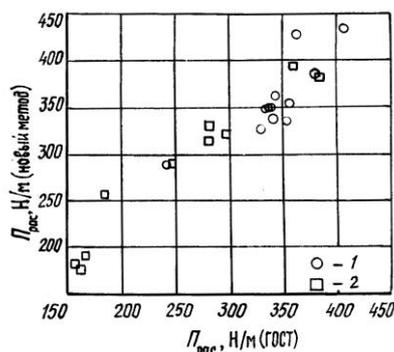
Новый метод расчета дает несколько большие значения характеристики при снижении вариации и размаха значений. Следовательно, точность определения повышается, что подтверждено испытанием различных материалов.

Порядковый номер образца	Прочность при расслаивании образцов, Н/м	
	ватмана	картона
1	343,0 / 361,0	246,0 / 288,0

2	406,0 / 433,0	383,0 / 381,0
3	380,0 / 383,0	297,0 / 321,0
4	337,0 / 347,0	361,0 / 394,0
5	330,0 / 327,0	184,0 / 255,0
6	353,0 / 335,0	281,0 / 313,0
7	334,0 / 347,0	158,0 / 182,0
8	341,0 / 337,0	282,0 / 329,0
9	356,0 / 353,0	161,0 / 175,0
10	336,0 / 348,0	–
11	242,0 / 288,0	–
12	363,0 / 426,0	–
Статистические показатели		
x_{cp}	343,5 / 357,3	252,0 / 282,9
σ_x	38,8 / 40,5	83,1 / 80,1
$v, \%$	11,3 / 11,3	33,0 / 28,3
x_{min}	242,3 / 287,8	157,7 / 175,1
x_{max}	406,3 / 432,7	383,7 / 393,7
Размах	164,0 / 144,9	226,0 / 218,5
Коэффициент корреляции		
	0,84	0,97

Примечание. В числителе приведены данные, полученные по ГОСТу, в знаменателе – предлагаемым методом.

Рис. 6. Корреляция значений $P_{рас}$ на расслаивание клевого шва, полученных по ГОСТу и предлагаемым методом при использовании крафт-лайнера (1) и ватмана (2)



На рис. 6 наглядно проиллюстрирована корреляция между значениями прочности клевого шва, полученными стандартным и предлагаемым нами методами при использовании разных материалов. Обнаружена высокая теснота связи этих величин, что свидетельствует о достоверности значений, полученных через интегральную зависимость, которая учитывает все влияющие на прочность составляющие.

В связи с тем, что часть результатов измерений лимитировалась когезионной связью между волокнами, важным является установление прочности при расслаивании целлюлозного материала. Для обеспечения сопоставимости таких результатов с тестами на прочность клевого шва требуется проводить испытание на расслаивание в таких же условиях. Поскольку, как правило, склеиванию подвергаются тароупаковочные материалы большой толщины (поэтому они чаще всего многослойные), необходимо оце-

нить возможность применения метода [1] для определения когезионной способности целлюлозного материала.

До настоящего времени не существовало стандартного метода для определения межволоконных сил связи. Применяемые в научных исследованиях методы Иванова [2] и Кларка [3] обладают рядом недостатков, в частности, при проведении испытаний необходимо определять величину поверхности между волокнами в бумаге. Например, при использовании метода определения сил связи по Иванову площадь замеряют при помощи лупы и линейки. На результаты испытания также влияет угол, под которым закреплен образец в разрывной машине и расстояние между зажимами.

По предварительным данным, новый метод дает более надежные результаты, лучше учитывает специфику склеивания бумаги и картона, позволяет количественно оценить равномерность склеивания по длине клеевого шва и определить усилие, при котором происходит когезионное разрушение.

Данный метод можно использовать при разработке новых клеев, оценке их эффективности, оптимизации расхода клея и технологии склеивания. Кроме того, он может быть адаптирован для определения когезионной способности целлюлозных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 28966.1–91 Клеи полимерные. Метод определения прочности при расслаивании. – Введ. 01.01.92. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 11 с.
2. Иванов С.Н. Силы сцепления волокон в бумаге // Бум. пром-сть. – 1948. – № 3. – С. 8–17.
3. Кларк Д. Технология целлюлозы. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 456 с.
4. Свидетельство о регистрации № 2001610526. Программное обеспечение лабораторного испытательного комплекса для оценки деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов (KOMPLEX) / Я.В. Казаков // Реестр программ для ЭВМ. – Принято 10.05.01.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 20.11.02

*E. A. Chelpanova, D.G. Chukhchin, Ya.V. Kazakov,
V.I. Komarov, O.M. Sokolov*

Improving Method for Determining Adhesive Characteristics of Seal of Pulp-and-paper Materials

Improvement of standard method for determining seal strength applied to pulp-and-paper materials has been proposed.

УДК 543.42:630*86

Б.Я. Зорин, Е.А. Демченко, В.М. Тришин, А.И. Киприанов

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ФЕНОЛЬНОЙ ФРАКЦИИ КОПТИЛЬНОГО ПРЕПАРАТА МЕТОДОМ ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

Методом хромато-масс-спектрометрии копильного препарата ВНИРО установлено наличие фенольных соединений, обладающих высокой бактерицидной активностью.

Ключевые слова: хромато-масс-спектрометрия, копильные препараты, фенольные соединения.

Способы получения и приготовления копильных препаратов весьма разнообразны и зависят от используемого сырья, способов дымогенерации и методов очистки дыма от вредных и токсичных веществ. Традиционным сырьем для производства копильных препаратов (КП) являются конденсаты дыма.

При изучении ингибирующих свойств копильного дыма было установлено, что отчетливо выраженной способностью тормозить окислительную порчу жира обладают лишь фракции фенолов, при этом антиокислительный эффект копчения проявляется как результат синергического действия фенольных компонентов дыма. Бактерицидность копильного дыма так же является основным фактором, влияющим на качественные и количественные изменения микрофлоры копченых продуктов. Бактерицидное действие компонентов дыма зависит от их химической природы. Наиболее активны фенольные и кислотные соединения, входящие в состав копильного дыма, причем более сильные свойства присущи высококипящим компонентам [3].

Копильный препарат ВНИРО, сравнительно недавно появившийся на отечественном рынке, используется для изготовления пищевой продукции как горячего, так и холодного копчения. Он представляет собой рафинированный конденсат дыма, полученный на специальной установке при сжигании лиственных пород древесины (ТУ-15-1046-89). Поскольку в подавляющем большинстве копильных препаратов фенольные соединения обеспечивают защиту продукта от порчи и увеличивают сроки его хранения, рассмотрим состав фенольной фракции копильного препарата ВНИРО более подробно.

Навеска препарата была подвергнута шестикратной экстракции диэтиловым эфиром. Эфирный экстракт разделен на кислотную (0,25 %), фенольную (0,75 %) и нейтральную (0,13 %) фракции по известной методике [5].

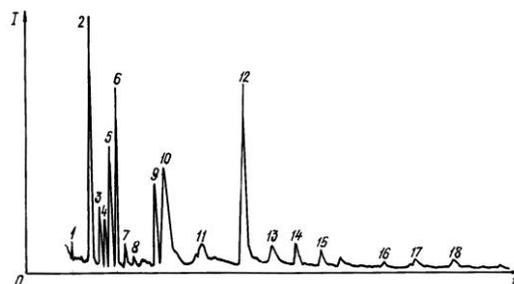
Для исследования химического состава фенольных соединений был использован метод хромато-масс-спектрометрии, позволяющий идентифицировать отдельные компоненты исследуемой смеси путем сравнения масс-спектра неизвестного соединения с масс-спектрами из банка данных, находящимися в памяти компьютера [4, 7].

Анализ фенольной фракции проводили на хромато-масс-спектрометре HP-5 MS, используя стеклянную колонку типа WCOT (25 × 0,25 см) с неподвижной жидкой фазой OV-1. Программированное измерение температуры осуществляли со скоростью 120 ... 190 °C/мин. Хроматограммы регистрировали по полному ионному току. Масс-спектры записывали при энергии электронов 70 эВ.

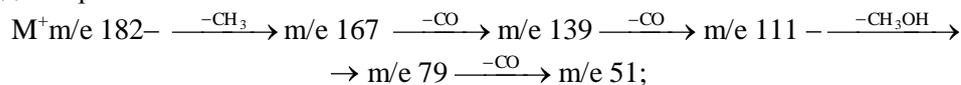
Хроматограмма фенольной фракции КП ВНИРО приведена на рис 1. Пики, для которых получены качественные масс-спектры, пронумерованы от 1 до 18. В качестве примера идентификации на рис. 2 представлены масс-спектры пика 17 и сиреневого альдегида из банка масс-спектров. При визуальном сравнении отмечено хорошее совпадение этих спектров.

На основании масс-спектрометрического изучения двадцати модельных соединений лигнина чешские исследователи [8] приводят следующие схемы фрагментации сиреневого альдегида:

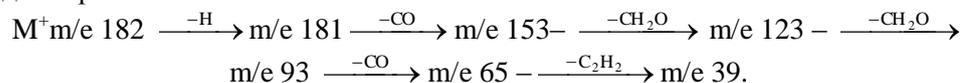
Рис. 1. Хроматограмма фенольной фракции препарата ВНИРО (I – ток, t – время удерживания)



для серии А



для серии В



Как видно из приведенных схем, большинство максимумов присутствует в масс-спектре пика 17 (рис. 2, а).

Результаты качественного и количественного хромато-масс-спектрометрического анализа фенольной фракции КП ВНИРО приведены в табл. 1. Основными компонентами исследуемой фракции являются фенол, гваякол, пирокатехин и сирингол. В заметных количествах присутствуют *m*-крезол и 4-метилгваякол. Кроме фенольных компонентов в анализируе-

мом продукте обнаружены соединения нефенольной природы, характеризующиеся пиками 1, 3, 7, 12–14, 17 (см. рис. 1).

Исходя из сенсорной характеристики аромата фенольных соединений [1], компоненты, идентифицированные в КП ВНИРО с 1 по 7, можно отнести к обладающим фенольно-крезольным запахом, с 8 по 13 – пряным запахом, с 14 по 19 – сладковато-ванильным запахом.

Сравнение антиокислительных и бактерицидных свойств различных отечественных коптильных препаратов проводили при сопоставлении качественных и количественных характеристик фенольных соединений, идентифицированных одним методом – хромато-масс-спектрометрией. Результаты

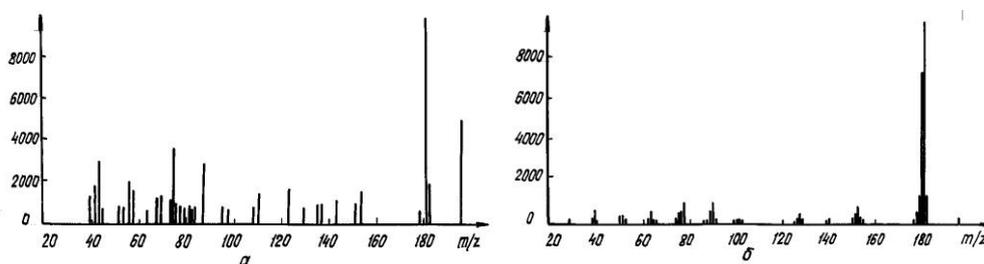


Рис. 2. Масс-спектры пика 17 (а), полученного экспериментально, и сиреневого альдегида (б) из банка данных (m – масса, z – заряд)

Таблица 1

Идентификация компонентов фенольной фракции КП ВНИРО

Порядковый номер пика	Время удерживания	Содержание, %	Соединение
1	1,93	0,77	Масляная кислота
2	2,78	11,85	Фенол
3	3,23	3,67	2-Гидрокси-3-метил-2-циклопентенон
4	3,45	3,66	<i>o</i> -Крезол
5	3,67	8,85	<i>m</i> -Крезол
6	3,93	10,48	Гваякол
7	4,34	1,85	2-Гидрокси-3-этил-2-циклопентенон
8	5,71	6,05	4-Метилгваякол
9	6,09	18,73	Пикрокатехин
10	7,73	2,85	4-Этилгваякол
11	9,67	20,73	2,6-Диметоксифенол (сирингол)
12	10,97	1,75	Ванилин
13	12,07	2,13	4-Гидрокси-3-метоксибензойная кислота
14	13,21	2,06	4-Гидрокси-3-метоксиацетофенон
15	14,06	1,93	1,1-Бифенил,2-этил
16	15,94	0,67	2,6-Диметокси-4-пропилфенол
17	17,42	1,03	Сиреневый альдегид
18	19,08	0,94	Ацетосирингол

Таблица 2

**Содержание основных фенольных соединений (%)
в различных копильных препаратах**

Соединение	ВНИРО	«Вахтоль» [1]	МИНХ [6]
Фенол	11,80	8,96	11,21
<i>o</i> -Крезол	3,66	4,30	5,50
<i>m</i> -Крезол	–	–	4,51
<i>p</i> -Крезол	8,85	–	7,79
2,3-Диметилфенол	–	–	1,28
2,5-Диметилфенол	–	2,55	–
3,5-Диметилфенол	–	0,55	–
Гваякол	10,48	19,52	20,59
Метилгваякол	6,05	23,22	–
Этилгваякол	2,86	4,26	2,00
Пирокатехин	18,73	–	–
Эвгенол	–	3,33	1,96
Сирингол	20,73	3,66	–
Ванилин	1,75	1,43	–
Метилсирингол	–	1,91	–
Пропилсирингол	0,67	–	–
Ацетосирингол	0,94	–	–
Ацетованилон	–	1,05	–
Сиреневый альдегид	1,03	–	–

исследования копильных препаратов МИНХ, «Вахтоль» и ВНИРО приведены в табл. 2.

При сопоставлении качественного и количественного составов сравниваемых копильных препаратов установлено, что основными компонентами фенольной фракции копильных препаратов «Вахтоль» и МИНХ являются гваякол и метилгваякол, КП ВНИРО – пирокатехин и сирингол. Наблюдаемое различие связано с тем, что в первом случае в качестве сырья термической переработке подвергается древесина хвойных пород, а во втором – лиственных.

При определении органолептической характеристики копильных препаратов необходимо не только сопоставлять количественное соотношение идентифицированных фенольных соединений, но и учитывать пороговую концентрацию ароматизирующих компонентов, т.е. минимальное количество вещества, которое может быть воспринято органом обоняния [1]. Исходя из этого вполне очевидно, что дымный запах фенольной копильной композиции КП ВНИРО смягчен в КП «Вахтоль» приятными цветочными оттенками аромата терпеновых соединений.

Накопленные данные о химизме бактерицидного действия и антиокислительного эффекта процесса копчения позволяют судить о свойствах копильных препаратов на основании химического состава его фенольной фракции. Из данных табл. 1 и 2 видно, что КП ВНИРО содержит в своем составе больше высококипящих фенольных соединений, чем копильные

препараты «Вахтоль» и МИНХ. Это позволяет утверждать, что КП ВНИРО, незначительно проигрывая в аромате, обладает более высокой бактерицидностью и обеспечивает значительный антиокислительный эффект по сравнению с другими коптильными препаратами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Загороднов В.П.* Методические основы исследования химической природы аромата копчения // Сб. науч. тр. ВНИРО. – М., 1986. – С. 61–65.
2. Исследование методом масс спектрометрии жидких продуктов термической и химической переработки древесины. 4. Состав фенольной фракции коптильного препарата «Вахтоль» / Б.Я. Зорин, С.В. Волкович, Н.Н. Гришин и др. // Химия древесины. – 1987. – № 5. – С. 102–106.
3. *Курко В.И.* Основы бездымного копчения. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 228 с.
4. Машинная информационно-поисковая система на базе каталога полных масс-спектров / Б.Г. Дерендяев, В.А. Контюг, К.С. Лебедев, О.Н. Шаропова // Автометрия. – 1979. – № 4. – С. 3–13.
5. Методы анализа продуктов пирогенетической переработки древесины / В.П. Сумароков, З.М. Володуцкая, В.А. Высоцкая, Е.В. Клиных. – М.; Л.: Лесбумиздат, 1960. – 251 с.
6. *Родина Т.Г., Камалова Т.А., Куликов Ю.М.* Хромато-масс-спектрометрия фенольной фракции коптильного препарата // Пищевая технология. – 1984. – № 1. – С. 16–18. – (Изв. высш. учеб. заведений).
7. *Хмельницкий Р.А., Бродский Е.С.* Хромато-масс-спектрометрия. – М.: Химия, 1984. – 216 с.
8. Massenspektrometrie einiger Modellsubstanzen des Lignins / V. Kovacic., J. Skamla, D. Joniak, B. Kosikova // I. Chem. Ber. – 1969. – N 102. –H. 1513–1522.

С.-Петербургский государственный
технологический институт

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 02.03.01

B.Ya.Zorin, E.A. Demchenko, V.M. Trishin, A.I. Kiprianov
**Chemical Composition Investigation of Smoker Phenol Fraction by
Chromato-mass-spectrometry Method**

The presence of phenol compounds with high antibacterial activity has been determined by the method of chromato-mass-spectrometry of smoker VNIRO.

УДК 630*813.16

М.В. Ефанов, А.И. Галочкин

Ефанов Максим Викторович родился в 1973 г, окончил в 1995 г. Алтайский государственный университет, кандидат химических наук, старший научный сотрудник НИИ древесных термопластов при Алтайском государственном университете. Имеет более 50 работ в области химии и химической технологии растительного сырья.



НИТРОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ ПРИ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Изучен функциональный состав продуктов окисления целлюлозы и лигнина, выделенных из древесины осины, пероксидисульфатом аммония в водно-аммиачной среде механохимическим способом.

Ключевые слова: окислительное нитрование, древесина осины, органоминеральные удобрения.

В настоящее время потребность сельского хозяйства в органических удобрениях, в том числе азотсодержащих, удовлетворяется не в полной мере.

Одним из эффективных способов получения органического азотсодержащего удобрения является нитрование древесных опилок азотной кислотой с последующей нейтрализацией всей массы, полученной после реакции нитрования, аммиачной водой [2 – 4].

В данной работе мы попытались совместить этот процесс с механохимической обработкой, которая позволит сократить расход реагентов.

В качестве исходного сырья была использована древесина осины в виде воздушно-сухих опилок размером 0,50 ... 0,75 мм. На первом этапе для сопоставления проведено нитрование исходной древесины в суспензии азотной кислоты из расчета 10 ... 30 г моногидрата на 1 г древесины. Последующую аммонизацию проводили обработкой смеси без отжима 25 %-м раствором аммиака с последующей сушкой.

В полученном продукте определяли содержание нитрата аммония по ГОСТ 18826–73, затем промывали его до отрицательной реакции на ион аммония и после гидролиза концентрированной серной кислотой определяли содержание нитроэфирных групп по количеству нитратов, перешедших в гидролизат (ГОСТ 18826–73). Содержание карбоксильных групп определяли методом кондуктометрического титрования, метоксильных групп – методом ГЖХ по методикам, приведенным в [1]. Данные представлены в табл. 1.

По результатам табл. 1 видно, что с увеличением количества азотной кислоты повышается содержание нитроэфирных групп и нитрата аммония.

Реакции нитрования сопровождаются окислением и деметоксилированием древесины.

В опытах по нитрованию древесины механохимическим способом в вибромельнице варьировалось количество азотной кислоты из расчета 0,25 ... 2,00 г моногидрата на 1 г древесины. Последующая аммонизация проведена обработкой смеси без отжима 25 %-м раствором аммиака.

Из данных по составу аммонизированной композиции, приведенных в табл. 2, видно, что полу-

ченные продукты по своим показателям сопоставимы с продуктами предыдущей серии, хотя расход реагента значительно меньше.

В ИК-спектрах полученных продуктов обнаружены характеристические полосы в областях 1630 см^{-1} (поглощение нитроэфирных групп) и 1720 см^{-1} (поглощение карбоксильных групп), что подтверждает данные химического анализа.

Таблица 1

Состав аммонизированной нитродревесины, полученной в суспензии (продолжительность реакции 60 мин)

Количество HNO_3 , г/г древесины	Содержание, %			
	NH_4NO_3	COOH	ONO_2	OCH_3
0,25	10,3		1,4	
0,50	11,2		2,0	
1,00	13,1		2,7	
1,50	16,4		2,8	
2,00	17,1		2,9	

Таблица 2

Влияние количества азотной кислоты на состав продуктов нитрования древесины осины механохимическим способом (продолжительность измельчения 20 мин)

Количество HNO_3 , г/г древесины	NH_4NO_3	COOH	ONO_2	OCH_3
10	12,1	3,2	2,3	3,0
20	20,3	4,4	2,8	2,0
30	27,2	5,7	4,0	1,0

На третьем этапе работы исследовали влияние продолжительности измельчения в вибромельнице в интервале 5 ... 30 мин при расходе кислоты 2,0 г моногидрата на 1 г древесины. Нитрование проводили 60 %-м раствором азотной кислоты при комнатной температуре. Последующую аммонизацию проводили как и в предыдущих опытах. Данные приведены в табл. 3.

Смеси после аммонизации содержат сравнимые количества нитрата аммония и нитроэфирных групп, как и продукты, полученные в суспензии.

Таким образом, установлено, что механохимическое воздействие активирует древесину в процессе нитрования.

Таблица 3

Продолжительность, мин	Содержание, %	
	NH_4NO_3	ONO_2
5	10,1	1,1
10	12,3	1,6
15	15,2	2,2
20	17,1	2,9
30	18,2	2,5

На рисунках *a – z* приведены зависимости содержания метоксильных и карбоксильных групп в составе древесины от расхода азотной кислоты (в граммах моногидрата HNO_3 на 1 г древесины) и продолжительности нитрования.

Как видно из рисунков *a – z*, кривые изменения содержания функциональных групп (метоксильных и карбоксильных) имеют обратную направленность, что может свидетельствовать о взаимосвязанности процессов.

Полученные аммонизированные продукты нитрования древесины были испытаны в качестве стимулятора роста. В табл. 4 приведены данные о влиянии исследуемых продуктов, содержащих 18 % азота нитрата аммония и 3,5 % легкоусвояемого азота нитроэфирных групп, на рост растений пшеницы.

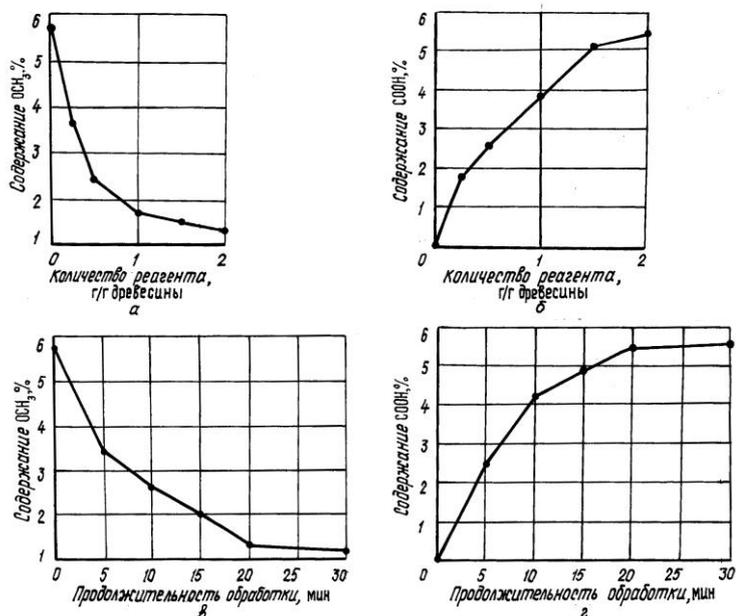
Таблица 4

**Влияние азотсодержащих продуктов на основе древесины
на вегетационные показатели пшеницы (через 15 дней вегетации)**

Вариант	Доза азота, мг/100 г почвы	Длина растений, см	Прирост длины, %	
			к контролю	к фону
Контроль	–	30	–	–
Нитрат аммония (фон)	70	32	7	–
АНД*	70	35	17	9

* Образец аммонизированной нитродревесины из табл. 3 (пятая строка).

Изменение содержания метоксильных (*a, в*) и карбоксильных (*б, г*) групп в зависимости от количества азотной кислоты (*a, б*) и продолжительности механохимической обработки (*в, г*)



Как видно из данных табл. 4 аммонизированная нитродревесина при внесении в почву под пшеницу стимулирует ее рост на 17 % по отношению к контролю и на 9 % по отношению к фону (нитрат аммония).

Выводы

1. Проведение нитрования древесины механохимическим способом позволяет интенсифицировать процесс и сократить расход азотной кислоты в 2–4 раз.
2. Полученные продукты содержат до 31 % азота в различных формах (аммонийная, нитратная, нитроэфирная) и 1,8 ... 5,6 % карбоксильных групп и могут быть использованы в качестве азотсодержащих стимулирующих рост удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закис Г.Ф. Функциональный анализ лигнинов и их производных. – Рига: Зинатне, 1987. – 287 с.
2. Каплунова Т.С., Саипов З.К., Абдуазимов Х.А. О взаимодействии нитро-лигнина с аммиаком // Химия природных соединений. – 1985. – № 6. – С. 827–829.
3. Пат. 46-33928 Японии МКИ³ С 07 G 1/00. Получение нитрогуминовых кислот из древесных опилок / И.Седзо, Я. Нобуо // Открытия. Изобретения. – 1971.
4. Повышение экологической безопасности технологии нитрования лигнина / А.Ф. Гоготов, Ю.В. Панасенков, И.Л. Панчуков и др. // Химия в интересах устойчивого развития. – 1996. – Т. 4, № 4-5. – С. 245–257.

Алтайский государственный университет

Поступила 5.09.01

M.V. Efanov, A.I. Galochkin

Nitration of Aspen Wood under Mechanochemical Treatment

Functional composition of cellulose and lignin oxidation products isolated from aspen wood by ammonium persulfate in water-ammonium medium by mechanochemical method is studied.

УДК 628.315.2

А.И. Фирсов

Фирсов Александр Иванович родился в 1938 г., окончил в 1967 г. Нижегородский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета. Имеет более 50 научных трудов в области охраны окружающей среды на предприятиях лесохимической промышленности.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ЛЕСОХИМИЧЕСКИХ СТОКОВ

Установлено, что на стадии механической очистки целесообразно применять фильтрование промстоков через древесностружечную массу и древесноугольную мелочь со скоростью не более 2 м/ч для обеспечения степени 60...65 %.

Ключевые слова: промстоки лесохимических предприятий, фильтрование, древесная стружка, древесноугольная мелочь, конструкция фильтра.

Сточные воды предприятий лесохимической отрасли поступают, как правило, на заводские очистные сооружения, включающие узлы механической, биологической очистки и доочистки [3]. Первый из них, состоящий обычно из отстойников и фильтров, предназначен для извлечения из промстоков взвешенных частиц, в том числе смолистых веществ.

Малая продолжительность отстаивания, не превышающая 30 мин, не обеспечивает эффективного снижения концентрации взвешенных веществ (табл.1).

Для определения оптимальной продолжительности отстаивания таких стоков выполнены лабораторные исследования в стеклянных цилиндрических емкостях диаметром 140 мм и высотой 1,2 м. Отбор отстаиванной сточной воды по истечении определенного времени производили с высоты 0,8 м от дна емкости.

Таблица 1

Характеристика сточных вод после аккумуляирования
в промежуточных емкостях

Сточная вода	Концентрация до/после очистки, мг/л		
	ХПК	Смолистые вещества	Взвешенные вещества
От охлаждения угля*	520/490	100/85	1085/900
Из гидрозатворов вертикальных реторт*	24 300/23 700	787/695	1 590/1 400
То же**	25 400/24 000	1 650/1 510	1 100/890
От охлаждения пека***	2 370/2 200	80/66	400/350
То же****	2 680/2 000	65/58	640/490

* Ашинский ПХЗ.

** Моломский ЛХЗ.

*** Завод «Метоксил».

**** Великобычковский ЛХК.

Полученные результаты, частично представленные на рис. 1, показывают, что через 1 ч отстаивания концентрация взвешенных веществ снижается на 30 ... 50 %, через 2 ч – на 80 %. Менее интенсивно удаляются смолистые вещества (кривая 1). Подобное явление объясняется тем, что в начальный период происходит извлечение тяжелых труднорастворимых смол. Дальнейшее отстаивание становится неэффективным, так как в сточной воде остаются в основном растворенные смолистые вещества.

Проведенные опыты по интенсификации процесса отстаивания за счет введения малых доз коагулянта предусматривали предварительное известкование сточной воды до pH 7,5 ... 9,0. Однако, как видно из рис. 1, это не обеспечило существенного снижения концентрации взвешенных веществ. В то же время при обработке стоков порошкообразной известью происходит активное удаление смолистых веществ, сопровождающееся образованием бурого осадка. Подобное было отмечено при обработке других видов сточных вод лесохимических производств и объяснялось тем, что мелкодисперсные частицы извести сорбируют на своей поверхности смолистые продукты органического происхождения, увлекая их в осадок при отстаивании.

