

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. Статья представляется в двух экземплярах и на дискете 3,5 дюйма. Объем статьи не должен превышать 8...10 страниц, включая рисунки, таблицы и список литературы. Текст печатается через 2 интервала на одной стороне листа (30 строк по 60 знаков, левое поле 30 мм). Для компьютерного набора статей предпочтительно применение текстового процессора Word for Windows.

2. Рисунки ( не более четырех) прилагаются отдельно в двух экземплярах. Чертежи и графики должны быть либо вычерчены тушью на белой бумаге, либо четко распечатаны на принтере. На обороте каждого рисунка карандашом следует указать фамилии авторов, название статьи и номер рисунка. На отдельном листе прилагаются подписи к рисункам. Для рисунков и фотографий представляются графические файлы в форматах BMP, PCX, TIF ( разрешение 300 ... 600 dpi ).

3. Формулы либо четко вписываются от руки, либо распечатываются на принтере и размечаются. Нумеруются только те формулы, на которые в тексте имеются ссылки. Порядковый номер ставится в круглых скобках справа от формулы.

4. Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1 – 84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления». Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Список литературы приводится в алфавит-

ном порядке в конце статьи. В тексте ссылки на библиографические источники указываются в квадратных скобках.

5. Рукопись подписывается авторами, указываются дата ее отправления, служебный и домашний почтовые адреса, номера телефонов, e-mail.

6. Статья должна содержать **ключевые слова**, индекс универсальной десятичной классификации (УДК).

7. К статье прилагаются краткий реферат, аннотация, рекомендация кафедры, экспертное заключение, две фотографии размером 3x4 или 5x6 см и биография автора.

8. Биографические данные включают фамилию, имя, отчество, год рождения и окончания вуза, название вуза, ученую степень, звание, должность, место работы, число печатных работ и область научных исследований.

9. Поступившие в редакцию статьи проходят обязательное рецензирование, затем рассматриваются редколлегией. Отклоненные статьи возвращаются автору в одном экземпляре.

10. Редакция имеет право производить сокращения и редакционные изменения рукописей. Корректур статей авторам, как правило, не предоставляется.

11. Оттиски статей авторам не высылаются. Отдельные экземпляры журнала могут быть высланы наложенным платежом по заявкам.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

# *Лесной журнал*

*МАТЕРИАЛЫ, ПОСВЯЩЕННЫЕ 70-ЛЕТИЮ  
УРАЛЬСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ*

Основан в 1833 г.  
Издается в серии ИВУЗ с 1958 г.  
Выходит 6 раз в год

5—6

2000

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

АРХАНГЕЛЬСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

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

**ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:**

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

Ответственный секретарь **Р.В. Белякова**

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

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**  
**«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 5–6**

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

---

Сдан в набор 25.10.2000. Подписан в печать 25.12.2000.  
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) 44 13 37,  
факс: (818-2) 44 11 46, e-mail: public@agtu.ru http:// www.agtu.ru

---

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

## СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕРИАЛЫ, ПОСВЯЩЕННЫЕ 70-ЛЕТИЮ  
УРАЛЬСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ

<i>В.Н. Старжинский, В.В. Глухих, В.Г. Новоселов, В.А. Азаренок, Ю.А. Серов.</i> Уральская государственная лесотехническая академия на рубеже тысяче- летий .....	7
<i>В.А. Усольцев, З.Я. Нагимов, А.Б. Фимушин, А.И. Колтунова, М.В. Азаренок.</i> Ход роста надземной фитомассы приполярных листовничников .....	13
<i>Н.Н. Чернов.</i> Особенности создания лесных культур на Урале .....	19
<i>Р.Н. Ковалев, В.К. Звездин.</i> Методы оценки состояния экосистем на основе интегральных показателей .....	22
<i>Н.М. Шебалова, Л.Г. Бабушкина.</i> К механизмам повреждения и устойчивости сосны обыкновенной, произрастающей в зонах техногенного загрязне- ния .....	26
<i>З.Я. Нагимов.</i> Моделирование роста сосновых древостоев .....	31
<i>В.В. Чамеев, В.В. Обвинцев, Д.М. Солдатов.</i> Управление лесообработываю- щими цехами лесопромышленных предприятий на базе комплекс-прог- раммы ZESN .....	36
<i>Ю.И. Тракало, В.Г. Кротов, В.В. Сергеев, Л.В. Кустадинчев, Д.С. Стрижаков.</i> Кинетика сушки древесины в камерах малой мощности .....	42
<i>В.К. Пашков.</i> Назначение режимов пиления круглопильных станков по ус- тойчивости пил .....	48
<i>Ю.Л. Юрьев, В.П. Орлов, С.А. Панюта, Т.В. Штеба.</i> Проблемы аппаратур- ного оформления процессов переработки измельченной древесины в активные угли .....	52
<i>В.П. Сиваков.</i> Оценка состояния исправности оборудования целлюлозного производства на основе диагностических графов .....	58
<i>П.А. Бирюков, М.В. Кузьмина.</i> Проблема адаптации лесозаготовительных предприятий в рыночной среде .....	62
<i>Т.П. Тихомирова.</i> Некоторые аспекты ценовой политики мебельных пред- приятий .....	66
<i>Л.Э. Пийгли.</i> Роль инвестиций в улучшении финансового состояния предпри- ятий .....	69

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Б.В. Раевский, А.А. Мордась.</i> Рост и продуктивность испытательных культур сосны скрученной в южной Карелии .....	74
<i>В.С. Петровский, С.А. Черепухин.</i> Особенности компьютерного проектирова- ния выборочных и сплошных рубок в нормальных древостоях сосны .....	82
<i>А.В. Лебедев, Э.И. Иванова.</i> Патология деревьев ели в разных типах леса .....	87
<i>Н.В. Кречетова, Н.А. Соколова, Л.И. Котова.</i> О декоративных формах туи западной и кипарисовика горохоплодного .....	91
<i>А.В. Веретенников, О.А. Землянухина, Н.Е. Образцова.</i> Оптимизация состава питательной среды при культивировании меристем различных сортов розы <i>in vitro</i> .....	95
<i>В.С. Писанов.</i> Рост и формирование березняка-черничника зеленомошного в условиях влияния водохранилища .....	99



**ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ**

- В.П. Стуков.* Состояние транспортной сети автомобильных дорог и мостов Архангельской области, их ближайшая перспектива в улучшении инфраструктуры региона ..... 104
- В.С. Морозов.* Расчет коэффициента поперечного изгиба для оснований зимних дорог на болотах ..... 108
- С.Л. Смирнов.* Компьютерная модель процесса соударения автомобилей ..... 113
- А.С. Миляев, М.М. Овчинников, А.И. Фурин.* Методика расчета заанкеренных подпорных стенок в слоистом грунте ..... 119

**МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ**

- В.В. Соловьев, М.В. Румянцев.* Исследование трещиностойкости клеевых соединений древесины для трещин нормального отрыва ..... 128
- Л.А. Кравцова, А.А. Шадрин, А.В. Макаренко.* К вопросу использования древесного сырья от рубок ухода ..... 132
- А.А. Шадрин, А.В. Макаренко.* Создание математической модели технологического процесса совместной обработки сырья от главного и промежуточного пользования ..... 135
- Е.Н. Серов.* Совершенствование норм проектирования клееных деревянных конструкций ..... 139

**ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ**

- А.М. Айзенштадт, М.В. Богданов, К.Г. Боголицын, Д.С. Косяков, О.Е. Кривоногова.* Оценка реакционной способности препаратов лигнина .... 145
- А.В. Канарский.* Перспективы биохимической переработки древесного сырья. 151
- В.В. Заляжных.* Обработка сульфитного щелока анионитом АН-31 ..... 158
- В.В. Коньшин, М.М. Чемерис, Н.П. Мусько, Н.А. Чемерис, П.И. Сиянко.* Синтез и исследование смешанных эфиров целлюлозы с высшими карбоновыми кислотами в среде трифторуксусной кислоты ..... 165

**ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

- Е.С. Романов.* Внутриотраслевые экономические процессы в лесозаготовительной промышленности ..... 172
- П.В. Окладский.* Соотношение понятий экономической несостоятельности и устойчивости предприятий ..... 176
- И.В. Шутов.* О спорных ориентирах в лесной политике ..... 180

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ**

- И.Я. Киселев.* Изучение качественного состава пигментов осенних листьев клена остролистного и барбариса обыкновенного ..... 187
- А.Ф. Попов.* Использование средств архитектурной композиции в зданиях с конструкциями из клееной древесины ..... 189
- Э.Н. Сабуров, Ю.Л. Леухин, С.И. Осташев.* Теплоотдача в орбренном шипами кольцевом канале рекуперативного устройства с циклонным генератором закрутки потока ..... 196

**КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ**

- Ф.В. Аглиуллин.* Современное и полезное учебное пособие ..... 203
- Указатель статей, помещенных в «Лесном журнале» в 2000 г. .... 205

## CONTENTS

*MATERIALS DEVOTED TO THE 70<sup>th</sup> ANNIVERSARY  
OF THE URAL STATE FOREST-ENGINEERING ACADEMY*

<i>V.N. Starzhinsky, V. V. Glukhikh, V. G. Novoselov, V. A. Azarenok, Yu. A. Serov.</i> Urals State Forest Engineering Academy on Borderline of Millennium.....	7
<i>V.A. Usoltsev, Z. Ya. Nagimov, A. B. Fimushin, A. I. Koltunova, M.V. Azarenok.</i> Growth of Overground Phytomass of Polar Larch Stands.....	13
<i>N.N. Chernov.</i> Peculiarities of Creating Forest Cultures in the Urals.....	19
<i>R.N. Kovalev, V.K. Zvezdin.</i> Methods of Evaluating the Ecosystem State Based on the Integral Indicators.....	22
<i>N.M. Shebalova, L.G. Babushkina.</i> On Damage and Stability Mechanisms of Scotch Pine Growing in Technogenic Zones.....	26
<i>Z.Ya. Nagimov.</i> Modeling of Pine Stands Growth.....	31
<i>V.V. Chameev, V.V. Obvintsev, D.M. Soldatov.</i> Management of Wood-processing Shops at the Wood-industrial Enterprises Based on the Complex Programme ZECH.....	36
<i>Yu.I. Trakalo, V.G. Krotov, V.V. Sergejev, L.V. Kustadinchev, D.S. Strizhakov.</i> Kinetics of Drying Wood in Drying Kilns of Low Capacity .....	42
<i>V.K. Pashkov.</i> Specifying Sawing Modes in the Circular Saw Machine Based on the Saws' Stability.....	48
<i>Yu.L. Yurjev, V.P. Orlov, S.P. Panyuta, T.B. Shteba.</i> Problems of Hardware Registration of Milled Wood Processing into Activated Carbon.....	52
<i>V.P. Sivakov.</i> Estimating the Fault-free Running of Pulp-production Equipment Based on the Diagnostic State Graphs.....	58
<i>P.A. Birykov, M. V. Kuzmina.</i> Problems of Wood Harvesting Companies Adaptation to the Market Environment.....	62
<i>T.P. Tikhomirova.</i> Some Aspects of Price Policy at Furniture Mills.....	66
<i>L.E. Pijgli.</i> Investments for Improving the Financial Situation at the Enterprise...	69

## FORESTRY

<i>B.V. Raevsky, A.A. Mordas.</i> Growth and Productivity of Testing Logepole Pine in the Southern Karelia.....	74
<i>V.S. Petrovsky, S. A. Cherepukhin.</i> Peculiarities of Computer Simulation of Selective and Clear Cutting in the Normal Pine Stands.....	82
<i>A.V. Lebedev, E.A. Ivanova.</i> Spruce Pathology in Different Types of Forests.....	87
<i>N.V. Krechetova, N.A. Sokolova, L.I. Kotova.</i> On Ornamental Forms of Arborvitae Western and Cypress Sawara.....	91
<u>A.V. Veretennikov,</u> <i>O.A. Zemlyamukhina, N.E. Obratsova.</i> Optimization of the Nutrient Medium Composition when Culturing Meristema of Different Rose Species in Vitro.....	95
<i>V.S. Pisanov.</i> Growth and Formation of Green-moss Birch-blueberry Stand Influenced by Water Storage Basin.....	99

**WOODEXPLOITATION**

<i>V.P. Stukov.</i> Transport Network of Highways and Bridges in the Arkhangelsk Region, its Nearest Perspective in Improving the Regional Infrastructure.....	104
<i>V.S. Morozov.</i> Calculation of Cross Bending Factor for Winter Roads Bedding on Bogs.....	108
<i>S.L. Smirnov.</i> Computer Model of the Car Collision Process.....	113
<i>A.S. Milyaev, M.M. Ovchinnikov, A.I. Furin.</i> Calculation of Anchored Flexible Retaining Walls in the Layered Soil.....	119

**MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE**

<i>V.V. Solovjev, M.V. Rumyantsev.</i> Study of Crack Resistance of Wood Adhesive Joints for Cracks of Normal Breakway.....	128
<i>L.A. Kravtsova, A.A. Shadrin, A.V. Makarenko.</i> On Utilizing the Raw Wood from the Cleaning Cutting.....	132
<i>A.A. Shadrin, A.V. Makarenko.</i> Development of Mathematical Model for Technological Process of Joint Raw Material Processing from Final Felling and Intermediate Cutting.....	135
<i>E.N. Serov.</i> Improving the Design Rules for Glued Laminated Structures.....	139

**CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD**

<i>A.M. Aizenschtadt, M.B. Bogdanov, K.G. Bogolitsyn, D.S. Kosyakov, O.E. Krivonogova.</i> Assessment of Lignin Compounds Reactivity.....	145
<i>A.V. Kanarsky.</i> Outlook of Biochemical Treatment of Wood Raw Material.....	151
<i>V.V. Zalyazhnykh.</i> Sulphite Liquor Treatment with AN-31 Anionite.....	158
<i>V.V. Konshin, M.M. Chemeris, N.P. Musko, N.A. Chemeris, P.I. Siyanko.</i> Synthesis and Analysis of Pulp Compound Ethers with High Carboxylic Acid in the Trifluoroacetic Acid Medium.....	165

**ECONOMICS AND MANAGEMENT**

<i>E.S. Romanov.</i> Economic Processes in the Logging Industry.....	172
<i>P.V. Okladsky.</i> Correlation of Concepts of Economic Bankruptcy and Enterprises' Stability.....	176
<i>I.V. Shutov.</i> On Arguable Guidelines in the Forest Policy.....	180

**SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE**

<i>I.Ya. Kiselev.</i> Study of the Qualitative Composition of Autumn Leaves Pigments for American Maple and Barberry.....	187
<i>A.F. Popov.</i> Use of Means of Architectural Composition in Buildings with Laminated Wood Constructions.....	189
<i>E.N. Saburov, Yu.L. Leukhin, S.I. Ostashev.</i> Heat Transfer in the Finned Annular Channel of the Recuperative Device with a Cyclone Generator of Swirling Flow.....	196

**CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY**

<i>F.V. Agliullin.</i> Modern and Useful School-book.....	203
Index of Articles Issued by «Lesnoi Zhurnal» in 2000 .....	205

## МАТЕРИАЛЫ, ПОСВЯЩЕННЫЕ 70-ЛЕТИЮ УРАЛЬСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ

УДК 378



**В.Н. Старжинский,**  
ректор



**В.В. Глухих,**  
первый проректор



**В.Г. Новоселов,**  
проректор по науч-  
ной работе



**В.А. Азаренок,**  
проректор по учеб-  
ной работе



**Ю.А. Серов,**  
проректор по административно-хозяйственной работе

## УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ НА РУБЕЖЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ

Урал – регион, простирающийся на тысячи километров с севера на юг и с запада на восток, уникальный по разнообразию природно-климатических условий. Его освоенные леса пройдены двумя-тремя оборотами рубок. Лесозаготовительная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная

и лесохимическая отрасли занимают важное место в структуре современной промышленности Урала. Потребность этого таежного края в специалистах лесного профиля ощущалась всегда, но до начала XX в. здесь их не готовили. Только в 1917 г. в Екатеринбурге был открыт Горный институт, лесное отделение которого насчитывало всего пять студентов. Открытый в 1921 г. Уральский госуниверситет среди 11 своих факультетов включал и инженерно-лесной. В 1925 г. был открыт лесопромышленный факультет в составе Уральского политехнического института (УПИ). Между тем начавшаяся в стране индустриализация с каждым годом требовала наращивания объемов заготовки древесины. Потребность лесных отраслей промышленности Урала в специалистах с высшим образованием оценивалась тогда примерно в 4 тысячи человек. Комиссия Госплана СССР приняла решение создать на базе УПИ семь отраслевых вузов, в том числе лесотехнический. 5 мая 1930 г. был издан приказ ВСНХ СССР о его учреждении, эта дата и считается днем рождения Уральского лесотехнического института (УЛТИ).

За 70 лет работы вуз прошел сложный, но славный путь, преодолел много трудностей. За достигнутые успехи в 1978 г. УЛТИ было присвоено имя Ленинского комсомола, а в 1980 г. его наградили орденом Трудового Красного Знамени. На основании государственной аттестации в 1993 г. институт преобразован в Уральскую государственную лесотехническую академию (УГЛТА). В 1996 г. академия получила государственную аккредитацию.

Самая большая ценность вуза – ее люди: педагоги, ученые, руководители. В числе 26 сменившихся за семь десятилетий руководителей института было много незаурядных личностей, в том числе профессор Е.И. Казанцев, ставший впоследствии первым заместителем министра высшего и среднего специального образования РСФСР.

В институте работали Герои Советского Союза А.А. Шевелев и П.А. Лещенко; этого звания за подвиг в Афганистане был удостоен посмертно студент Ю.В. Исламов. Героями Социалистического Труда стали выпускники вуза А.Я. Сафонов и А.А. Дыбцин.

Научные традиции УЛТИ – УГЛТА связаны с именами акад. В.М. Глушкова, одного из отцов отечественной кибернетики; акад. В.Н. Сукачева, ботаника, лесоведа и географа; проф. М.М. Корунова, автора решений, легших в основу блокадной «дороги жизни» к Ленинграду; проф. Л.И. Вигорова, основателя уникального Уральского сада лечебных культур. Заметный след оставили в институте проф. В.Н. Козлов, Н.А. Коновалов, С.И. Рахманов, В.Н. Петри, М.П. Чижевский.

Среди наших выпускников бывшие министры СССР Н.В. Тимофеев и М.И. Бусыгин, руководитель Федеральной службы лесного хозяйства России В.А. Шубин, много директоров крупных предприятий. Сегодня мы имеем 5 лауреатов государственных премий, более 20 заслуженных деятелей науки, техники, образования и др.

УГЛТА осуществляет профессиональное довузовское, дополнительное, высшее и послевузовское образование. Организационная структура

академии претерпевает изменения, диктуемые меняющимися условиями. Сейчас в нее входят девять факультетов (гуманитарный, инженерно-экологический, лесоинженерный, лесохозяйственный, лесомеханический, механической технологии древесины, экономики и управления, заочный, довузовского и дополнительного образования) и три института (Автомобильно-дорожный, НИИ экологической токсикологии и Институт качества жизни). В двух соседних субъектах федерации созданы филиалы академии: Озерский в Челябинской области и Советский в Ханты-Мансийском автономном округе. В дополнение к очной и заочной формам обучения в вузе по четырем специальностям открыт экстернат. В настоящее время формируется новая форма обучения – дистанционная.

Контингент студентов в течение последних лет формируется исключительно на конкурсной основе. Сейчас в академии обучается 150 слушателей подготовительного отделения, более 1000 будущих абитуриентов готовятся в вуз на вечерних, воскресных и заочных подготовительных курсах. Активной формой профориентации является деятельность Малой лесной академии, где учащиеся 9–11-х классов школ Уральского региона за два года познают азы будущих профессий. В УГЛТА открыто первое на Среднем Урале региональное представительство Центра тестирования выпускников общеобразовательных учреждений Российской Федерации, результаты которого засчитываются в качестве вступительных испытаний в вузы.

Около 8000 студентов дневной и заочной форм обучения составляют сегодня контингент академии. Перечень предлагаемых им для освоения образовательных программ постоянно увеличивается. Здесь открыта подготовка бакалавров по 9 направлениям, инженеров и менеджеров по 17 специальностям. Ежегодно повышают квалификацию и проходят профессиональную переподготовку более 1500 руководителей и специалистов предприятий различных отраслей. Академия поддерживает тесные связи с производством, что позволяет выполнять реальные курсовые и дипломные проекты и работы с учетом специфики работы предприятий в современных условиях. Как следствие, несмотря на ликвидацию планового государственного распределения молодых специалистов, около 95 % выпускников в последние годы получают направление на работу.

Послевузовское образование по 15 научным специальностям продолжают около 80 аспирантов, 4 докторанта и более 15 соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук. Наряду с аспирантурой в академии открыта докторантура по техническим и сельскохозяйственным наукам. Защиты диссертаций проводятся в двух докторских советах.

Преподавательский коллектив составляет более 430 человек, среди них 33 профессора и доктора наук, 218 доцентов и кандидатов наук, более 25 членов различных общественных академий.

Несмотря на продолжающийся экономический кризис, наука в академии развивается. Сформировались устойчивые научные школы по основным направлениям фундаментальных и прикладных исследований.

Только за последние пять лет объемы научно-исследовательских работ (НИР) возросли в сопоставимых ценах более чем в пять раз. Ученые УГЛТА выиграли в конкурсах пять грантов Минобразования России на проведение НИР; трое молодых ученых – на зарубежные командировки. Академия выполняет пять научных проектов по двум федеральным целевым программам, девять – по единому заказ-наряду, три – по межвузовским научно-техническим программам Минобразования России, пять финансируются международными фондами и зарубежными партнерами. По результатам научных исследований за пять лет было издано 27 монографий, 23 сборника научных трудов, получено 36 патентов на изобретения, свидетельства на промышленные образцы и полезные модели.

При УГЛТА функционирует Уральское отделение Секции наук о лесе Российской академии естественных наук (РАЕН), включающее 22 представителя нашей научной когорты.

Научно-исследовательская деятельность студентов – важный элемент их творческого развития. Участие в областных, региональных, внутри- и межвузовских олимпиадах по дисциплинам и специальностям, в конкурсах курсовых и дипломных проектов, непосредственное участие в исследованиях активизирует приобретение студентами знаний и навыков самостоятельного принятия инженерных и управленческих решений. Ежегодно в сборниках научных трудов публикуются до 30 студенческих работ, около 20 работ представляются на открытый конкурс по разделу «Лесная и деревообрабатывающая промышленность». Успехи наших студентов за последнее пятилетие отмечены 17 медалями и 26 дипломами Всероссийского конкурса научных работ.

УГЛТА поддерживает деловые и творческие связи с более чем 50 различными зарубежными фирмами, образовательными учреждениями и научно-исследовательскими центрами. В их числе Швейцарский национальный научный фонд; Швейцарский федеральный институт леса, снега и ландшафта; Институт производства бумаги в г. Дармштадте (Германия); Технический университет в г. Зволене (Словакия); Высшая политехническая школа в г. Тампере; Колледж лесоведения в г. Куру и известная машиностроительная фирма Sisu Logging (Финляндия). За последние годы в зарубежных командировках побывали свыше 50 сотрудников академии; 3 аспиранта и 3 студента проходили курсы теоретического обучения и стажировались в Германии, Словакии, Финляндии, Швейцарии. Группа студентов и преподавателей УГЛТА, выиграв конкурс немецкой службы DAAD, совершила экскурсионно-ознакомительную поездку по предприятиям, научным и учебным учреждениям Германии. За этот период академию посетили более 30 представителей зарубежных партнеров, изучением русского языка занимаются до 50 иностранных граждан. УГЛТА является участницей международных проектов Intas, Tacis и др. Ученые представляют достижения отечественной науки в обширной географии международных симпозиумов, конференций.

Академия имеет свою редакционно-полиграфическую базу, издает методическую, учебную и научную литературу, в том числе два межвузовских сборника научных трудов: «Технология древесных плит и пластиков», «Эксплуатация лесовозного подвижного состава», региональный сборник «Леса Урала и хозяйство в них». Общий объем ежегодно издаваемой литературы – более 450 учетно-издательских листов, а количество наименований – более 230 (учебники и учебные пособия – 10, научные сборники и монографии – 15, методические работы – более 200). Всего за пять лет издано 46 учебников и учебных пособий, треть из которых имеет грифы УМО и Минобразования России.

Несмотря на объективные финансовые трудности, УГЛТА поддерживает и развивает материально-техническую базу учебно-научной и социальной сфер. Динамично идет оснащение современной вычислительной и оргтехники. Создана корпоративная компьютерная сеть, имеющая выход в Internet, организован класс свободного доступа в глобальную сеть.

Материально-техническая база учебной и научно-производственной деятельности академии включает пять учебно-лабораторных корпусов, уникальный Уральский сад лечебных культур им. проф. Л.И. Вигорова, учебно-производственные мастерские, учебное и научно-производственное комплексное лесохозяйственное предприятие с общей площадью лесных угодий 30 тыс. га, лесопильный цех и базу учебных и производственных практик, учебно-экспериментальную мебельную фабрику.

Академия обладает развитой социальной инфраструктурой: студенческий городок, включающий 8 благоустроенных общежитий для студентов и одно для сотрудников; два жилых дома, стадион с искусственным покрытием, три спортивных зала, санаторий-профилакторий, комбинат питания, спортивно-оздоровительный лагерь, детский сад и др.

Студенческий коллектив живет интересной жизнью. Гордостью академии является народный самодеятельный коллектив – хор русской песни, созданный в 1975 г., неоднократный призер областных и республиканских смотров-конкурсов народных коллективов. Возрождаются традиции самого студенческого вида творчества – КВН.

В целях повышения влияния общественности на выбор приоритетов в подготовке специалистов, содержание и качество образования, материальной поддержки образовательной и научной деятельности создан Попечительский совет академии, в состав которого входят руководители и собственники предприятий лесного и автомобильно-дорожного комплексов, представители региональных органов власти и управления.

В XXI в. Уральская государственная лесотехническая академия вступает, не только имея богатый положительный опыт, но и осознавая сложности и проблемы выживания в новых экономических условиях. Накопленный потенциал и положительные тенденции в развитии академии обеспечат подготовку специалистов, которые будут востребованы, как и прежде, в лесных отраслях, на автомобильном транспорте и др. Они смогут решать задачи по обеспечению устойчивого лесопользования, экологии окружаю-



щей среды, комплексной переработки древесины, экономики и сертификации, используя для этих целей современные компьютерные системы и последние достижения науки и практики.

***В.Н. Старжинский, В.В. Глухих, В.Г. Новоселов,  
В.А. Азаренок, Ю.А. Серов***

*V.N. Starzhinsky, V.V. Glukhikh, V.G. Novoselov,  
V.A. Azarenok, Yu.A. Serov*

**Urals State Forest Engineering Academy on Borderline of Millennium**

---

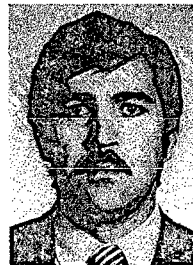
УДК 630\*52:630\*174.754

***В. А. Усольцев, З. Я. Нагимов, А. Б. Фимушин, А. И. Колтунова,  
М. В. Азаренок***

Усольцев Владимир Андреевич родился в 1940 г., окончил в 1963 г. Уральский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор Уральской государственной лесотехнической академии, заведующий лабораторией экологии и биопродуктивности антропогенных растительных сообществ Ботанического сада УрО РАН. Имеет около 200 печатных научных работ по проблемам оценки и моделирования биологической продуктивности и структуры фитомассы лесов.



Нагимов Зуфар Ягфарович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет около 100 научных работ по проблемам продуктивности и структуры фитомассы лесов.



Колтунова Александра Ивановна родилась в 1947 г., окончила в 1971 г. Казахский сельскохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, докторант Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет около 80 печатных работ по проблемам роста и продуктивности лесов.



Азаренок Максим Васильевич родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, аспирант УГЛТА.



## **ХОД РОСТА НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ПРИПОЛЯРНЫХ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ**

Впервые для приполярных лиственничников Западной Сибири составлена ТХР нормальных древостоев, совмещенная с таблицей биологической продуктивности по надземной фитомассе.