С учетом достаточно высокой остаточной концентрации взвешенных и смолистых веществ

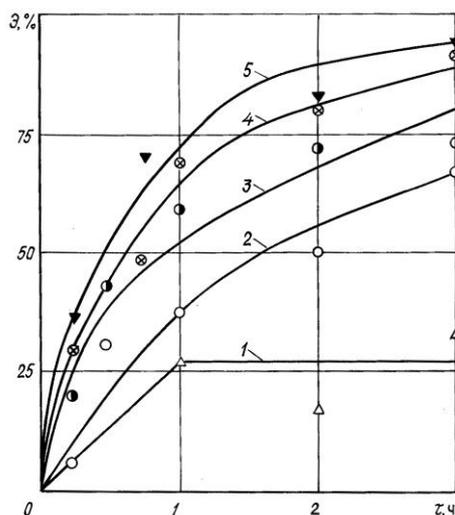


Рис. 1. Эффективность \mathcal{E} очистки сточных вод от взвешенных и смолистых веществ при отстаивании: 1 – смолистые вещества в сточной воде от охлаждения пека; 2, 4 – взвешенные вещества в стоках от охлаждения пека; 3, 5 – то же от охлаждения древесного угля; 2, 3 – без реагентов; 4, 5 – с реагентом (концентрация $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – 30,5 мг/л)

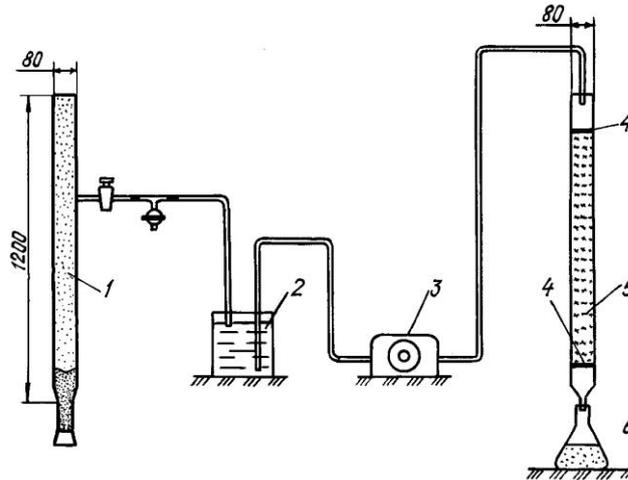


Рис. 2. Основные элементы лабораторной установки для очистки сточных вод: 1 – отстойник; 2, 6 – приемники отстоянной и отфильтрованной сточной воды; 3 – насос; 4 – сетка; 5 – фильтр

после отстаивания выполнены исследования по дополнительному фильтрованию отстоянных в течение 1 ч сточных вод на установке, представленной на рис. 2. В качестве фильтрующей загрузки применяли материалы, которые являются отходами при работе лесохимических предприятий: древесно-стружечная масса, опилки, древесноугольная мелочь, мелкие фракции древесносмоляного пека, отходы от гашения кусковой извести, песок фракций 0,5 ... 1,5 мм.

Предварительные опыты с пенополиуретановой загрузкой (отходы мебельной промышленности) показали ее неприемлемость из-за трудностей регенерации: за счет смолистых веществ происходило слипание, изменение формы кускового материала. Для восстановления загрузки требовались большие расходы ацетатных растворителей – до 5 л на 0,1 л объема выгружаемого пенополиуретана.

Основную часть исследований по фильтрованию проводили с древесно-стружечной массой, проходившей через сито с ячейками диаметром 10 ... 15 мм. Также применяли древесносмоляной пек и уголь, которые предварительно измельчали до размера частиц 15 ... 30 мм. В отдельных опытах загружали отходы от приготовления известкового молока в виде комовой извести, подвергнутые сушке, дроблению и рассеву до размера гранул, соизмеримых с приготовленным пекком. Часть результатов представлена в табл. 2.

Из анализа полученных результатов следует, что для дополнительного извлечения взвешенных веществ (в том числе смолистых) в среднем на 25 ... 30 % можно применять фильтрование через различные виды загрузки. Определенное предпочтение при фильтровании сточных вод от охлаждения древесного угля может быть отдано древесной стружке в сочетании с пекком, а также пекку в смеси с комовой известью. Для этих же целей приемлема

Таблица 2

Очистка фильтрованием сточных вод от взвешенных веществ

Состав фильтрующего материала, % об.	Сточная вода от охлаждения	Скорость фильтрования, м/ч	Концентрация взвешенных,* мг/л	Степень очистки, %
Древесная стружка + песок (50 % + 50 %)	пека	2	295/207	30
		4	295/245	17
		6	295/286	7
То же	угля	2	1100/660	40
		6	1100/803	27
Древесная стружка + песок (70 % + 30 %)	пека	2	295/251	15
		2	1100/759	31
Древесная стружка + пек (30 % + 70 %)	пека	2	295/156	47
		2	1100/484	56
Древесная стружка + комо- вая известь (30 % + 70 %)	пека	2	295/159	46
		2	1100/517	53
Древесная стружка (100 %)	пека	2	280/168	40
		6	280/238	15
		2	900/315	65
То же	угля	4	1100/485	56
		6	1050/735	30
		2	295/147	50
Древесносмоляной пек (100 %)	пека	6	295/245	17
		2	600/252	58
То же	пека**	6	720/562	22
		2	650/293	55
		4	580/360	38
Древесносмоляной пек + комовая известь (60 % + 40 %)	пека**	6	650/506	22
		2	280/132	57
		4	280/196	30
То же	пека	6	280/238	15
		2	1100/440	60
		4	1100/550	50
»	угля	6	1100/869	21
		2	670/268	60
		6	670/536	20
Древесносмоляной пек + комовая (80 % + 20 %)	пека**	2	295/148	50
		6	295/227	23
		2	280/84	70
То же	пека	2	900/120	87
		2	295/136	54
Пек (100 %)	пека	4	295/200	32
		6	295/251	15
		2	295/251	15
Древесноугольная мелочь (100 %)	пека	4	295/200	32
		6	295/251	15
		2	295/251	15

Продолжение табл. 2

Состав фильтрующего материала, % об.	Сточная вода от охлаждения	Скорость фильтрования, м/ч	Концентрация взвешенных, мг/л	Степень очистки, %
То же	угля	2	1050/546	48
		6	1050/924	12
»	угля**	2	1085/575	47
		4	1085/770	29
		6	1085/933	14
		6	1085/933	14
Комовая известь (100 %)	угля**	2	280/232	17
		4	280/246	12
		6	280/272	3

* В числителе и знаменателе приведены данные до и после фильтрования.

** Отстаивание сточной воды не производили.

древесностружечная масса. Фильтрация сточных вод от охлаждения пека можно производить через измельченный пек или его смесь с комовой известью аналогичного фракционного состава. Скорость фильтрования в указанных случаях должна быть не более 2 м/ч. Учитывая необходимость последующей утилизации отработанной фильтрующей массы, рекомендовано использовать древесную стружку, угольную мелочь для извлечения взвешенных веществ из сточных вод от охлаждения угля, измельченный пек – для фильтрования сточной воды непосредственно от его охлаждения. По окончании фильтроцикла, имеющего среднюю продолжительность не менее 5 сут, они подлежат выгрузке, подсушиванию и сжиганию в топках котельной, работающей на твердом топливе, или на специально отведенных открытых площадках.

Использовать песок не рекомендуется из-за короткого фильтроцикла и полной коагуляции загрузки.

Совокупность полученных экспериментальных данных позволила разработать и внедрить типовую схему локальной очистки сточных вод (рис. 3). Перед началом эксплуатации, в целях экономии свежей технической воды, в емкость-накопитель производилась разовая подача 10 м³ использованной воды из теплообменной аппаратуры данного производства. Из нее, по мере необходимости, охлажденная естественным путем вода насосом 3 подавалась на орошение древесного угля в сушильщиках 1 (пиролизное производство) или древесносмоляного пека на картах 2 (смолообразное производство). Образующиеся при этом загрязненные сточные воды самотеком по системе лотков поступали в нестандартный отстойник с полезным объемом 30 м³ или на один из фильтров 5, загруженных мелкой фракцией пека, древесноугольной мелочью, стружкой.

При достижении высокой концентрации растворенных органических веществ (ХПК = 1800 ... 2500 мг О₂/л), наблюдавшейся по истечении

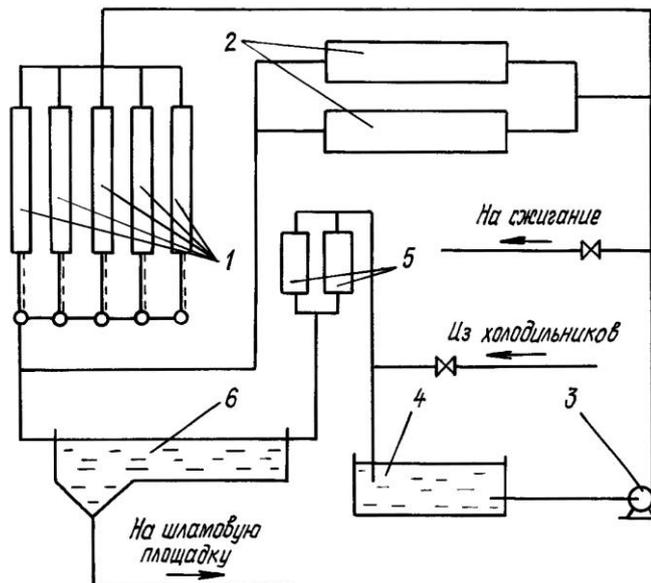


Рис. 3. Принципиальная схема локальной очистки охлаждающей воды: 1 – тушители периодического действия; 2 – ямы для пека; 3 – насос; 4 – емкость-накопитель; 5 – фильтры; 6 – отстойник

30 ... 40 сут постоянного использования, загрузку направляли на сжигание в циклонную топку вместе с другими стоками или равномерно дозировали в общий поток сточных вод, поступающих на сооружения биологической очистки.

Расчетную площадь отстойника b находили по формуле [1]

$$S = \frac{\alpha q}{3,6U_o} ,$$

где α – коэффициент объемного использования отстойника; $\alpha = 1,4$ в соответствии со СНиП 2.04.02–84 и учетом особенностей отстаивания полидисперсной взвеси из рассматриваемых стоков;

q – расход сточной воды, образующейся при охлаждении угля или древесносмоляного пека; $q = 15 \text{ м}^3/\text{ч}$ (определен на основании натуральных измерений);

U_o – гидравлическая крупность извлекаемой взвеси (скорость осаждения расчетных частиц), мм/с.

Гидравлическую крупность определяли по формуле [2]

$$U_o = \frac{1000 kh_1}{\alpha_T \tau (kh_{1/h})^n} - \omega ,$$

где k – коэффициент, $k = 0,5$;

h_1 – глубина проточной части отстойника, м;

α_τ – коэффициент, учитывающий влияние температуры воды на ее вязкость;

τ – продолжительность отстаивания воды в цилиндре высотой 0,5 м;

n – коэффициент, зависящий от свойств взвесей [3];

ω – вертикальная турбулентная составляющая скорости движения сточных вод.

Ширину отстойника принимали с учетом уравнения [1]

$$B = \frac{q}{V_p H},$$

где V – расчетная скорость прохождения сточной водой полезного объема отстаивания, м/ч;

H – глубина, м.

При эксплуатации разработанной схемы локальной очистки сточных вод (рис. 3) полностью была исключена свежая техническая вода, ранее забираемая на охлаждение угля и пека. Расчет экономии такой воды определен по формуле

$$\mathcal{E} = Q_1 \tau_1 - Q_2 \tau_2,$$

где Q_1 – расход при прямоточном использовании воды (пиролизное и смолоразгонное производство соответственно 32 и 25 м³/сут);

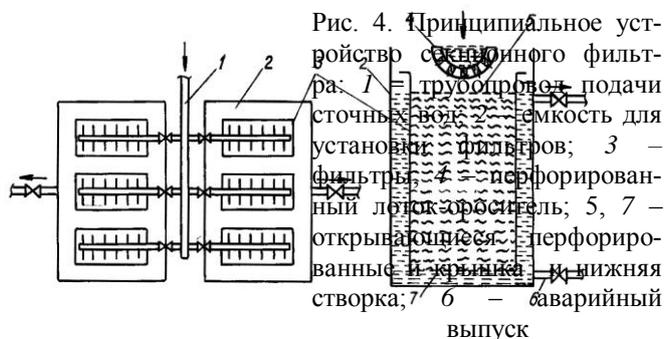
τ – продолжительность работы названных производств в течение года, сут;

Q_2 – расход при многократном использовании на восполнение потерь (пиролизное и смолоразгонное производство соответственно 1,5 и 0,5 м³/сут).

Предложенная схема с некоторыми уточнениями размеров компоновки оборудования была реализована на Ашинском ПХЗ, Ветлужском заводе «Метоксил», Верхнесинячихинском ЛХЗ. На последнем предприятии для тушения вырабатываемого древесного угля используется 250 м³/сут таких стоков. Суммарная годовая экономия речной воды только на двух заводах составила 18 150 м³.

В качестве оптимальной конструкции предложены фильтры (рис. 4), положительно зарекомендовавшие себя при длительной эксплуатации на Сявском заводе «Карбохим». Они состоят из емкости 2, в которой устанавливается несколько металлических контейнеров-фильтров 3. Последние в нижней части имеют перфорированное днище-створки 7, открывающиеся наружу, сверху – съемную крышку 5 с отверстиями диаметром 20 ... 30 мм. Центральный трубопровод 1 снабжен боковыми штуцерами с вентилями для регулирования свободного излива подаваемой сточной воды в перфорированные съемные лотки 4, устанавливаемые над крышками 5.

В данной конструкции обеспечивается достаточно простая регулировка равномерной подачи сточной воды на фильтрацию. Проблема механизированной загрузки решена за счет использования простейших грузоподъемных механизмов. При кольматации пор фильтрующей загрузки како-



го-либо контейнера (контролируется аппаратчиком визуально по увеличению слоя жидкости над крышкой 5) закрывается вентиль соответствующего бокового штуцера. Затем снимается дырчатый лоток 4, грузоподъемным механизмом поднимают контейнер-фильтр 3. Его выдерживают некоторое время над емкостью 2 с целью свободного истечения сточной воды. После ее удаления контейнер размещают над кузовом автомобиля-самосвала, открывают замок, удерживающий створки 7, отработанная фильтрующая загрузка под действием собственного веса выгружается, вывозится на утилизацию (ликвидацию).

Вывод

В качестве фильтрующей загрузки при механической очистке сточных вод лесохимических производств следует использовать древесностружечную массу, древесноугольную мелочь, обеспечивающие степень очистки от взвешенных веществ на 60 ... 65 %. По окончании фильтроцикла подсушенная загрузка утилизируется сжиганием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. — М.: Стройиздат, 1977. — 204 с.
2. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / А.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1981. — 639 с.
3. Кудрявцев Г.С., Фирсов А.И. Схема очистки сточных вод пиролизного завода // Новые разработки в области пиролиза древесины / Сб. тр. ЦНИЛХИ. — Горький: Волго-Вятское книж. изд-во, 1984. — 113 с.

Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет
Поступила 13.11.02

A.I. Firsov

Use of Wood Wastes for Treatment of Effluents of Forest-chemical Industry

It was found out that the use of industrial effluents filtration through wood particle mass and charcoal particles with speed of no more than 2 m/h is expedient at the stage of mechanical treatment for providing 60 – 65 % treatment.



УДК 630*36.004:518.5

А.В. Воронин

Воронин Анатолий Викторович родился в 1959 г., окончил в 1983 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной математики и кибернетики, первый проректор ПетрГУ. Имеет более 80 печатных работ в области математического моделирования систем управления в лесопромышленном комплексе.



МНОГОЭТАПНЫЕ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ В ВЕРТИКАЛЬНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ СТРУКТУРАХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Предложены экономико-математические модели для решения многоэтапных транспортно-производственных задач планирования и управления материальными потоками лесопромышленных предприятий. Рассмотрены примеры задач для вертикально-интегрированных производственных структур ЛПК, варианты их использования в практике работы предприятий.

Ключевые слова: лесопромышленный комплекс, вертикально-интегрированные структуры, планирование и управление материальными потоками предприятия, экономико-математические модели.

Рациональное использование ресурсов – одна из важнейших задач в управлении и планировании работы вертикально-интегрированных структур (ВИС) лесопромышленного комплекса (ЛПК), решение которой позволяет использовать экономические методы расчета взаимодействия ВИС с входящими в нее предприятиями, на основе дифференцированных оценок эффективности работы, определения размеров платы за пользование ресурсами и экономических оценок ресурсов контролируемой территории.

Работа дочерних предприятий ВИС в современных условиях перехода к рыночной экономике, в сложной и нестабильной экономической ситуации, при постоянном росте цен на сырье, тарифов на энергию и перевозки, несовершенной налоговой системе, а также с учетом острой необходимости обновления и модернизации основных производственных фондов требует особо тщательного учета расходования ресурсов. Для ВИС в целом, в свою очередь, важнейшее значение имеет рациональный подход к использованию всей массы ресурсов, потребление их таким образом и в таких объемах, чтобы обеспечивалось не только удовлетворение потребностей в на-

стоящее время, но сохранение и воспроизводство для использования в будущем. Одной из первоочередных задач является получение экономических оценок для рационального управления ресурсами.

Для решения перечисленных задач можно эффективно использовать средства экономико-математического моделирования и численные методы с применением информационных технологий.

Экономико-математическое моделирование процессов управления в настоящее время является одним из основных инструментов оптимизации функционирования различных экономических систем. Модели, построенные в определенном соответствии с объектом исследования, позволяют составлять прогнозы развития объекта, его подсистем и изменения основных характеристик. Современная ВИС – многоуровневая иерархическая система, включающая предприятия различных подотраслей, центральные органы управления, некоммерческие союзы, партнерства, организации. В своей деятельности эти структуры постоянно принимают решения в условиях ограниченности времени, финансовых, трудовых, природных ресурсов, технических средств, технологических возможностей. Методы и средства экономико-математического моделирования в сочетании с использованием вычислительной техники позволяют достаточно эффективно решать на практике задачи планирования и управления как для отдельных предприятий ВИС ЛПК, так и для всего комплекса в целом. Ниже рассматриваются некоторые задачи, наиболее часто встречающиеся в практике работы ВИС ЛПК.

Очевидно, что ВИС ЛПК – весьма специфическая большая экономическая система, свойства которой определяют роль и характер задач планирования и управления, следующие особенности их постановки и методов решения:

многоцелевой характер задач (ВИС ЛПК включает относительно экономически самостоятельные объекты, цели которых, а следовательно, и объекты моделирования, образуют иерархическую систему);

значительное влияние «внутренних» и «внешних» факторов неопределенности;

наличие комплекса задач и моделей, так связанных между собой, что невозможно описать ВИС как большую экономическую систему одной моделью;

задачи и модели комплекса имеют четко выраженную иерархическую структуру и могут решаться в определенной последовательности (возможно, с повторным переходом на более низкий уровень);

задачи и модели различаются степенью детализации описания процесса управления ВИС и ее подразделениями; решение одних может дать исходную информацию для решения других;

информационные связи задач обычно образуют контур, при этом возникает проблема декомпозиции их комплекса;

в процессе решения имеется возможность получить экономические оценки ресурсов, технологий и т. д., роль которых в использовании эконо-

мических механизмов управления деятельностью ВИС ЛПК чрезвычайно велика.

Примеры транспортно-производственных задач

В управлении предприятиями ЛПК одно из центральных мест занимают транспортно-производственные задачи. Они наиболее сложны для решения, но способны обеспечить высокий экономический эффект, выявить узкие места в производственной структуре, выяснить перспективы развития.

Одна из важнейших специфических особенностей деятельности ВИС ЛПК состоит в разумной специализации дочерних предприятий, что в сочетании с комплексной переработкой сырья и возможностью согласованного планирования деятельности подразделений ВИС дает заметные экономические преимущества. При этом возможности планирования сталкиваются с необходимостью исследования достаточно сложного класса многоэтапных транспортно-производственных задач (МТПЗ).

Рассмотрим особенности задач этого класса:

предприятия ВИС ЛПК территориально разобщены и могут находиться в неодинаковых технико-экономических условиях в силу различных географических, демографических, природных условий и состояния производственной инфраструктуры;

экономико-математические модели этих задач должны учитывать многоэтапность и многовариантность переработки сырья одного или нескольких видов;

многоэтапность переработки приводит к появлению множества промежуточных продуктов – переделов, баланс которых должен рассчитываться отдельно;

частичная специализация предприятий ВИС ЛПК приводит к необходимости выполнять различные операции средствами производств, мощность которых в силу ряда внешних условий ограничена, а затраты неодинаковы;

затраты на переработку сырья и по переделам соизмеримы с транспортными расходами на перевозку продуктов;

допускается создание только ограниченных запасов продуктов на складах предприятий;

оптимальный транспортно-производственный план рассчитывается в предположении достаточной управляемости транспортными потоками и технологическими процессами дочерних предприятий.

Большинство перечисленных требований применимо к крупным предприятиям ЛПК. Так, например, ВИС на основе одного или нескольких ЦБК должна учитывать:

наличие, кроме производств по глубокой переработке древесного сырья, ряда лесозаготовительных предприятий, инфраструктура, состояние лесовозных дорог и лесозаготовительной техники, кадровый потенциал которых весьма неодинаковы, а расстояния между предприятиями составляют сотни (а порой и тысячи) километров;

множество видов лесопродукции (на ЦБК это сотни марок, видов и наименований бумаги, картона, целлюлозы, ДВП и др.), вариантов и способов ее переработки;

большое число переделов (технологическая щепка, промытая и отбеленная листовая целлюлоза, бумага и картон в сьемах тамбуров и в рулонах, множество регенерируемых химикатов), многие из которых подлежат дальнейшей переработке, их баланс должен рассчитываться отдельно;

значительную долю затрат на перевозку сырья, химикатов и готовой продукции в себестоимости выпускаемой продукции;

обширную транспортно-производственную инфраструктуру и большие объемы перевозок в ВИС ЛПК.

Каждая ВИС ЛПК должна иметь очень гибкую и динамичную систему управления. Хотя управляемость предприятий ЛПК не абсолютна и зависит от дисциплины поставщиков сырья, химикатов, погодных и дорожно-транспортных условий, высокой аварийности производства и других факторов, но ее можно считать достаточной при планировании на значительный промежуток времени с учетом всех перечисленных обстоятельств.

Рассмотрим ряд примеров МТПЗ.

1. Комплекс задач планирования работы группы основных производств ВИС на базе предприятия ЦБП включает цепочку последовательных операций от заготовки древесины до производства конечной продукции, к примеру гофрокартона. Древесину при этом заготавливают в территориально разбросанных пунктах, потребители переделов и конечной продукции также рассредоточены. Кроме того, промежуточные операции – выработка технологической щепы, варка целлюлозы и изготовление бумаги (картона) – могут осуществляться различными производствами, расположенными на значительном удалении, в разных населенных пунктах. Каждое из производств (дочернее предприятие, цех) размещено в одном из них и действует в соответствии с имеющимися технологиями, но может получать сырье (передел) от множества находящихся в других пунктах и поставлять продукцию или передел следующего уровня ряду других производств (потребителей).

Наряду с задачами планирования деятельности каждого из производств, возникает группа транспортных задач определения маршрутов (распределения) продукта очередного уровня. Применительно к предприятиям ЦБП комплексная задача планирования производства в ВИС содержит группу производственных задач выбора технологий, связанных системой транспортных задач перевозки сырья, переделов и готовой продукции. Таким образом, данный комплекс можно рассматривать как многоэтапную транспортно-производственную задачу.

На практике некоторые ВИС, встречаясь с этой проблемой, решают ее, максимально приближая переработчиков первого этапа к месту заготовки древесины (производство технологической щепы непосредственно на лесосеке), а производителей на последних этапах (например предприятия по производству гофротары) – к потребителю конечной продукции.

Модели транспортной задачи и планирования производств в этом случае чередуются, вследствие чего получим МТПЗ из $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5$ задач планирования для k_1 производств по заготовке древесины, k_2 – производств технологической щепы, k_3 – целлюлозы, k_4 – картона, k_5 – гофрокартона и k_6 потребителей конечной продукции, связанных пятью транспортными задачами, а именно: перевозка древесины размерности $k_1 k_2$; доставка технологической щепы – $k_2 k_3$; транспортировка целлюлозы – $k_3 k_4$; перевозка картона – $k_4 k_5$; доставка готовой продукции – $k_5 k_6$.

2. Задача распределения и выбора технологий производств ВИС ЛПК.

В отличие от предшествующей задачи здесь меньше промежуточных ступеней, однако неоднородность лесосечного фонда (пиловочник, балансы различных пород древесины используются разными производствами и поразному) приводит к появлению целой системы транспортных задач перевозки каждого из видов сырья, переделов и видов продукции. В данной задаче рассматриваются k_1 лесозаготовительных участков (нижних складов), k_2 леспромхозов (верхних складов) и k_3 предприятий-переработчиков, работающих в составе ВИС или обеспечиваемых ее древесным сырьем. Продуктовая структура лесозаготовок регламентируется породно-возрастной структурой лесосечного фонда на обслуживаемых участках и лицензируемыми объемами и видами рубки. Основная часть хлыстов и круглого леса поставляется на нижний склад ЛПХ, где они проходят сортировку и первичную переработку и транспортируются далее предприятиям-переработчикам. Выбор участков рубки и технологий переработки представляет собой $k_1 + k_2 + k_3$ производственных задачи, связанные большим количеством (по числу продуктов) транспортных задач.

Таким образом, появляется МТПЗ, включающая комплекс из $k_1 + k_2 + k_3$ задач планирования для k_1 заготовителей древесины, k_2 первичных переработчиков, k_3 основных потребителей лесосырья, связанных $L_1 + L_2 + L_3$ транспортными задачами, в том числе: L_1 – сбора сырья размерности $k_1 k_2$; L_2 – перевозки древесного сырья размерности $k_2 k_3$ и L_3 – доставки лесопроductии размерности $k_2 k_3$.

Возможны различные варианты этой задачи, а модель применима для других отраслей промышленности.

3. Несколько иной пример МТПЗ представляет задача баланса щелоков между очередями ЦБК. В ней производственные участки – варочные котлы и агрегаты циклов регенерации щелоков варочного производства ЦБК (промывочные установки, выпарные станции, содорегенерационные котлы, центры каустизации и регенерации извести), а транспортные компоненты – щелока, переделы варочного производства и этих агрегатов (крепкий белый, слабый и крепкий черные, зеленый и красный щелока).

В этой задаче, как и в предыдущих, управление производственными процессами (технологиями работы агрегатов) перемежается с управлением перетоками щелоков как внутри варочного производственного цикла, так и

между контурами регенерации. Специфические особенности данной задачи таковы:

в отличие от первых двух, граф связей транспортных задач содержит контуры (технологические циклы регенерации);

наряду с производственными компонентами (агрегатами линий), присутствуют складские объекты – емкости ограниченной вместимости для хранения переделов;

производственные звенья представляют собой сложные динамические нелинейные системы управления с инерционностью и запаздыванием;

транспортные системы представлены сетью трубопроводов.

4. Задача перевозок запчастей и объектов ремонта. Здесь объекты это ремонтные производства головной структуры и подразделений ВИС, назначение которых – текущий (плановый) и аварийный ремонт оборудования.

Как правило, крупное производственное предприятие располагает одной или несколькими центральными ремонтными службами (для выполнения крупных плановых профилактических и сложных аварийных ремонтов), а также ремонтными службами дочерних подразделений, которые обязаны производить мелкие текущие и аварийные ремонтные работы. Кроме того, в составе ВИС существует множество специализированных складов, а также ремонтно-механические, литейные, гальванические, кузнечные и другие производства, на которых изготавливают запасные части и восстанавливают изношенные элементы оборудования.

Поскольку склады, обслуживающие ремонтные производства, и ремонтные службы территориально разделены, возникает проблема выбора места размещения конкретного объекта, а следовательно, и транспортировки как объектов ремонта, так и необходимых запчастей.

Логическая схема связи транспортных и производственных подсистем такова. В рамках этой задачи рассматривается комплекс из $k_1 + k_2 + k_3$ задач планирования: k_1 ремонтных производств, k_2 ремонтных подразделений, k_3 производственных подразделений, связанных $k_1 + L_1 + L_2$ транспортными задачами, в том числе:

межцеховых связей ремонтных производств размерности $k_1 k_1$;

L_1 задачами перевозки запчастей от ремонтных производств к ремонтным подразделениям размерности $k_1 k_2$ и L_1 – к производственным подразделениям размерности $k_1 k_3$;

L_2 задачами перевозки оборудования размерности $k_2 k_3$.

Важная особенность рассматриваемой задачи – не только наличие большого количества контуров потоков, но и своеобразная роль ремонтных производств, между которыми осуществляется циркуляция объектов транспортировки.

Совершенно очевидно, что рассматриваемые задачи не могут быть решены в рамках одной математической модели, так как невозможно описать все факторы и связи между ними, ее информационное наполнение и решение соответствующей задачи оптимизации большой размерности. Речь

может идти только о комплексе взаимосвязанных математических моделей, охватывающих как все перечисленные аспекты, так и особенности технико-экономических и информационных задач.

Рассмотренные примеры хорошо иллюстрируют содержание и структуру базового класса рассматриваемых задач. Данный класс МТПЗ, разработанный автором, является своеобразным обобщением и развитием некоторых из представленных ранее классов задач.

Постановка многоэтапной транспортно-производственной задачи

Согласно рассматриваемой модели территориально разобщенные дочерние компании, производства и службы выступают в качестве относительно самостоятельных (имеющих полномочия организовать собственную производственную деятельность в рамках выделенных ресурсов и производственного задания) производственных звеньев, транспортные задачи формируются в соответствии с количеством производственных ингредиентов.

Сформулируем основную математическую задачу. Для этого введем необходимые обозначения. Пусть $p \in P$ – множество производственных звеньев (предприятий). Каждое звено может организовать свою работу в соответствии с технологическим заданием ВИС ЛПК, используя внутренние ресурсы множества M_p . Будем считать, что множества M_p не пересекаются, и определим $M = \cup_{p \in P} M_p$.