Динамика биологической продуктивности лиственницы все еще изучена слабо, особенно на северном пределе ареала. Таблицы биологической продуктивности обычно составляют путем стыковки регрессионных моделей динамики фитомассы с традиционными ТХР [11, 12]. Поскольку для приполярных лиственничников Западной Сибири на сегодня нет ни тех, ни других, нами предпринята попытка совместного составления ТХР нормальных древостоев и таблиц биопродуктивности. Исследования выполнены в Ямало-Ненецком национальном округе (Тюменская область) на площадях Госземзапаса в 60 ... 80 км к северу от п. Уренгой (67° с. ш., 78° в. д.) и в Тарко-Салинском лесхозе (65° с. ш., 78° в. д.). В августе 1997 и 1998 гг. в лиственничниках (*Larix sibirica* Ledeb.) возраста 25 ... 350 лет по методике ОСТ 56-60-83 заложено 17 пробных площадей, из них 4 на плакорах (лишайниковый тип леса) по правому берегу р. Пур и 13 в сомкнутых древостоях надпойменных террас (зеленомошно-ягодниковый и багульниково-брусничные типы леса) [13]. На пробных площадях по ступеням толщины взято на фитомассу 111 модельных деревьев, по 5–9 на каждой. Методика определения фракционного состава фитомассы изложена ранее [13]. Выполнена инструментальная таксация древостоев на 75 круговых реласкопических площадках.

При таксации лесов региона сегодня применяются стандартные таблицы с одним входом (только по средней высоте), составленные для других регионов. Но регионы резко отличаются по природно-климатическим условиям. Ряд исследователей в целях повышения точности считают целесообразным составлять стандартную таблицу по двум входам – средней высоте древостоев и классу бонитета [1–3, 5, 9]. Подобный подход был применен и в нашем исследовании.

На первом этапе из исходного массива данных были сформированы выборки максимальных значений суммы площадей сечений ( $G$ , м<sup>2</sup>/га) по классам бонитета. Из этих же выборок взяты величины видовых высот ( $HF$ , м). Значения  $G$  и  $HF$  при фиксированном  $H_{100}$  нанесены на графики в зависимости от средней высоты ( $H$ , м) и аппроксимированы по программе SYSTAT-5 двухфакторными уравнениями

$$G = f(H, H_{100}); \quad (1) \qquad HF = f(H, H_{100}), \quad (2)$$

характеристика которых дана в табл. 1.

Для построения моделей возрастной динамики средней высоты  $H$  и среднего диаметра ( $D$ , см) в расчет были включены те же выборки, по которым рассчитаны модели для  $G$  и  $HF$ , дополненные пробными площадками, значения  $G$  которых отклонялись не более 10 % от максимальных  $G$  согласно (1). Рассчитаны уравнения (табл. 1)

$$D = f(A, H_{100}); \quad (3) \qquad H = f(A, H_{100}), \quad (4)$$

где  $A$  – возраст древостоя, лет.

Запас древостоя ( $M$ , м<sup>3</sup>/га) получен как произведение расчетных значений  $G$  и  $HF$ , а густота ( $N$ , тыс. экз./га) – по величинам  $G$  и  $D$ .

Таблица 1

Константы и независимые переменные	Зависимые переменные										
	lnD	lnH	lnG	HF	lnP <sub>s</sub>	lnP <sub>k</sub>	ln(P <sub>p</sub> /M)	ln(P <sub>f</sub> /M)			
$a_0$	-17,0882	-15,1278	-0,3527	1,9828	-0,7874	-2,3521	-0,0985	-0,7294			
$a_1(\ln A)$	5,4011/10,4	4,6615/12,8	-	-	-0,0490/3,3	0,3036/3,7	-	-			
$a_2(\ln A)^2$	-0,3640/12,5	-0,3171/15,5	-	-	-	-	-	-			
$a_3(\ln H)$	-	-	1,3249/23,3	-	0,1119/2,8	-0,6321/2,8	-1,1159/5,1	-0,7946/4,6			
$a_4(\ln H)^2$	-	-	-0,0157/2,8	-	-	-	-	-			
$a_5(H)$	-	-	-	0,4281/25,1	-	-	-	-			
$a_6(H_{100})$	-	-	-	-0,0590/5,3	-	-	-	-			
$a_7(\ln H_{100})$	3,3504/4,5	3,1353/5,9	0,6416/8,0	-	-	-	-	-			
$a_8(\ln H_{100})^2$	-	-	-0,0612/3,5	-	-	-	-	-			
$a_9(\ln A) (\ln H_{100})$	-0,5044/3,1	-0,4343/3,7	-	-	-	-	-0,2160/2,6	-			
$a_{10}(\ln N)$	-	-	-	-	-	-	-	-			
$a_{11}(\ln M)$	-	-	-	-	0,9916/79,9	1,0358/15,1	-	-			
$a_{12}[\ln(P_p/M)]$	-	-	-	-	-	-	-	0,5484/3,4			
-	0,919	0,947	0,948	0,979	0,999	0,977	0,654	0,881			

Коэффициент детерминации R<sup>2</sup>

Примечание. Первая цифра – значение константы, вторая – ее значимость по t-критерию Стьюдента.

Таблица 2

Возраст, лет	Средние		Видовая высота, м	Густота, тыс. экз./га	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Надземная фитомасса, т/га				Итого	
	диаметр, см	высота, м					Стволы		Ветви	Хвоя		
							Всего	Кора				
Лиственничник зеленомошно-ягодниковый; IV класс бонитета												
20	3,0	3,53	2,45	16,124	11,4	28	12,3	3,4	3,4	3,4	1,6	17,3
40	8,7	8,50	4,55	3,704	22,0	100	46,4	8,9	8,9	8,9	1,9	54,6
60	13,7	12,7	6,38	1,914	28,2	180	85,3	14,3	14,3	14,3	2,1	95,7
80	17,6	15,6	7,64	1,287	31,3	239	114,0	18,4	18,4	18,4	2,2	125,7
100	20,5	17,8	8,54	1,003	33,1	283	135,2	21,7	21,7	21,7	2,3	147,8
120	22,5	19,2	9,17	0,861	34,2	314	149,9	24,2	24,2	24,2	2,3	163,1
140	24,0	20,2	9,60	0,772	34,9	335	159,5	26,3	26,3	26,3	2,3	173,0
160	25,0	20,9	9,87	0,720	35,3	348	165,2	27,9	27,9	27,9	2,3	178,9
180	25,7	21,3	10,04	0,687	35,6	357	168,8	29,4	29,4	29,4	2,3	182,7
200	26,0	21,5	10,12	0,673	35,7	361	170,0	30,5	30,5	30,5	2,3	183,9
Лиственничник багульниково-брусничный; V класс бонитета												
20	2,0	2,30	2,14	20,640	6,30	13	5,5	2,0	2,0	2,0	1,3	9,2
40	6,1	6,04	3,74	5,548	16,2	61	27,4	6,6	6,6	6,6	1,8	34,3
60	10,1	9,24	5,11	2,722	21,8	111	50,9	10,6	10,6	10,6	2,0	59,7
80	13,5	11,7	6,18	1,761	25,2	156	72,3	14,2	14,2	14,2	2,1	82,4
100	16,1	13,6	6,98	1,337	27,2	190	88,4	17,0	17,0	17,0	2,1	99,3
120	18,1	15,0	7,58	1,112	28,6	217	101,1	19,3	19,3	19,3	2,2	112,7
140	19,6	16,0	8,02	0,975	29,4	236	109,8	21,2	21,2	21,2	2,2	121,7
160	20,8	16,8	8,34	0,883	30,0	250	116,1	22,8	22,8	22,8	2,2	128,3
180	21,6	17,3	8,56	0,830	30,4	260	120,4	24,1	24,1	24,1	2,2	132,8
200	22,2	17,6	8,71	0,793	30,7	267	123,3	25,3	25,3	25,3	2,2	135,8

Далее по экспериментальным данным фитомассы 17 пробных площадей рассчитаны регрессионные модели общего вида

$$P_s = f(A, H, M); \quad (5) \quad P_k = f(A, H, M); \quad (6)$$

$$P_b/M = f(H, N); \quad (7) \quad P_f/M = f(H, P_b/M), \quad (8)$$

где  $P_s, P_k, P_b, P_f$  – соответственно масса стволов в коре и коры стволов, масса ветвей и хвои в абс. сухом состоянии, т/га.

Характеристика уравнений (5) – (8) дана в табл. 1.

Таблица биопродуктивности (табл. 2) получена табулированием рекурсивных уравнений (термин см.: [12]) (1) – (8) в такой последовательности:

$$\left\{ \begin{array}{l} D = f(A, H_{100}); \\ H = f(A, H_{100}); \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} G = f(H, H_{100}); \\ HF = f(H, H_{100}); \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} M = GHF; \\ N = G/0,785D^2; \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P_s = f(A, H, M); \\ P_k = f(A, H, M); \\ P_b/M = f(H, N) \rightarrow P_f/M = f(H, P_b/M). \end{array} \right.$$

Табулирование выполнено для двух наиболее распространенных пойменных типов леса – зеленомошно-ягодникового и багульниково-брусничного, классы бонитета соответственно IV и V, выраженные высотой древостоя ( $H_{100}$ , м) в базовом возрасте 100 лет по бонитетной шкале М.М. Орлова 17,5 и 14,0 м.

Поскольку таблица биопродуктивности приполярных лиственничников разработана впервые, сопоставить ее в пределах северной тайги пока не с чем, но можно сравнить с возрастными трендами запасов стволовой древесины нашей таблицы и ТХР нормальных северотаежных лиственничников (*L. Cajanderi* Маур.) Магаданской области [10] и севера Хабаровского края [4] по IV классу бонитета (багульниково-моховой тип). Запасы лиственничников 40, 100 и 200 лет в Магаданской области составляют соответственно 74, 82 и 84 %, на севере Хабаровского края 77, 62 и 60 % к запасам по нашей таблице. Эти различия обусловлены, видимо, меньшей глубиной промерзания почвогрунта в пойме р. Пур вследствие теплового и твердого речных стоков [8] по сравнению с северотаежными лиственничниками Приохотоморья, а также принадлежностью регионов к разным мерзлотным поясам [6]. В еще большей степени различаются по продуктивности исследованные пойменные древостои с высокогорными лиственничниками севера Хабаровского края [4], запасы которых вдвое ниже наших на всем возрастном диапазоне.

Сравнение наших данных с показателями ТХР лиственничников (*L. Sukaczewii* N. Dyl.) северо-востока европейской части России [7] по IV классу бонитета не выявило различий продуктивности древостоев всех возрастов. Правда, ТХР составлены для таежной зоны региона в целом, без дифференциации по подзонам, и скорее всего не учитывают специфики роста лиственницы Сукачева на северном пределе ареала.

Выявление общих географических закономерностей роста фитомассы рода *Larix* Mill. в пределах Северной Евразии – предмет специального исследования. Основа для него уже получена в виде сводки литературных экспериментальных данных фитомассы по 170 пробным площадям на территории от Швейцарии (*L. decidua* Mill.) до Японии (*L. leptolepis* Gord.) и от Таймырского полуострова России (*L. Gmelinii* (Rupr.) Rupr.) до Монголии (*L. sibirica* Ledeb.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Вагин А.В. Критерии полноты сосновых насаждений СССР. – М.: ЦБНТИ, 1976. – 28 с.
3. Верхунов П.М. и др. Лесотаксационный справочник для лесов Урала / П.М. Верхунов, А.В. Попова, В.Л. Черных, И.В. Мамаев. – М.: Госкомлес СССР, 1991. – 240 с.
4. Выводцев Н.В., Выводцева З.А., Лысун Е.Ю. Нормативные основы для ведения лесного хозяйства на севере Хабаровского края (концептуальный аспект). – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1996. – 67 с.
5. Загреев В.В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 240 с.
6. Кондратьева К.А., Кудрявцев В.А. Карта геокриологического районирования СССР. – М.: Изд-во МГУ, 1977.
7. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР. – Архангельск: АИЛИЛХ, 1986. – 358 с.
8. Миронов Б.А., Агафонов Л.И. Лесная растительность поймы нижней Оби // Природа поймы нижней Оби. Наземные экосистемы. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1992. – С. 92-116.
9. Справников В.Г. Исследование параметров полноты древостоев лиственницы сибирской Средней Сибири // Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1990. – 22 с.
10. Справочник для таксации лесов Дальнего Востока. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1990. – 526 с.
11. Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. – Новосибирск: Наука, 1988. – 253 с.
12. Усольцев В.А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1998. – 541 с.
13. Усольцев В.А. и др. Структура надземной фитомассы лиственничников в низовьях р. Пур / В.А. Усольцев, З.Я. Нагимов, А.Б. Фимущин и др. // Лесная таксация и лесоустройство: Межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск: СибГТУ, 1999.

V.A. Usoltsev, Z.Ya. Nagimov, A.B. Fimushin, A.I. Koltunova,  
M.V. Azarenok

#### Growth of Overground Phytomass of Polar Larch Stands

A conventional growth table for the normal stands combined with a table of biological productivity for overground phytomass is worked out for the polar larch stands in the Western Siberia for the first time.

УДК 630\*2 (470.5)

*Н.Н. Чернов*

## **ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР НА УРАЛЕ**

Рассмотрены пути совершенствования лесокультурного производства на Урале: лесного семеноводства, выращивания посадочного материала, создания лесных культур.

На Урале накоплен богатейший опыт выращивания искусственных лесонасаждений в различных лесорастительных и экономических условиях. Наряду с бесспорными достижениями работников лесного хозяйства в этой области, существуют резервы, использование которых позволит поднять лесокультурное производство на более высокую ступень.

В организации лесного семеноводства важно решить ряд вопросов, от чего в значительной степени зависит судьба лесов будущего. К ним относятся лесосеменное районирование на научной основе, заготовка лесосеменного материала в высокопроизводительных насаждениях с предварительным проведением мероприятий по организации временных лесосеменных участков.

Одной из наиболее эффективных мер является использование селекционного посадочного материала. При дальнейшем формировании постоянной лесосеменной базы важно устранить выявившиеся просчеты и недостатки и перейти к созданию плантаций II порядка с использованием клонов элитных деревьев. Должна быть усовершенствована методика отбора плюсовых деревьев с учетом формового разнообразия древесных пород. Важное значение имеет увеличение числа клонов и семейств в плантациях I порядка и числа клонов в плантациях II порядка. Перспективна закладка постоянных лесосеменных участков изреживанием высокопродуктивных молодняков и посадкой саженцев, выращенных из семян, собранных в плюсовых насаждениях.