Обозначим $N_p \subset N$ – подмножество технологических операций (технологий), выполняемых производственным звеном; их объединение обозначим $N = \cup_{p \in P} N_p$ (множества N_p также будем считать не пересекающимися для различных $p \in P$). Поскольку решение производственной задачи может быть связано с использованием различных технологий, выделим основные управляемые факторы – интенсивности использования соответствующих технологий, с которыми сопоставим переменные x_j ($j \in N$). Логично считать эти переменные ограниченными сверху величиной d_j и неотрицательными, а их совокупность, в силу ряда внутренних производственных условий, содержащейся в некотором множестве Ω_p . Затраты, связанные с использованием технологий, будет отражать функционал $F_p(x|N_p) : \Omega_p \rightarrow R^1$.

Кроме собственных ресурсов, производственная программа каждого звена $p \in P$ может быть связана с обработкой множества S внешних, существенных с точки зрения задачи планирования работы ВИС в целом, ингредиентов (переделов) технологической системы. Предполагается, что каждый ингредиент $s \in S$ связан по меньшей мере с двумя производственными звеньями.

Каждый из ингредиентов рассматривается как некий взаимозаменяемый и равнозначный как для источника, так и для потребителя ресурс. Типичный пример ресурса $s \in S$ – передел (балансы хвойных пород, технологическая щепка, целлюлоза, картон, древесина разных пород, сортов и степени подготовки).

Интенсивности технологий производства $p \in P$ определяют объемы выработки и потребления этих ресурсов $w_p = (w_p^1, w_p^2, \dots, w_p^{|S|})$, что отражает оператор: $G_p(x|N_p) \in \Omega_p \rightarrow R^{|S|}$, таким образом $w_p[S] = G_p(x|N_p)$. Логично считать, что суммарная выработка ресурсов каждого вида ограничена сверху и снизу значениями $H_s \geq h_s$ ($s \in S$).

В силу пространственной рассредоточенности потоки материальных ресурсов являются транспортными y_{pq}^s ($p, q \in P, s \in S$). Эти потоки неотрицательны, затраты, связанные с транспортировкой ресурсов, на уровне рассматриваемой задачи будем считать линейными и пропорциональными значениям $\sigma_{pq}^s, p, q \in P, s \in S$.

Остается связать транспортные потоки и выработку (потребление) ресурсов уравнениями баланса, в итоге будет получена следующая математическая модель многоэтапной транспортно-производственной задачи:

допустимость интенсивностей технологий

$$x|N_p \in \Omega_p, p \in P; \tag{1}$$

связь объемов потребления (выработки ресурсов) с интенсивностями технологий

$$w_p[S] = G_p(x|N_p), p \in P; \tag{2}$$

сбалансированность суммарного расходования и выработки ресурсов

$$h_s \leq \sum_{p \in P} w_p^s \leq H_s, s \in S; \tag{3}$$

сбалансированность транспортных потоков производств

$$\sum_{q \in P} y_{qp}^s - y_{pq}^s = w_p^s, p \in P, s \in S; \tag{4}$$

ограниченность интенсивностей технологий

$$0 \leq x_j \leq d_j, j \in N; \tag{5}$$

неотрицательность транспортных потоков

$$y_{pq}^s \geq 0, p, q \in P, s \in S. \tag{6}$$

Постановку задачи завершает целевая функция

$$\sum_{p \in P} F_p(x|N_p) + \sum_{s \in S} \sum_{p \in P} \sum_{q \in P} \sigma_{pq}^s y_{pq}^s \rightarrow \min, \tag{7}$$

которая отражает минимальные транспортно-производственные затраты, необходимые для выполнения плана производства.

Полученная в конечном итоге задача (1)–(7) и будет названа многоэтапной транспортно-производственной задачей (МТПЗ). Очевидно, что рассматриваемая математическая модель включает все примеры задач, представленных ранее, а также ряд других, рассматриваемых позднее.

Задача (1)–(7) и ее варианты содержат в себе как транспортные, так и производственные блоки, которые представляют самостоятельные оптимизационные задачи. Их совместное исследование приводит к сложной ма-

тематической задаче с тысячами переменных и ограничений, решить которую весьма непросто. Ее решение позволит комплексно исследовать работу ВИС ЛПК, а в ряде случаев – функционирование ЛПК региона. Решение общей задачи можно упростить, если найти определенную последовательность решения частных задач, которые, постепенно уточняясь, составят общее решение «большой» задачи. Однако такой алгоритм требует серьезного обоснования, доказательства его сходимости к оптимальному решению общей задачи.

МТПЗ выступает в качестве связующей модели, призванной согласовывать планы работы предприятий, обеспечивающих эффективную работу ВИС ЛПК в целом по критериям экономического характера. Полученная в итоге математическая модель соответствует системе управления производственным процессом «верхнего» уровня, цель которой – согласование агрегированных показателей работы дочерних предприятий с общим критерием эффективности экономического характера.

Применение МТПЗ в планировании и управлении предприятием ЛПК

Учитывая особенности предприятия ЛПК, можно сформулировать целый комплекс задач, постановка которых соответствует введенному классу МТПЗ. Из них рассмотрены ранее задачи: планирования группы основных производств ВИС ЛПК; распределения и специализации производств ВИС ЛПК; баланса щелоков между очередями ЦБК; перевозки запчастей и объектов ремонта в ВИС ЛПК.

Первые две задачи отражают последовательную цепочку обработки переделов, две последние содержат контуры. В первой и третьей задачах потоки между производствами однородны, для второй и особенно четвертой характерно наличие большого количества разнородных балансируемых потоков между произвольной парой производств.

Задачи существенно различаются и областью приложений. Первые две составлены на примере ЛПК, но характерны и для других отраслей с многоэтапной технологией (химическая, нефтехимическая, горная, металлургическая, машиностроительная и др.), обработка переделов которых осуществляется различными пространственно распределенными производствами. Задача баланса щелоков носит специальный характер и относится только к ЦБК. Последняя из четырех задач имеет прямое отношение к любой вертикально-интегрированной производственной структуре.

Приведем еще один пример для ВИС ЛПК (или даже лесопромышленного региона в целом), а именно двухэтапную задачу выбора оптимальных схем заготовки и переработки сырья. Для этого рассмотрим имеющиеся лесосырьевые зоны региона (нескольких регионов), где для каждой из которых известны: объем расчетной лесосеки; состав по породам (ель, сосна, береза, осина); процент выхода пиловочника и балансов по породам, а также дров с каждого обезличенного кубометра круглого леса; средние затраты на заготовку кубометра древесины по районам и транспортировку к лесоперерабатывающему предприятию.

Для каждого вида выпускаемой продукции установим: структуру потребления сырья при производстве каждого вида продукции; нормативы расходования различных видов сырья (круглых лесоматериалов) для производства единицы продукции; стоимость конечной продукции; ожидаемый спрос (или план) производства продукции в регионе.

Возникает задача максимизации прибыли предприятия, которую можно условно выразить как разность суммарной стоимости запланированного объема продукции и суммарных затрат на заготовку (или закупку) и перевозку необходимого сырья.

Результатом решения данной задачи будет следующая информация: оптимальная структура заготовки сырья отдельно по районам и номенклатуре сырья; схема перевозок древесины по транспортным магистралям, интенсивность потоков и потребность в транспортных средствах; оптимальная номенклатура (ассортимент) лесоматериалов; стоимостная оценка круглого леса в различных районах, которая в дальнейшем может быть использована для расчета системы рентных платежей (на основе анализа двойственных оценок ограничений).

Общей МТПЗ описываются также задачи:

размещения производств и определения структуры заготовок древесного сырья по зонам в регионе;

реконструкции и строительства предприятий, в которой учитываются как имеющиеся мощности леспромхозов, так и возможности реконструкции (строительства) предприятия;

выбора транспортных средств для перевозки продукции с учетом перевалки, в которой учитываются только имеющиеся мощности ЛПХ;

многопродуктовая транспортно-производственная, учитывающая технологии заготовки древесины и структуру сырья, необходимого потребителю.

Более подробное описание этих и других моделей, методов их решения и программных систем, реализующих необходимые расчеты для предприятий ЛПК, приведено в работах [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булатов А.Ф. и др. Оптимизация в планировании и управлении предприятиями регионального лесопромышленного комплекса /А.Ф.Булатов, А.В.Воронин, В.А.Кузнецов и др. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2001. – 228 с.
2. Воронин А.В., Кузнецов В.А. Математические модели и методы в планировании и управлении предприятием ЦБП. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2000. – 256 с.

Петрозаводский государственный университет

Поступила 17.01.03

A.V. Voronin

**Multistage Tasks of Planning and Managing Material Flows
in Vertical-integrated Structures of Forest Industry**

Economic-mathematical models are proposed for solving multistage transport-and-industrial problems arising in planning and managing material flows of forest-industrial enterprises. Examples of various tasks for vertically integrated production structures of forest industry are considered variants of their practical application at the enterprises.

УДК 676.004.3:518.5

В.А. Кузнецов

Кузнецов Владимир Алексеевич родился в 1949 г., окончил Ленинградский государственный университет, кандидат экономических наук, и.о. заведующего кафедрой прикладной математики и кибернетики Петрозаводского государственного университета, заслуженный деятель науки Республики Карелия. Имеет свыше 100 печатных трудов в области экономико-математического моделирования, управления и автоматизации в лесном комплексе.



ПЛАНИРОВАНИЕ ПОГРУЗКИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА В ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

Предложены математические модели и методы решения задачи оптимальной погрузки рулонов бумаги и картона в транспортные средства. Рассмотрены варианты погрузки в контейнеры или вагоны, приведены алгоритмы решения задачи, основные функции программной системы планирования отгрузки.

Ключевые слова: ЦБК, планирование и оптимизация погрузки готовой продукции, математические модели, транспортные средства.

Затраты на транспортировку продукции ЦБК составляют немалую часть полной себестоимости. При этом нередко появляются сверхнормативные затраты, когда при загрузке вагона или контейнера, в случае неправильно подобранной партии продукции или несоответствия транспортного средства, не полностью используются его объем, грузоподъемность, или то и другое, что особенно нежелательно при дефиците транспортных средств (ТС). Кроме того, транспортные условия могут повлиять на качество доставленной продукции, вызывая претензии заказчика и возможные штрафные санкции. Таким образом, выбор транспортных средств и планирование отгрузки продукции становятся существенным фактором повышения эффективности и экономических показателей производства.

Планирование отгрузки рулонов бумаги или картона выполняется оператором отгрузки и в случае одного-двух форматов, как правило, не представляет большой сложности. Однако если форматов три-пять, число вариантов размещения рулонов существенно возрастает и поиск наилучшего с учетом выполнения необходимых условий требует трудоемких расчетов. Задача усложняется, а потенциальные потери могут возрастать при увеличении номенклатуры форматов продукции или выборе средств транспортировки (контейнер, вагон, трюм теплохода).

В статье решен комплекс задач, связанных с выбором транспортных средств и погрузкой продукции. Объектами планирования являются продукция ЦБК в виде рулонов бумаги или картона различных форматов и диаметров и контейнеры, вагоны или трюмы теплоходов, грузовые емкости

которых представляют собой прямоугольные параллелепипеды. При этом необходимо соблюдать соответствующую технологию погрузки и учитывать: размеры и форму транспортного средства и ворот, высоту у стенок и в центре вагона, карнизы трюмов, возможные перемещения погрузчиков, положение центра тяжести, жесткость размещения груза и ряд других параметров.

Желательно также найти схемы погрузки, которые исключали бы незаполненность транспортного средства или недогруз части партии бумаги заказчику.

Обозначим вид продукции (или формат) как совокупность цилиндрических рулонов картона или бумаги одинаковой высоты (формата) и близких по диаметру. Характеристика вида продукции: формат, средний диаметр, плотность или средний вес рулона. Предметы раскроя в данной задаче – рулоны определенной номенклатуры форматов.

Таким образом, заказ представляет собой набор форматов с указанием объема отгрузки каждого из них. Возможно точное определение или указание верхней и нижней границ объема продукции в тоннах или единицах рулонов. Число различных форматов в составе заказа может быть произвольным.

Разработанная программная система предназначена для решения ряда взаимосвязанных задач выбора транспортных средств, уточнения объемов и построения схем погрузки продукции.

1. Задан набор (количество) ТС. Требуется определить наибольшую по объему или стоимости партию продукции, которую можно отгрузить, используя данные транспортные средства.

2. Заданы объемы партии продукции конкретных форматов. Требуется определить наименьший по затратам или количеству набор ТС.

3. Задача отличается от предыдущей тем, что объемы отгрузки заданы нижней и верхней границами. Требуется определить объемы, которые обеспечат наиболее эффективное заполнение ТС, предназначенных для перевозки.

4. Задача совмещает условия двух предшествующих: объемы продукции и количества ТС каждого вида заданы нижней и верхней границами.

Решение данных задач связано с исследованием ряда вспомогательных задач:

наиболее равномерное по весу, объему или их совокупности распределение грузов между однотипными контейнерами;

равномерное разбиение номенклатуры рулонов на вертикальные столбики;

размещение столбиков по площади транспортного средства с учетом технологии погрузки: размеров и формы ворот, высоты у стенок и в центре вагона, карнизов трюмов, возможных перемещений погрузчика, положения центра тяжести и жесткости размещения груза;

наглядное графическое отображение полученных схем погрузки.

Алгоритм решения комплекса задач состоит из нескольких последовательно выполняемых (возможно с возвратом) шагов.

Шаг 1. Для каждого из рассматриваемых ТС и диаметра единицы продукции рассчитывают число рулонов, которые помещаются на дно данного контейнера при наиболее плотной загрузке, определяют процент использования площади ТС и максимальную допустимую по грузоподъемности среднюю высоту рулона. На данном этапе фактически выполнена разметка площади ТС на будущие точки погрузки центров рулонов.

Шаг 2. Каждая точка погрузки в дальнейшем будет занята рулоном продукции или столбиком рулонов. Необходимо определить состав этого столбика. Его высота не должна превышать высоту ТС.

Шаг 3. Среди всех вариантов надо выбрать те, которые обеспечат погрузку продукции необходимого ассортимента с наибольшим по весу и объему заполнением ТС. Это достигается решением задачи целочисленной линейной оптимизации с ограничениями по массе и объему продукции внутри каждого ТС. Функционал задачи определяют выбранным критерием эффективности (минимум транспортных расходов, числа ТС и пр.). Возможно указать допуски на грузоподъемность и габариты ТС.

В результате расчетов получают схему отгрузки, в которой задействована часть видов ТС и указаны схемы формирования столбцов, необходимые для обеспечения: погрузки рулонов каждого вида, заданного их числом или границами; ограничений числа ТС каждого вида и грузоподъемности; по возможности плотного заполнения ТС; оптимума по одному из заданных функционалов; наименьшего количества требуемых ТС; наименьших затрат на аренду и эксплуатацию ТС; максимальной допустимой плотности загрузки ТС; подсчета необходимого числа ТС.

Шаг 4. Определяется распределение грузов между ТС. При этом нужно учесть, что из двух факторов (вес и объем) обычно только один лимитирует загрузку ТС. В первом случае груз следует разместить равномерно по весу (не заботясь о столбиках), во втором – по числу столбиков. На этом этапе можно обеспечить единообразие схем загрузки ТС или минимизировать число форматов продукции в каждом из них.

Шаг 5. Уточнение состава и числа столбцов с учетом вместимости ТС по площади и объему. Задача появляется только в том случае, когда загрузка лимитирует вес, но не объем продукции. Тогда число столбиков меньше определенного на первом этапе, и потребуется разбиение наиболее высоких столбиков примерно пополам.

Шаг 6. Выбор мозаики на днище ТС. На этом этапе вычисляются координаты геометрических центров столбиков рулонов. Размещение рулонов стандартных диаметров внутри обычного контейнера (а не вагона или трюма теплохода) не составляет проблемы, их выстраивают в два ряда. Задача намного сложнее, если ширина транспортного средства больше удвоенного диаметра рулона, что существенно увеличивает множество вариантов заполнения площади пола. Условно такие варианты делятся на наиболее плотные регулярные и нерегулярные, симметричные относительно центра

ТС или оси. Выбор варианта зависит от плотности и технологии погрузки. Конструкция решетки должна обеспечивать жесткость положения груза.

Шаг 7. Размещение столбцов по площади ТС с учетом балансировки и жесткости конструкции. В случае одного формата столбики различаются только числом рулонов. Задача значительно усложняется, если в одно ТС приходится загружать рулоны нескольких форматов. Регулировать положение центра тяжести удастся перестановкой определенного количества крайних столбиков.

Шаг 8. Формирование наглядного графического отображения схемы размещения.

Рассматриваемая задача требует достаточно тонкой техники оптимизации, она совмещает свойства задачи раскроя (расположение рулонов по высоте транспортного средства), геометрического размещения кругов внутри прямоугольника (рулоны на днище) и целочисленного линейного программирования, поскольку методы линейной оптимизации не всегда обеспечивают целочисленность результатов расчетов.

При этом рассматривается несколько комбинаторных вспомогательных задач, решение которых позволяет:

а) распределить расчетное число рулонов разных форматов между ТС одинакового вида. Здесь возможны две стратегии: обеспечить, по возможности, минимальную номенклатуру форматов в каждом ТС или примерно одинаковое заполнение каждого из них. Эти две стратегии приводят к совершенно различным результатам, на практике возможно применение любой из них;

а) для каждого ТС определить оптимальное число столбиков, которые будут содержать все предназначенные для погрузки рулоны. Задача весьма актуальна при использовании больших по объему, но недостаточных по грузоподъемности ТС, ввиду целесообразности плотного заполнения всей площади днища;

в) распределить рулоны, предназначенные для погрузки в одно ТС, между столбиками таким образом, чтобы минимизировать разницу между самым высоким и самым низким из них. Это необходимо, чтобы обеспечить жесткость конструкции заполнения ТС;

г) распределить столбики внутри ТС так, чтобы минимизировать отклонение центра тяжести системы от геометрического центра.

Остановимся подробнее на вспомогательных задачах в составе данного алгоритма.

Задача 1. Задача построения столбиков рулонов сводится к оптимизации раскроя высоты контейнера на форматы рулонов. Использование метода генерации столбцов позволяет решать задачу линейного раскроя в качестве вспомогательной при проверке оптимальности текущего базисного плана следующей задачи.

Задача 2. Основная задача линейной оптимизации соответствует выбору планов с учетом групп объектов раскроя. Ее решение можно интерпретировать как выбор способов заполнения каждого ТС столбиками рулонов, с

учетом геометрического размещения и грузоподъемности, жесткости конструкции и положения центра тяжести, соответствия содержимого ТС структуре заказа. Все перечисленные условия и требования невозможно согласовать в рамках одной модели, поэтому постановку исходной задачи придется «ослабить».

Для этого допустимо не учитывать жесткость конструкции, положение центра тяжести и разрешить загружать в ТС не целое количество определенных столбиков рулонов. Тогда исходная задача упростится до задачи линейного программирования, поскольку занятый объем и масса груза линейно зависят от числа помещенных в ТС рулонов. Полученную задачу назовем центральной вспомогательной, ее цель – определить состав и количественное соотношение наиболее эффективных столбиков рулонов для каждого вида ТС.

Определим данные задачи:

M – множество форматов продукции (предметов раскроя);

B_i^y, b_i^y – верхняя и нижняя границы числа планируемых к отгрузке рулонов формата $i \in M$;

Q – множество видов ТС;

B_q^v – известное количество имеющихся ТС;

v_q – необходимое число ТС вида $q \in Q$;

W_q – грузоподъемность;

C_q^y – эксплуатационные расходы;

K – множество высот столбиков рулонов всех ТС;

$K_q \subset K$ – группа объектов раскроя, относящихся к ТС ($q \in Q$);

N_k – множество конструкций столбиков рулонов, определяемых соответствующей высотой, $N = \cup_{k \in K} N_k$;

h_j – высота;

w_j – вес;

x_j – неизвестное число планируемых к погрузке столбиков конструкции $j \in N$;

d_{qj} – доля площади днища ТС $q \in Q$ под столбиком $j \in N_q$;

a_{ij} – число рулонов продукции формата $i \in M$ в столбце $j \in N$.

Хотя ТС разного вида могут вмещать столбики одинаковой высоты, их следует различать, т. е. множества K_q считать непересекающимися. Границы числа рулонов B_i^y и b_i^y могут совпадать, жестко задавая объем продукции, или различаться ($b_i^y > B_i^y$), допуская отклонения для наиболее полного использования ТС. Можно определить $c_i^y = 1$ и получить задачу определения минимального количества ТС, необходимого для отгрузки заказа, или $c_i^y = W_i$, максимизируя плотность загрузки. Для определения d_{qj} требуется решить специальную задачу геометрической оптимизации, параметры a_{ij} можно получить в результате решения предшествующей задачи.

Сформулируем математическую модель. В качестве функционала выберем минимум следующей линейной зависимости:

$$\sum_{q \in Q} c_q^y y_i - \theta \left(\sum_{q \in Q} \sum_{j \in N_q} d_{qj} x_j \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где θ – полученное подбором малое положительное число.

Условия задачи:

устанавливают границы объемов отгрузки:

$$b_i^y \leq \sum_{j \in N} a_{ij} x_j \leq B_i^y, \quad i \in M; \quad (2)$$

связывают неизвестные количества столбцов и контейнеров:

$$\sum_{j \in N_q} d_{qj} x_j \leq y_q, \quad q \in Q; \quad (3)$$

связывают вес груза и грузоподъемность ТС:

$$\sum_{j \in N_q} w_j x_j \leq W_q y_q, \quad q \in Q; \quad (4)$$

ограничивают количество ТС:

$$0 \geq y_q \geq B_q^y, \quad q \in Q; \quad (5)$$

учитывают условие неотрицательности:

$$x_j \geq 0, \quad j \in N. \quad (6)$$

Математическую модель логично дополнить условием целочисленности переменных: x_s – целые, $s \in S$; y_i – целые, $i \in M$.

Количество конструкций столбиков $j \in N$ значительно, в связи с чем непосредственное решение столь большой задачи целочисленной оптимизации весьма затруднено да и не нужно, принимая во внимание ряд проблем с расчетом параметров a_{ij} .

Использование метода генерации столбцов $j \in N$ при решении задачи (1)–(6) позволяет не хранить в памяти матрицу раскроев, а чередовать итерации симплексного метода с решением одной или нескольких задач линейного раскроя.

Математическую модель легко изменить, чтобы учитывать разную высоту столбцов (к примеру у стенок, в центре и возле ворот вагона, под карнизами и в середине трюма теплохода), вместо столбцов рассматривать этажи или слои груза.

Целочисленность переменных y_q достигается посредством использования метода ветвей и границ в результате многократного решения вспомогательной задачи (1)–(6) с пересчетом коэффициентов c_j и правых частей B_q^y . Решение проблем, связанных с дробными значениями x_s^* , требует несколько иной техники комбинаторной оптимизации.

Задача 3. Задача распределения рулонов завершает расчет плана погрузки. Переход от линейной модели к схемам погрузки связан с решением

ряда весьма своеобразных комбинаторных задач а) – г), сформулированных в шаге 8.

Чтобы построить требуемые схемы загрузки каждого ТС, необходимо решить эти задачи в указанной последовательности, поскольку каждая из них уточняет решение предшествующей. Все эти задачи могут быть записаны в виде математической модели и решены точно, однако в этом нет необходимости.

Для поиска приближенных решений задач а) и в) используется простой «жадный» алгоритм. Далее решения улучшаются за счет перестановок рулонов по два-три в соответствии с вычислительной схемой метода локальной оптимизации. При решении задачи а) можно учитывать индивидуальные особенности ТС – отклонения грузоподъемности (до 8 % собственного веса) и их геометрических размеров. Приближенные решения задач б) и г) основаны на симметрии планов погрузки.

Практика использования разработанной программной системы для решения задачи погрузки на ряде ЦБК показала, что обычно удается плотнее размещать рулоны и увеличивать на 5 ... 10 % вес отгружаемой продукции. Это позволяет сократить число используемых вагонов и контейнеров, повысить загрузку теплоходов.

Другим немаловажным преимуществом системы является наличие удобного для оператора средства моделирования процесса погрузки, которое позволяет:

- быстро рассчитать оптимальные схемы отгрузки;
- сравнить различные схемы и выбрать самую технологичную;
- определить наиболее подходящий набор вагонов и контейнеров для запланированного объема отгрузки;
- представить полученные схемы в печатном виде с указанием всех необходимых числовых показателей отгрузки и вида транспортного средства (размеры, центр тяжести, жесткость размещения груза, вес и форматы бумаги и др.).

Таким образом, программная система планирования отгрузки рулонов бумаги дает возможность:

- сократить время расчета схем отгрузки и освободить оператора от выполнения трудоемких расчетов;
- рассчитать число необходимых транспортных средств для отгрузки заказчику требуемой партии продукции различных форматов;
- увеличить плотность загрузки транспортных средств с выполнением всех технологических требований;
- гарантировать оптимальность выбранных схем отгрузки;
- иметь печатные графические документы по отгрузке каждого вагона, контейнера или трюма теплохода, что очень удобно для отчетности и в случае возникновения рекламаций, связанных с доставкой продукции заказчиком.

Программная система легко настраивается на любые размеры и формы транспортных средств, может быть адаптирована к «геометрии»

трюмов, отличной от параллелепипеда, предоставляет пользователю всю необходимую справочную информацию и печатные документы. Система разработана с использованием языка программирования C++, имеет удобный интерфейс с пользователем, легко настраивается на реальный технологический процесс на разных предприятиях. В настоящее время эта система используется в ОАО «Кондопога», внедряется в ОАО «Сегежский ЦБК».

В дальнейшем планируется расширить функции программной системы, создать систему оперативного управления отгрузкой готовой продукции, что позволит координировать работу цеха погрузки, отдела сбыта и производств комбината.

Более подробно описание этой и других разработок, математические модели и методы решения прикладных оптимизационных задач для предприятий лесопромышленного комплекса изложены в работах [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронин А.В., Кузнецов В.А.* Математические модели и методы в планировании и управлении предприятием ЦБП. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2000. – 256 с.
2. *Кузнецов В.А.* Задачи раскроя в целлюлозно-бумажной промышленности. – СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2000. – 96 с.

Петрозаводский государственный
университет
Поступила 17.01.03

V.A. Kuznetsov

Planning of Loading Finished Products of Pulp-and-paper Mill on Vehicles

Mathematical models and methods have been proposed for solving problems of optimal loading of paper and cardboard reels on vehicles. Variants of loading in containers or railcars are considered, algorithms for solving problem and basic functions for software system of shipment planning are provided.

УДК 630*79

Е.С. Романов

Романов Евгений Самуилович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики отраслей Архангельского государственного технического университета, действительный член РАЕН. Имеет более 160 печатных научных работ по проблемам экономической эффективности, инвестиций, производственных мощностей в лесозаготовительной промышленности.



ОТРАСЛЕВЫЕ СТРУКТУРЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СЕВЕРНОМ РЕГИОНЕ *

Показано, что отраслевые структуры промышленности в каждой области, республике по-своему однобоки. В то же время структуры в процентах не дают права однозначно характеризовать экономику региона.

Ключевые слова: статистика промышленности, отраслевые структуры, лесная промышленность, Север.

В данной статье под Севером традиционно понимается пять субъектов Российской Федерации: три области – Архангельская, Вологодская и Мурманская и две республики – Карелия и Коми. Этот регион, имея, конечно, и различия, характеризуется общностью географического положения, сходством важнейших факторов с точки зрения как физической, так и экономической географии**. Один из таких факторов – лесистость территории, наличие лесных ресурсов, все еще значительных, несмотря на то, что давнее наше хозяйствование в этих лесах нельзя назвать умелым.

Наиболее лесистой остается Республика Коми. Архангельская область с ее двухмиллиардным общим запасом лесов все еще может считаться многолесной, хотя в ней резко истощены зоны вдоль железных дорог, а нетронутые леса сохранились лишь на восточной и западной окраинах. Леса Карелии и Вологодской области освоены больше, но оба эти субъекта справедливо воспринимаются как лесные. Лишь в Мурманской области, по вполне понятным причинам, нет большого лесного потенциала. В восприятии любого достаточно эрудированного человека Европейский Север России остается лесным. В этом свете весьма неожиданно выглядят сведения о доле лесных отраслей в структуре промышленного производства областей и республик Севера.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ) и администрации Архангельской области.

** С 2001 г. информация в статистике группируется по федеральным округам. Рассматриваемые нами субъекты федерации входят в Северо-Западный округ, но это административное образование, включающее г. С.-Петербург, Псковскую и другие области, не обладает единообразием условий, характерным для Севера.

Доля лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности (будем далее называть эту совокупность отраслей лесопромышленным комплексом, ЛПК) в пяти субъектах, в том порядке, как они представлены в общероссийских статистических публикациях, в 1999–2000 гг. была весьма различна (табл. 1): от почти 56 % в Карелии до 6-7 % в Вологодской области (оставим далее Мурманскую область вне сравнений, когда речь идет о лесе).

В наиболее лесистой и имеющей достаточно развитый ЛПК Республике Коми доля лесных отраслей составляет менее 20 %, а в примерно сопоставимых по условиям Карелии и Вологодской области доли ЛПК различаются в девять раз, и лишь 51-52 % Архангельской области соответствуют общепринятым представлениям. Не вдаваясь пока в дальнейший анализ, можно сделать первый вывод: отраслевые структуры далеко не всегда характеризуют роль и место той или иной отрасли в хозяйственном комплексе, особенно если используются стоимостные оценки.

Причины столь неожиданных различий в доле лесных отраслей отыскиваются без труда, если рассматривать промышленность каждого субъекта в целом. В Республике Коми 65 % продукции выдает топливная промышленность, на все прочие, включая ЛПК, остается 35 %. Такая же ситуация в Вологодской области, где почти две трети выпуска промышленной продукции приходится на черную металлургию («Северсталь» в Череповце). При всем падении объемов в ЛПК Коми и Вологды низкая доля лесных отраслей обусловлена там в основном стремительным развитием других, новых отраслей – топливной и металлургической.

В любой структуре всегда в сумме имеем 100 %. Увеличение (или снижение) доли одного слагаемого автоматически понижает (повышает) доли других, даже если в них все неизменно. Так, снижение объемов лесозаготовок в Архангельской области с 25-26 млн м³ в 1970-е гг. до нынешних 8-9 млн м³ и соответствующее падение объемов лесопиления «повысили» долю энергетики, машиностроения, пищевой промышленности и т. д.

Из табл. 1 следует, что структура промышленности во всех субъектах федерации на Севере однобока. Она не идеальна и по стране в целом. Общепризнано, что обрабатывающая промышленность у нас отстает в развитии от добывающей; в машиностроении гипертрофированно развит военно-промышленный комплекс; под напором импорта резко снизились объемы и доля легкой промышленности и т. д. И все же эталоном для оценки региональных промышленных комплексов может быть только промышленность федерации в целом.

В российской статистике отраслевые структуры промышленности составляются по 16 укрупненным группам. Существенную – не менее 5 % – долю в них имеют лишь семь-восемь групп. В 1999–2000 гг. их было по семь (кстати потому, что «не дотянул» до 5 % ЛПК). Эти семь-восемь групп и надо анализировать.

Из табл. 1 видно, что отраслевая структура наиболее гипертрофирована в Республике Коми и Вологодской области, где одна отрасль дает

65-66 % (почти две трети всей промышленной продукции). В России эти две трети набирают в сумме пять отраслей, причем нет отрасли, доля которой была бы близка к половине (50 %). Такая структура представляется достаточно равномерной, не однобока. И, наоборот, структуры, где доля лидирующей отрасли близка к 50 % (равна половине), а первых трех – к 70 % (более двух третей), можно смело называть однобокими.

Структура промышленности каждой из пяти северных субъектов федерации однобока, хотя в Мурманской области лидирующая отрасль – цветная металлургия – приносит менее половины продукции. Данная здесь формулировка однобокости, конечно же, скорее смысловая, нежели строго количественная.

Однобокость структуры промышленности Архангельской области подтверждается и данными о численности промышленно-производственного персонала (табл. 2; к сожалению, данных о численности по другим субъектам у нас нет). До 78-79 % персонала занято даже не в трех, а в двух первых отраслях – ЛПК и машиностроении, хотя рубеж в 50 % ни одной из этих отраслей не превышен. Очевидна малая значимость всех остальных отраслей; так, в 2001 г. в 10 прочих отраслях трудились лишь 22,5 % всех работавших в промышленности.

Кстати, в 2001 г. доля ЛПК в продукции промышленности Архангельской области снизилась до 48,9 % (т. е. не достигла 50 %), но сумма по первым трем отраслям была равна 77,3 %, т. е. однобокость структуры

Таблица 2

**Структура промышленности Архангельской области по численности
промышленно-производственного персонала, % [1]**

Отрасль	1997	1998	1999	2000	2001
Электроэнергетика	4,9	4,3	4,5	4,3	4,5
Топливная	0,9	0,7	0,2	0,7	1,7
Черная металлургия	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Цветная »	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4
Химическая и нефтехимическая	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Машиностроение и металлообработка	31,9	31,8	32,1	29,9	30,6
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная	43,1	45,3	47,8	48,8	46,9
Строительных материалов	3,8	2,9	2,8	2,3	1,9
Легкая	1,7	4,4	2,1	2,0	2,3
Пищевая	9,1	6,8	6,6	8,1	7,0
Микробиологическая	1,0	1,0	1,2	1,1	1,1
Мукомольно-крупяная и комбикормовая	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

сохранилась. Следует отметить, что в состав Архангельской области входит сугубо монофункциональный регион – Ненецкий автономный округ, где более 97 % продукции дает добыча нефти. Этого пока недостаточно, чтобы топливная отрасль выдвинулась в ведущие по области, но второе место она уже занимает и все более уверенно.

Выводы

1. Отраслевая структура промышленного производства областей и республик Европейского Севера характеризуется отчетливо выраженной однобокостью. В Архангельской области и Карелии ведущая роль остается за лесопромышленным комплексом.

2. В Вологодской области лидирующей отраслью стала черная металлургия, в Республике Коми – нефте- и угледобыча: эти отрасли дают там по две трети всего выпуска продукции промышленности. Соответственно доля лесопромышленных отраслей снизилась до 19 % в Республике Коми и даже до 6-7 % в Вологодской области. Этому способствовало, конечно, и падение объемов лесозаготовок, переработки, но данный фактор не является главным, ибо падение было практически во всех отраслях, не меньшим было оно и в ЛПК Архангельской области и Карелии, но не привело там к утрате лесопромышленными отраслями лидерства.

3. Статистические публикации об отраслевой структуре промышленности (в процентах) являются сугубо абстрактными и не дают права однозначно характеризовать экономику региона. Одно гигантское предприятие или небольшое число крупных в состоянии дать столько продукции, что отвлекут на себя 60 ... 70 % структуры, но эти предприятия не могут заслонить собою все другие достаточно развитые отрасли целого региона, если, конечно, последние не деградируют. Вологодская область и особенно Республика Коми не перестали быть важными лесными регионами России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архангельская область в цифрах: Стат. сб. – Архангельск: Архоблкомстат, 2002. – 119 с.
2. Регионы России: Стат. сб. В 2-х т./Госкомстат России. – М., 2000. – Т. 1 – 604 с.; Т. 2. – 879 с.
3. Российский статистический ежегодник: Стат. сб./Госкомстат России. – М., 2001. – 679 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 13.03.03

E.S. Romanov

Industrial Branch Structures in the Northern Region

Industrial branch structures are shown to be one-legged in its own way for every region, republic. At the same time structures in percentage-wise don't allow to characterize the economy of the region unambiguously.

УДК 330. 341: 630*

Г.П. Бутко

Бутко Галина Павловна родилась в 1955 г., окончила в 1977 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры менеджмента и ВЭД предприятия Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 50 печатных работ по оценке ТЭУ, конкурентоспособности и инновационному потенциалу предприятия.



СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрены термины и модели, описывающие подходы к достижению конкурентных преимуществ и их формирование в систему.

Ключевые слова: системы, конкурентоспособность, моделирование.

В настоящее время в России все еще отсутствуют общепринятые методики оценки конкурентоспособности различных объектов, управления факторами конкурентного преимущества.

Оценивая наши лесные товары на внешнем рынке с позиции спроса, можно сделать вывод об их низкой конкурентоспособности. В последние годы практически разрушена система специализации и кооперации большинства деревообрабатывающих предприятий. Разработанная учеными ОАО «НИПИЭИлеспром» Федеральная программа реструктуризации лесопромышленного комплекса показывает, что спрос на лесобумажную продукцию как на внутреннем, так и на внешнем рынке должен возрасти. Россия, крупнейшая лесная держава мира, может удовлетворить этот спрос практически по всем видам продукции, но если обеспечит их конкурентоспособность.

Зарубежные подходы к оценке конкурентоспособности и конкурентного преимущества, естественно, ориентированы на рыночную инфраструктуру [1, 5–7]. Поэтому механизм обеспечения конкурентоспособности зарубежных фирм не всегда применим для России и в частности для организаций лесопромышленного комплекса в силу специфики информационного и организационного обеспечения и, главное, существующих негативных течений.

К сожалению, по рассматриваемой теме нет достаточного эмпирического материала о нынешней ситуации в развитии экономики лесных отраслей и страны в целом. Неоднозначно отношение к самой проблеме инновационного развития производства как главного средства обеспечения конкурентоспособности российских предприятий.

Предлагаемая нами система обеспечения конкурентоспособности (СОК) представляет собой комплекс взаимодействия экономических яв-

ний, позволяющий субъекту хозяйствования в определенных режимах функционирования достичь прогнозируемых результатов. СОК включает в себя: субъект – движущую силу, приводящую в действие данную систему; цели – программные результаты действия системы; методы – инструментарий для достижения поставленных целей; форму – необходимое организационное оформление методических и методологических подходов; средства – совокупность видов и методов решения проблемы.

СОК состоит из элементов, влияющих на эффективность работы всех звеньев хозяйственного комплекса. Функционирование системы призвано обеспечить решение двуединой задачи: 1) заинтересовать хозяйствующих субъектов в более полном удовлетворении потребностей рынка и спроса населения на продукцию глубокой переработки древесины; 2) способствовать повышению конкурентоспособности.

Основные элементы, обеспечивающие экономический механизм управления, правовое, функциональное обеспечение и др., представляют собой единую, целостную систему. Целесообразно дополнить ее подсистемой элементов регулирования, определяющих способы управления в зависимости от форм собственности, состояния развития и целей хозяйствующего субъекта, уровня рыночных отношений, стратегических альтернатив.

В качестве объекта исследования приняты предприятия (организации) лесопромышленного комплекса Уральского региона, где объем заготовки древесины, производства пиломатериалов и основных видов продукции деревообработки составляет 20 % от общероссийского. Среди десяти крупнейших регионов Российской Федерации Уральский регион уступает лишь Восточносибирскому, Волго-Вятскому и Северному. Здесь производится 19 % бумаги, 7 % картона и целлюлозы. С лесопромышленным комплексом связаны 46 населенных пунктов, в 12 из них наблюдается критическая ситуация в сфере занятости [4].

Свойства системы – открытость и самонастраиваемость – позволяют ей приспособиться к рыночным условиям на основе следующих факторов:

несовершенная организационно-экономическая структура лесопромышленного комплекса и, как следствие, неэффективная структура производства, сбыта и экспорта;

жесткая налоговая и кредитная политика, не учитывающая специфику ЛПК: сезонный характер работы, постоянные затраты на строительство лесовозных дорог и т. д.;

низкий уровень маркетинговой деятельности и коммерциализации;

отсутствие стратегического планирования как в подразделениях, так и в целом по комплексу.

По мере стабилизации рыночных отношений элементы системы конкурентоспособности должны не противоречить, а дополнять друг друга. Они отображены на рисунке, где радиус выражает уровень желаемого состояния данного элемента экономического механизма: цен, издержек, управления ВЭД и др. Откладываются точки, характеризующие уровни

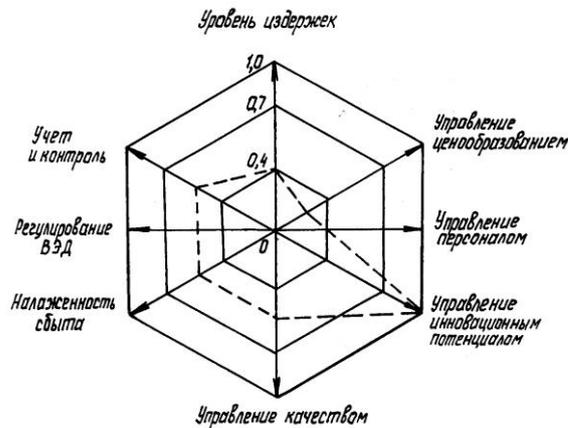


Диаграмма развития системы обеспечения конкурентоспособности

фактического развития элементов. Соединение этих точек на радиусах образует неправильный многоугольник, площадь которого может быть интегральной оценкой состояния системы управления обеспечением конкурентоспособности. Такую оценку наиболее целесообразно определять по предлагаемому нами уровню конкурентного статуса. Данное решение тем более верно, что в качестве научного обоснования принята теория статистической информации и экономико-математические методы.

Представленная диаграмма позволяет определить степень приближенности фактического уровня управления обеспечением конкурентоспособности к идеальному, а также выявить приоритетность того или иного варианта с учетом изменений в динамике. Диаграмма может быть построена для одного и того же объекта в разные периоды времени, либо для различных объектов. Такой подход позволяет выявить несовершенство системы, оценить уровни развития ее элементов.

В работе определены функции системы, обеспечивающие научное подтверждение технических решений или возможности достижения нормативов конкурентоспособности объекта. Место СОК в экономической системе будем рассматривать во взаимосвязи с внешней и внутренней средой, экономическим режимом.

На повышение конкурентоспособности влияет множество частных мер, шагов. Системный подход позволяет типизировать отдельные объекты, выявить присущую им общность.

Разделяя мнение многих экономистов о приоритете качественного анализа в системных исследованиях, мы использовали различные методы количественных оценок моделирования: имитацию, математическое описание, статистику, программирование. От правильного понимания и выбора объекта анализа зависят и его результаты, их адекватность процессам развития производственных отношений.

Задача состояла в отыскании главных компонент, поддающихся удовлетворительному экономическому толкованию. Существует общее правило, согласно которому исследуются только компоненты, имеющие собственные значения $\lambda_i > 0$. В результате анализа выделены четыре первые главные компоненты (направления развития производства), с помощью которых удалось описать 77 % общей дисперсии исходных факторов. Выявленные направления распределились в следующем порядке:

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4,$$

где λ_i – доля дисперсии каждого направления.

Для интерпретации главных компонент исследуем взаимосвязь весовых коэффициентов между исходными факторами и компонентами.

Рассмотрим процесс выбора приоритетных направлений развития лесопромышленного комплекса. Математическую модель изучаемого процесса представим в виде

$$y_j = \sum_{s=1}^k a_{js} U_s,$$

где y_j – нормированное значение j -го признака, полученное из пассивного эксперимента на основе наблюдений;

U_s – s -я главная компонента;

a_{js} – вес s -й главной компоненты в j -й переменной; $j = 1, 2, 3, \dots, n$.

На первом этапе исследования выделены 10 факторов конкурентных преимуществ предприятий (КПП), из которых только 7 соответствуют критерию: X_1 – техническая вооруженность; X_2 – инновационный потенциал; X_3 – показатель взаимозаменяемости; X_4 – параметр принятия решений; X_5 – материалоемкость; X_6 – качество управления; X_7 – качество труда.

По совокупности факторов получены четыре уравнения, которые описывают КПП. Исходные данные (x_i) стандартизированы и, соответственно, приведены к состоянию t_i .

Приведенную первую компоненту можно представить как наращивание производственных мощностей ($\lambda_1 = 35,2$ %):

$$U_1 = 0,073t_1 - 0,507t_2 + 0,431t_3 + 0,465t_4 + 0,194t_5 + 0,269t_6 - 0,474t_7.$$

Как видим, в первой главной компоненте равнозначными оказались факторы с первого по шестой. Параметры X_2 и X_7 имеют противоположную направленность. В формировании данной главной компоненты подтвердилась одна из тенденций КПП – ресурсы (в первую очередь лесосырьевые), в соответствии с закономерностью эквивалентности, имеют пределы возможностей. Это ограничивает существование предприятий лесопромышленного комплекса в первоначальном виде, определенном периодом времени.

Второе направление КПП – совершенствование уровня управления ($\lambda_2 = 23,5$ %):

$$U_2 = -0,752t_1 + 0,134t_2 + 0,325t_3 + 0,286t_4 + 0,292t_5 - 0,203t_6 + 0,320t_7.$$

Процесс реконструкции и модернизации действующих предприятий, в частности прочих производств, создает все предпосылки для роста фактора X_6 . Совершенно очевидно, что внедрение наиболее прогрессивного оборудования способствует снижению численности работников, занятых интеллектуальным трудом, хотя количество информации, перерабатываемой в управлении, постоянно увеличивается. Для ряда предприятий характерна высокая степень централизации управленческих функций, совершенствование организационной структуры управления.

Третье направление КПП – создание инновационного потенциала ($\lambda_3 = 13,5\%$):

$$U_3 = -0,022t_1 + 0,361t_2 + 0,289t_3 - 0,498t_4 + 0,456t_5 + 0,564t_6 - 0,109t_7.$$

Анализ структуры главной компоненты показывает, что ее определяющими факторами являются выпуск продукции на 1 м^3 вывезенной древесины, доля лесозаготовок в общем объеме товарной продукции, доля работников управления, коэффициент обновления основных промышленно-производственных фондов, качество управления.

Четвертая главная компонента, на наш взгляд, может быть представлена и как одно из направлений КПП – комплексное использование древесного сырья, организация которого не всегда сочетается с прогрессивными технологическими процессами.

На заключительном этапе получены графические опции метода главной компоненты. Наибольшие значения конкурентоспособности предприятия оказались у ОАО «Лобвалес» (КСП = 0,757) и ОАО «Советсклес» (КСП = 0,725).

С позиции оценки КПП анализ с помощью метода главных компонент позволяет детализировать современное состояние инновационного потенциала и тем самым решить вопросы инвестирования наиболее важных объектов, определить стратегии развития отрасли. Это самостоятельная часть исследования в части реструктуризации, использования внутреннего потенциала, создания холдингов, уменьшения диспаритета цен и других направлений.

Статистические показатели исследуемых характеристик определены в соответствии с [2, 3].

Для оценки конкурентоспособности кроме уже известных предложен показатель – значение одного процента прироста ценности организации, под которым будем понимать вес организации в соответствии с ее имущественным составом. Ценность организации и ее рост имеют решающее значение при реализации экономических отношений между субъектами экономики. Прирост ценности организации (*ПЦО*) предлагается рассчитывать по формуле

$$\dot{P}CO = \frac{\times \dot{I} + \dot{A}}{\dot{\lambda} \dot{e} - \dot{C}\dot{N}},$$

где *ЧП* – чистая прибыль за период;

A – амортизационные отчисления;

A_k – активы организации на начало периода (без убытков);

ZC – заемные средства на начало периода.

Основными источниками собственных средств, позволяющих приумножить имущество, являются, как известно, чистая прибыль и амортизация. При этом необходимо говорить не о состоявшемся приросте ценности организации, а пока о возможном, так как организация не обязательно направит все накопленные средства на наращивание своей ценности. Более того, под *ПЦО* в данном случае следует подразумевать оценку источника прироста за счет собственных средств, используя данный показатель для оценки инвестиционных возможностей.

Из семи анализируемых экономико-математических моделей две статистически надежны и адекватно отражают моделируемое явление по следующим показателям:

запас финансовой устойчивости

$$\mathcal{E}_{\text{кпн}} = 4350,8 + 286,22U_1 + 433,08U_2 + 1053,81U_3 - 456,70U_4;$$

прирост ценности организации

$$\mathcal{E}_{\text{кпн}} = 0,45 - 0,08U_1 + 0,16U_2 + 0,33U_3 + 0,005U_4.$$

Любая организация, желая иметь устойчивую конкурентоспособность, наращивает свою ценность через инвестиционные процессы, инновационную деятельность, поэтому *ПЦО* необходимо оценивать как один из основных показателей конкурентоспособности. Отметим также, что каждый показатель, согласно предложенной методике, оценивается с точки зрения эталонного уровня.

Итак, система обеспечения конкурентоспособности есть совокупность элементов, взаимосвязанных между собой таким образом, что возникает определенная целостность, единство. К наиболее общим свойствам систем относятся уникальность, структурность, автономность, адаптивность. В силу принципиальной сложности и отличий каждой системы требуется построить множество моделей, каждая из которых описывает лишь определенную сторону развития. Разработка одной, всеобъемлющей модели для отрасли невозможна, все прогнозы поведения системы имеют вероятностный характер. Таким образом, системе обеспечения конкурентоспособности присуща множественность описаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ансофф И.* Новая корпоративная стратегия. – СПб.: Питер, 1999. – 416 с.
2. *Боровиков А.А.* Математическая статистика. – М.: Наука, 1984. – 321 с.
3. *Боровиков В.П., Боровиков И.П.* STATISTICA® – Статистический анализ и обработка данных в среде WINDOWS® – М.: Информ.-изд. дом «Филинь», 1997. – 608 с.
4. *Бурдин Н.А.* и др. Лесопромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы / Н.А. Бурдин, В.М. Шлыков, В.А. Егорнов, В.В. Саханов. – М.: МГУЛ, 2000. – 473 с.

5. Ламбен Ж.- Ж. Стратегический маркетинг. Европейская перспектива / Пер. с франц. Б. И. Лифляндчик, В.Я. Дунаевский, С.А. Бурьян. – СПб.: Наука, 1996. – 351 с.

6. Porter M. Competitive Advantage: Creating and sustaining superior performance. New York: Free Press, 1985 (116).

7. Kreikebaum H. Strategische Unternehmensplanung. – Koln Verlag W. Koehammer, 1991.

Уральский государственный
лесотехнический университет

Поступила 07.04.02

G.P. Butko

System of Competitiveness Provision of Forest-industrial Companies

Terms and models describing approaches to achieving competitive advantages and their formation in a system.



УДК 630*624

И.В. Шутов

Шутов Игорь Васильевич родился в 1929 г., окончил Ленинградскую лесотехническую академию, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник СПбНИИ лесного хозяйства, член-корреспондент РАСХН. Имеет 120 работ в области лесопользования, плантационного лесовыращивания, регулирования состава лесных фитоценозов.



РЕФОРМЫ В УПРАВЛЕНИИ ЛЕСНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ РОССИИ*

Критически рассмотрена концепция, опубликованная Минприроды РФ в сентябре 2001 г. Предложено собственное решение задачи сделать лесное хозяйство России высокодоходным.

Ключевые слова: реформы, концепции, история, лесостроительство, аренда, лесной доход.

В публикациях последних лет нередко говорится об «управлении лесами». По этому поводу надо заметить, что в принципе нельзя управлять лесами, так же как болотами, песками, полями, водами и прочими элементами ландшафтов. Поэтому под термином «лесопользование» мы понимаем управление лесным хозяйством как отраслью, а также входящими в нее структурами.

Лесное хозяйство – это один из видов целенаправленной деятельности на земле, преследующий решение двух основных задач: 1) сохранение и приращение материальных благ (в нашем случае биосферной и коммерческой ценности лесов); 2) получение максимально возможного постоянного лесного дохода.

В течение многих десятков лет государственное лесное хозяйство России с трудом решает указанные задачи. Об этом, в частности, свидетельствуют:

снижение коммерческой ценности лесов (падение средних запасов древесины в наиболее востребованных спелых хвойных древостоях до уровня приспевающих и даже ниже) почти во всех областях европейско-уральской части лесной зоны, где велась и продолжается интенсивная лесопромышленная деятельность;

происшедшее на больших площадях нарушение бывшего биологического разнообразия лесов (главным образом по причине смены коренных хвойных лесов производными осинниками и березняками);

хроническое пребывание лесного хозяйства в состоянии иждивенца государственного бюджета, при котором оно приносит собственнику

* В порядке дискуссии.

лесов – государству меньше денег, чем получает от него и тратит на себя.

Последнее из названных обстоятельств было и прежде и, очевидно, остается главной побудительной причиной многих реформ в управлении лесным хозяйством страны. Такие реформы у нас случаются с интервалом 3 ... 5 лет, иногда чаще.

Концепция очередной реформы, опубликованная в газете «Лесная Россия» [2], базируется на социологических исследованиях, проведенных в мае–июле 2001 г. (руководитель – д-р социол. наук Н.Я. Павлюк, науч. редактор П.Т. Воронков). Ее суть показана на рис. 1. Коротко о ней можно сказать следующее.

1. По мнению авторов концепции, должны быть созданы две параллельные ветви административно-управленческих структур.

Структуры левой ветви непосредственно подчинены департаменту использования и восстановления лесов Министерства природных ресурсов. Однако ни они, ни департамент, ни само Министерство не обременены ответственностью за результаты хозяйственной деятельности в лесу или за бездействие. Их задача – конструирование нормативных документов для структур правой ветви и контроль за хозяйственной деятельностью.

2. Структуры правой ветви, обозначенные как ГАЛХО, подчиняются федеральному центру – ФГУ «Центрлес». Последний непосредственно не подчиняется департаменту лесов, а находится как бы под его влиянием. Структуры ГАЛХО должны вести в лесу комплексную хозяйственную деятельность, в состав которой почему-то не включены вопросы охраны леса, порученные специальной лесной полиции и национальной системе борьбы с

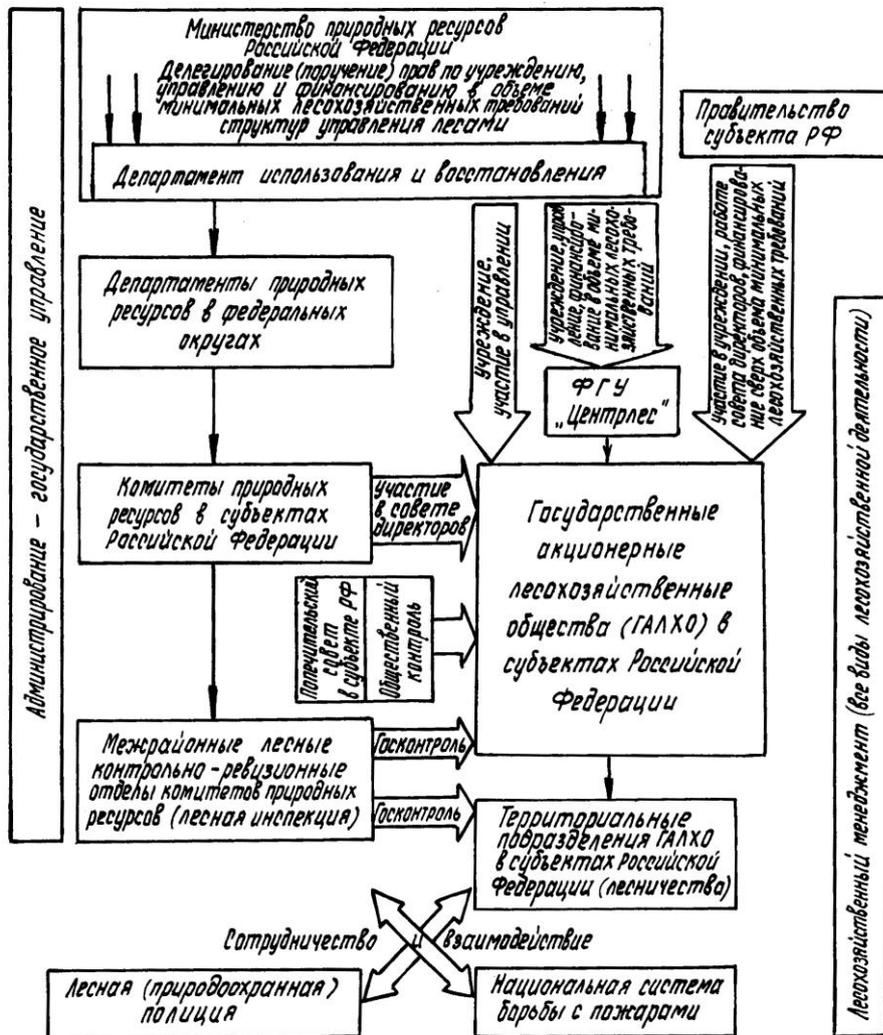


Рис. 1. Схема организационной структуры управления лесами

пожарами, административно не подчиненными ни «левым», ни «правым». Вместо этого сказано, что те и другие будут между собой лишь как-то сотрудничать, однако административно-экономический механизм этого взаимодействия не обозначен. Нельзя не заметить показанного на схеме ряда структур разных уровней, так или иначе влияющих на работу ГАЛХО, но не обремененных материальной или хотя бы административной ответственностью за состояние лесов и результаты ведения лесного хозяйства.

3. Нельзя не согласиться с авторами концепции в той ее части, где они говорят о давно назревшей необходимости разделения функций проведения лесохозяйственных работ и контроля за их качеством (результатами)

между разными юридическими субъектами. Данную задачу надо и можно было бы решить давно и без предлагаемого увеличения числа бюрократических структур. По нашему мнению, эту работу могут успешно выполнять существующие государственные лесоустроительные организации, не подчиненные хозяйствующим субъектам и располагающие высококвалифицированными специалистами, необходимой информацией, а главное, являющиеся авторами перспективных планов (проектов) ведения хозяйства почти в каждом нашем лесхозе.

4. В рассматриваемом документе ничего не сказано о том, что в лесодефицитных районах России нельзя не думать об интенсификации лесохозяйственного производства, а это в принципе невозможно без увеличения числа лесничеств и уменьшения площади каждого из них. Более того, документ не содержит даже намека на необходимость сохранения и усиления повседневного контроля со стороны лесничеств за деятельностью лесозаготовителей и других лесопользователей, работающих на их территории. Это обстоятельство наводит на мысль о неявном намерении ликвидировать лесничества или резко сократить их число, т. е. увеличить площадь каждого. В первом случае леса окажутся бесхозными, превратятся в неконтролируемое государством своеобразное «дикое поле», а во втором роль лесничих как хозяйствующих субъектов, обязанных действовать в интересах собственника лесов (государства), будет сведена к минимуму.