Выращивание посадочного материала на Урале сталкивается с рядом проблем. Это зараженность питомников патогенной микрофлорой, накопление гербицидов, ведущее к повышению токсикологической нагрузки на среду и тератогенезу посадочного материала, недостаток семян наиболее ценных пород лиственницы и кедра. Для Урала актуальны: разработка и осуществление программ лесопатологического мониторинга лесопитомников на ближайшую перспективу; замена внесения токсичных гербицидов высокоэффективными агротехническими приемами; сокращение сроков эксплуатации лесопитомников; совершенствование технологий выращивания посадочного материала в закрытом грунте; разработка автоматизированных систем выращивания посадочного материала.



Ниже представлены наиболее значимые предложения, направленные на совершенствование типов культур, агротехники их создания и выращивания, повышение продуктивности и устойчивости культурценозов отдельных древесных пород.

Экологический ареал культурценозов сосны может быть расширен за счет использования дренированных суглинистых почв при высоком уровне агротехники лесокультурных работ. Внедрение ели в культуры сосны в целях повышения продуктивности при формировании второго яруса древостоя можно считать оправданным в лесорастительных условиях с относительно богатыми почвами ельников и сосняков липнякового, разнотравного и влажнотравного. Решение проблемы применения качественного посадочного материала и достаточной интенсивности агротехнических уходов – необходимое условие повышения лесоводственной эффективности культивирования сосны; выполнение его позволит восстановить позиции сосны в культуре на Урале.

Широко распространенное культивирование ели в несвойственных ей лесорастительных условиях неизбежно приведет в будущем к преждевременному распаду насаждений и снижению продуктивности лесов. Поэтому первоочередной задачей является определение границ экологического ареала культурценозов ели на Урале. Культуры ели можно создавать как чистые, так и смешанные с сосной и лиственницей, при этом повышается на 15 ... 20 % продуктивность культур, устойчивость ели к ветровалу, предупреждается распад древостоев. Смещение ели с сосной и лиственницей целесообразно в оптимальных для произрастания ели или близких к ним лесорастительных условиях. Актуально применение крупномерного посадочного материала ели без последующих агротехнических уходов. Важное значение имеет своевременное изреживание культур ели после их смыкания в целях предупреждения ухудшения роста и состояния культур.

Некоторые преимущества лиственницы ставят ее в ряд наиболее перспективных древесных пород. Высокая эффективность культур лиственницы достигается лишь в благоприятных для нее лесорастительных условиях. Определенно прослеживается преимущество чистых культур и смешанных с елью. Смещение лиственницы с сосной нецелесообразно вследствие вытеснения ее сосной во всех преобладающих на Урале лесорастительных условиях.

Сложности в культивировании кедра сибирского (дефицит семенного материала, медленный рост в молодом возрасте, высокая потребность в агротехнических уходах) сдерживают увеличение объемов создания культур этой ценной древесной породы. Предпосылками для расширения культивирования кедра являются: разработка мер по обеспечению производства семенами, включая создание постоянной лесосеменной базы и мер по предотвращению потери всхожести семян при их хранении, интенсификация подготовки почвы и ухода за культурами, применение крупномерного посадочного материала. Предпочтение должно быть отдано созданию чистых кедровников.

Использование лиственных древесных пород (таких как тополь, дуб) в лесовосстановлении должно быть ограничено лесостепной и степной зонами и лесорастительными условиями, благоприятными для произрастания этих пород. Наибольшее применение они могут найти в защитном лесоразведении и зеленом строительстве. Береза способна потеснить в лесокультурном ассортименте хвойные породы в условиях некоторых типов почв степи и лесостепи, где может сформировать более продуктивные и устойчивые насаждения.

Концептуальные положения перспективной технической политики включают организационные и технологические аспекты, направленные на повышение эффективности лесокультурного производства, продуктивности лесов и их эстетических, защитных и природообразующих функций.

Искусственное лесовосстановление в лесной зоне Урала должно применяться в случаях, когда оно имеет преимущества перед естественным возобновлением и содействием ему. В районах с низкой интенсивностью ведения лесного хозяйства и хорошей возобновительной способностью лесов предпочтение на современном этапе должно быть отдано естественному возобновлению и применению мер содействия. Культуры следует создавать лишь в случаях, когда естественное возобновление не обеспечивается в хозяйственно приемлемые сроки.

Повышение нормативных затрат на создание и выращивание 1 га культур является необходимым условием достижения высокой лесоводственной эффективности лесокультурного производства. Кардинально повысить качество культур и снизить оборот рубки позволит переход на плантационное выращивание леса. В связи с ограниченными возможностями интродукции на Урале инорайонных видов первоочередное значение приобретает разведение высокопродуктивных аборигенных пород – лиственницы и кедра сибирского. Необходима разработка региональной программы их выращивания на ближайший 30-летний период.

Для Урала актуальна научная проработка вопросов создания культур рекреационно-ландшафтного назначения.

Завершение организационно-технических мероприятий по созданию постоянной лесосеменной базы на селекционной основе не должно выходить за рамки 20–30-летнего периода. Ускорить формирование семенной базы позволит, наряду с плюсовой селекцией, создание постоянных лесосеменных участков в высокопродуктивных молодняках и использование потомства плюсовых насаждений.

Повышению продуктивности лесов будет способствовать освоение лесов гидромелиоративного фонда, в том числе и лесокультурными методами. Гидролесомелиоративному освоению лесов должно предшествовать тщательное экологическое и экономическое обоснование.

Большое значение имеет постоянное совершенствование опробованных на практике технологий создания и выращивания культур на основе более полного учета лесорастительных условий лесокультурных площадей и повышения качественного уровня средств механизации, уточнение экологи-

ческого ареала некоторых древесных пород в различных лесорастительных зонах Урала.

Итак, исследования, традиционно основывавшиеся на постановке опытов, позволили разрешить в целом проблему совершенствования технологий лесокультурного производства, но дали при этом массу противоречивого эмпирического материала, что не позволяет сделать однозначные выводы по некоторым вопросам лесокультурного дела. Разработка новых современных методик научных исследований позволит в будущем поднять качественный уровень лесокультурного производства.

*N.N. Chernov*

### **Peculiarities of Creating Forest Cultures in the Urals**

The ways of improving the forest-culture production in the Urals are considered, among them forest seed culture, seedling and planting stock growing, forest culture creation.

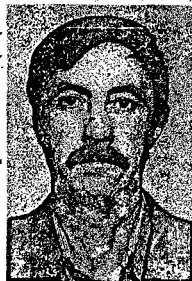
УДК 630\*425

*Р.Н. Ковалев, В.К. Звездин*

Ковалев Рудольф Николаевич родился в 1949 г., окончил в 1972 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры менеджмента и внешнеэкономической деятельности предприятия Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 94 печатные работы в области транспортно-технологических и эколого-экономических проблем лесопользования.



Звездин Вадим Константинович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Уральский государственный университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры менеджмента и внешнеэкономической деятельности предприятия Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 10 печатных трудов в области теоретической физики.



### **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

Приведен краткий анализ существующих методов оценки экологического состояния экосистем, предложен один из рациональных количественных методов оценки лесных экосистем.

Используя принятую Законом РФ «Об охране окружающей среды» классификацию, практически актуальной является задача определения, в каком из трех состояний – риска, кризиса или катастрофы – находится лесная экосистема.

В основу оценки состояния экосистемы положена одна общая идея. Специалисты известными им методами, качественно или количественно, так или иначе, находят значения факторов (показателей), которые, по их мнению, характеризуют ее настоящее состояние и направление процесса дальнейшего развития. Обработывая эти данные и применяя определенные решающие процедуры, они выставляют одну из трех указанных оценок данной экосистеме.

Здесь имеются проблемы:

1. Факторы бывают количественные и качественные, чувствительные и базисные, непрерывные и дискретные, пороговые и интервальные, важные, менее важные и т. д. Разбиение их по указанным классам всегда субъективно и неоднозначно.

2. Вопрос определения множества (набора) факторов непростой и решается по-разному, например экспертным или даже директивным методом. От количества, характера и классификации факторов, участвующих в оценке состояния, во многом зависит процедура принятия решения.

Количественные методы решения данной задачи математически просты, но выбор критерия оценки состояния труден, произволен, несет в себе субъективные черты первых трех и не может претендовать на универсальность. И все-таки разработка количественного критерия, даже с применением неколичественных методов, например экспертных, априорного ранжирования, квалиметрии и других, позволяет достичь большей объективности оценки. Это следствие логических схем, положенных в основу методов. Кроме того, математическая обработка информации позволяет так или иначе учесть все факторы и их вес в процедуре принятия решения, формирования критерия оценки. Обнадешивает также то, что такие же методы применяются при решении подобных задач в других областях (например в ценообразовании, товароведении, диагностике заболеваний и др.) и дают неплохие результаты.

Все существующие методы можно разделить на диагностические, с использованием принципов квалиметрии и математической статистики.

В диагностическом подходе, известном также как процедура генерализации частных откликов, строится некая таблица (дерево) решений, узлами которой являются факторы, и заранее проектируется логическая процедура следования по этому дереву. Недостатки этого подхода заключаются в сложности процедуры анализа для большого количества факторов, громоздкости дерева и в том, что при выработке решения используется информация только о тех факторах, которые участвовали в логической процедуре анализа. Достоинство – сравнительная простота учета неколичественных факторов.

В подходе, основанном на идеях квалиметрии, роль показателей качества играют факторы. Основные принципы квалиметрии [2]:

иерархический (уровневый) метод вычисления комплексных показателей из простых: свойство  $i$ -го уровня определяется свойствами предыдущего ( $i - 1$ )-го уровня;

базовые показатели заданы;

каждое свойство определяется показателем и его весом;

сумма весов равна единице;

показатели должны быть безразмерными.

Из математической статистики можно использовать дискриминантный анализ, распознавание образов и др. [1, 3].

Рассмотрим один из возможных способов решения описанной задачи, который сочетает в себе простую статистику с методами априорного ранжирования. Пусть состояние интересующей нас лесной экосистемы  $A$  оценивается функцией (она же критерий)  $Y_a$ , зависящей от многих переменных (они же факторы)  $X_i$ :

$$Y_a = f(X_i), \quad i = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Явный вид функции  $f$  неизвестен. Область определения всех переменных  $X_i$  задана, а  $Y$  может принимать любые значения из достаточно широкого интервала отрицательных и положительных чисел. Заметим, что  $Y$  – скаляр, а  $X$  – вектор. Будем считать, что функция  $f$  осуществляет каким-либо образом «свертку» этого вектора в скаляр ( $R^n \rightarrow R$ ).

Даже если бы вид функции был известен, то и тогда, подставив значения всех переменных  $X_i$  и вычислив значение  $Y$ , мы не решили бы нашу задачу о сравнительной оценке состояния системы. Для сравнения нужны другие подобные системы. Только тогда можно создать эталон, выстроить все системы по ранжиру и найти в нем место для данной системы.

Для решения поставленной задачи погрузим нашу систему  $A$  в окружение ей подобных, что вполне естественно для больших лесных массивов. Каждую из них будем описывать точно такой же функцией  $Y_j$ ,  $j = 1, \dots, m$ .

Тогда имеем

$$Y_j = f(X_{j,i}), \quad i = 1, \dots, n; \quad j = 1, \dots, m, \quad (2)$$

где  $X_{j,i}$  – значение  $i$ -го фактора в  $j$ -й подсистеме.

Выборочным методом или сплошным контролем вычислим средние значения факторов и их стандартные отклонения по всей суперсистеме:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{j,i}; \quad (3)$$

$$\sigma_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (x_{j,i} - \bar{X}_i)^2, \quad (4)$$

где  $m$  – число подсистем во всей суперсистеме.

Перейдем к новым переменным:

$$X'_{j,i} = (x_{j,i} - \bar{X}_i) / \sigma_i. \quad (5)$$

Набор этих величин будем называть «относительным профилем»  $j$ -й подсистемы.

Из посторонних соображений, например методом экспертных оценок, зададим для всей суперсистемы «стандартный профиль», т. е. набор из  $n$  чисел  $w_i$ , которые отражают важность  $i$ -го фактора с точки зрения всей группы экспертов. Эти числа нормируются в долях и служат весовыми множителями. Выбор весов – очень важный момент в предлагаемой процедуре принятия решения и должен быть проведен как можно тщательнее: консилиумом, экспертными методами с помощью голосования, переголосования и достижения консенсуса в конечном счете.

На этом этапе определим явный вид функции  $f(X)$  из (1), например по формуле

$$Y_i = \sum_i^n w_i X'_{j,i} + Y_0. \quad (6)$$

Вычислив значения критерия для всех подсистем, можно найти в полученном ряду место для изучаемой подсистемы  $A$ , построив гистограмму, график, и определить это место визуально. Можно отобразить интервал значений критерия на область оценок (риск, кризис, катастрофа), построить функцию желательности Харрингтона, и сделать процедуру принятия решения формализованной.

По ходу дела желательно проверить два обстоятельства: 1) некоррелированность факторов. Удалив из рассмотрения коррелирующие факторы, можно уменьшить их количество; 2) нормальность распределения каждого фактора по всей суперсистеме.

Достоинства предложенного метода:

оценка  $Y_a$  основана на данных богатого множества подобных подсистем;

после достижения необходимого консенсуса процедура вычисления оценки проста и формальна.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гублер Е.В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов. – М., 1978.
2. Мишин В.М. Исследование систем управления. – М., 1998.
3. Фу К. Структурные методы в распознавании образов. – М., 1981.

*R.N. Kovalev, V.K. Zvezdin*

#### **Methods of Evaluating the Ecosystem State Based on the Integral Indicators**

The brief analysis of current evaluation methods for ecological state of ecosystems is given, one of the rational quantitative methods of forest ecosystems evaluation being suggested.

УДК 630\*18

***Н. М. Шебалова, Л. Г. Бабушкина***

Шебалова Надежда Михайловна родилась в 1948 г., окончила в 1973 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник проблемной научно-исследовательской лаборатории Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет около 55 печатных работ по вопросам влияния азротехногенного загрязнения на лесные экосистемы.



Бабушкина Люция Георгиевна родилась в 1934 г., окончила 1957 г. Уральский государственный университет, доктор биологических наук, профессор, академик РАЕН и Нью-Йоркской АН, руководитель проблемной научно-исследовательской лаборатории Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет около 240 печатных работ в области изучения влияния азротехногенного загрязнения на лесные экосистемы.