5. В числе многих негативных следствий ликвидации и укрупнения лесничеств непременно окажется как бы сертифицированный путь к тому, чтобы определять размер возможного (неистощительного) отпуска леса не по хозяйственным частям (хоздочам) с однородными лесорастительными и экономическими условиями (именно так и только так делали в Лесном департаменте раньше!), а для более обширных территорий (например административных районов), в границах которых имеются леса не только доступные, но и недоступные (или невыгодные) для эксплуатации. Волевым объединением таких территорий при определении объемов лесопуaska автоматически ведет к подмене реальной расчетной лесосеки завышенной виртуальной. Последняя легализует хищническую вырубку доступных для эксплуатации лесов на основании лишь того, что в данном районе (регионе) где-то (как правило, вдали от жилья и дорог) еще имеются леса, не представляющие интереса для коммерчески выгодной заготовки древесины.

6. Указанная ситуация уже имеет место в нашей жизни. Ее проявление мы видим, в частности, в расширяющейся практике отвода леса в рубку не заблаговременно (для анонимных лесопользователей) и не лесничими, а лесоустроителями, оплачиваемыми конкретными коммерческими структурами, получающими, минуя публичные торги, именно то, что они хотят иметь. Если теперь ликвидация лесничеств (де-юре или де-факто) обретет силу закона, будет окончательно подорван краеугольный камень правильной организации нашего лесного хозяйства – сам принцип постоянства пользования лесом, на основе которого может быть обеспечено не только

сохранение леса как «лесного капитала» (по М.М. Орлову), но и получение его собственником стабильного лесного дохода. В связи с этим нельзя не напомнить, что, согласно канонам классического лесоустройства, принцип постоянства лесопользования может успешно работать только в том случае, если его реализуют в отношении территорий (хозчастей или хоздач) с постоянными границами и однородными условиями ведения хозяйства – социально-экономическими и лесорастительными.

7. Место и предназначение лесохозяйственной науки и лесоустройства на схеме предлагаемых реформ не обозначены. О целях и задачах науки в проекте концепции нет вообще ничего, а о лесоустройстве сказано, что предстоит его приватизация. Таким образом, будет разрушено то, что, по мысли М.М. Орлова, является главным рычагом в механизме влияния государства на ведение хозяйства в его лесах.

8. В сфере экономики лесного хозяйства авторы обсуждаемой концепции обещают привычное: нищее финансирование из бюджета (по минимальным требованиям) плюс собственные доходы и некие пожертвования. С учетом этого можно уверенно сказать, что нам предлагают не экономическую реформу, а очередную бюрократическую перестройку, при помощи которой заинтересованные структуры просто хотят не пустить лесное хозяйство «в рынок», сохранить ему статус бедного родственника – иждивенца госбюджета со всеми вытекающими последствиями.

9. Опубликованная концепция разработана не лесоведами, без консультаций с ними и к тому же с почти «курьерской» скоростью – всего за три месяца. По этому поводу нельзя не спросить руководство МПР о причине принятия такого решения. Непонятно также, почему в предлагаемой концепции реформ нет даже намек на использование исторического опыта России в организации своего лесного хозяйства в специфических условиях страны.

По моему мнению, не легковесные умозаключения, а именно собственная история может помочь в проведении эффективных реформ. В нашем прошлом было и плохое, и хорошее. Намечая путь вперед, нужно знать, что падение государственного лесного хозяйства России как целостной отрасли началось тогда, когда оно потеряло былой экономический статус, перестав быть товарным и высокодоходным. А ведь еще сравнительно недавно (менее 100 лет тому назад) казенное лесное хозяйство России было именно таким!

В ряде публикаций уже сообщалось о результатах былой деятельности Лесного департамента Российской империи. Данные табл. 1 обязывают отдать должное тому, как некогда работали наши прадеды. Тогда, при отлаженном рыночном механизме, лесничество Лесного департамента на каждый затраченный рубль приносили государству (собственнику лесов) два рубля чистого дохода в год. При этом они не допускали в своих лесах истощительных рубок, что и позволило России выжить, когда она была лишена угля и нефти по условиям Брестского договора.

Таблица 1

Основные показатели работы Лесного департамента России в 1913 г. [4]

Показатели	Значения показателей
Общая площадь казенных лесов, находящихся в ведении Лесного департамента, млн га	366, 4
Число лесничеств	1532
Число выделенных в лесничествах хозяйственных дач, используемых для расчета и организации неистощительного отпуска леса на корню	12560
Полученный валовой лесной доход, млн р.	96,2
В том числе, %:	
от продажи отведенного в рубку леса	92,2
от продажи древесины, заготовленной и переработанной своими силами	3,9
от побочных пользований лесом	2,1
за счет других поступлений	1,8
Полученный чистый лесной доход, перечисленный в государственный бюджет, млн р.	64,3
Затрачено средств на ведение лесного хозяйства, млн р.	31,9
Сверх указанного затрачено на проведение лесокультурных работ за счет лесокультурных залогов, выплаченных лесозаготовителями, млн р.	2,2
Произведено лесных культур (посевом или посадкой), тыс. га	85,3
Отпущено сырораствующего леса:	
Весь объем, млн м ³	66,4
Оценочная (стартовая) стоимость, млн р.	56,9
Продажная цена на торгах, млн р.	77,5
Средняя продажная цена 1 м ³ , р. – к.	1 – 17
Полученная на торгах средняя надбавка, %	36,1
Отпущено мертвого леса:	
Весь объем, млн м ³	22,3
Продажная стоимость, млн р.	11,2
Средняя продажная цена 1 м ³ , к.	50
Доход, полученный с 1 га общей площади, к.:	
валовой	26
чистый	17,5

Примечание. Валютная ценность 1 р. того времени соответствовала 0,77 г золота. За 1 р. платили 10 долларов США. В наше время 1 г золота стоит примерно 10 долларов США.

Некоторые лесоводы полагают, что данные 1913 г. не типичны, поскольку этот год был для России якобы особенно благоприятным. Однако показанная на рис. 2 динамика доходов и расходов Лесного департамента говорит о том, что развитие товарного государственного лесного хозяйства России имело устойчивый позитивный характер и что на этом фоне данные

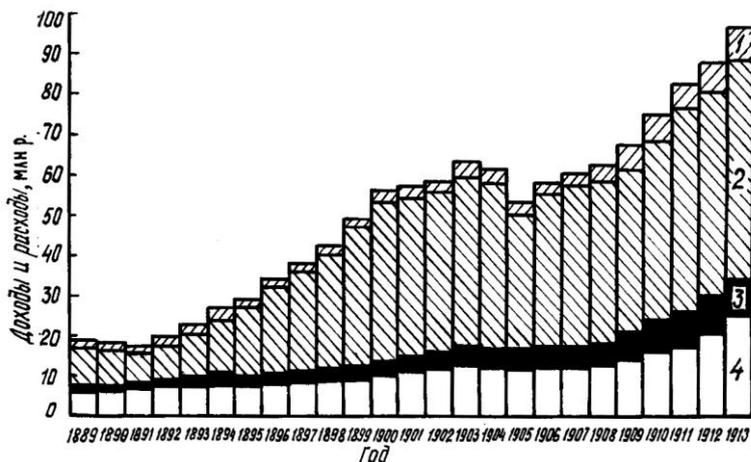


Рис. 2. Валовой доход и расходы Лесного департамента в 1889 – 1913 гг. [4]: 1+2+3+4 – валовой доход; 1 – разные доходы; 2+3+4 – доход от продажи леса; 3 – расходы на уплату земских сборов (местных налогов); 4 – свои расходы (операционные и административные)

1913 г. отнюдь не выглядят артефактом. Об этом же говорит и динамика затрат на проведение лесоустроительных работ (рис. 3).

Как известно, в казенных лесничествах лес отводили в рубку не для конкретного лесопромышленника, а для еще неизвестного на тот момент покупателя. Отведенные лесосеки продавали обязательно на открытых (публичных) торгах при стартовых ценах, обоснованных лесоустройством. Согласно лесоустроительной инструкции 1914 г., установление этих цен было главной задачей начальников лесоустроительных партий. Лес на корню не был дешевым. Средняя продажная цена 1 м³ сырораствующего леса равнялась 1 р. 17 к., что соответствовало почти 12 долларам США. Тем не менее Россия (вместе с Финляндией) занимала первое место в мире по экс-

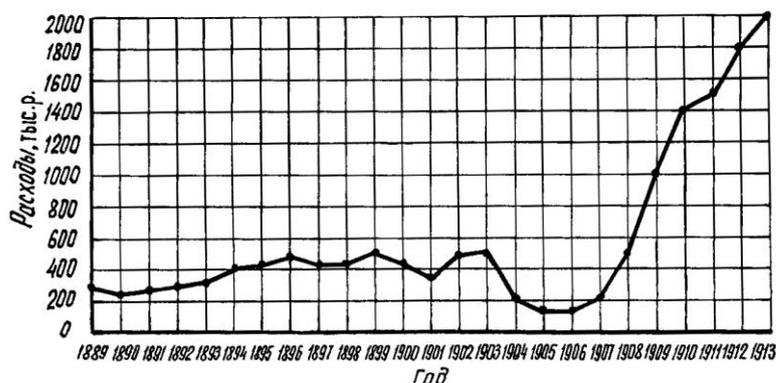


Рис. 3. Расходы Лесного департамента на лесоустройство в 1889 – 1913 г. [4]

Таблица 2

Экспорт леса в России в 1913 г. [4]

Составляющие лесного экспорта	Масса, млн пудов	Стоимость, млн р.
Пиленый и прочий обработанный лес	216,0	95,8
Брусья	15,8	6,8
Итого пиленый лес	231,8	102,6
Бревна, жерди и прочий необработанный или полуобработанный лес	130,7	38,8
Дерево для писчебумажной массы	91,0	21,2
Дрова	7,1	1,0
Итого круглый лес	228,8	61,0

Таблица 3

Объем и масса экспортируемого леса в 1998 г. [5]

Страна	Круглый лес	Пиленый лес	Другие продукты переработки древесины, млн т	Условное соотношение названных продуктов по их массе, %
	млн м ³			
Канада	1,5	48,4	14,3	2 : 62 : 36
Швеция	1,5	11,0	8,5	5 : 38 : 57
Финляндия	0,7	8,3	10,8	2 : 27 : 71
Россия	20,7	4,8	1,7	72 : 17 : 11

порту пиленого леса. Наша доля в его объеме в 1913 г. была равна 40,7 %, тогда как вклад США и Канады (вместе взятых) был на уровне 26,3; Швеции и Норвегии – 22,5; Австро-Венгрии – 10,5 %. Для сравнения напомним, что в 1998 г. наш вклад в мировое производство и экспорт пиломатериалов составил лишь 5 %.

Высокие корневые цены на лес в казенных лесничествах Российской империи понуждали лесопромышленников строить заводы, поскольку поставка переработанной древесины в другие страны приносила большой доход. Как показано в табл. 2, в 1913 г. в экспортных поставках России объемы пиленого и круглого леса были примерно равны. А средние цены за единицу массы пиленого леса были в 1,7 раза выше, чем круглого, хотя в его структуре тогда преобладали бревна, а не мелкомерные балансы.

В настоящее время, как показано в табл. 3, доля круглого леса в структуре нашего лесного экспорта (по массе) равна 72 %, тогда как в Финляндии, Канаде и Швеции всего 2 ... 5 %. Ущербность такой организации лесного экспорта очевидна, поскольку даже при небольшой доле экспорта переработанной древесины страна получает значительно больше валюты, чем от экспорта круглых сортиментов (табл. 4).

Результат реформ может быть позитивным лишь в том случае, если обеспечивается баланс экономических интересов всех задействованных в лесной сфере сторон. Сделать это можно только одним путем – возратить лесному хозяйству статус доходной товаропроизводящей отрасли, реализующей свой товар (отводимые в рубку лесосеки) на открытых торгах по

Таблица 4

Стоимость экспортируемого леса в 1998 г., млн долларов США [5]

Страна	Круглый лес	Продукты переработки древесины	Всего	Соотношение, %
Канада	155	24 276	24 431	1 : 99
Швеция	83	9 938	10 021	1 : 99
Финляндия	76	10 922	10 998	1 : 99
Россия	946	1 912	2 858	33 : 67

рыночным ценам. Если в структуре рыночной стоимости круглого леса доля попенной платы составит около 30 % (как теперь в соседних странах и примерно так же раньше у нас), цена леса на корню должна быть поднята в среднем до 8 ... 10 долларов за 1 м³. В итоге валовой лесной доход страны превысит 1 млрд долларов в год. Эта акция вынудит лесопромышленников вкладывать деньги не в развитие лесосечных работ, а в предприятия по переработке древесины, что благоприятно скажется и на экономике, и на социальной сфере.

Если лесное хозяйство пойдет по пути экономических реформ, их положительный результат будет получен, но не сразу. Основание говорить так дают существующие цены на лес на корню в соседней Финляндии (табл. 5). Об этом же свидетельствуют недавно опубликованные результаты реформ в лесном хозяйстве Эстонии (табл. 6), где условия схожи с нашими. Особенно важными представляются два показателя: средняя цена 1 м³ древесины на корню (около 260 р.) и средняя зарплата одного человека в месяц (14,5 тыс. р.), достигнутые при очень быстром росте валового внутреннего продукта лесного сектора страны [3].

Позитивный результат реформ в лесном хозяйстве Эстонии обязывает еще раз высказаться о неприменяемой там и широко практикуемой в России псевдорыночной новации – сдаче лесов в так называемую аренду, что, как ни странно, не запрещено Лесным кодексом (1997). В принципе это не аренда, поскольку последняя, по определению, предполагает обязательный

Таблица 5

Средние корневые цены и затраты на транспортировку 1 м³ древесины в лесах Финляндии в 2000 г., доллары США [5]

Составляющие затрат	Бревна			Балансы		
	сосновые	еловые	березовые	сосновые	еловые	березовые
Попенная плата	43,2	39,8	41,6	13,8	20,9	13,6
Оплата транспорта	43,9	40,0	42,8	22,6	28,6	23,6
Итого	87,1	79,8	84,4	36,4	49,5	37,2

Примечание. Цены указаны по курсу доллара США на 1 марта 2001 г.

Таблица 6

**Результаты экономических и административных реформ
в лесном хозяйстве Эстонии по данным за 1999 г. [3]**

Показатели	Значения показателей
Лесная площадь, млн га:	
Всего	2,10
В том числе в собственности государства	1,47
Продано древесины на корню через аукционы, млн м ³	1,1
Продано круглых лесоматериалов, заготовленных преимущественно структурами, работающими по контракту с лесничествами, млн м ³	1,7
Средняя цена 1 м ³ древесины на корню (данные 1998 г.), р.	256
Средние цены реализации 1 м ³ древесины франко-лесосока, р.:	
Пиловочник еловый крупный	12 310
Балансы еловые	554
Произведено лесных культур, тыс. га	4,8
Средний уровень оплаты труда в расчете на 1 чел. в месяц, тыс. р.	14,5

Примечание. За последние 6 лет валовой внутренний продукт лесного сектора вырос в 2,8 раза. Усредненная стоимость всей поставляемой на экспорт лесопроизводства составила 2,7 тыс. р. в расчете на 1 м³ заготовленной древесины.

возврат имущества арендодателю в полной сохранности, чего нет в нашем случае. По существу это замаскированная словом «аренда» раздача властными структурами имеющихся в лесах запасов древесины за символическую плату, минуя открытый рынок (т. е. заранее определенным юридическим лицам). Такой способ организации лесопользования гарантирует быстрое обогащение «арендаторов». Последние рубят лес сами или с большой выгодой перепродают его на корню по более высоким ценам другим лесозаготовителям. Выгоден он и тем властным структурам, которым «арендаторы» платят те или иные налоги. Однако он крайне невыгоден собственнику лесов (государству) и самим лесхозам, что хорошо видно из диаграммы на рис. 4. Эти данные свидетельствуют, в частности, о том, что в Северо-Западном федеральном округе такой вне рыночный прием, как сдача леса в псевдоаренду, не получил распространения только в Калининградской области. Благодаря этому в результате реализации леса на торгах в кассы лесхозов там поступило около 10 долларов за 1 м³, т. е. примерно столько же, сколько в Эстонии. В других областях с развитой псевдоарендой лесов торги приносят гораздо меньший доход. Соотношение же поступивших на счета лесхозов средств за 1 м³ древесины, проданной на торгах, и на площадях, отданных в псевдоаренду, изменялось от 200 (Новгородская область) до 2300 % (Ленинградская область), в среднем по Северо-Западу различия 700 %.

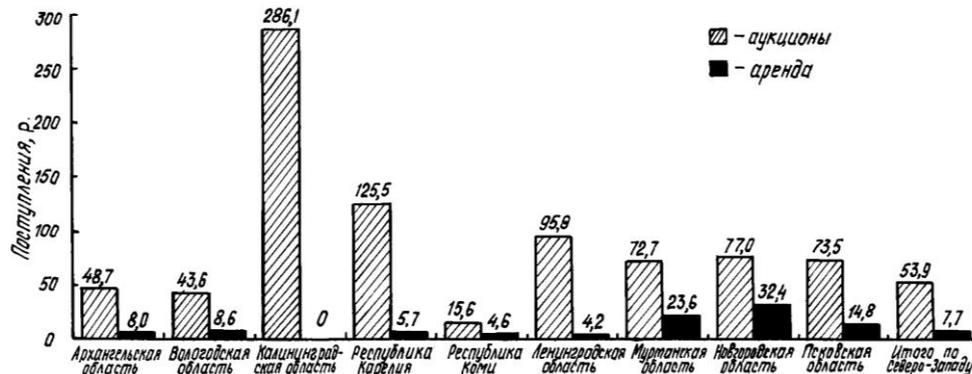


Рис. 4. Фактические поступления денежных средств на счета лесхозов на 01.07.2001 г. за 1 м³ древесины, проданной на аукционах, и на площадях, переданных в аренду

Колоссальный ущерб наносит государству не только «арендизация» лесов. Согласно ст. 29 официального «Положения об аренде участков лесного фонда», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 345 от 24.03.98 г., арендная плата вообще не взимается, если отведенные лесосеки идут по рубрике не главного, а промежуточного пользования лесом. Однако лесоводам и лесопромышленникам хорошо известно, что такие рубки промежуточного пользования, как проходные, санитарные, обновления, реконструктивные, позволяют получать не только дрова, но и деловую древесину. С учетом этого, а также различий в затратах труда и средств на проведение разных видов рубки леса в соседней Эстонии действует следующая «разбежка» в средних ценах за лес на корню: при сплошных рубках главного пользования – 340, выборочных – 229, рубках ухода – 108 р. за 1 м³ [3]. В России нет аналогичной дифференциации цен, поэтому у лесопользователей возникло настойчивое стремление к более полному освоению даровой расчетной лесосеки промежуточного пользования лесом по сравнению с платным главным, за счет которого и должна формироваться большая часть лесного дохода страны.

Если бы при рубках промежуточного пользования удаляли, как и положено, только отставшие в росте и малоценные деревья, мешающие росту лучших, с потерями неоплаченной «арендаторами» древесины еще можно было бы как-то смириться. Однако в реальной жизни в рубку назначают хорошие деревья. Общий итог – снижение запасов наиболее ценной крупномерной древесины в приспевающих и спелых хвойных древостоях и сопряженный с этим большой материальный ущерб для собственника лесов.

В пояснение скажем, что главное и промежуточное пользование лесом – понятия не технологические, а экономические. Главное пользование лесом потому и называют главным, что оно должно проводиться при наступлении хозяйственной спелости леса, когда доход от реализации выращенной древесины максимален. Поэтому любые виды промежуточного пользо-

вания могут допускаться только в тех случаях, если они так или иначе увеличивают ценность главного пользования или, по крайней мере, не уменьшают ее.

В принципе можно представить себе социально-экономическую ситуацию, при которой высокоинтенсивное и доходное лесное хозяйство может быть организовано по типу даурвальдского, т. е. без разделения пользования лесом на главное и промежуточное, с отводом в рубку не лесосек, а конкретных деревьев, при четкой ориентации не на производство культур, а на непрерывное естественное возобновление леса. В ГОЛХ «Сиверский лес», в его Карташевском лесничестве площадью 1,2 тыс. га с очень высокой рекреационной нагрузкой, А.А. Книзе и С.Ф. Храбсков вели именно так организованное хозяйство в течение нескольких десятков лет. Результат (по состоянию лесного фонда и по величине лесоотпуска в расчете на 1 га) оказался не хуже, чем в других лесничествах, и без даже временного снижения рекреационной ценности лесов, неизбежного при лесосечной организации лесоотпуска.

Указанный опыт заслуживает внимания лесоустроителей, разрабатывающих планы (проекты) ведения лесного хозяйства в лесах с высокой рекреационной нагрузкой. Возможно, что данный опыт получит и более широкое распространение. Но это может произойти лишь в дальнейшем. А сейчас остро нуждающееся в реформах лесное хозяйство России должно руководствоваться не умозаключениями и отдельными привлекательными результатами, а всем массивом накопленного и проверенного временем опыта своего Лесного департамента.

Главное назначение реформ, их смысл мы видим не в административной перестройке отрасли, а в результатах реформ, позволяющих превратить лесное хозяйство России из убыточного в высокодоходное. Образно говоря, в качестве цели надо взять результаты, а не бесконечный процесс изменения административно-управленческих структур.

Резюмируем суть нашего видения концепции реформ.

1. Лесоправление и лесное хозяйство есть синонимы. Под лесным хозяйством мы понимаем целенаправленную хозяйственную деятельность, обеспечивающую приращение материальных благ (биосферной и коммерческой ценности лесов) и получение собственником леса (в нашем случае государством через уполномоченные им лесхозы) максимально возможного и обязательно стабильного лесного дохода.

2. В итоге реформ лесоправления в доходной части государственного бюджета страны должна появиться строка «лесной доход России». По макрорасчетам, он должен составить более одного миллиарда долларов в год. И это – без существенных инвестиций. Само лесное хозяйство должно функционировать и развиваться за счет части лесного дохода государства.

3. Суть предстоящих в отрасли реформ мы видим в восстановлении экономического фундамента лесного хозяйства, а именно в том, чтобы оно получило право выходить и реализовывать на открытых торгах по рыноч-

ным ценам свой уникальный товар – выращенные и отводимые в рубку дровостои.

4. Непременными элементами будущей организации отрасли должны стать:

4.1. Сохранение и укрепление государственного лесоустройства в виде его центрального органа и сети региональных структур, имеющих главными задачами: а) определение для конкретных территорий стартовых цен на лес на корню, обеспечивающих баланс интересов государственного лесного хозяйства и частных лесопромышленных структур; б) разработку долгосрочных экономически обоснованных планов ведения доходного лесного хозяйства в каждом лесничестве (лесхозе); в) независимый контроль за результатами всей хозяйственной деятельности лесхозов (лесничеств).

4.2. Непременное сохранение лесничеств (лесхозов) как основных территориальных единиц государственного лесного хозяйства. В границах лесничества лесничий должен располагать достаточными властными полномочиями, чтобы эффективно контролировать (корректировать, стимулировать, запрещать) деятельность любых других структур.

4.3. Определение возможного отпуска леса в рубку не для таких пространственных и неоднородных территорий, как область, район, лесхоз или крупное лесничество, а для выделенных внутри каждого лесничества хозяйственных дач (хозчастей) с однородными природно-экономическими условиями. При этом должно действовать жесткое правило, исключающее возможность переруба расчетной лесосеки в одной даче за счет другой или других хоздач. В принципе, рассматривая вопрос об использовании расчетной лесосеки в стране, области (республике), надо оперировать не только мерами объема, но и числом (или долей) хоздач с осваиваемой расчетной лесосекой.

4.4. Организация действенного независимого контроля за хозяйственной деятельностью лесхозов и лесничеств (см. п. 4.1.).

4.5. Повсеместная реализация отведенных в рубку лесосек по главному и промежуточному пользованию лесом через открытые (конкурсные) торги. Бесплатно или по пониженным ценам (за счет собственника лесов) определенное количество древесины может отпускаться только в случае чрезвычайных обстоятельств и для социально незащищенных групп населения.

4.6. Возмещение расходов на работы по лесовозобновлению на вырубках лесозаготовителями, т. е. теми, кто этот лес вырубил. К установлению такого порядка обязывает не только здравый смысл, но и ст. 86 принятого в 1992 г. закона «Об охране окружающей природной среды» [1]. Государство должно тратить деньги не на возобновление кем-то уничтоженного леса, а на его разведение на нелесных землях, а также на восстановление лесов, разрушенных стихийными явлениями.

4.7. Незамедлительный отказ от сдачи лесов в так называемую аренду лесозаготовителям-временщикам, не заинтересованным во вложении средств в лесное хозяйство и соблюдении самого принципа постоянства

пользования лесом. Вместо такой псевдоаренды в определенных случаях могут иметь место:

4.7.1. Широкая дифференциация сроков выполнения лесосечных работ в древостоях, проданных в рубку на торгах. В зависимости от площади древостоев эти сроки могут быть растянуты на ряд лет.

4.7.2. Персонифицированные решения о передаче крупных участков леса наиболее мощным и стабильно работающим лесопромышленным структурам (ЦБК, КЛП) в бессрочное возмездное владение по договорам с полномочными представителями собственника лесов. В таких договорах должны предусматриваться жесткие санкции (вплоть до расторжения договоров) в случаях неправомерной деятельности или бездеятельности лесовладельцев.

5. Чтобы осуществить в лесном хозяйстве экономические реформы и связанные с ними изменения в самих управленческих структурах, нельзя обойтись без подготовки и утверждения принципиально нового Лесного кодекса (Лесного устава) России, а также соответствующей ему новой Лесо-устроительной инструкции как первого и второго по значению нормативных документов нашей отрасли. Обойтись без таких новых основополагающих документов отрасль не сможет. Поэтому желательно незамедлительно приступить к их разработке.

6. Несмотря на многолетнее сокращение финансирования, в научно-исследовательских учреждениях отрасли все еще сохранился творческий потенциал. Теперь вклад лесохозяйственной науки в решение современных актуальных задач отрасли может иметь определяющее значение. Важно не отстранять, но подключить к проведению экономических реформ и экономических экспериментов в лесном хозяйстве сохранившиеся НИИ и их опытные хозяйства. Планы НИОКР отраслевых институтов должны в полной мере соответствовать интересам лесного хозяйства. Необходимость таких мер не требует доказательств.

В заключение скажем, что если лесное хозяйство будет оставлено на обочине рыночных отношений и вместо трудного поиска баланса экономических интересов с лесопромышленными структурами лесничества (лесхозы) будут просто подчинены им, впереди Россию ждет не только ухудшение условий среды обитания, но и перерождение самого биологического многообразия доступных для эксплуатации лесов. В перспективе это не может не вызвать кризиса во всем нашем лесном комплексе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Российской Советской Федеративной Социалистической Республики «Об охране окружающей природной среды» // Ведомости Съезда народных депутатов РФ и Верховного Совета РФ. – 1992. – № 10.
2. Концепция реформирования организационной структуры управления лесами // Лесн. Россия. – М.: МПР, 2001. – № 1.

3. *Петров А.П.* и др. Управление лесами в переходной экономике (опыт реформ в России и странах Балтии) / А.П. Петров, А. Мелниш, А. Таляров и др. – Пушкино Моск. обл.: МПР, ВИПКЛХ, 2001. – 160 с.

4. *Фаас В.В.* Результаты бывшего казенного лесного хозяйства к 1914 году. – Петроград: Комиссариат земледелия, 1919.

5. Finnish Statistical Yearbook of Forestry / Finnish Forest Research Institute. – Jyvaskyla, 2000.

СПбНИИЛХ

Поступила 21.03.02

I.V. Shutov

Reforms of Forestry Management in Russia

The concept published by Ministry of Nature of the Russian Federation in September 2001 is considered critically. Own solution of the task to turn Russian forestry into a highly profitable branch is suggested.

**МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ**

УДК 378

Я.Ф. Молнар

Молнар Янош Ференцевич родился в 1937 г., окончил в 1966 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, профессор кафедры менеджмента, директор Института экономики, финансов и бизнеса Архангельского государственного технического университета. Имеет около 60 печатных работ в области менеджмента, экономики и организации лесной промышленности.

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПЛАН КАК ИНСТРУМЕНТ СИСТЕМЫ
МОТИВАЦИИ И АТТЕСТАЦИИ
ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА**

На основе подробного анализа методики разработки и исполнения индивидуальных планов преподавателей рассмотрены возможности их использования в целях мотивации и аттестации преподавателей. Дана методика оценки эффективности работы преподавателей.

Ключевые слова: индивидуальный план, мотивация, аттестация, эффективность работы преподавателей.

Успех любой организации (учебного заведения и его структурных подразделений в том числе) зависит от принятой системы управления. В высших учебных заведениях она пока исключительно консервативна, не в полной мере, неадекватно реагирует на происходящие перемены, рыночные преобразования в стране. Более того, за последние 10 лет любые попытки реформировать высшее образование вузами отвергаются.

В условиях недостаточного финансирования высшей школы, невысокого уровня заработной платы профессорско-преподавательского состава (ППС) вузы в меру своих возможностей и способностей пытаются управлять учебным процессом старыми методами. В известном смысле они предоставлены сами себе и вынуждены действовать в условиях самовывживания.

Но в современных условиях нельзя занимать выжидательную позицию. Необходимо принимать действенные управленческие решения не только для выживания, но и для того, чтобы вузы и их структурные подразделения развивались динамично и стали самодостаточными. Это возможно при наличии необходимых предпосылок для развития учебных подразделений вузов.

Рассмотрим возможности развития на примере факультетов (институтов) в университетах.

Известно, что управление любой организацией предусматривает реализацию следующих функций: планирования, организации работы, мотивации трудовой деятельности, контроля итогов работы, координации работы всех звеньев. С точки зрения целей и задач учебных подразделений наиболее актуальны планирование, мотивация, контроль. Организация работы преподавателей и учебного процесса заслуживает отдельного рассмотрения. Реализация всех функций управления должна иметь всеобъемлющий характер, в том смысле, что должна охватить всех преподавателей и все виды их трудовой деятельности в реальном масштабе времени.

Процесс управления факультетом (институтом) надо начинать с разработки планов кафедр. Далее мы оперируем только текущими годовыми планами. Индивидуальный план работы преподавателя на учебный год должен составляться на основании годового плана учебной, научной и методической работы кафедры. Такая запись существует в «Указаниях по составлению индивидуального плана работы преподавателя». В реальной жизни происходит обратное, т. е. сначала появляются индивидуальные планы работы преподавателей и на их основе составляются годовые планы работы кафедр. Заведующие кафедрами не затрудняют себя разработкой конкретного планового задания каждому преподавателю (кроме учебной нагрузки) в соответствии с насущными задачами, перспективами развития кафедр, надлежащим обеспечением учебного процесса учебно-методической литературой и т. д.

Фактически преподаватели сами определяют себе плановые задания, обобщая и суммируя которые, заведующий кафедрой составляет план работы кафедры. При этом изменения в индивидуальные планы он вносит крайне редко. Такое невнимание к подчиненным и невыполнение заведующим кафедрой своих прямых обязанностей оборачивается тем, что некоторые преподаватели за 5 ... 10 лет не издадут ни одного наименования учебно-методической литературы. Часто учебно-методическая работа ограничивается такими нетрудоемкими мероприятиями, как подготовка к лекциям и практическим занятиям, составление экзаменационных билетов, разработка тематики рефератов и т. д. Не лучше обстоят дела и с остальными разделами индивидуального плана преподавателя в зависимости от занимаемой им должности.

Следовало бы пересмотреть действующие нормы времени и нормативы на отдельные виды работ. Так, неоправданно высокие нормативы (до 200 ч) предусмотрены на выполнение научно-исследовательских работ по госбюджетной тематике. По нашему представлению, конечным результатом любой научно-исследовательской работы по любой тематике (госбюджетной или хоздоговорной) является публикация и внедрение результатов исследований. В зависимости от числа монографий, статей, тезисов и т. д. следует исчислять нормативы времени на выполнение госбюджетных исследований. А никому не нужные, никем не контролируемые отчеты о гос-

бюджетных исследованиях пора вообще отменить. Мы говорим не об отказе от этих исследований, а предлагаем иную форму их представления.

Следует понять истину, что заведующий кафедрой по своему статусу является работодателем для подчиненных, и его первое, может быть самое главное, дело – определить хорошо продуманное, соответствующее квалификации преподавателя плановое задание на учебный год. Только в этом случае индивидуальный план работы может стать действенным инструментом аттестации и мотивации ППС.

После того как каждый преподаватель получает свой четко составленный план работы на учебный год, заведующему кафедрой надлежит осуществлять остальные управленческие функции по организации, мотивации, контролю, координации работы преподавателей.

Необходимость координации плановых заданий преподавателям возникает по разным причинам: из-за недоработанности самого плана, изменения ситуации, кадровых изменений и т. д. Координацию следует проводить решительно и своевременно.

Важной функцией управления является мотивация трудовой деятельности всех участников учебного процесса, но особенно ключевых сотрудников факультетов (институтов), какими являются заведующие кафедрами. Сегодня у них нет заинтересованности в разработке напряженных плановых заданий для преподавателей из-за отсутствия надлежащей системы мотивации труда. Так, за исполнение обязанностей заведующему кафедрой государство платит 20 % к должностному окладу. Это примерно 400 р. в месяц в зависимости от наличия ученой степени кандидата или доктора наук, что равносильно оплате за 2-3 ч работы преподавателя-почасовика соответствующей квалификации. Это, конечно, не может восприниматься как компенсация требуемых от заведующего кафедрой усилий по руководству кафедрой. Возникает вопрос: где взять деньги для полноценной мотивации труда заведующих кафедрами и преподавателей? Ответ прост и однозначен: их надо заработать.

Факультеты (институты), не имеющие достаточных средств для целей мотивации, должны заработать их путем улучшения своей работы, выдвинуться в число престижных и привлекательных для клиентов учебных подразделений с тем, чтобы, оказывая образовательные и другие услуги, заработать деньги, недостающие для мотивации деятельности своих сотрудников.

Самодостаточные факультеты, имеющие необходимые средства для развития, в состоянии создать систему мотивации, предусматривающую вознаграждение работников не за принадлежность к преуспевающему учебному подразделению, а за конкретные, выше средних, результаты работы.

В целях реальной и непрерывной мотивации труда преподавателей, руководителей всех структурных подразделений следовало бы, не исключая возможности избираться (переизбираться) на 5-летний срок, заключать контракт на работу со всеми без исключения только на 1 год. Такая мера весьма серьезно изменила бы ситуацию с планированием, выполнением, подведе-

нием итогов работы преподавателей за учебный год. Основанием для принятия решения о продлении контракта с конкретным лицом должно служить исполнение или неисполнение индивидуального плана работы преподавателя за очередной учебный год, отчет должностных лиц о своей работе. По сути дела такой порядок оценки работы преподавателя, руководителя структурных подразделений может рассматриваться как их аттестация, которая будет носить не эпизодический, а непрерывный характер и ориентировать на ритмичную и эффективную работу на протяжении всего учебного года, всего срока работы на факультете (в институте).

Серьезной проблемой в вузе остается оценка эффективности работы ППС. Общеизвестна ее зависимость от многих факторов (квалификация, стаж работы, условия труда, отношение к работе, характер и объем выполняемой работы и т. д.). Исследовать совокупное влияние всех факторов на эффективность работы ППС крайне сложно. Но тем не менее очевидно, что вклад преподавателей в общий результат работы факультета (института) существенно различается.

Приходится выделять лучших, обращать внимание на отстающих, оценивать достижения одних и упущения других преподавателей.

Эффективность работы ППС в наибольшей степени зависит, наряду с другими, от двух основных факторов: уровня квалификации и объема выполняемой работы. Оба показателя могут быть выражены количественно, т. е. их можно измерить.

Уровень квалификации ППС в вузе определяется в первом приближении присвоенным разрядом от 9 до 18. Объем выполняемой работы измеряется в часах. Естественно, что от соотношения этих двух величин зависит, кто и какое место занимает в иерархии достижений ППС.

Соотношение уровня квалификации и объема выполненной работы предлагаем представить в форме следующей матрицы эффективности работ ППС.

		Уровень квалификации		
		Высокий	Средний	Низкий
Объем выполненной работы	Максимальный	1	3	6
	Средний	2	5	8
	Минимальный	4	7	9

Как видно из матрицы, нами выделены три уровня квалификации: высокий, средний и низкий. Высокому уровню соответствуют тарифные разряды 16 и 17, среднему – 13 ... 15, низкому – 9 ... 12. Не исключена и другая градация разрядов.

Объем выполненных работ по логике вещей должен сопоставляться с нормативной нагрузкой преподавателя на учебный год, равной 1440 ч. Средний объем работ равен этой цифре, максимальный выше, минимальный ниже ее.

Все оцениваемые преподаватели по уровню достижений за отчетный период (учебный год) делятся на три категории: высшая – квадраты 1, 2 и 3; средняя – 4, 5 и 6; низкая – 7, 8 и 9. Это означает, что шанс попасть в высшую категорию имеют преподаватели, обладающие высоким или средним уровнем квалификации. При этом первое место может занять преподаватель, имеющий максимальный объем работ при высоком уровне квалификации, второе – преподаватель высшей квалификации при среднем объеме выполненных работ, третье – преподаватель средней квалификации при максимальном объеме выполненных работ.

Поскольку для каждого уровня квалификации (высший, средний, низкий) характерно наличие нескольких тарифных разрядов, в целях дифференциации результатов деятельности преподавателей рекомендуется исчислять интегральный показатель работ преподавателей (I_p), определяемый как произведение объема выполненной работы (V_p , ч)* на присвоенный преподавателю разряд (P) по формуле

$$I_p = 10^{-3} V_p P.$$

Таким образом, преподаватели даже одного и того же разряда будут иметь разные показатели работы.

Интегральный показатель выгодно отличается от всех применяемых на практике объемных показателей работы и предполагает более справедливое вознаграждение преподавателей с учетом их квалификации.

Матрица со всей очевидностью показывает, какие усилия и в каком направлении должны предпринимать преподаватели для перехода из одной категории достижений в другую, и позволяет объективно ранжировать их по двум важнейшим критериям преподавательской работы.

При осуществлении заведующими кафедрами контрольных функций в неполном объеме или их отсутствии подведение итогов работы преподавателями за учебный год лишено всякого смысла, так как обычно графу индивидуального плана «Отметка о выполнении» они заполняют одним словом «выполнено».

Таким образом, функция контроля, состоящая в постоянном сравнении того, что есть, с тем, что должно быть, в полном объеме не выполняется ни заведующими кафедрами, ни должностными лицами, стоящими над ни-

* Фактический объем работы, выраженной в часах, берется из отчетных данных по выполнению индивидуального плана за учебный год.

ми. Поэтому нет оснований говорить об эффективной системе управления учебными подразделениями университета и о настоящей мотивации и аттестации преподавателей.

В данной публикации, естественно, не все бесспорно. Тем не менее поднятая в статье проблема совершенствования системы управления учебными подразделениями, безусловно, нуждается в приведении ее в соответствие с требованиями рыночных преобразований в образовательной сфере.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 04.09.02

Ya.F. Molnar

**Individual Plan as Tool of Motivation System and Professor-and
Teachers Evaluation**

The possibilities of using teachers' individual plans as a tool of their motivation and evaluation based on the detailed analysis of the technique of development and realization of individual plans are considered. The technique of evaluating the teacher's work efficiency is provided.



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 674.047.45

В.И. Мелехов, А.В. Волков

Мелехов Владимир Иванович родился в 1939 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой древесиноведения и тепловой обработки древесины Архангельского государственного технического университета, академии РАЕН и АПК РФ. Имеет более 200 работ по проблемам древесиноведения, технологии обработки древесины, ресурсосбережения и рационального использования древесины.



Волков Алексей Владимирович родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры древесиноведения и тепловой обработки древесины. Имеет около 10 научных статей по проблемам ресурсосбережения и технологии обработки древесины.

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ
В ЛЕСОСУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ**

Представлены результаты экспериментального исследования теплоотдачи свободной конвекцией однорядных пучков биметаллических оребренных труб.

Ключевые слова: лесосушильные камеры, качество сушки, сушка пиломатериалов, свободная конвекция, оребренная труба, калорифер.

Качество сушки пиломатериалов во многом определяется равномерностью подвода агента сушки к поверхности материала по всему объему сушильного штабеля и созданием стабильного теплового поля потока. Однако, как было установлено в результате проведенных наблюдений и анализа качества сушки в лесосушильных камерах периодического действия, влажность пиломатериалов неодинакова по объему сушильного штабеля. Это объясняется недостатками аэродинамических параметров сушильной камеры (неравномерный подвод агента сушки к пиломатериалам) и, как следствие, снижением потенциала испарения и удаления влаги на отдельных участках штабеля, что вызывает неравномерность высушивания пиломатериалов по длине и снижает качество сушки.

Для устранения этих недостатков предложено воздействовать на отдельные участки теплового поля агента сушки на входе в штабель высокоэффективными промежуточными калориферами на основе биметаллических труб со спиральными накатными алюминиевыми ребрами (БРТ) [5], которые находят все большее применение в теплообменных устройствах лесосушильных камер [6–9].

Таким образом, при невозможности обеспечить квази подвод агента сушки необходимо скорректировать его энергетические параметры с помощью локального нагрева [4]. Основными требованиями, предъявляемыми к калориферам лесосушильных камер, являются: тепловая мощность, достаточная для поддержания в камере температуры, требуемой по режиму сушки; минимальное аэродинамическое сопротивление потоку агента сушки при наибольшем съеме тепла и равномерной его подаче в сушильное пространство камеры; возможность плавного и надежного регулирования количества передаваемого тепла; коррозионная стойкость к агрессивной среде в лесосушильных камерах и др.

Задачей исследования является изучение свободно-конвективного теплообмена однорядных пучков с горизонтальным и вертикальным расположением оребренных биметаллических труб в неограниченном объеме воздуха.

Объект исследования стандартизированные БРТ, имеющие следующие геометрические параметры [1–3]: $d \times d_0 \times h \times s \times \Delta \times l = 70,1 \times 40,7 \times 14,7 \times 3,0 \times 0,7 \times 400$ мм (ранее они не были исследованы). Коэффициент оребрения труб $\phi = 14,5$. Алюминиевые спиральные ребра накатаны на стальной трубе наружного диаметра $d_n = 38$ мм и толщиной стенки $\delta = 2$ мм. Поперечный шаг разбивки труб в решетках пучков составлял $S = 72; 76; 82; 88; 100; 120; 150$ мм, которому соответствовал относительный шаг разбивки труб $\sigma = S/d = 1,027; 1,084; 1,170; 1,255; 1,427; 1,712; 2,140$.

Исследование проводили методом полного теплового моделирования с электрическим обогревом всех труб пучка [1, 3]. Центральная труба в каждом ряду служила калориметром, на котором проводили все измерения. Подробное описание установки, методики проведения опытов и обработки данных приведены в [2]. Диапазон изменения основных параметров: $Ra = (45 \dots 1250) \cdot 10^3$; $t_{ct} = 32 \dots 219$ °C; $t_0 = 20 \dots 27$ °C. Тепловой поток излучением определяли опытно-расчетным путем [2]. Теплоотдача излучением составляла 23 ... 45 % [43 ... 55 %] для пучков с горизонтальным [вертикальным] расположением оребренных труб от общего теплового потока; далее приводятся данные только по конвективной теплоотдаче. Результаты опытов обрабатывали и представляли в числах подобия Нуссельта и Релея: $Nu = \alpha_k d_0 / \lambda$; $Ra = Gr \cdot Pr = g \beta d_0^3 Pr (t_{ct} - t_0) / \nu^2$ (где за линейный размер принят диаметр трубы у основания ребер $d_0 = d - 2h$; t_0 – температура окружающего воздуха; t_{ct} – температура трубы у основания ребер). Теплофизические свойства воздуха (λ , ν , β) и число Прандтля Pr находили по температуре t_0 .

Коэффициенты	Значения коэффициентов при различных S , мм						
	72	76	82	88	100	120	150
А	<u>1,879</u>	<u>1,996</u>	<u>1,754</u>	<u>1,695</u>	<u>1,596</u>	<u>1,466</u>	<u>1,438</u>
	0,510	0,629	0,614	0,639	0,677	0,703	0,735
В	<u>8,37</u>	<u>8,67</u>	<u>7,37</u>	<u>7,09</u>	<u>6,83</u>	<u>6,35</u>	<u>6,24</u>
	2,27	2,84	2,62	2,71	2,90	3,02	3,25

Примечание. В числителе приведены данные для горизонтально расположенных оребренных труб, в знаменателе – для вертикально расположенных труб.

Абсолютные значения среднего коэффициента теплоотдачи конвекцией укладывались в интервал $\alpha_k = 0,52 \dots 2,20$ [0,20 ... 0,81] Вт/(м²·К) для пучка с горизонтальным [вертикальным] расположением оребренных труб.

Относительная среднеквадратичная погрешность полученных значений α_k , Nu и Ra не превышала соответственно 4,1 [8,6]; 4,2 [8,7] и 1,8 [1,5] %.

Опытные зависимости для конвективной теплоотдачи однорядных пучков с отклонением, не превышающим ± 4 %, аппроксимированы уравнениями

$$Nu = A \cdot \lg Ra - B, \quad (1)$$

где A и B – некоторые постоянные коэффициенты, приведенные в таблице.

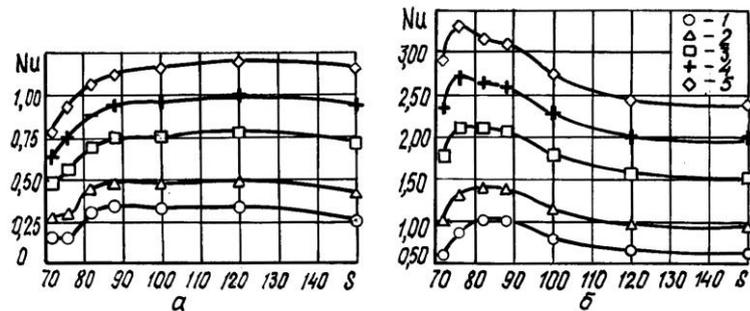
В результате проведенного эксперимента установлено, что несмотря на геометрическое и тепловое подобие теплоотдача исследованных однорядных пучков различна и имеет сложную зависимость от числа Ra и шага труб, что не позволяет обобщить их уравнением вида $Nu = C \cdot Ra^n$ без введения дополнительных симплексов, учитывающих влияние указанных факторов. Это является принципиальным отличием теплоотдачи в таких пучках по сравнению с теплоотдачей их в условиях принудительной конвекции.

Однорядные пучки с горизонтальным расположением оребренных труб

Анализ кривых показывает, что теплоотдача с увеличением поперечного шага в диапазоне $S = 72 \dots 76(82)$ мм резко повышается, достигая максимума Nu для $S = 82$ мм ($\sigma = 1,170$) в интервале $Ra = (0,6 \dots 2,5) \cdot 10^5$ и для $S = 76$ мм ($\sigma = 1,084$) в интервале $Ra = (2,5 \dots 12,5) \cdot 10^5$, так как существенно увеличивается относительная площадь проходного сечения и возрастает скорость потока воздуха. При дальнейшем увеличении шага $S = 76(82) \dots 150$ мм теплоотдача монотонно снижается вследствие уменьшения взаимодействия пограничных слоев соседних труб, стремясь в пределе к теплоотдаче одиночной оребренной трубы. При всех шагах труб и во всем диапазоне чисел Ra пучки имеют на 15 ... 90 % более высокую теплоотдачу по сравнению с одиночной оребренной трубой.

Однорядные пучки с вертикальным расположением оребренных труб

Как следует из приведенных на рисунке кривых, теплоотдача с увеличением шага труб в пучке непрерывно повышается в диапазоне



Влияние поперечного шага труб на теплоотдачу однорядного пучка с горизонтальным (а) и вертикальным (б) расположением ребренных труб при различных значениях числа Ra: 1 – $0,6 \cdot 10^5$; 2 – $1,0 \cdot 10^5$; 3 – $2,5 \cdot 10^5$; 4 – $5,0 \cdot 10^5$; 5 – $10,0 \cdot 10^5$

$S = 72 \dots 120$ мм, так как существенно увеличивается относительная площадь проходного сечения и возрастает скорость потока воздуха. В диапазоне шагов $S = 72 \dots 88$ мм теплоотдача увеличивается достаточно быстро, кроме $S = 72 \dots 76$ мм при $Ra < 1,0 \cdot 10^5$; в диапазоне $S = 88 \dots 120$ мм рост замедляется, достигая максимума при $S = 120$ мм ($\sigma = 1,714$). При дальнейшем увеличении шага до $S = 120 \dots 150$ мм теплоотдача снижается вследствие уменьшения взаимодействия пограничных слоев соседних труб, стремясь в пределе достигнуть значения теплоотдачи одиночной вертикальной биметаллической трубы.

Таким образом, в ходе исследований установлены основные параметры для конструирования высокоэффективных промежуточных калориферов из биметаллических ребренных труб; впервые получены расчетные критериальные уравнения для свободноконвективной теплоотдачи однорядных пучков ребренных труб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков А.В. Исследование свободноконвективного теплообмена однорядных пучков с вертикальным расположением ребренных труб // Повышение эффективности теплообменных процессов и систем: Материалы III Международной научно-технической конференции. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – С. 37–41.
2. Волков А.В., Рыжков В.В. Свободноконвективный теплообмен ребренной трубы аппарата воздушного охлаждения вязких продуктов // Совершенствование энергетических систем и технологического оборудования: Сб. науч. тр. / АГТУ. – Архангельск, 2002. – С. 53–62.
3. Волков А.В. Свободноконвективный теплообмен горизонтальных однорядных калориферов для лесосушильных камер // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. науч. тр. / БГИТА. – Брянск, 2002. – Вып. 6. – С. 110–112.
4. Кречетов И.В. Сушка древесины. – 4-е изд., перераб. и доп. – М., 1997. – 496 с.

5. Кунтыш В.Б., Кузнецов Н.М. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения. – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 280 с.

6. Мелехов В.И., Богданов Е.С., Кунтыш В.Б. Основные направления повышения энергетической эффективности и эксплуатационной надежности калориферов лесосушильных камер // Лесн. журн. – 1983. – № 6. – С. 77–81. – (Изв. высш. учеб. заведений).

7. Расчет, проектирование и реконструкция лесосушильных камер / Под ред. Е.С. Богданова. – М.: Экология, 1993. – 352 с.

8. Справочник по сушке древесины / Под ред. Е.С. Богданова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 304 с.

9. Теплообмен и аэродинамическое сопротивление однорядных биметаллических калориферов для лесосушильных камер / В.Б. Кунтыш, В.И. Мелехов, Е.С. Богданов и др. // Деревообаб. пром-сть. – 1985. – № 9. – С. 7–9.

Архангельский государственный
технический университет

V.I. Melekhov, A.V. Volkov

Upgrading Quality of Sawn Timber Drying in Drying Kilns of Periodic Operation

Results of experimental research of heat transfer by free convection of single-row beams of bimetallic finned tubes are presented.



УДК 620.9:630*3

В.Г. Лисиенко, А.В. Мехренцев, Ю.А. Ширнин

Лисиенко Владимир Георгиевич родился в 1933 г., окончил в 1956 г. Уральский политехнический институт им. С.М. Кирова, доктор технических наук, профессор, действительный член Академии инженерных наук и Международной энергетической академии, Союза научных и инженерных обществ, вице-президент Академии инженерных наук РФ, президент Регионального уральского отделения АИН РФ, заслуженный деятель науки и техники РФ, заведующий кафедрой автоматизации и управления в технических системах Уральского государственного технического университета. Имеет 600 печатных трудов в области математического моделирования, управления и совершенствования высокотемпературных энерготехнологических процессов, энергосбережения и экологии.



Мехренцев Андрей Вениаминович родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет более 50 печатных трудов в области разработки оборудования и технологических процессов лесозаготовок.



Ширнин Юрий Александрович родился в 1946 г., окончил в 1973 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленных производств Марийского государственного технического университета. Имеет 160 печатных работ в области технологии и оборудования лесопромышленных производств.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИИ

Предложен энергетический метод анализа технологических процессов лесозаготовки. Приведены математические модели энергетической структуры. Дана граф-схема технологического процесса лесозаготовок.

Ключевые слова: лесовосстановление, лесосечные работы, топливно-энергетические ресурсы, произведенные энергоносители, энергетическая структура.

Глобальные и локальные техногенные воздействия на окружающую среду напрямую связаны с эффективностью использования энергии в технологических процессах. Особое значение эта проблема приобретает в отраслях, использующих природное сырье для получения потребительских товаров.

Одна из них – лесное хозяйство, важнейшей целью которого является создание высокопродуктивных насаждений. При этом выполняется весь

комплекс мероприятий, направленный как на сокращение возраста главных рубок, так и на воспроизводство лесной среды. В результате ведения лесного хозяйства должна сохраняться одна из важнейших экологических функций леса, связанная с формированием фитомассы, обеспечивающей накопление (депонирование) из окружающей среды углерода и выделение кислорода.

Таким образом, весь биологический цикл жизнедеятельности дерева под воздействием человека сопровождается определенными затратами различных видов энергии, направленными на ускорение процесса созревания древесины, а также на получение древесных материалов, продажа которых обеспечила бы компенсацию затрат.

В связи с постоянным ростом цен на энергетические ресурсы, дефицитом топлива и необходимостью выбора вариантов его замены существенное значение приобретает один из основных показателей любого технологического процесса – энергоёмкость.

Развитие методов анализа энергопотребления сопровождается формированием необходимых определений и терминов*.

Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) – совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых доступна для использования в хозяйственной деятельности.

Произведенный энергоноситель – энергоноситель, полученный как продукт технологического процесса. Им может быть любая продукция конкретного технологического процесса.

Топливо-энергетический баланс – система показателей, отражающая полное количественное соотношение между приходом и расходом энергии за выбранный интервал времени.

Показатель энергетической эффективности – абсолютное, удельное или относительное потребление или потери энергетических ресурсов для продукции или технологического процесса.

Энергоёмкость производства продукции – потребление энергии на основные и вспомогательные технологические процессы.

Возможность значительного повышения интегрального показателя использования ТЭР заключается в экономии конечной энергии, зависящей от улучшения качества и надежности продукции, совершенствования и создания новых технологий, изменения структуры производственных процессов, снижения материалоемкости и потерь энергии, увеличения использования вторичных энергетических ресурсов. Поэтому во многих случаях использование для анализа энергопотребления в технологических процессах существующих схем тепловых энергетических балансов не позволяет выйти на определение показателя использования ТЭР на данную конечную про-

* Лисиенко, В.Г. Энергетический анализ. Методика и базовое информационное обеспечение – Екатеринбург: УГТУ, 2001. – 100 с.

дукцию. В этом смысле методика расчета технологических топливных чисел (ТТЧ) имеет ряд существенных особенностей, позволяющих достаточно объективно проводить энергетический анализ или анализ эффективности использования энергии в технологическом процессе.

Технологическое топливное число – это затраты всех видов энергии в данном и во всех предшествующих переделах технологического процесса, пересчитанных на необходимое для их получения топливо за вычетом вторичных энергоресурсов (ВЭР). Для удобства и наглядности ТТЧ представляются в единицах условного топлива (см. таблицу).

Составляющие ТТЧ определяют и рассчитывают, приводя все формы энергопотребления к этому единому показателю. Прежде чем перейти к описанию составляющих ТТЧ в лесной отрасли, остановимся на характеристике особенностей лесных природных ресурсов.

Вид энергии	Эквивалент для перевода			в условное топливо, кг
	в электроэнергию, кВт·ч	в тепловую энергию		
		ккал	ГДж	
Электроэнергия, кВт·ч	1	860	3,610	0,123
Тепловая энергия:				
ккал	$1,163 \cdot 10^3$	1	$4,19 \cdot 10^6$	$143 \cdot 10^6$
ГДж	$0,278 \cdot 10^3$	$0,239 \cdot 10^6$	1	34
Условное топливо, кг	8,141	7000	$29,33 \cdot 10^3$	1

Лесные ресурсы – это запасы древесных и недревесных продуктов леса, которые можно получить на землях лесного фонда. В отличие от нефти, газа и других ресурсов земли лес является самовосстанавливающейся природной системой. Все многообразие его полезных свойств можно подразделить на три группы: сырьевую, экологическую и социальную. Сырьевое значение леса состоит в следующем. Древесина – это конструкционный материал для изготовления различных продуктов с разным сроком эксплуатации, это также и сложное энергохимическое сырье. Смолистые вещества, листва, хвоя, хвойная и лиственная кора представляют собой многофункциональное техническое сырье. Пищевое лесное сырье – дикорастущие плоды, ягоды, орехи, грибы, соки и другие продукты. Лес является также источником кормовых ресурсов, лекарственного сырья, лесной дичи. Из всего многообразия сырьевых продуктов леса наибольшее значение для мирового хозяйства имеет пока древесина, из которой может быть получено более 20 тыс. различных видов товарной продукции. Экологическое значение леса принято рассматривать по нескольким направлениям. Одно из них – функция сохранения состава атмосферного воздуха, которую лес выполняет в процессе фотосинтеза, потребляя углекислый газ и продуцируя кислород под влиянием солнечного света и при наличии воды в тканях листьев и хвои (ежегодно леса мира выделяют около 55 млрд т кислорода, что особенно важно для крупных промышленных центров); это также почвозащитная, водоохранная, водо- и климаторегулирующая функции. Социальное значение

леса заключается в создании природных условий, благоприятных для обитания человека.

В отличие от прочих природных ресурсов леса в процессе развития находятся под постоянным действием разнообразных благоприятных и неблагоприятных факторов. К их числу относится массивированное техногенное и антропогенное воздействие, влияние вредителей, пожаров. В этих условиях особое значение приобретает участие человека в уходе за лесами, формировании высокопродуктивных насаждений, соответствующих условиям их местопроизрастания, восстановлении разнообразных функций леса.

В процессе роста деревьев происходит депонирование углерода как химического элемента-аккумулятора энергии. Использование человеком древесины как сырья включает в себя: производство различного рода топлива (дрова, щепа, брикеты, газ), деревянных и плитных заготовок для изготовления мебели, строительных конструкций и пр., продукции химической переработки древесины (ЦБП и пр.). Срок службы продукции этих производств определяется скоростью окислительных процессов, т. е. взаимодействия депонированного в древесине углерода с кислородом воздуха. Запас биологической энергии созревшего дерева, распределенный в произведенной древесной продукции, можно оценить путем «сжигания в термостате» единичного объема биомассы дерева. Если рост дерева сопровождался комплексом лесохозяйственных мероприятий, то затраты энергии на их выполнение должны быть интегрированы в общий энергетический потенциал спелого дерева. Таким образом, с точки зрения форм энергопотребления, лес как источник биологической массы, удовлетворяющей различные потребности человека, является весьма специфическим природным ресурсом.

Энергия в технологическом процессе лесозаготовки аккумулируется в следующих формах.