**К МЕХАНИЗМАМ ПОВРЕЖДЕНИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ  
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ  
В ЗОНАХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Показано, что устойчивость сосны обыкновенной к токсикантам характеризуется комплексом физиолого-биохимических приспособлений, обеспечивающих ее функционирование в данных условиях.

В настоящее время большую остроту и актуальность приобрела проблема изучения устойчивости лесных экосистем, расположенных в техногенных зонах.

Наш выбор для исследования лесных территорий в зоне действия Полевского криолитового завода обоснован многолетним воздействием комплекса поллютантов с преобладанием фтористых соединений, особо токсичных как для растений, так и для животных и человека. Фтор по возможности отрицательному воздействию выделен в класс высокоопасных веществ, его токсичность в десятки раз выше токсичности оксидов азота и сернистого газа. Фториды не участвуют в обмене веществ растений и с большим трудом нейтрализуются.

Постоянные пробные площади (ППП) были заложены в условиях одного типа леса (сосняк разнотравный), одинаковых рельефа, экспозиции и почв, на расстоянии 30 ... 40 м от квартальных дорог, просек, границ безлесных территорий. Размер каждой площади обеспечивал достаточное чис-

ло деревьев для проведения 10-летних таксационных исследований по общепринятым методикам [1, 5].

Ферментативную активность в тканях хвои сосны обыкновенной определяли также по общепринятым методикам в пяти повторностях для каждого образца [2, 3]. Суммарную активность фермента выражали в единицах ферментативного действия как количественное изменение субстрата за определенный промежуток времени. Достоверность результатов и обоснованность выводов обеспечена длительными исследованиями, анализом большого по объему фактического материала, обработанного статистически на разных этапах работы, сопровождающейся выявлением степени изменчивости изучаемого признака и его определения.

В лесных сообществах выделяют несколько групп показателей состояния древостоя, которые могут быть использованы для обнаружения реакций на антропогенное воздействие, среди них таксационные и морфометрические. Таксационные исследования показали, что по характеру растительности районы исследования резко различаются. Древостой зоны сильного загрязнения характеризуется III классом бонитета с относительной полнотой 0,5, в зоне слабого эти показатели соответственно равны I и 0,9 ... 1,0. На всех исследуемых ППП отмечается наличие в основном двух категорий деревьев: нормально вегетирующих и угнетенных. Их количество в сформировавшемся древостое зависит от месторасположения лесных территорий относительно стационарного источника загрязнения. В зоне сильного загрязнения количество угнетенных деревьев достигает 38 ... 45 %. Диаметр их ствола меньше на 17 ... 18 %, высота дерева на 16 ... 17 %, высота кроны на 9 ... 10 % и ширина на 13 ... 14 % по сравнению с нормально вегетирующими (табл. 1). В зоне слабого загрязнения угнетенных деревьев 8 ... 12 %. По мере удаления от завода разрыв в показателях постепенно снижается.

Полученные показатели информативны, и по ним видны ярко выраженные нарушения древостоя, принимающего на себя техногенную нагрузку. Но эти нарушения проявляются уже после того, как накопленные в лесной экосистеме токсиканты преодолели ее сопротивление, нарушили деятельность буферных механизмов, отвечающих за сохранение состояния гомеостаза. Следствием этого, очевидно, может являться переход их на менее устойчивый уровень. Так что же обуславливает возникновение поражений ассимиляционных органов и низкий уровень таксационных показателей, особенно в зоне сильного загрязнения?

Согласно теории поражения и устойчивости, разработанной на клетках животных [4], одним из наиболее распространенных механизмов повреждения является процесс перекисного окисления, токсическое действие которого проявляется в образовании высокореагентных и высокотоксичных свободных радикалов. В живой растительной клетке перекисное окисление в тканях является нормальным метаболическим процессом, если он регулируется рядом ферментативных систем и природных антиоксидантов. И только при разбалансировании антиокислительной и антиоксидантной



Таблица 1

Показатели	Значения показателей в зонах загрязнения			
	сильного		слабого	
	Нормально вегетирующие древостои	Угнетенные древостои	Нормально вегетирующие древостои	Угнетенные древостои
Высота дерева, м	9,9	8,2	13,9	13,3
Диаметр ствола, см	20,3	18,1	22,9	22,3
Высота кроны, м	8,3	7,1	12,1	11,6
Ширина кроны, м	5,8	5,0	6,5	6,0
Высота до первого живого сучка, м	1,4	1,1	1,8	1,7
Продолжительность жизни хвои, лет	2,0...2,5	2,0...2,5	3,0...3,5	3,0...3,5
Длина хвои, см	<u>5,7</u>	<u>5,2</u>	<u>5,8</u>	<u>5,4</u>
	5,7	5,2	5,8	5,4
Степень поражения хвои по длине, %	<u>2,7</u>	<u>3,5</u>	<u>0,4</u>	<u>1,2</u>
	7,9	14,2	0,9	1,7
Концентрация фтор-иона, мкг/г углерода	<u>130,3</u>	<u>145,2</u>	<u>10,1</u>	<u>15,7</u>
	156,6	188,5	17,9	24,8
Концентрация сульфат-иона, мг экв/г углерода	<u>46,1</u>	<u>53,5</u>	<u>55,5</u>	<u>60,3</u>
	73,7	80,1	87,4	92,2
Коэффициент наличия перекисных соединений	<u>14,9</u>	<u>16,6</u>	<u>8,9</u>	<u>8,5</u>
	20,2	21,9	9,5	10,6
Пероксидаза, у.е./г углерода	<u>607,4</u>	<u>700,1</u>	<u>436,3</u>	<u>462,5</u>
	883,7	939,4	609,9	630,1
Полифенолы, мг/г сухого вещества	<u>29,4</u>	<u>32,7</u>	<u>28,5</u>	<u>28,6</u>
	36,3	37,5	31,2	32,9
Каталаза, см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> /г углерода	<u>40,7</u>	<u>42,1</u>	<u>50,0</u>	<u>56,0</u>
	43,7	44,1	64,0	59,0
Малоновый диальдегид, у.е./г углерода	<u>1,4</u>	<u>1,5</u>	<u>1,6</u>	<u>1,7</u>
	2,8	3,1	3,0	3,3
Протеаза, мг тирозина/ г углерода	<u>6,0</u>	<u>6,3</u>	<u>5,0</u>	<u>5,2</u>
	10,2	11,4	7,6	8,3

Примечание. В числителе дробей данные для хвои первого года жизни; в знаменателе – второго.

систем процесс перекисного окисления становится неуправляемым и образуются свободные радикалы, вызывающие разрушение клеточной мембраны и в конечном счете ведущие к гибели клетки. Наличие стационарного источника загрязнения постоянно усиливает существование техногенных аномалий, опасность которых может проявляться в кумулятивном характере их воздействия на древостои. Поэтому даже незначительные загрязнения лесных экосистем в течение длительного времени могут нарушить не только жизненные функции растений, но и изменить генетический код.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что в тканях хвои сосны обыкновенной находится достаточно большое количество перекисных

соединений. Это подтверждается довольно высоким уровнем суммарной активности пероксидазы, каталитические свойства которой строго специфичны к перекисям водорода, и коэффициентом наличия перекисных соединений, выраженным отношением уровней активности пероксидазы и каталазы. Наличие перекисных соединений может быть связано с содержанием в них фтор-иона, способного в силу своей окислительной способности инициировать накопление перекисей, а также образованием их в результате биохимических реакций.

Анализ данных табл. 1 и 2 показал, что увеличение суммарной активности протеаз свидетельствует о довольно глубоких изменениях белкового метаболизма, разбалансировке биосинтетических и катаболических процессов. Происходящая интенсификация процесса протеолиза приводит к возрастанию содержания аминокислот. Так, в хвое второго года жизни сосны обыкновенной, произрастающей в зоне сильного загрязнения ПКЗ, содержание аминокислот увеличивается на 28 ... 40, слабого – на 5,6 ... 17,4 %.

О дестабилизации структуры клеток, нарушениях важнейших физиологических процессов и сдвигов в окислительно-восстановительных реакциях свидетельствует и рост суммарной активности пероксидаз, полифенолоксидаз и дегидрогеназ.

Стремительное повышение уровня активности пероксидазы, особенно в хвое сосны угнетенного роста зоны сильного загрязнения, способствует не только реализации защитно-приспособительных реакций растений в экстремальных условиях. Оно может привести и к образованию супероксидных радикалов и окисленных форм фенольных соединений, снижающих жизнеспособность клетки, нарушающих энергетический обмен и в конечном

Таблица 2

Аминокислота	Аминокислотный состав хвои второго года жизни, мг/100 г сухой ткани, в зонах загрязнения	
	сильного	слабого
Аспарагиновая	747 ± 72	626 ± 20
Треонин	338 ± 26	284 ± 12
Серин	314 ± 27	262 ± 10
Глутаминовая	1061 ± 109	881 ± 55
Пролин	373 ± 19	350 ± 44
Глицин	464 ± 35	395 ± 12
Аланин	444 ± 33	376 ± 38
Валин	490 ± 45	428 ± 16
Изолейцин	351 ± 27	308 ± 6
Лейцин	577 ± 39	514 ± 9
Тирозин	220 ± 24	188 ± 6
Фенилаланин	418 ± 9	378 ± 12
Гистидин	224 ± 36	225 ± 39
Лизин	432 ± 22	380 ± 11
Аргинин	407 ± 28	366 ± 5

итоге активизирующих процессы старения и отмирания ассимиляционных органов, сокращая продолжительность их жизни. Это и наблюдается в исследуемых нами лесных биогеоценозах, особенно в зонах сильного загрязнения.

Неспецифический характер некоторых реакций клеток тканей хвои сосны на накопление в них токсикантов позволяет мобилизовать резервные защитные возможности организма для общего и быстрого ответа на их воздействие. Например, для уменьшения количества перекисных соединений и поддержания жизнеспособности в тканях хвои сосны обыкновенной интенсифицируется процесс разложения перекисных соединений в клетке, о чем свидетельствует повышение активности каталазы. Усиление активности ферментов, способствующих снижению содержания в хвое значительных количеств перекисных соединений, подтверждается увеличением содержания малонового диальдегида, одного из конечных продуктов их расщепления.

В клетках ассимиляционных органов накапливаются полифенолы, также выполняющие защитную функцию, выражающуюся в способности связывать ионы тяжелых металлов в устойчивые комплексы, лишая тем самым их каталитического действия. Эти же соединения служат акцепторами образующихся свободных радикалов и поэтому способны гасить цепные свободнорадикальные процессы. Содержание их в тканях в среднем увеличивается в зависимости от места расположения лесных территорий относительно источника загрязнения: в зоне слабого загрязнения на 33,1 ... 48,2, сильного – на 52,1 ... 61,4 %.

Активизация обменных процессов в ассимиляционных органах, способствующая накоплению в них метаболического топлива в виде АТФ для поддержания жизнедеятельности сосны обыкновенной в зонах техногенного загрязнения, вызывает и увеличение активности дегидрогеназ, особенно у древостоя угнетенного роста.

Таким образом, устойчивость к токсикантам сосны обыкновенной, произрастающей в разных зонах промышленного загрязнения, характеризуется целым комплексом физиолого-биохимических приспособлений, обеспечивающих функционирование обмена веществ в тканях хвои, длительную стабильность окислительно-восстановительного равновесия, способность к синтезу некоторых белков-ферментов, играющих адаптивную роль.

На различных уровнях биологической организации приспособление растений к экстремальным условиям осуществляется по-разному. Чем выше ее уровень (клетка, организм, популяция), тем большее число механизмов одновременно участвует в адаптации растений к стрессовым воздействиям.

На уровне организма механизмы адаптации, свойственные клетке, дополняются новыми, отражающими взаимодействие органов в целом растении. Прежде всего это конкуренция отдельных органов за физиологически активные вещества и трофические факторы.

Следовательно, в экстремальных условиях произрастания формируется лишь такой уровень таксационных показателей древостоя, который

обеспечен необходимыми веществами, поскольку значительно ускоряются процессы старения и опадания хвои, а в оставшихся ассимиляционных органах в той или иной степени нарушается метаболизм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
2. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. – Л.: Колос, 1972. – 455 с.
3. Практикум по агрохимии / Под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 304 с.
4. Свободные радикалы в биологии / Под ред. Прайора. – М.: Мир, 1979. – 318 с.
5. Справочник работников лесного хозяйства. – 4-е изд. – Минск: Наука и техника, 1986.

*N.M. Shebalova, L.G. Babushkina*

### **On Damage and Stability Mechanisms of Scotch Pine Growing in Technogenic Zones**

The stability of the Scotch pine to toxicants is shown to be characterized by a number of physiological-and-biochemical adaptive mechanisms ensuring its functioning in the given conditions.

УДК 630\*5

*З.Я. Нагимов*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ**

Выявлено влияние онтогенетических и эколого-ценотических факторов на рост и продуктивность естественных сосновых древостоев. Разработаны уравнения зависимости диаметра, высоты и видовой высоты древостоев от их возраста, густоты и условий местопроизрастания. Показан принцип составления многовариантных таблиц динамики таксационных показателей под влиянием эколого-ценотических условий.

В условиях интенсификации лесохозяйственного производства, изменения его целей большое значение приобретают точность и полнота нормативной базы лесоучетных и лесохозяйственных работ. В связи с этим интересно исследовать наиболее вероятные линии хода роста древостоев под влиянием комплекса эколого-ценотических условий.

Исследования проводили в Зауральской холмисто-предгорной и равнинной провинциях в пределах южной и средней подзон таежной зоны [3]. Экспериментальным материалом послужили более 250 пробных площадей, заложенных в естественных насаждениях возраста от 14 до 145 лет, доля участия сосны в составе не менее 7 единиц, относительная полнота 0,65 и выше.

Наша концепция моделирования роста древостоев основывалась на необходимости выявить совместное влияние онтогенетических и эколого-ценотических факторов на рост и продуктивность естественных древостоев. Поэтому для уравнений множественной регрессии в качестве определяющих факторов выбраны возраст древостоев ( $A$ ), показатель условий их местопроизрастания ( $H_{100}$ ), средняя площадь питания деревьев ( $Sp$ ). Значение средних высот в возрасте 100 лет признается наиболее информативной и удобной формой выражения классов бонитета [2, 4, 9 и др.], а средняя площадь питания деревьев – очень простой и удобный показатель при оценке влияния густоты на рост древостоев [6 и др.].