1. Первичная энергия (\mathcal{E}_1) представляет химическую энергию древесины на момент ее созревания или на момент рубок главного пользования с учетом суммарных затрат энергии на проведение комплекса работ, связанных с уходом в процессе роста дерева:

$$\mathcal{E}_1 = \sum_{i=1}^n \dot{\mathcal{O}} \dot{\mathcal{O}}_{\delta \cdot \dot{a} i} \Phi_{\delta \cdot \dot{a} i};$$

$$\dot{\mathcal{O}} \dot{\mathcal{O}}_{\delta \cdot \dot{a} i} = Q_{\dot{a} \dot{e} i} + \sum_{j=1}^m \dot{\mathcal{O}} \dot{\mathcal{O}}_{\dot{e} \delta j},$$

где $ТТЧ_{р,д i}$ – технологическое топливное число i -го растущего дерева на момент его созревания (проведения рубок), кг у. т./м³;

$\Phi_{р,д i}$ – удельное содержание биомассы в растущем дереве, м³;

$Q_{био}$ – теплота сгорания биомассы дерева, кг у. т./м³;

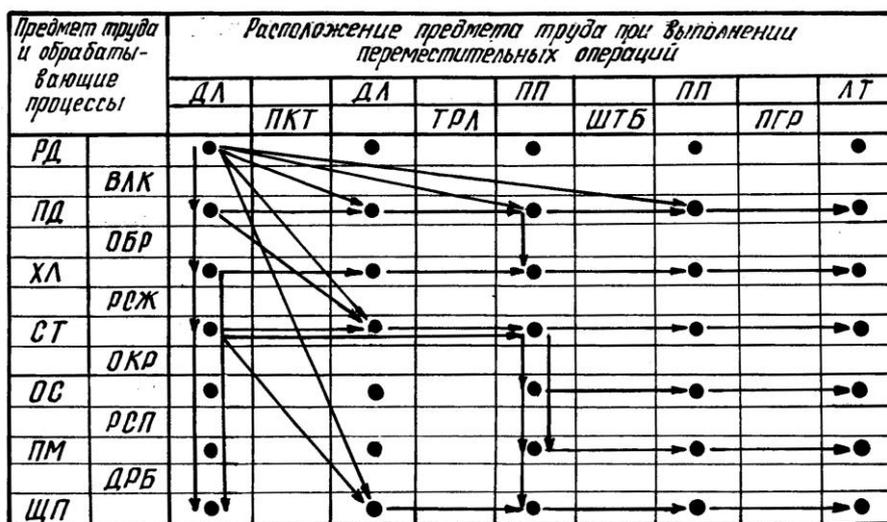
$ТТЧ_{лх j}$ – технологическое топливное число j -го приема лесохозяйственных мероприятий на этапе формирования древостоев, кг у. т./м³.

Таким образом, кроме запаса тепловой энергии, накапливаемого в процессе естественного роста дерева, первичная энергия учитывает все за-

траты, связанные с выполнением комплекса лесохозяйственных мероприятий.

Первичная энергия по существу может стать объективным критерием для определения начальной стоимости спелых древостоев, в которых начинается технологический процесс рубок главного пользования.

2. Энергия произведенных энергоносителей (E_2) представляет собой энергетические затраты, связанные с выполнением лесосечных работ. В энергетике они называются отпущенной энергией. В технологическом процессе лесосечных работ E_2 формируется из энергозатрат, связанных с работой энергетических установок систем машин, оборудования и механизированных инструментов. Технологический процесс начинается с валки деревьев и заканчивается отгрузкой на лесовозный транспорт продукции в виде деревьев, хлыстов, сортиментов, пиломатериалов или щепы. Возможные варианты технологий лесосечных работ представлены в виде



Граф-схема технологического процесса лесозаготовок: РД – растущее дерево; ВЛК – валка; ПД – поваленное дерево; ОБР – обрезка сучьев; ХЛ – хлыст; РСЖ – раскряжевка; СТ – сортимент; ОКР – окорка; ОС – окоренный сортимент; РСП – продольная распиловка; ПМ – пиломатериал; ДРБ – дробление; ЩП – щепа; ДЛ – делянка; ПП – погрузочный пункт; ЛТ – лесовозный транспорт; ПКТ – пакетирование; ТРА – трелевка; ШТБ – штабелевка; ПГР – погрузка

граф-схемы (см. рисунок). Энергия произведенных энергоносителей определяется по формуле

$$Y_2 = \sum_{g=1}^k \Delta \Delta \times_g \varphi_g ,$$

где $ТТЧ_g$ – технологическое топливное число g -й операции технологического процесса, кг у. т./м³;

ϕ_g – удельное производство продукции при выполнении g -й операции, м³.

3. Скрытая энергия (\mathcal{E}_3) – это энергия, овеществленная в технологических машинах, оборудовании и инструментах. К ней относят энергозатраты на выполнение подготовительных, вспомогательных работ, ремонта и обслуживания техники. Косвенная оценка затрат скрытой энергии может быть выполнена по стоимостной оценке оборудования, а также с использованием сложившихся стоимостных нормативов на проведение работ по ремонту и обслуживанию техники. К категории скрытой энергии можно отнести и затраты человеческого труда на выполнение технологического процесса лесосечных работ. Технологическое топливное число применяемого оборудования ($ТТЧ_{\text{маш}}$, кг у. т./м³) может быть определено по формуле

$$\dot{O}\dot{O}_{\text{и}\ddot{a}\phi} = \frac{C_{\text{и}\ddot{a}\phi}^{\dot{a}}}{\ddot{O}_{\text{о.д}} V_{\text{и}\ddot{a}\phi}},$$

где $C_{\text{и}\ddot{a}\phi}^{\dot{a}}$ – балансовая стоимость машины с учетом амортизации, р.;

$C_{\text{у.т}}$ – нормативная цена 1 кг условного топлива, р.;

$V_{\text{маш}}$ – объем работ, выполняемый машиной за срок службы, м³.

$$\dot{Y}_3 = \sum_{g=1}^k \dot{O}\dot{O}_{\text{и}\ddot{a}\phi} \phi_g.$$

4. Энергия вторичных ресурсов (\mathcal{E}_4) представляет собой энергию, которую можно рекуперировать в технологический процесс лесосечных работ за счет использования вторичных энергоресурсов, таких, например, как порубочные остатки. Энергетический запас, которым характеризуются порубочные остатки, может быть направлен на воспроизводство первичной энергии, выделяемой при их перегнивании на лесосеке и возмещении потерь питательных веществ в результате лесосечных работ. Кроме того, порубочные остатки можно рассматривать как энергетический ресурс для смежных производств (деревообработка, лесохимические производства, электроэнергетика).

$$\mathcal{E}_4 = \mathcal{E}_{\text{теп}} + \mathcal{E}_{\text{хим}},$$

где $\mathcal{E}_{\text{теп}}$, $\mathcal{E}_{\text{хим}}$ – соответственно тепловая и химическая энергия, которая может быть получена из отходов лесозаготовок.

Рассмотренная энергетическая структура технологического процесса лесозаготовки с учетом определения технологических топливных чисел позволяет выполнить сквозной расчет энергозатрат на всех фазах технологического процесса производства готовой продукции, рассчитать оптимальные варианты технологии получения готового продукта, учесть энергозатраты на формирование продуктивных древостоев, оценить реальную стоимость древесины как уникального природного ресурса.

Уральский государственный
технический университет

Уральский государственный

лесотехнический университет

Марийский государственный
технический университет

V.G. Lisienko, A.V. Mekhrentsev, Yu.A. Shirnin

Energy Analysis of Forest Exploitation Processing

Energy analysis method of forest exploitation processing is suggested. Mathematical models of energy structure are given. Flowgraph of forest harvesting processing is provided.



УДК 674. 093:674.038.16:691.11

А.Д. Голяков, О.А. Лисицына

Голяков Александр Дмитриевич родился в 1939 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 печатных трудов в области механической технологии древесины и изучения показателей механических свойств пиломатериалов.



Лисицына Ольга Александровна родилась в 1973 г., окончила в 1996 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры лесопильно-строгальных производств АГТУ. Имеет 3 научные статьи в области технологии деревообработки.



ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ СВОЙСТВ СОСНОВЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

В ходе дисперсионного анализа установлено, что показатели конструкционных свойств сосновых пиломатериалов, выпиливаемых из различных зон комлевых и срединных бревен больших диаметров, зависят как от места доски в поставе, так и от места вырезки бревна из хлыста.

Ключевые слова: пиломатериалы, механические свойства, конструкционная ценность, модуль упругости.

Известно, что значительная часть пиломатериалов используется в качестве конструкционных в строительстве. В настоящее время в Европе разработаны нормативы и существуют сортировочные устройства для разделения пиломатериалов по конструкционной ценности [1, 7–10]. Как известно [2, 5], модуль упругости пиломатериалов хорошо коррелирует с большинством показателей их механических свойств и поэтому может служить характеристикой конструкционной ценности.

Мы исследовали сосновые пиломатериалы (доски) на малом лесопильном предприятии. С помощью лабораторной установки на этом предприятии определяли модуль упругости досок при их поперечном изгибе E_y .

Величину прогибов, характеризующих жесткость досок в отдельных сечениях, определяли на пролете 440 мм при постоянной изгибающей силе в интервалах ее изменения: 862 Н – для сечения 22 × 100 мм и 1293 Н – для сечения 22 × 150 мм в период разгрузки со скоростью 0,825 мм/с. Фактическая влажность пиломатериалов $W = 12 \dots 14 \%$. Модуль упругости вычисляли по фактическому размеру сечений и приводили к E_y пиломатериалов

сечением 22×100 мм с одинаковой влажностью $W = 12\%$ в соответствии с рекомендациями В.Н. Волынского [2].

Доски выпиливали на лесопильных рамах из бревен диаметрами 22 ... 30 см, получаемых из комлевой или срединной части хлыстов. Выпиловку досок одной толщины (22 мм) вели брусом-развальным способом при номинальной толщине бруса 100 и 150 мм. Пиломатериалы не имели явной гнили, трещин и обзола.

В пределах доски длиной 6,0 м испытанию подвергали сечения на расстоянии 0,5; 3,0 и 5,5 м от комлевого торца. Дополнительно изучены наиболее ослабленные пороками сечения (по визуальной оценке).

Для обработки результатов использовали дисперсионный анализ. Исследовали общую дисперсию распределения модуля упругости сечений; рассеивание среднего и минимального модулей упругости досок, выпиленных из комлевых и некомлевых бревен; рассеивание модулей упругости досок, выпиленных из определенной зоны хлыста, в том числе из комлевых бревен разной длины.

На основании результатов исследования выборок сделаны следующие выводы.

Распределение модуля упругости E_y во всех выборках подчиняется закону нормального распределения (рис. 1).

Рассеивание модуля упругости с вероятностью 0,95 характеризуется диапазоном 4,81 ... 8,85 при среднем значении $E_y = 6,83$ ГПа (рис. 1, кривая 1), т. е. механические показатели различаются в пределах 84,0 %, относительно среднего значения – на 29,6 %. Фактическое рассеивание E_y имеет асимметрию ($A/m_a = 1,24$), наблюдается небольшой эксцесс ($E/m_e = -0,25$) (m_a и m_e – ошибка асимметрии A и эксцесса E).

Кривые 2 и 3 показывают распределение среднего модуля упругости досок, который может характеризовать пиломатериалы, выпиленные из комлевых и срединных бревен диаметром 22 см, при их групповом использовании (например в клееной несущей конструкции).

Из рис. 1 следует, что доски из комлевых бревен имеют более высокие показатели механических свойств. Различие средних арифметических значений модуля упругости в выборках (6,46 и 7,63 ГПа) составляет 1,17 ГПа, т.е. 18,1 % и достоверно с вероятностью более 0,99. Различие минимальных значений в выборках составило 0,15 ГПа. Это значительно



Рис. 1. Распределение модуля упругости пиломатериалов, выпиленных из бревен номинальным диаметром 22 см: 1 – модуль упругости отдельных сечений пиломатериалов; 2 – средний модуль упругости досок, выпиленных из некомлевых бревен; 3 – то же из комлевых

Рис. 2. Распределение модуля упругости пиломатериалов, выпиленных из срединных бревен диаметром 22 см (1) и комлевых диаметром 26...28 см (2)



меньше, чем средних, что связано с большей дисперсией механических свойств пиломатериалов, выпиленных из комлевых бревен.

Для срединных бревен с учетом сбега $s_{\text{ср}} = 0,85$ комлевыми (условно парными) являются бревна диаметром 26 ... 28 см. Сравнение среднего модуля упругости пиломатериалов, выпиленных из некомлевых и комлевых бревен, в выборках 6,67 (без учета сердцевинной доски) и 8,58 ГПа (рис. 2) показало, что пиломатериалы, выпиленные из комлевых бревен диаметром 26 ... 28 см (по номиналу), имеют значительно более высокие механические показатели, чем выпиленные из парных им срединных бревен (разница составила 29 %).

Если сравнивать по модулю упругости доски, выпиленные из комлевых бревен разных диаметров, то можно отметить повышение их механических показателей с увеличением диаметров бревен от 22 до 30 см (рис. 3). То же наблюдается в отношении минимальных показателей досок (худшие сечения). Все выборки подчиняются закону нормального распределения, ошибки среднего арифметического не превышали 6 % с двухсторонней вероятностью 0,90.

Модули упругости пиломатериалов, выпиленных на разном расстоянии от сердцевины бревна, тоже различаются. На рис. 4, а приведены кривые распределения среднего модуля упругости досок, выпиленных из комлевых и срединных бревен разного диаметра. По диаграмме можно сделать вывод, что доски П2, выпиленные как из комлевых, так и некомлевых бревен, являются наиболее ценными в конструкционном отношении.

Для комлевых бревен диаметром 28 см модуль упругости подгорбыльных досок П2 составил 9,66 против 9,19 ГПа для подгорбыльных П1. Для комлевых бревен диаметром 22 см – соответственно 8,28 против 7,69 ГПа; для бревен диаметром 22 см некомлевой вырезки – 7,03 против 6,96 ГПа. Следовательно, характер кривых соответствует распределению плотности древесины в стволе дерева [3, 4, 6].

На рис. 4, б приведено соотношение средних арифметических минимальных значений модуля упругости пиломатериалов, выпиленных из раз-



Рис. 3. Зависимость модуля упругости досок от диаметра комлевых бревен: 1 – средний, 2 – минимальный

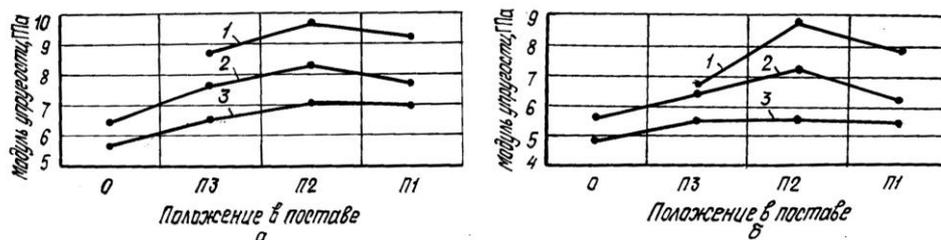


Рис. 4. Зависимость среднего модуля упругости (а) и модуля упругости худшего сечения пиломатериалов, выпиленных из комлевых (1, 2) и срединных (3) бревен диаметром 28 (1) и 22 см (2, 3), от положения в поставе: П1 – подгорбыльные; П2 – подподгорбыльные; ПЗ – третьи от края поставка; 0 – сердцевинные

ных зон комлевых и некомлевых бревен, которое аналогично приведенному на рис. 4, а, т.е. наиболее ценными в конструкционном отношении при единичном использовании являются также подподгорбыльные доски, выпиливаемые из комлевых бревен. Абсолютные значения модуля упругости худших сечений пиломатериалов оказались на 10 ... 20 % ниже соответствующих показателей среднего модуля упругости досок. Причем пиломатериалы, выпиленные из комлевых и срединных бревен меньших диаметров (22 см), под действием наблюдаемых визуально пороков древесины снизили свой модуль упругости значительно больше, чем доски, выпиленные из относительно толстых (28 см) бревен. Минимальный модуль упругости всех боковых досок, выпиленных из срединных бревен, оказался практически одинаковым – не зависящим от местоположения доски по толщине бревна (рис. 4, б, кривая 3).

Таким образом, показатели конструкционных свойств пиломатериалов зависят как от места доски в поставе (расстояние от доски до оси бревна), так и от места вырезки бревна из древесного хлыста. Наиболее ценны в конструкционном отношении при любом использовании (единичном или пакетном) пиломатериалы, выпиливаемые в качестве подподгорбыльных досок (вторых от края поставка) из комлевых бревен больших диаметров (в исследованном диапазоне). Модули упругости этих досок, по сравнению с сердцевинными пиломатериалами, выпиливаемыми из срединных бревен, более чем на 50 % выше (соотношение средних значений составляет $9,6/5,6 = 1,7$ раза).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровиков А.М. Качество пиломатериалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 255 с.
2. Волынский В.Н. Взаимосвязь и изменчивость физико-механических свойств древесины. – Архангельск: АГТУ, 2000. – 196 с.
3. Голяков А.Д. Исследование плотности древесины сосны // Лесн. журн. – 2003. – № 1. – С. 98–101. – (Изв. высш. учеб. заведений).

4. *Голяков А.Д.* Исследование плотности древесины ствола сосны // Комплексная переработка древесного сырья на базе эффективных и энергосберегающих технологий: Тез. докл. – Архангельск: АГТУ, 2000. – С. 70–71.

5. *Голяков А.Д.* Экспериментальное исследование корреляционных связей жесткости и прочности пиломатериалов. // Лесн. журн. – 1972. – № 2. – С. 77–80. – (Изв. высш. учеб. заведений).

6. *Полубояринов О.И.* Плотность древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 160 с.

7. CEN/TC 124/215 «Structural timber – Strength classes – Assignment of visual grades and species».

8. EN 338 «Structural timber – Strength classes».

9. EN 518 «Structural timber – Grading – Requirements for visual strength grading standart».

10. EN 519 «Structural timber – Grading – Requirements for machine strength graded timber and grading machines».

Архангельский государственный
технический университет

A.D. Golyakov, O.A. Lisitsyna

Investigation of Structural Properties of Pine Sawn Timber

It has been found out in the course of dispersion analysis that parameters of structural properties of pine sawn timber sawn from different zones of butt and central logs of big diameters depend both on the place of board in sawing schedule and cutting place of a log in a tree length.

УДК 658:001.4

Е.С. Романов, О.А. Головизнина

ОСНОВНЫЕ СРЕДСТВА, ФОНДЫ, ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ: ВОПРОСЫ ТЕРМИНОЛОГИИ

Показано, что новый термин «основной капитал» не может на практике заменить существующие – основные фонды, средства, когда речь идет о конкретных (числовых) показателях средств предприятий. Каждый из трех терминов имеет свой смысл и свое применение. Основной капитал – общее, неконкретное понятие для неспециальных текстов.

Ключевые слова: основные средства, фонды, капитал.

Проблематика точности и совершенства научных и производственных экономических терминов существовала всегда, остается и ныне. Изменения отношений собственности на средства производства находят отражение в изменении содержания старых и появлении новых экономических категорий. Основными элементами процесса производства являются: труд человека, средства производства, включающие средства труда и предметы труда, предпринимательская деятельность. Политэкономической категории «средств труда» в отраслевой советской экономике соответствовали термины «основные фонды», «основные средства».

Расширение внешнеэкономической деятельности, переход отечественного бухгалтерского учета на международные стандарты обусловили появление новых терминов и трактовок. Так, многие отечественные экономисты попросту решили термин «основные фонды» заменить на «основной капитал». Но капитал трактуется всеми как источник средств. Капиталы уставный, добавочный, резервный отражаются в пассиве баланса; основной капитал в активе неуместен.

Слова «фонд», «фонды» в русском языке многозначны. Одно из значений – источники средств, имеющие определенный порядок образования и использования. Основные фонды четко определяются в теории и практике как средства труда с длительным сроком функционирования, переносящие свою стоимость на продукт постепенно, частями. Это понимание несколько не изменилось при переходе к рыночной экономике. Замена слова «фонды» на «капитал» выглядит поверхностной, формальной.

Сохраняют силу и сложившиеся различия понятий «основные средства», «основные фонды». Первое – чисто бухгалтерский термин, денежное выражение второго. Основные фонды – это материально-вещественное представление тех средств труда, которые имеют стоимость. Термин «основные фонды» используется в названиях показателей: фондоотдача, фондоемкость, фондовооруженность труда; все они определяются в стоимост-

ном выражении по величине основных средств, но названия получили от фондов.

Вообще во всех случаях, когда речь идет об объектах и требуется обобщить их, следует употреблять термин «основные фонды». Здания, сооружения, машины как объекты – это составные части фондов, а не основных средств. «Основные средства» складываются из стоимостей, причем эти стоимости меняются: первоначальная и восстановительная, полная и остаточная, тогда как объекты сохраняют натуральную форму, многократно участвуют в производственном процессе, как записано во всех методиках, ПБУ, учебниках. Нелепо, например, называть станок основным средством, как это делают некоторые авторы по бухгалтерскому учету. Станок – это материальный объект основных фондов предприятия.

В бухгалтерском учете и экономической практике зарубежных стран термин «основной капитал» не применяется. В активе баланса средства труда идут не впереди, как у нас, а после оборотных средств: сначала «current assets», затем необоротные «non-current assets», их называют также «fixed assets». Таким образом, нигде не подчеркивается, главная роль средств труда, что присуще словам «основной», «основные».

Применение термина «основной капитал» вместо «основных средств», «основных фондов» не заслуживает поддержки. Применительно к нашим условиям этот термин допустим в общем контексте, в том числе в экономической теории, региональной экономике и т.п., особенно когда речь идет об инвестициях. По инвестициям в основной капитал имеется официальная статистика.

На предприятиях нет основного капитала. В активе баланса, вероятно, лучше было бы вернуться к бухгалтерскому варианту прошлых лет: «основные средства (фонды)».

Для всей терминологии в неспециальных экономических учебных дисциплинах типа «Экономика предприятия», «Экономика отрасли» и т.п. мы считаем основополагающими термины, принятые в бухгалтерском учете.

Впрочем, и здесь не удастся избежать не совсем верных словосочетаний. Например, «износ основных средств» – удобная, но не корректная формулировка: изнашиваются машины, здания и другие основные фонды, но не их оценка. «Износ основного капитала» (т. е. денег) тоже трудно представить. Остается одно – каждый раз выбирать из трех терминов тот, который наиболее соответствует предмету рассмотрения, обсуждения.

Архангельский государственный
технический университет

E.S. Romanov, O.A. Goloviznina

Fixed Assets: Questions of Terminology

The term of non-current assets is considered. There are two purely Russian terms for English «fixed assets».





ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 674.05(092)

*Л.Н. Наумова, И.А. Грачев***ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА ВАСИЛЬЕВИЧА ГРАЧЕВА
(к 90-летию со дня рождения)**

В 2003 г. свое 200-летие отмечает С.-Петербургская государственная лесотехническая академия. Здесь было положено начало развитию науки о лесе и становлению лесного образования в России. Прямое отношение к этому событию имеет Архангельская область. Там трудятся десятки выпускников Лесотехнической академии. Сейчас Архангельск привлекателен для лесного бизнеса. Но так было не всегда. В 1958 г., когда в связи с образованием совнархозов было решено перевести из Москвы Центральный научно-исследовательский институт механической обработки древесины (ЦНИИМОД) поближе к одному из основных сырьевых регионов страны, из 290 сотрудников в Архангельск переехали только 6 человек, что означало полную потерю научных кадров.

Руководителем ЦНИИМОДа был назначен один из ведущих специалистов лесопильно-деревообрабатывающей отрасли, работавший в то время в Лесотехнической академии, кандидат технических наук Александр Васильевич Грачев. В труднейших условиях за короткий срок были восстановлены и созданы новые лаборатории, испытательные базы, научные отделы, конструкторское бюро, экспериментальный завод. Много сил и энергии А.В. Грачев отдал подготовке научных кадров через организованную им аспирантуру, лично проводил консультации и руководил аспирантами. За период работы А.В. Грачева в ЦНИИМОДе подготовлено более 70 аспирантов, которые успешно защитили кандидатские диссертации.

Вопросами комплексной механизации и автоматизации производственных процессов в лесопилении Александр Васильевич занимался еще будучи студентом Лесотехнической академии, куда он был направлен с производства по приказу Наркома лесной промышленности СССР и которую досрочно окончил с отличием. Тогда им был разработан проект автоматической сортировки пиломатериалов, что позволяло решать актуальную проблему лесопильного производства.

В целом более 40 лет А.В. Грачев работал в лесопильной промышленности Архангельской области: с 1935 г. по 1945 г. на лесопильных заводах треста «Северолес», с 1940 г. – главным механиком, а в годы Великой

Отечественной войны – главным инженером на Онежских лесозаводах № 32-33 и Цигломенских лесозаводах № 5-7. За этот период им разработаны и в механических мастерских лесозаводов изготовлены оригинальные фрезерные и фрезерно-копировальные станки по дереву, организованы новые производства для изготовления оборонной продукции, что позволило успешно выполнить задание Государственного комитета обороны в установленные сроки.

За трудовой вклад в годы Великой Отечественной войны Александр Васильевич награжден орденом Ленина, медалями «За оборону Советского Заполярья», «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

Огромный производственный опыт, научный талант и творческий потенциал А.В. Грачева способствовали успешному решению задач, поставленных перед ним как директором института. Под его руководством ЦНИИМОД стал крупным научным центром и головным институтом лесопильной отрасли.

По предложению и при непосредственном участии А.В. Грачева были созданы новые виды оригинального высокопроизводительного оборудования, такие как автоматизированная линия окончательной обработки пиломатериалов после сушки, обеспечивающая браковку, торцовку, сортировку по сортам и длинам, укладку в плотные пакеты готовой продукции. Линии установлены на Амурском ЛДК и экспериментально-производственном заводе ЦНИИМОД.

В перечень разработок института входят малогабаритные универсальные пакетоукладчики для укладки пиломатериалов в сушильные и плотные пакеты, конвейер к линии агрегатной переработки бревен (внедрен на ЛДК № 1 и ЭПЗ ЦНИИМОД), рекомендованный к серийному производству; конвейер к фрезернопильным станкам и фрезернопильный станок для переработки бревен диаметром от 20 до 30 см на двухкантный брус и боковые доски со скоростью подачи от 48 до 72 м/мин, которые сразу были рекомендованы к изготовлению опытной партии в количестве 10 шт.

Был создан также образец фрезернопильного станка второго ряда для переработки двухкантного бруса на пиломатериалы со скоростью подачи 60 м/мин. Это новое высокотехнологичное оборудование послужило перевооружению отрасли.

За работу в ЦНИИМОДе А.В. Грачев награжден правительственными наградами: орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», двумя медалями. Но выше всех наград было признание коллег и учеников, высоко ценивших его богатый опыт, эрудицию, ораторское искусство, незаурядные человеческие качества.

А.В. Грачев принимал активное участие в общественной жизни города. С 1961 г. по 1973 г. избирался депутатом Архангельского городского Совета депутатов трудящихся, председателем Архангельской городской и областной организаций общества «Знание».

В 1975 г. А.В. Грачев был избран по конкурсу на должность профессора кафедры лесопильного производства и гидротермической обработки древесины Ленинградской лесотехнической академии им. С.М. Кирова. Долгое время он являлся членом научного совета по лесной промышленности Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике, членом научно-технического совета Минлеспрома СССР, членом редколлегии журнала «Деревообрабатывающая промышленность».

В 1976 г. ректорат Ленинградской лесотехнической академии пригласил А.В. Грачева на должность заведующего кафедрой лесопильного производства, где он продолжал свою научную деятельность, пользовался огромным авторитетом среди студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава.

Последней разработкой ученого стала линия для продольной распиловки бревен, основным базисным оборудованием которой явился принципиально новый шестипильный ленточнопильный станок. Документацию разработали в 1979–1982 гг. В 1983 г. станок был изготовлен, смонтирован и после опытных распиловок в декабре 1984 г. предъявлен межведомственной комиссии, которая рекомендовала его к производственной эксплуатации. Станок был передан на ЛДК № 1 ПО «Северолесоэкспорт» для дальнейших промышленных испытаний. Но в новых экономических условиях линия, которая могла бы принципиально изменить положение в отечественном лесопилении, к сожалению, не была внедрена в производство.

В настоящее время, когда эффективность российского лесопиления и качество выпускаемой пилопродукции крайне низки, остро встает вопрос о создании нового отечественного оборудования, которое должно и может быть намного дешевле и эффективнее импортного. Опыт прошлого убеждает в этом.

С.-Петербургская лесотехническая
академия

L.N. Naumova, I.A. Grachev

In Memory of Alexander V. Grachev (to 90th birthday)



КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3:630*81

**БРЯНСКАЯ СЕССИЯ И СЕМИНАР
КООРДИНАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЮ**

25–27 сентября 2002 г. состоялась очередная сессия межгосударственного Регионального координационного совета по современным проблемам лесоведения (РКСД), функционирующего под эгидой Международной академии наук о древесине (ИАВС). Сессия проходила на базе Брянской государственной инженерно-технологической академии (БГИТА). В рамках сессии работал семинар на тему «Древесиноведческие аспекты экспертизы лесоматериалов и продукции деревообработки».

В работе сессии приняли участие представители учебных, исследовательских, экспертных и других организаций из разных городов, а также студенты БГИТА. В приветственном слове проректор БГИТА проф. А.Н. Решетников отметил значение лесоведения в учебном процессе и роль РКСД в развитии лесоведческих исследований.