Подбору структуры регрессионных моделей предшествовало исследование парных связей среднего диаметра ( $D$ ), средней высоты ( $H$ ) и видовой высоты ( $HF$ ) древостоев от определяющих факторов. При этом зависимости средних значений диаметра, высоты и видовой высоты от одной из независимых переменных изучали на фоне стабилизации двух остальных. Данная работа, а также множественный регрессионный анализ выполняли на ПЭВМ средствами статистико-графического пакета SYSTAT-5,0. Для оценки разрабатываемых уравнений вычисляли коэффициент детерминации ( $R^2$ ), среднеквадратическую ошибку ( $\delta$ ) и достоверность констант по критерию Стьюдента ( $t$ ). Обоснование и разработку многофакторных уравнений производили методом шагового регрессионного анализа [1].

На первом этапе исследовали связь среднего диаметра древостоев с рассматриваемыми факторами. В результате обработки экспериментальных данных получено уравнение

$$\ln D = -2,4577 + 0,4436 \ln A + 0,0349 \ln^2 A + 0,569 \ln Sp - 0,0137 \ln^2 Sp + 0,0992 \ln A \ln Sp + 0,7814 \ln H_{100},$$

$$t_0 = 20,1; t_1 = 6,0; t_2 = 3,1; t_3 = 16,0; t_4 = 4,0; t_5 = 8,1; t_6 = 50,0; R^2 = 0,957;$$

$$\delta = 5,8 \%. \quad (1)$$

В этом уравнении коэффициенты регрессии при всех определяющих факторах значимы на 1 %-м уровне. Его детерминированность и точность находятся примерно на одном уровне, что и уравнений с двумя независимыми переменными, полученных предварительно для отдельных классов бонитета. В целом, анализируя статистические показатели уравнения (1), можно констатировать его высокую адекватность реальным процессам изменения среднего диаметра древостоев в исследуемых сосняках.

Совместное использование показателя условий местопроизрастания  $H_{100}$ , возраста и густоты древостоев при оценке их средних высот невозможно по условию определения первого из этих трех определяющих факторов. В древостоях одного возраста фиксированному значению  $H_{100}$  будет соот-

ветствовать только одна конкретная высота, в которой отражено влияние как эдафических, так и ценологических факторов. Поэтому при моделировании роста древостоев по высоте нами проведены дополнительные исследования. По всему массиву пробных площадей изучали зависимость средней высоты от трех пар факторов: возраста и показателя  $H_{100}$ ; возраста и средней площади питания; возраста и среднего диаметра древостоев. Несмотря на то, что все три полученных уравнения характеризуются примерно одинаковыми значениями коэффициента детерминации и среднеквадратической ошибки, предпочтение было отдано последней зависимости. Это связано с тем, что при оценке средней высоты по возрасту и показателю  $H_{100}$  не отражается влияние густоты на результирующий признак, а при оценке по возрасту и густоте высока вероятность получения результатов, не согласованных по классам бонитета. При разработке уравнений зависимости средней высоты от возраста и среднего диаметра мы исходим из того, что в однородных лесорастительных условиях при одинаковом возрасте древостоев варьирование среднего диаметра в основном определяется количеством деревьев на единице площади. Через этот показатель можно достаточно полно опосредованно установить влияние густоты древостоев на их среднюю высоту.

Полученные по отдельным классам бонитета показатели уравнений приведены в таблице. Анализируя их, следует отметить, что в абсолютном большинстве случаев коэффициенты регрессий значимы на 1 %-м уровне. Совместное влияние обоих определяющих факторов, передаваемое переменной  $\ln A \ln D$ , существенно во всех классах бонитета, кроме пятого. Коэффициенты детерминации показывают, что возраст и средний диаметр древостоев в исследуемых насаждениях объясняют от 91,7 до 97,3 % изменчивости средних высот. Можно предположить, что полученные уравнения обеспечат достаточную точность при оценке средних высот древостоев.

Известно, что при выявлении динамики запасов древостоев наиболее удобным расчетным приемом является использование средних видовых высот. Если раньше видовую высоту выражали в основном только в зависимости от высоты древостоев, то в последнее время наметился переход к многомерным связям [5, 7, 8 и др.].

С учетом характера зависимости видовой высоты от высоты, возраста и густоты древостоев получено уравнение

$$\ln HF = -0,7729 + 0,8301 \ln H + 0,2291 \ln A - 0,0236 \ln^2 A - 0,0040 \ln Sp, \\ t_0 = 16,2; t_1 = 180,0; t_2 = 9,1; t_3 = 7,4; t_4 = 2,6; R^2 = 0,987; \delta = 4,7 \%. \quad (7)$$

Уравнение (7) характеризуется очень высоким коэффициентом детерминации. Его значение свидетельствует, что совокупность трех факторов объясняет почти 99 % изменчивости видовой высоты. Вклад площади питания в объяснение общего варьирования зависимой переменной незначителен. Тем не менее влияние этого показателя статистически доказывается на 5 %-м уровне значимости. В моделях (1) – (7) все определяющие факторы могут быть заданы с любой степенью дробности и в любых сочетаниях, что позволяет разработать многовариантные таблицы динамики

Показатели уравнений регрессий вида  $\ln H = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A + a_3 \ln^3 A + a_4 \ln D + a_5 \ln^2 D + a_6 \ln A \ln D$ 

Класс бонитета	Значение коэффициентов (числитель) и критериев Стьюдента (знаменатель) при факторах воздействия						Кoeffициент детерминации	Средне-квadraticкая ошибка	Номер уравнения	
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$				$a_6$
I	<u>0,4205</u> 9,1	<u>0,5240</u> 23,0	<u>0,0594</u> 7,9	<u>-0,0268</u> 61,7	<u>0,0938</u> 9,4	<u>-0,0783</u> 12,6	<u>0,1979</u> 17,0	0,965	5,4	(2)
II	<u>-0,44758</u> 10,1	<u>0,5211</u> 12,6	<u>0,0821</u> 6,3	<u>-0,0278</u> 37,8	<u>0,0996</u> 5,1	<u>-0,0654</u> 6,8	<u>0,1744</u> 9,5	0,957	6,2	(3)
III	<u>-0,9170</u> 13,8	<u>0,6668</u> 10,9	<u>0,0622</u> 3,4	<u>-0,0268</u> 27,1	<u>0,0634</u> 2,1	<u>-0,0704</u> 5,4	<u>0,1867</u> 7,3	0,973	5,7	(4)
IV	<u>-1,2713</u> 18,1	<u>0,6689</u> 10,2	<u>0,0934</u> 5,0	<u>-0,0288</u> 30,5	<u>0,0475</u> 1,8	<u>-0,0506</u> 3,9	<u>0,1618</u> 6,2	0,917	7,7	(5)
V	<u>-1,8158</u> 16,1	<u>0,6770</u> 7,7	<u>0,1235</u> 5,7	<u>-0,0246</u> 13,9	<u>0,3359</u> 36,0	<u>-0,6303</u> 13,9	-	0,935	6,5	(6)

таксационных показателей. Для этого вначале по заданным значениям показателя  $H_{100}$ , возраста и площади питания на основе уравнения (1) определяли средние диаметры. Затем, используя средние диаметры, по уравнениям (2) – (6) вычисляли средние высоты. Таким образом, реализован так называемый рекурсивный принцип построения регрессионных моделей. Возможность построения различных по структуре рекурсивных систем уравнений при изучении фитомассы древостоев очень подробно показана в работе В.А. Усольцева [9]. В нашем случае данный принцип может быть выражен схемой

$$\left. \begin{aligned} H &= f(A, D); \\ D &= f(H_{100}, A, Sp). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

В этой системе зависимая переменная ( $D$ ) второго уравнения входит в первое (разработанное для каждого класса бонитета) в ином качестве – в роли определяющего фактора. Второе уравнение в системе действительно для всех условий местопроизрастания, а первое имеет локальный характер и действительно для конкретного класса бонитета.

Видовые высоты находили через предварительно вычисленные средние высоты на основе уравнения (7). В этом случае рекурсивная система имела вид

$$\left. \begin{aligned} HF &= f(H, A, Sp); \\ H &= f(A, D). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Здесь независимая переменная ( $H$ ) первого уравнения во втором является зависимой. Этим обеспечивается корректная увязка видовой высоты с уже рассмотренными таксационными признаками древостоев.

При вычислении сумм площадей сечений и запасов древостоев использованы известные в лесной таксации приемы.

Разработанные по изложенной методике таблицы динамики таксационных показателей (здесь не приводятся из-за ограничения объема) имеют важное теоретическое и практическое значение. Они наглядно показывают необходимость совместного учета возраста, густоты и условий местопроизрастания древостоев при изучении их роста и развития, дают представление об оптимальных и предельных состояниях древостоев, позволяют установить режим рубок промежуточного пользования в соответствии с хозяйственными критериями и могут служить хорошей базой при разработке различных нормативов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Статистика, 1973. – 391 с.
2. Казимиров Н.И. Экологическая продуктивность сосновых лесов (Математическая модель). – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1995. – 132 с.
3. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы леса Свердловской области. – Свердловск: УрНЦ РАН, 1973. – 175 с.
4. Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 160 с.



5. *Кулешис А.А.* Влияние разных факторов на форму стволов сосны обыкновенной // Лесн. журн. – 1972. – № 4. – С. 10-14. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. *Луганский Н.А., Нагимов З.Я.* Структура и динамика сосновых древостоев на Среднем Урале. – Екатеринбург: Урал. ун-т, 1994. – 140 с.
7. *Немич В.Н.* Исследование критериев плотности сосновых древостоев Приангарья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1997. – 22 с.
8. *Попов В.Е.* Рост и строение кедровых насаждений Лено-Ангарского плато: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1985. – 22 с.
9. *Усольцев В.А.* Рост и структура фитомассы древостоев. – Новосибирск: Наука, 1988. – 255 с.

*Z.Ya. Nagimov*

### **Modeling of Pine Stands Growth**

The influence of ontogenesis and ecology-and-cenosis factors on the growth and productivity of natural pine stands is revealed. The equations for the dependence of diameter, height and species height of the stands on their age, density and vegetation conditions are developed. The principle of drawing-up the multiple-choice tables for the dynamics of the forest assessment indicators is demonstrated under the influence of ecological-and-cenosis conditions.

УДК 62-503.55:674.09

### ***В.В. Чамеев, В.В. Обвинцев, Д.М. Солдатов***

Чамеев Василий Владимирович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 57 печатных трудов в области моделирования технологических процессов лесобработывающих цехов.



Обвинцев Валентин Васильевич родился в 1941 г., окончил в 1969 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 105 научных трудов в области моделирования и оптимизации производственных процессов.



Солдатов Дмитрий Михайлович родился в 1977 г., студент лесинженерного факультета Уральской государственной лесотехнической академии, учебный мастер компьютерного класса при кафедре технологии и оборудования лесопромышленного производства. Имеет 1 научную статью в области моделирования и оптимизации производственных процессов.



## **УПРАВЛЕНИЕ ЛЕСООБРАБАТЫВАЮЩИМИ ЦЕХАМИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА БАЗЕ КОМПЛЕКС-ПРОГРАММЫ ZECH**

Приведены схема решения задач анализа и синтеза на базе комплекс-программы ZECH и рабочие таблицы по планированию работы лесообработывающего цеха.

На лесоинженерном факультете Уральской государственной лесотехнической академии (УГЛТА) введена новая специализация 26.01.06 «Информационное обеспечение лесопромышленного производства». В этой связи появилась потребность обеспечения учебного процесса современными программными средствами на уровне CAD/CAM. На кафедре технологии и оборудования лесопромышленного производства УГЛТА создана и непрерывно совершенствуется многофункциональная комплекс-программа (КП) ZECH для решения различных задач анализа и синтеза применительно к лесообработывающим цехам лесопромышленных предприятий.

КП ZECH включает пять основных компонент-программ (кп), состоящих из функционально законченных групп. В основу программ заложены аналитические, имитационные и оптимизационные методы. Каждую компонент-программу можно применять самостоятельно. Основные математические модели операций технологического процесса лесообработывающего цеха (ЛОЦ), схема работы с КП ZECH, основной состав решаемых задач и методика технологических расчетов изложены в работе [2]. Ниже приведен режим работы КП ZECH при управлении ЛОЦ.

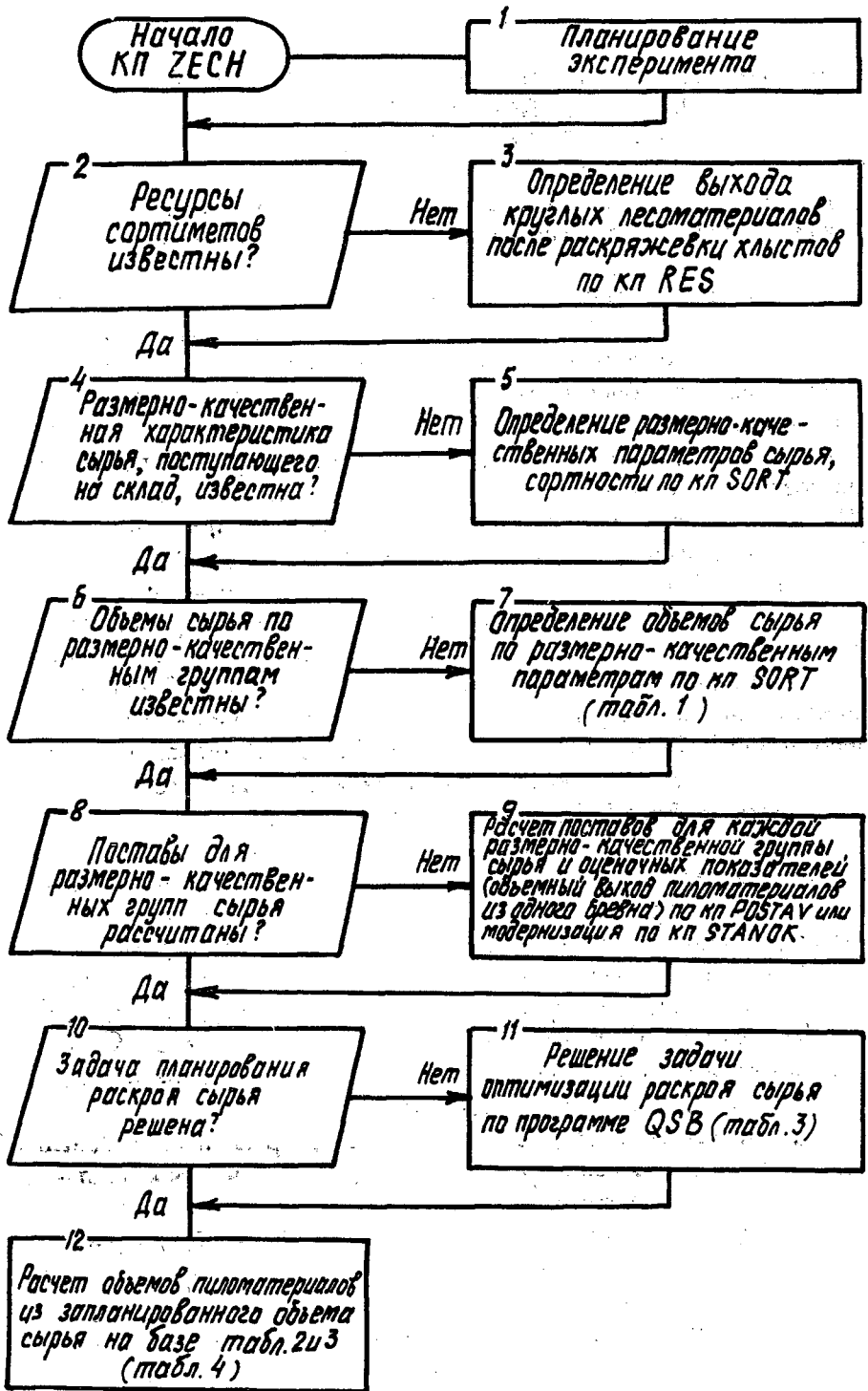
Для выработки пиломатериалов в заданные сроки и при минимальных издержках необходимо составить план раскроя сырья, детализировать и довести его до конкретных исполнителей, а в ходе реализации плана обеспечить оперативный учет, контроль и регулирование производства.

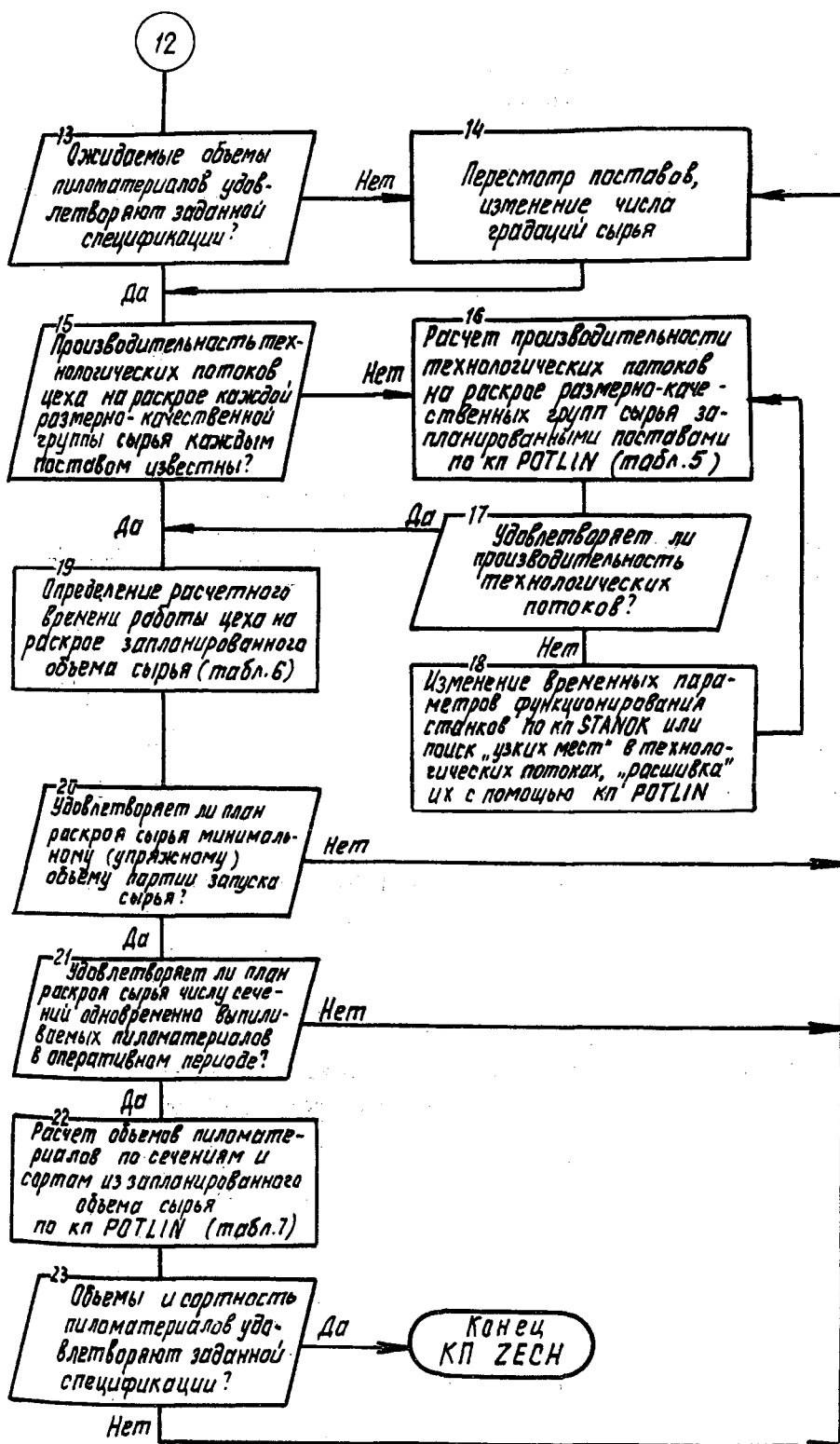
Планирование раскроя – процесс итерационный, включающий задачи анализа и синтеза, и его проведение на современном уровне невозможно без имитационного моделирования технологического процесса. Кроме того, имитационное моделирование является своеобразной экспериментальной установкой для наполнения модели по раскрою сырья.

Предлагаемая схема работы с КП ZECH для решения задач анализа с выполнением ряда задач синтеза представлена на рисунке. Важнейшая задача анализа связана с оптимизацией раскроя сырья.

Методика ее решения приведена в работе [1], выходные данные – в табл. 1–7. Полученные таблицы соответствуют этапам решения задачи по оптимизации раскроя сырья на рисунке.

Первый этап работы – определение ресурсов сортиментов и сортности сырья, поступающего на склад (блоки 3 и 5). Второй этап (блок 7) – определение объемов сырья по размерно-качественным группам на планируемый период. Выходные данные заносят в табл. 1. Непосредственные расчеты для каждой группы сырья проводят по программе SORT.







На третьем этапе (блок 9) рассчитывают поставки по программе *POSTAV*, оценочные показатели для каждого постава (объемный выход пиломатериалов из одного бревна) определяют по программе *STANOK*, находящейся в модернизации. Результаты расчета представляют в табл. 2.

Оптимизацию раскроя сырья (блок 11) проводят по одной из имеющихся стандартных программ. Результаты расчетов объединяют в табл. 3.

При расчете объема пиломатериалов из запланированного объема сырья на оперативный период (блок 12) используют данные табл. 2, 3. Полученные результаты приведены в табл. 4. Здесь объем пиломатериалов рассчитывают без учета ограничений, поэтому он является ориентировочным и учитывает только требования к спецификации на готовую продукцию. Если требования не выполнены, то осуществляется пересмотр поставок или числа градаций сырья и переход на блок 9.

Далее идет расчет производительности технологических потоков для каждой группы сырья каждым запланированным поставом (блок 16). Результаты сводятся в табл. 5. Расчеты проводят по программе *POTLIN*. Полученные данные являются промежуточными, необходимыми для заполнения табл. 6. Если выявлена неудовлетворительная производительность какого-либо потока на одной из групп сырья, раскраиваемого тем или иным поставом, то программа позволяет выявить резервы повышения производительности (блок 18). Для анализа работы станков в технологических потоках служат выходные данные кп *POTLIN*.

После выполнения этих процедур заполняется табл. 6. Приведенные в ней результаты служат для планирования работы ЛОЦ. Результаты расчетов проверяют на введенные ограничения (блоки 20 и 21).

Последним этапом является расчет объема пиломатериалов по сечениям и сортам (табл. 7) с последующей проверкой по планируемым показателям.

Для решения задач анализа и синтеза на базе КП *ZECH* создана база данных *BADAN\_Z* [3].

Изложенная выше методика решения задач анализа и синтеза по своей сути касается календарного планирования производства. Дальнейший логический этап деятельности – расширение и углубление круга задач, связанных с управлением производства пиломатериалов: планирование раскроя сырья, объемно-календарное планирование, оперативно-календарное планирование, диспетчирование.

В автоматизированной системе управления ЛОЦ совокупность перечисленных задач образует подсистему управления основным производством. Эта подсистема выделяется как относительная автономная из других подсистем (управление качеством, технико-экономическое планирование, бухгалтерский учет и т.п.) и ее можно назвать автоматизированной системой управления ЛОЦ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Обвинцев В. В., Солдатов А. В., Чамеев В. В.* Оптимизация продольного раскрыя круглых лесоматериалов методами линейного программирования в лесообработывающих цехах. – Екатеринбург: РИО УГЛТА, 1995. – 30 с.
2. *Чамеев В. В., Обвинцев В. В.* Комплекс-программа ZECH для решения задач анализа и синтеза в лесообработывающих цехах // Лесн. журн. – 1996. – № 4–5. – С. 168 – 175. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Чамеев В. В., Обвинцев В. В., Солдатов А. В.* База данных BADAN\_Z (Version 1.0). – Екатеринбург: РИО УГЛТА, 1995. – 10 с.

*V.V. Chameev, V.V. Obvintsev, D.M. Soldatov*

### **Management of Wood-processing Shops at the Wood-industrial Enterprises Based on the Complex Programme ZECH**

The schemes for solving the analysis and synthesis problems based on the complex programme ZECH are given, as well as work tables on planning the work of wood-processing shop.

УДК 674.047.(3)

***Ю.И. Тракало, В.Г. Кротов, В.В. Сергеев, Л.В. Кустадинцев, Д.С. Стрижаков***

Тракало Юрий Иосифович родился в 1963 г., окончил в 1988 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, декан факультета механической технологии древесины Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет более 20 печатных трудов в области техники и технологии процессов сушки на предприятиях лесного комплекса.



Кротов Владислав Геннадьевич родился в 1937 г., окончил в 1959 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры древесиноведения и специальной обработки древесины Уральской государственной лесотехнической академии.



Сергеев Валерий Васильевич родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Уральский лесотехнический институт, доктор технических наук, старший научный сотрудник по специальности «Технология и оборудование деревообрабатывающих производств, древесиноведение», заведующий кафедрой древесиноведения и специальной обработки древесины Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет более 70 печатных работ в области проблем техники и технологии сушки в малых лесосушильных камерах.



Кустадинчев Леонид Владимирович родился в 1976 г., окончил в 1999 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, обучается в аспирантуре по специальности «Технология и оборудование деревообрабатывающих производств, древесиноведение».



Стрижаков Дмитрий Сергеевич родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, обучается в аспирантуре по специальности «Технология и оборудование деревообрабатывающих производств, древесиноведение».



## **КИНЕТИКА СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ В КАМЕРАХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

Получены аналитические зависимости, характеризующие динамику изменения температуры и влагосодержания по толщине сортимента, которые могут явиться основой для расчетов напряженного состояния сортимента в процессе сушки-прогрева в малых лесосушильных камерах.

В камерах периодического действия, в которых условия среды изменяются во времени, а степень насыщенности агента сушки можно изменять только за счет влаги, испаряемой из материала, кинетика (средние значения потенциалов переноса) процесса в значительной мере определяется физико-химическими свойствами самого материала. Изменение локальной влажности и локальной температуры с течением времени зависит от взаимосвязанного механизма переноса влаги и тепла внутри материала и массо- и теплообмена его поверхности с окружающей средой.

В соответствии с выводами, изложенными в работах А.В. Лыкова, Г.С. Шубина и др. [1, 2], можно отметить, что явления теплообмена и изменение средней влажности материала носят сложный характер, который связан с одновременным прогревом материала и сушкой поверхностных слоев.



Таким образом, нестационарные поля влагосодержания и температуры (динамика процесса) определяются закономерностями влаго- и теплопереноса внутри тела, а также внешним влаго- и теплообменом с окружающей средой.

Исследования [1, 2], проведенные в этом направлении, позволили установить, что изменение средней влажности или среднего теплопереноса, в первую очередь зависят от закономерностей взаимодействия тела с окружающей средой, т. е. от внешнего тепло- и влагообмена и равновесной влажности древесины. Опишем аналитически динамику процесса.

Априорные сведения [2] и анализ экспериментальных данных позволяют составить следующее представление о механизме изменения полей влагосодержания и температуры в материале при переменных условиях среды. При влажности материала  $W_n > W_{н.г}$  (свежесрубленная древесина) температурное поле начинает быстро распространяться внутрь материала навстречу изменяющемуся полю влагосодержаний. Миграция влаги с поверхности тела в окружающую среду происходит очень быстро, благодаря ее испарительной способности ( $\varphi < 1$ ), и, достигнув уровня  $W = W_{н.г}$ , продолжает уменьшаться. Для таких пород древесины, как береза, при значительной скорости прогрева материала ( $H = (0,5 - 0,8)1/ч$ ) влажность поверхностного слоя может достигнуть конечной величины, и сушка замедлится. Произойдет так называемая «закалка» поверхности.

Учитывая, что в начальный период сушки для древесины критерий Лыкова [2] имеет незначительную величину, т.е.  $Lu \leq 0,003$ , можно предположить, что в толще материала возникают значительные температурные отрицательные градиенты. Часть влаги перемещается внутрь материала, увеличивая влагосодержание в центре, период постоянной скорости убыли влаги практически отсутствует, движение влаги происходит в виде пара, зона испарения постепенно заглубляется,  $\varepsilon$ -критерий фазового превращения постепенно увеличивается, достигая в конце процесса единицы.