В докладе председателя РКСД акад. ИАВС Б.Н. Уголева была освещена деятельность Совета за отчетный период, подчеркнута роль Реестра экспертов высшей квалификации в области лесоведения, лесного товароведения и сопредельных дисциплин. Значительное место в докладе было отведено анализу тенденций развития лесоведения по материалам зарубежных симпозиумов, в которых автор принимал участие.

В начале сентября в Словакии на базе Зволенского технического университета состоялись два симпозиума. Первый из них – «Строение и свойства древесины – 2002», организованный кафедрой лесоведения, проходил в рамках мероприятий Международного союза лесных исследовательских организаций (ИЮФРО). В нем приняли участие ученые 17 стран Европы, Азии, Америки и Австралии. От России был представлен доклад автора совместно с Н.В. Скуратовым и Г.А. Горбачевой по исследованию влияния предыстории деформирования (при сушке или охлаждении) на «эффект памяти» древесины.

На втором симпозиуме, организованном кафедрой химии и химической технологии БГИТА, были освещены вопросы, имеющие лесоведческую направленность. Большой интерес участников вызвал доклад проф. Н.Е. Котельниковой (Институт высокомолекулярных соединений РАН) о модификации микрокристаллической целлюлозы биологически активными веществами с целью создания эффективных лечебных препаратов.

В докладе отмечены вопросы укрепления международных связей. В 2002 г. Московский государственный университет леса (МГУЛ) был избран

коллективным членом ИАВС. Член РКСД проф. Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии И.П. Дейнеко избран академиком ИАВС. Таким образом, теперь Россия представлена в составе этой высокоавторитетной организации четырьмя членами.

В докладах и письменных сообщениях ученых из Москвы, Санкт-Петербурга, Архангельска, Красноярска, Воронежа, Брянска, Братска, Йошкар-Олы, Новосибирска, Петрозаводска, Киева (Украина), Риги (Латвия), Познани (Польша), Зволена (Словакия), Софии (Болгария) были отражены следующие вопросы: влияние частоты акустических колебаний на экстракцию веществ из древесины дуба; жаропрочные композиционные материалы на основе наноструктурных матриц из древесины; распределение различных структурных типов лигнина в пределах годичного слоя; различные аспекты взаимодействия древесины с низкомолекулярными органическими жидкостями; механизмы адаптации лиственницы на уровне ксилемы в условиях мерзлой зоны; химический состав коры осины; структура древесины кустарников из горных местообитаний; топография ядровой древесины в стволах, сучьях и корнях сосны и ели; свойства древесины исторических памятников, топяковой древесины, элементов деревянных конструкций, резонансной древесины и др. Получили освещение исследования зарубежных университетов и научных организаций в области экологического лесоведения, физики и механики древесины и древесных материалов.

Более подробно тематика исследований представлена в «Информации РКСД–2002».

Кроме того, были рассмотрены проблемы создания нормативной документации на лесоматериалы при их таможенном оформлении, вопросы, связанные с обязательной и добровольной сертификацией сырья и изделий из древесины; подчеркнута важность лесоведческих исследований при разработке стандартов на лесоматериалы; детально обсуждены термины «топяковая древесина» и «мореный дуб» и согласованы редакции их определений.

Было решено разработать уточненное положение о РКСД и осуществить ротацию его членов. Избраны новые члены РКСД: д-р техн. наук Л.Г. Голубев (Казань), профессора М. Бабияк (Зволен, Словакия) и Ю.С. Хрол (Рига, Латвия).

Следующую сессию РКСД намечено провести в сентябре-октябре 2003 г. на базе Костромского государственного технологического университета.

Б.Н. Уголев
Московский государственный
университет леса

B.N. Ugolev

**Bryansk Session and Seminar of Coordination Council
in Wood Science**



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*232(049.3)

Н.А. Бабич

КНИГА УРАЛЬСКИХ ЛЕСОВОДОВ

В издательстве Уральского государственного лесотехнического университета вышла в свет книга «Рост и производительность сосняков искусственного и естественного происхождения» (Екатеринбург, 2002. – 112 с. – Табл. 27, ил. 28). Авторы монографии – известные и авторитетные лесоводы России С.В. Залесов, А.Н. Лобанов, Н.А. Луганский.

В основу книги положены материалы 313 пробных площадей в Свердловской области, т. е. выводы авторов базируются на солидном поле-вом материале. Исследованиями охвачены 15–110-летние лесные культуры и для сравнительного анализа 15–150-летние древостои естественного происхождения.

В работе рассмотрены строение и ход роста древостоев, проанализированы различные таблицы хода роста сосняков. Отдельная глава посвящена сортиментной структуре древесины, полученной при рубках ухода в искусственных сосняках.

Изучая культуры возраста рубки, авторы пришли к выводам, имеющим как научное, так и практическое значение:

с повышением возраста искусственных и естественных древостоев увеличиваются различия в концентрации деревьев в центральных ступенях толщины в зависимости от происхождения. В итоге при главных рубках сортиментная структура будет неодинаковой;

в подзоне южной тайги Урала производительность искусственных сосняков к возрасту спелости выше, чем в древостоях естественного происхождения.

Авторы адресуют свой научный труд студентам-лесохозяйственникам, но его с интересом встретят и специалисты производства.

Архангельский государственный
технический университет

N.A. Babich

Book of Ural Foresters

УДК 630*23(049.3)

Г.А. Чибисов

НОВАЯ КНИГА О ПРИТУНДРОВОМ ЛЕСОВОДСТВЕ

Вышла в свет книга «Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них» (Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. – 380 с.). Автор – В.Ф. Цветков, профессор, д-р с.-х. наук, заслуженный лесовод России. Это итог исследований автора, проработавшего 30 лет в Мурманском стационаре Архангельского института леса и лесохимии.

Книга посвящена «немногочисленному отряду исследователей лесов Кольского полуострова, лесоведам-производственникам, стараниями которых еще сохраняются леса на Крайнем Севере».

Нельзя не процитировать поистине поэтические строки, которыми открывается книга: «Леса Кольского полуострова – одно из удивительнейших явлений природы. Подлинной жемчужиной лесных угодий края являются сосновые леса ... наиболее разнообразные в своих свойствах и проявлении подлинной гармонии Природы лесные образования».

Озабоченность за судьбы лесов этого благословенного края проходит красной линией через всю книгу. Восклицая: «Многострадальные леса Кольского полуострова!», автор демонстрирует свои подлинно гражданские позиции в оценке волюнтаризма и «колониальных подходов» в использовании лесов Крайнего Севера.

В книге на основе огромного фактического материала (73 табл., 65 ил.) в единой системе рассматривается большой круг вопросов. Здесь даются характеристика природных условий региона, лесов и лесного хозяйства, история изучения и освоения лесов, характеристика коренных сосняков; рассматриваются особенности биологии и экологии сосны, формирования производных насаждений, их структуры, строения и роста; анализируется эффективность лесохозяйственных мероприятий по рациональному использованию лесов; приводится разработанная автором система лесоводства в сосняках Кольской лесорастительной области. Затруднительно дать достаточно подробную оценку всему перечисленному. Остановимся на некоторых особенностях и новых подходах в изучении этих лесов.

В книге большое место отводится природе сосновых лесов, типологии лесных экосистем и местообитаний сосняков. Автор приводит оригинальную матрицу ординации типов местообитаний и насаждений основных лесобразующих пород. Соотношение сосновых биогеоценозов разных типов предстает совершенно наглядно и во всей полноте детерминирующих экологических факторов. Приведенные схемы биогеоценотической структуры типа леса в определенной мере снижают возникшие противоречия в понимании его связи с появлением производных лесов в таежной зоне.

Раздел о биологии сосны, произрастающей в регионе, содержит уникальную информацию, полученную в итоге многолетних стационарных наблюдений. Наибольшую ценность представляют данные о закономерностях сезонного роста побегов и формирования годичного кольца. Приводятся новые сведения о структуре ассимиляционного аппарата и продуцировании хвои разного возраста.

Значительное место в книге отводится анализу закономерностей лесовозобновления и формирования вторичных насаждений в связи со сплошными рубками и лесными пожарами. Это, пожалуй, стержневая тема в работе автора. Развивая известные положения классиков лесоводства о взаимосвязях возобновительных процессов в сосняках с лесными пожарами, В.Ф. Цветков дифференцирует цикл возобновления на этапы, дает рекомендации по управлению лесовозобновительными процессами.

В развитие идей И.С. Мелехова и Б.П. Колесникова о динамической и генетической природе типов лесов и типологии вырубок автор дает свой взгляд на концепцию «типы формирования насаждений». Под типом формирования понимается совокупность свойств и признаков лесообразовательного процесса, характеризующего определенный динамический ряд развития производных насаждений. По мнению автора, отправной точкой типа формирования является хозяйственная группа типов вырубок – совокупность участков с характерным соотношением напочвенной среды, численности и состояния подроста предварительной генерации, обеспеченности источниками обсеменения. Тип формирования, с одной стороны, понятие лесоводственно-биологическое, с другой – хозяйственно-экономическое. Тип формирования В.Ф. Цветков предлагает рассматривать как основу планирования и прогнозирования лесохозяйственного производства. Древостои определенных типов формирования развиваются по закономерностям, которые не отражают существующие таблицы хода роста. Нельзя не согласиться с предложением автора о необходимости изучения динамики лесообразования и разработки на ее базе систем лесовыращивания.

Достаточно подробно и основательно рассмотрены закономерности роста сосняков разных типов формирования. Использование приемов программирования позволило автору предложить аналитические модели динамики всех показателей древостоев и разработать эскизы таблиц хода роста древостоев-эталонов.

Заслуживает внимания представленная «Система лесоводства в сосняках Кольской лесорастительной области». В ней изложены принципы лесохозяйственного производства, основные направления лесохозяйственной деятельности, выделены четыре формы хозяйства: реабилитационно-защитная, консервационно-климатозащитная, особо защитная, депродуктивно-эксплуатационная. По каждому из них даны конкретные рекомендации по всем видам лесохозяйственной деятельности. «Система» имеет большую практическую значимость. Осуществление разработанной в «Системе» программы мероприятий позволит повысить среднюю продуктивность сосновых лесов на 40 ... 50 %.

В целом, не считая некоторых технических недостатков в оформлении, можно сказать, что эта книга – серьезный шаг вперед в притундровом лесоводстве и, несомненно, имеет большое научное и практическое значение.

Архангельский государственный
технический университет

G.A. Chibisov

New Book on Pretundra Forestry

УДК 630*(049.3)

Г.И. Редько

О НОВЫХ КНИГАХ ПРОФЕССОРА М.Д. МЕРЗЛЕНКО

Издательство Московского государственного университета леса выпустило в свет две книги М.Д. Мерзленко: «Путешествия в рукотворные леса Москвы и Подмосковья» (1999) и «В лесных дачах Центральной России» (2001), названные природно-историческими экскурсами. Книги уникальны по богатейшему содержанию, стилю и манере повествования. Однако их мизерный тираж (100 и 200 экземпляров) достаточен лишь для подарков друзьям и коллегам.

Давно известно, что вблизи Москвы и в Московской области нет не только девственных, но и сколько-нибудь ценных по составу, структуре, продуктивности лесов. В них преобладают береза и осина, занимающие 64 % покрытой лесом площади. И тем удивительнее, что в самой Москве и ее окрестностях сохранились преимущественно рукотворные уникалы – заповедники, лесопарки, рощи, дачи и целые лесничества с преобладанием сосны, ели, лиственницы, липы, дуба.

В одном лишь перечислении подмосковных лесных дач, по которым автор призывает читателей пройти, звучит история не только Москвы, но и всей России: Погонно-Лосиный Остров, Битцевский лес, лесничество «Загон», Поречское лесничество, Никольская лесная дача, Прокудин бор, Государева дача «Измайловский Зверинец», лесная опытная дача ТСХА, Обольяново-Никольское-Горюшки, Дугино, Рожнов бор и др. А какие имена лесоводов, создававших их, названы при этом: А. Варгас де Бедемар, М.К. Турский, К.Ф. Тюрмер, А.Ф. Рудзкий, А.П. Кнорре, П.К. Герле, В.П. Тимофеев.

Мне посчастливилось не только прочитать книги Михаила Дмитриевича, но и слушать его рассказы, участвовать в экскурсиях в Поречье, Никольскую и другие дачи. Поражает эрудиция М.Д. Мерзленко, знание истории и современного состояния объектов. Автор очерков выступает не только как лесовод, но и как краевед, ландшафтовед, историк, ботаник, энтомолог и лесопатолог, орнитолог, знаток природы. Он знает и детали агротехники создания 100–150-летних лесных культур, и геоморфологию территории, насквозь «видит» почву и подпочву, повествует о том, о чем рассказывает ему лес, насаждение, деревья. Такие книги могли быть написаны только там, на месте, в лесу – об этом свидетельствуют детали, которые не вспомнить и не увидеть, сидя за столом в кабинете: звуки взлетевшего великана-глухаря – современника мамонтов, щебетание или писк какой-нибудь пичуги, дробь пернатого айболита – черного дятла. И все это рядом с таким прессом-мегаполисом, каким является Москва.

Названные книги, по моему убеждению, ценны и полезны не только для лесоводов, паркостроителей, но и для учащейся молодежи – школьников и студентов, всех любителей природы, окрестных жителей. Читатели усвоят

такие понятия, как фитоценоз, класс бонитета, тип леса, лесной биогеоценоз, узнают, что представляют собой лесная дача, урочище, лесничество, квартал, для чего нужны просеки, квартальные столбы и пр.

Книги М.Д. Мерзленко учат понимать и любить природу, нашу историю. Они сродни «Беседам о лесе» классиков-лесоводов А.Ф. Рудзкого и Д.Н. Кайгородова. На такие книги всегда будет спрос.

С.-Петербургская лесотехническая
академия

G.I. Redko

On New Books of Professor M.D.Merzlenko

УДК 630*(049.3)

Е.Н. Наквасина

ИНТЕРЕСНАЯ КНИГА

Вышла в свет книга М.Д. Мерзленко и Н.А. Бабича «Теория и практика выращивания сосны и ели в культурах» (Архангельск, 2002. – 220 с.).

Огромный полевой материал и тщательная проработка библиографических источников позволили авторам дать емкое теоретическое обоснование лесокультурного процесса. Квинтэссенцией книги стала схема лесокультурного процесса, включающая биологическую и технологическую подсистемы. Основанием для первой, по замыслу авторов, служат ограничения природного и биологического характера, вынуждающие максимально использовать лесорастительные условия при создании культур.

Основные положения стратегии и тактики лесокультурного производства, изложенные в главе 1, красной нитью проходят через всю книгу.

Рассматривая в главе 2 эдафические условия роста культур сосны и ели, авторы отошли от упрощенного восприятия термина «лесорастительные условия», разложив его на отдельные составляющие, главные из которых рельеф и почва. Это позволило впервые подойти к математическому расчету оптимума почвенных условий при выращивании культур, подбору комплекса экологически (продуктивно) значимых свойств, что необходимо, главным образом, для плантационного лесовыращивания.

Взаимосвязь биологических и технологических подсистем проявляется, прежде всего, в агротехнике выращивания лесных культур и ее влиянии на рост и формирование молодняков. Этим вопросам посвящена глава 3 книги. Основной упор сделан на способы подготовки почвы, их качественную оценку, изменения, происходящие в почве в период роста культур. Рассмотрено в динамике влияние способов подготовки почвы на рост культур разного возраста. Такой комплексный подход позволил авторам дать эколого-лесоводственную оценку способов механизированной подготовки почвы по крайней мере в фазе, предшествующей смыканию, и фазе дифференциации древостоев.

Основанием при лесовосстановлении, несомненно, остается динамическая типология леса И.С. Мелехова. Однако создание на вырубках лесных культур с механизированной подготовкой почвы различными способами приводит к модификации классической типологической схемы. На примере ельника кисличного авторами рассмотрены трансформации, связанные с лесовосстановлением на вырубках, нарушающим ход естественного типологического развития. Показана цикличность развития древостоя, которая в значительной мере направляется хозяйственной деятельностью человека при формировании искусственных лесов рубками ухода.

Одной из проблем при создании и выращивании лесных культур хвойных остается густота посадки (посева). Теоретическому обоснованию и

практическому решению проблемы посвящена глава 4. В ней не только рассмотрен 100-летний опыт создания культур сосны и ели различной густоты, но и предложены теоретическое обоснование и критерии густоты посадки. Показаны особенности роста культур и их продуктивности, зависимость качества древесины от густоты посадки. Проведенные исследования позволили авторам подойти к определению оптимальной густоты культур при создании их сеянцами и саженцами. При этом в основу были положены биологический фактор и целевая направленность выращивания культур. Подобран вариант густоты, отвечающий обоим факторам. Методически обоснован расчет рентабельности лесных культур при разной густоте, показана убыточность выращивания их при густоте более 5-6 тыс. на 1 га.

Главы 5 и 6, основанные на богатом лесокультурном опыте авторов, посвящены вопросам успешности чистых и смешанных культур хвойных пород. Особый интерес для лесоводов представляют сведения о росте и продуктивности смешанных (сосна + ель и ель + сосна) культур различного состава. Биологическая оправданность подобных культур в определенных (богатых) типах лесорастительных условий в зоне смешанных лесов доказывается как теоретически, так и практически на примере 80-летних культур с различной долей сосны и ели. По мнению авторов, так увеличивается «экологическая емкость лесокультурных площадей».

Вопрос о фазах роста и развития лесных культур, детально проработанный авторами в главе 1, закономерно продолжается в конце книги темой о распаде искусственных насаждений. Рассматривается прижизненный, ускоренный и естественный распад культур на примере ели, хотя последний, судя по приведенным авторами примерам, скорее можно отнести к антропогенному (ускоренному под действием человека) при нарушениях тока рек, работы мелиоративной сети и т. п.

Книга М.Д. Мерзленко и Н.А. Бабича, несомненно, будет тепло принята лесоводами. Глубокая теоретическая и практическая обоснованность, доступное изложение, методические подходы, доказательства, практические предложения делают ее неопределимой как для научных работников, так и для работников лесного хозяйства.

Философия книги – единство теории и практики лесокультурного дела, теория, доказанная практикой, и практика, основанная на теории. Именно этот подход является делом жизни ее авторов.

Поморский государственный
университет

E.N. Nakvasina
Interesting Book





ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

ВЛАДИСЛАВУ СЕРГЕЕВИЧУ ПЕТРОВСКОМУ – 70 ЛЕТ

В существенном вкладе в развитие научно-технического потенциала лесного комплекса и подготовку высококвалифицированных кадров, который вносила и вносит Воронежская государственная лесотехническая академия (ВГЛТА), заметную роль играет научно-педагогическая школа заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Владислава Сергеевича Петровского.

В.С. Петровский родился 6 июня 1933 г. в селе Гутово Тогучинского района Новосибирской области в учительской семье. После окончания в 1950 г. Бийского лесного техникума работал лесничим Большереченского лесничества Большереченского лесхоза Алтайского края. В 1956 г. с отличием окончил лесоинженерный факультет Сибирского лесотехнического института. В 1956–1958 гг. был техническим руководителем в Кежемском леспромхозе Красноярского края, затем до 1961 г. старшим инженером управления Красноярской железной дороги и старшим инженером лесопильно-домостроительного комбината. Производственный опыт работы в лесном хозяйстве, лесозаготовительной и лесопильно-деревообрабатывающей промышленности позволил В.С. Петровскому глубоко понять проблемы лесного комплекса, задачи научно-технического прогресса, что определило его дальнейшие интересы и успехи в научно-педагогической деятельности.

В 1961 г. В.С. Петровский получил приглашение на работу в Сибирский технологический институт, где последовательно занимал должности старшего инженера, ассистента, старшего преподавателя, доцента, профессора, заведующего кафедрой автоматизации технологических процессов. Окончил заочную аспирантуру ЦНИИМЭ и в 1965 г. стал кандидатом технических наук. В 1972 г. защитил докторскую диссертацию и через год получил аттестат профессора кафедры автоматизации технологических процессов. В 1974 г. В.С. Петровский был приглашен работать и избран профессором Воронежского лесотехнического института, а в 1975 г. совместно с ректоратом ВЛТИ организовал кафедру автоматизации производственных процессов (АПП), которую возглавляет уже в течение 28 лет.

Научная и педагогическая деятельность профессора В.С. Петровского направлена на поиск новых научно-технических решений, подготовку инженеров и молодых ученых. Он внес существенный вклад в развитие тео-

рии и методов компьютеризации расчетов технологий, узлов оборудования, средств и систем автоматизации, динамики показателей экономических процессов предприятий.

Научно-теоретические и прикладные разработки ученого отражены в 17 монографиях, 2 учебниках для вузов, 4 учебных пособиях и многочисленных статьях, нашли применение на практике.

В 1990 г. профессор В.С. Петровский с сотрудниками организовал в ВЛТИ подготовку инженеров по перспективной специальности «Автоматизация технологических процессов и производств лесного комплекса».

В том же году в институте учрежден технический кандидатский диссертационный совет, который в 1993 г. стал докторским, председателем его является профессор В.С. Петровский.

Владислав Сергеевич более 130 раз выступал официальным оппонентом в диссертационных советах вузов, НИИ многих городов, принимал участие в работе экспертных советов ВАК СССР.

В 1983 г. профессор В.С. Петровский награжден нагрудным знаком МВ и ССО СССР «За отличные успехи в работе»; в 1992 г. Указом Президента РФ ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации»; в 1993 г. Российской академией наук В.С. Петровский признан выдающимся ученым России, он получил стипендию Президента РФ; в 1994 г. избран действительным членом Российской академии естественных наук; в 1995 г., как автор научного открытия, награжден медалью им. П.Л. Капицы; в 1999 г. – медалью им. С.П. Королева.

Все, кто работает, общается с Владиславом Сергеевичем, отмечают его доброжелательность, порядочность, исключительное трудолюбие, основательность и надежность, остроумие и оптимизм. Он высоко ценит корректность, дружбу, внимательность и отзывчивость во взаимоотношениях.

Свое 70-летие В.С. Петровский встречает в расцвете творческих сил. От души желаем ему крепкого здоровья на долгие годы, счастья, благополучия, новых успехов.

В.К. Попов, В.К. Курьянов

Воронежская государственная
лесотехническая академия

V.K. Popov, V.K. Kurjanov

Vladislav S. Petrovsky - 70 years old



НЕКРОЛОГИ

ПАМЯТИ АНАТОЛИЯ МИХАЙЛОВИЧА КИРОВА

4 марта 2003 г. после тяжелой непродолжительной болезни на 67-м году ушел из жизни кандидат сельскохозяйственных наук, генеральный директор ОАО «Борский опытно-промышленный химлесхоз» Анатолий Михайлович Киров, являвший собой довольно редкое яркое сочетание практического организатора-руководителя лесного производства и активного ученого-исследователя.

А.М. Киров родился 22 августа 1936 г. в с. Брасово Брянской области. После окончания в 1959 г. Московского лесотехнического института до 1962 г. работал конструктором ПКБ при Владимирском совнархозе, затем прошел хорошую практическую лесохозяйственную подготовку в качестве инженера-таксатора Западносибирского лесостроительного предприятия. С 1964 г. и до конца своих дней, без малого 40 лет, он был связан с подсочкой леса. Занимаясь одновременно производством и наукой, почти все свои научные разработки Анатолий Михайлович сам проверял и внедрял на практике.

В течение 11 лет он работал в Красногвардейском химлесхозе треста «Свердхимлес» инженером, главным инженером и в 1971–1975 гг. директором, успешно сочетая организационно-производственную деятельность с научными исследованиями. В 1971 г. А.М. Киров защитил кандидатскую диссертацию на тему «Изучение путей повышения эффективности техники, технологии и организации подсочного производства Среднего Урала». Им была изучена эффективность подсочки сосны двухъярусным способом с применением сульфитно-спиртовой барды, испытаны химические хаки, внедрены пленочные приемники и транспортировка живицы в полиэтиленовых мешках, разработаны рекомендации по использованию сырьевой базы подсочки на Среднем Урале, правильному отбору семенников. Передовой опыт работы предприятия (кстати, основанного в 1942 г.) – одноразовый сбор живицы, промышленные испытания новой технологии подсочки, раннее нанесение подновок, перспективы использования деревьев сосны высокой смолопродуктивности для создания сырьевой базы подсочного производства Среднего Урала – нашел отражение в серии статей и сообщений в центральных научных изданиях.

С 1975 г. по 1993 г. А.М. Киров – генеральный директор производственного объединения «Горькхимлес», с 1993 г. – генеральный директор Борского опытно-промышленного химлесхоза концерна «Лесхимпром» (с 1997 г. ОАО).

Почти 30-летний нижегородский период деятельности А.М. Кирова был не менее плодотворным, чем уральский. Анатолий Михайлович тесно сотрудничал с ЦНИЛХИ, Нижегородским отделением подсочки леса КирНИИЛП, позднее ФГНИП «Янтарь».

Во второй половине 70-х гг. Анатолием Михайловичем была проанализирована эффективность прогрессивных способов подсочки с повышением качества подсочных работ в объединении «Горькхимлес». С начала 80-х гг. он совместно с научными сотрудниками Горьковского отделения подсочки леса начал и до конца жизни развивал новое перспективное научное направление – изучение влияния циклических изменений солнечной активности на выход живицы с карры, принимал активное участие в разработке и внедрении новых стимуляторов.

90-е гг. были наиболее тяжелыми для отечественной подсочки леса и ее науки. Отрасль, по которой СССР многие десятилетия занимал лидирующие позиции в мире, оказалась в России в глубочайшем кризисе. Если в 1988 г. ученый-производственник А.М. Киров предлагал пути ускорения технического прогресса в подсочном производстве, то в 1995 г. был вынужден писать о стратегии выживания разрушенной отрасли.

Анатолий Михайлович всегда брал на себя проблемы оказавшегося в трудном положении химлесхоза, до конца выполнив свой профессиональный и гражданский долг. Его исследования и наработки будут способствовать возрождению отрасли, чья продукция постепенно становится востребованной практически во всех отраслях экономики страны.

**Н.Н. Довбня, С.А. Наумов, В.К. Хлюстов,
В.Я. Бондарев, А.М. Невидомов, В.П. Короткий,
И.А. Киров, Н.Г. Коротков, В.Я. Половкович,
А.А. Нефедов, В.П. Смирнов, Б.А. Радбиль**

Департамент лесного комплекса
Правительства Нижегородской области
Главное управление природных ресурсов
по Нижегородской области
Нижегородская государственная
сельскохозяйственная академия
ФГУП «ЦНИЛХИ»
ФГНИП «Янтарь»
ООО «НТЦ Химинвест»
ОАО «Борский опытно-промышленный
химлесхоз»
ООО «Нижегородлес»
ЗАО «ТД «Оргхим»»
ФГУП «Поволжский леспроект»
ОАО «Оргсинтез»
ООО «Научно-внедренческая
фирма «ЛЕСМА»»

*N.N. Dovbnya, S.A. Naumov, V.K. Khlyustov, V.Ya. Bondarev,
A.M. Nevidomov, V.P. Korotky, I.A. Kirov, N.G. Korotkov, V.Ya. Polovkovich,
A.A. Nefedov, V.P. Smirnov, B.A. Radbil*

In memory of Anatoly M. Kirov

ПАМЯТИ ПЕТРА ПАВЛОВИЧА ПОЛЯКОВА

27 марта 2003 г. на 87-м году жизни скончался крупный организатор лесохимической промышленности Поляков Петр Павлович

Всю свою жизнь П.П. Поляков посвятил любимой лесохимии. Сначала технорук, затем начальник участка, директор химлеспромхоза, начальник производственного отдела и главный инженер треста, директор Нейво-Рудянского лесохимического завода – на всех постах проявлялся его многогранный талант руководителя и организатора.

В течение 22 лет П.П. Поляков был бессменным директором Центрального научно-исследовательского и проектного института лесохимической промышленности (ЦНИЛХИ). Много сил и энергии отдал Петр Павлович становлению института. В значительной степени благодаря ему создана прекрасная материально-техническая база ЦНИЛХИ в г. Горьком, вырос научно-технический потенциал института, улучшена система организации научных исследований. Умело решал П.П. Поляков непростые вопросы науки и производства, внедрения научно-исследовательских разработок в промышленность, воспитания коллектива института. Он автор большого числа изобретений и публикаций.

П.П. Поляков имел особый дар работы с людьми и большое обаяние, отличался широкой эрудицией, глубиной знаний и четкостью мышления. Обладая огромным жизненным опытом и богатыми знаниями, он пользовался заслуженным авторитетом среди работников лесохимической отрасли.

Подполковник Поляков прошел боевыми дорогами Великой Отечественной войны, защищал Ленинград, освобождал Варшаву, брал Берлин. Он встретил Победу в должности командира дивизиона арtpолка резерва Главного командования.

Его участие в Великой Отечественной войне и заслуги в области лесохимии отмечены многочисленными правительственными наградами: тремя орденами Красного Знамени, орденами Отечественной войны I степени и Октябрьской Революции, десятью медалями.

До последних дней этот замечательный человек жил делами лесохимии, проявляя горячий интерес к проблемам института. Его необыкновенная память сохраняла множество сведений о фактах, событиях, людях, истории лесохимии.

Сотрудники ЦНИЛХИ скорбят о Петре Павловиче Полякове – прекрасном, мудром, интеллигентном человеке, талантливом руководителе.

Коллектив ЦНИЛХИ

In memory of Peter Polyakov

Staff of Central Scientific-research Forest-chemical Institute