Стадия массообменного регулярного режима, для которого скорость изменения влагосодержания во времени в зависимости от самого влагосодержания постоянна и не зависит от начальных условий, начинается при значениях критерия Фурье  $Fo' \geq 0,17$  (первый период), второй период отмечается при  $Fo' \geq 0,68$  и до конца процесса. Математическое описание такого нестационарного процесса очень сложно и сводится к решению следующей системы уравнений в критерияльной форме:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_c}{\partial Fo} &= \frac{\partial^2 T}{\partial X^2} - \varepsilon K_0 \frac{\partial U}{\partial Fo}; \\ \frac{\partial U}{\partial Fo} &= Lu \frac{\partial^2 U}{\partial X^2} - Lu P_n \frac{\partial^2 T}{\partial X^2}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $T_c$  – температура по сухому термометру;  
 $X = x/R$  – координаты в теле по толщине сортимента;  
 $R$  – гидравлический радиус;  
 $U$  – влагосодержание.

Данная система уравнений приведена в [1] для случая, когда температура среды изменяется по экспоненциальному или линейному законам.

В стадии теплового регулярного режима, когда закон изменения температуры описывается уравнением  $t_c = t_{c0} \exp(-Ht)$ , имеем тепло- и массообменные граничные условия:

$$\frac{\partial T(1, Fo)}{\partial X} - Bi[1 - \vartheta(1 - \exp[-Pd'Fo]) - T_c(1, Fo)] + (1 - \varepsilon)K_0 Lu Bi'[1 - U(1, Fo)] = 0; \quad (2)$$

$$-\frac{\partial U(1, Fo)}{\partial X} + P_n \frac{\partial T(1, Fo)}{\partial X} + Bi'[1 - U(1, Fo)] = 0,$$

где  $Bi$  и  $Pd$  – критерии Био и Предводилова;

$$\vartheta = \frac{t_{c0}}{t_{c0} - t_0} - \text{параметрический критерий температуры};$$

$t_0$  – начальная температура.

В обобщенном виде (2) для экспоненциальных задач выглядит следующим образом:

при определении полей влагосодержания

$$U(X, Fo) = \frac{U - U_p}{U_s - U_p} = 1 + \frac{\vartheta}{\varepsilon K_0} \sum_{i=1}^2 \bar{C}_i (1 - \vartheta_i^2) \Phi_{,,}(v_i \sqrt{Pd'X}) \exp(-Pd'Fo); \quad (3)$$

при определении полей температур

$$T(X, Fo) = 1 - \vartheta \left[ 1 + \sum_{i=1}^2 \bar{C}_i \Phi_{,,}(v_i \sqrt{Pd'X}) \exp(-Pd'Fo) \right]; \quad (4)$$

$$C_1 = 2 \frac{G_1 P_2 + G_2 Q_2}{\mu_1 \Psi_1}; \quad C_2 = -2 \frac{G_1 P_1 + G_2 Q_1}{\mu_1 \Psi_1}; \quad (5)$$

$$\Psi_n = v_1 A_1 P_2 + v_2 B_2 Q_1 - v_2 A_2 P_1 - v_1 B_1 Q_2; \quad (6)$$

$$v_i^2 = \frac{1}{2} \left[ \left( 1 + \varepsilon K_0 P_n + \frac{1}{Lu} \right) + (-1)^i \sqrt{\left( 1 + \varepsilon K_0 P_n + \frac{1}{Lu} \right)^2 - \frac{4}{Lu}} \right]; \quad (7)$$

$$G_1 = 1 - \varepsilon K_0 K_1 - 2W \left( \frac{1}{Bi} - \frac{1}{\mu_1^2} \right) + 2 \varepsilon K_0 (P_n W - v) \frac{(1 + K_1) Lu}{\mu_1^2} + M; \quad (8)$$

$$G_2 = \varepsilon K'' + 2 \varepsilon K'' (P_n W - v) \left[ \frac{1}{Bi'} - \frac{Lu}{\mu_1^2} \right];$$

$$K_1 = \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} Lu \frac{Bi'}{Bi}; \quad (9)$$

$$\Phi_{,,}(v_i \mu_n X) = \cos v_i \mu_n X; \quad (10)$$

$$A_{ni} = \left[ 1 + \frac{1}{Bi} + K_1 (1 - v_i^2) \right] \sin v_i \mu_n + \frac{1}{Bi} \cos v_i \mu_n; \quad (11)$$

$$B_{ni} = (1 - v_i^2) \sin v_i \mu_n + \frac{(1 - v_i^2) + \varepsilon K_0 P_n}{Bi'} (\sin v_i \mu_n + v_i \mu_n \cos v_i \mu_n); \quad (12)$$

$$Q_{ni} = \left[ 1 + K_1 (1 - v_i^2) \right] \cos v_i \mu_1 - \frac{1}{Bi} v_i \mu_1 \sin v_i \mu_1; \quad (13)$$

$$P_{ni} = (1 - v_i^2) \cos v_i \mu_1 - \frac{(1 - v_i^2) + \varepsilon K_0 P_n}{Bi'} v_i \mu_1 \sin v_i \mu_1. \quad (14)$$

Численное определение коэффициентов тепло- и влагопереноса, входящих в уравнения (3), (4), было осуществлено при следующих допущениях, не вызывающих значительного влияния на свободные члены:

1) комплекс критериев, определенных из условий протекания процесса,  $\varepsilon K_0 P_n = 0,87 \cdot 0,06 \cdot 0,3 = 0,016 = \text{const}$ ;

2) параметрический критерий температуры  $\vartheta = 1$ , т. е.  $t_0 = t_n = 0 = \text{const}$ ;

3) критерий  $Lu = \frac{Fo'}{Fo} = 0,006$  определен для  $Fo = 66,9$  при критическом влагосодержании  $W = W_{n,r} = 30\%$ ;

4) влагопроводность древесины – средняя для всего диапазона температур и влажностей, т. е.  $a' = 12 \cdot 10^{-6} \text{ м} \cdot \text{с}^2/\text{с}$ ; температуропроводность  $\bar{a} = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ .

При принятых допущениях значения корней и коэффициентов уравнений (3)–(14) приведены в таблице.

**Исходные данные для упрощенных расчетов тепло- и массопереноса в неограниченной пластине при  $t_c = t_{c_0} \exp(-H \tau)$ ,  $\tau = 0$ ,  $t_n = 0 = \text{const}$ ,  $W_r = V_r = 0$**

Показатели	Численные значения показателей
$Bi; Bi'$	11,0; 1,0
$\mu_1; \mu_1^2$	0,86; 0,74
$v_1^2; v_2^2; v_1; v_2$	1,0; 166,6; 1,0; 12,9
$P_1; P_2$	-0,0004; -378
$Q_1; Q_2$	0,998; 0,82
$B_1; B_2$	0,15; 12,5
$A_1; A_2; A'$	0,27; 1,02; -1,12
$G_1; G_2$	0,03; 0,05
$\Psi_n$	148,98
$C_1; C_2$	-0,95; -0,004
$Pd'; \chi$	0,01; 0,02

После подстановки численных значений коэффициентов и преобразования уравнений (3)–(14) последние принимают следующий вид: для поверхности сортифта

$$U_n = U_p + (U_n - U_p) \{0,03 \exp [(-0,02\tau) + (Pd' Fo')]\}; \quad (15)$$

$$t_n = t_0 + t_c [1 - 0,61 \exp (-Pd' Fo') - 0,29 \exp (-H\tau)]; \quad (16)$$

для центра сортимента

$$U_{\text{ц}} = U_{\text{р}} + (U_{\text{н}} - U_{\text{р}}) \{0,66 \exp [(-0,02\tau) + (Pd' Fo')]\}; \quad (17)$$

$$t_{\text{ц}} = t_0 + t_c [1 - 0,86 \exp (-Pd' Fo') - 0,14 \exp (-H\tau)], \quad (18)$$

где  $t_{\text{п}}$  и  $t_{\text{ц}}$  – температура поверхности и центра сортимента;  
 $U_{\text{н}}$  и  $U_{\text{р}}$  – начальное и равновесное влагосодержание.

По полученным выражениям были построены графики зависимостей  $t_{\text{с}}$ ,  $t_{\text{м}}$ ,  $W_{\text{р}}$ ,  $W_{\text{п}}$ ,  $W_{\text{ц}} = f(\tau)$  ( $t_{\text{м}}$  – температура по мокрому термометру), которые подтверждают сказанное ранее о том, что сушка древесины при переменных параметрах среды происходит в жестких условиях: перепады влагосодержания достигают значительных величин, которые могут привести к предельным значениям поверхностных напряжений.

Сдерживающим фактором такого роста является тепловая мощность камеры, регулируемая повышением температуры по сухому термометру. Таким образом, понизив температуру (следовательно, интенсивность сушки) в камере, можно предотвратить быстрый рост поверхностных напряжений в ущерб производительности установки.

#### Выводы

1. Математические зависимости, полученные из уравнения теплового баланса камеры и уравнения кинетики процесса, позволяют расчетным путем строить графики сушки с учетом тепловых мощностей камер и характеристик высушиваемой древесины.

2. Характер законов изменения температурных полей и влагосодержаний древесины в камере зависит от теплопроводности и закона изменения равновесной влажности древесины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 536 с.
2. Лурье М.Ю. Сушильное дело. – Л.: Кубуч, 1934. – 406 с.

*Yu.I. Trakalo, V.G. Krotov, V.V. Sergejev, L.V. Kustadinchev,  
 D.S. Strizhakov*

#### **Kinetics of Drying Wood in Drying Kilns of Low Capacity**

The analytical dependencies are obtained, characterizing the dynamics of temperature changing and moisture content based on the log thickness that may serve as the basis for calculating the stress state of the log in the process of drying-warming up in small drying kilns.

УДК 674.053

**В.К. Пашков**

Пашков Валентин Кузьмич родился в 1933 г., окончил в 1955 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры станков и инструментов Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет более 230 печатных работ в области теплофизики резания древесины круглыми пилами.

**НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖИМОВ ПИЛЕНИЯ КРУГЛОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ ПО УСТОЙЧИВОСТИ ПИЛ**

Изложена методика расчета частоты вращения пил и скорости подачи в круглопильных станках по динамической устойчивости пил. Аналитические зависимости для скоростей подачи позволяют оптимизировать режимы пиления в круглопильных станках по критерию допустимой мощности на резание.

Режимы пиления круглопильных станков принято назначать по максимальной их производительности (скорости подачи). Во внимание принимают основные технические ограничения: к материалу – допустимая шероховатость, к станку – установленная мощность электродвигателя главного привода, к инструменту – емкость впадины зуба и динамическая устойчивость. Это тот минимум, который нецелесообразно сокращать.

В статье приведена методика расчета скорости подачи на круглопильных станках с ограничением по динамической устойчивости пил.

Ограничения при расчете режимов пиления можно свести к учету мощности главного привода и динамической устойчивости инструмента. Последний вид ограничения является основным. Динамическая устойчивость пил определяется температурным перепадом по радиусу диска. Этот фактор объективно сопровождает процесс распиловки круглыми пилами и его нельзя исключить.

Работы, выполненные в УЛТИ, ЦНИИМОД, ЛТА и др., позволили получить обобщающие зависимости для определения связи между допустимой мощностью на резание (из условия динамической устойчивости для конкретного типоразмера пилы) и условиями процесса резания, включающими более 12 технологических факторов.

При записи приведенных ниже расчетных зависимостей использованы следующие обозначения:  $R_p$  – расчетный радиус пилы, равный радиусу окружности впадин зубьев плюс половина высоты зуба, см;  $f''(c, \lambda)$  – безразмерная функция;  $k$  – коэффициент, учитывающий долю мощности на резание, расходуемую на нагрев пилы без зубьев;  $N_p$  – мощность на резание,

кВт;  $D$  – диаметр пилы, мм;  $n$  – частота вращения пилы,  $c^{-1}$ ;  $b$  – ширина пропила;  $Q_{ж.д}$  – количество воды для охлаждения диска пилы, кг;  $K_n$  – коэффициент напряженного состояния пилы;  $v_\lambda$  – статическая частота собственных колебаний,  $1/c$ ;  $c_\lambda$  – температурный коэффициент,  $1/(c^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $B_\lambda$  – динамический коэффициент;  $c$  – отношение радиуса зажимных фланцев к радиусу пилы;  $\lambda$  – число узловых диаметров;  $\Delta T$  – температурный перепад,  $^\circ C$ ;  $\Delta T_{доп}^{макс}$  – максимально-допустимый температурный перепад,  $^\circ C$ ;  $\Delta T_{д.у}^{мин}$  – минимальный температурный перепад, соответствующий началу потери динамической устойчивости пилы,  $^\circ C$ ;  $\alpha_p$  – коэффициент, учитывающий влияние затупления на силу резания;  $m$  – экспериментальный коэффициент, определяемый из выражений (11) – (16);  $S$  – толщина диска пилы, мм;  $\beta_{охл}$  – коэффициент, учитывающий долю холостого хода в рабочем цикле;  $p$  – сила резания по задней поверхности;  $z$  – число зубьев;  $\alpha_n, \alpha_b, \alpha_w$  – коэффициенты, учитывающие влияние породы, вида резания, влажности;  $\theta$  – кинематический угол встречи;  $H$  – высота пропила, мм;  $\alpha_T$  – интенсивность силы трения,  $H/мм^2$ ;  $K, K_\mu$  – удельная сила резания,  $H/мм^2$ , соответственно для стружки толщиной  $a > 0,1$  мм и  $a_\mu \leq 0,1$  мм.

В общем виде связь мощности на резание  $N_p$  и температурного перепада по радиусу диска пилы ( $\Delta T, \Delta T_{доп}^{макс}, \Delta T_{д.у}^{мин}$ ) можно описать системой\*

$$\left. \begin{aligned} \Delta T &= \frac{\beta_{охл} k N_p}{\varphi(D, n, S, Q_{ж.д})} \leq \Delta T_{доп}^{макс}; \\ \Delta T_{доп}^{макс} &\leq 0,85 \Delta T_{д.у}^{мин}; \\ \Delta T_{д.у}^{мин} &= \Phi(K_n, v_\lambda, n, c_\lambda, f''(c, \lambda) B_\lambda, D). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Допустимая мощность на резание  $N_p$  для определенного типоразмера пил находится из условия

$$N_p^{доп} \leq 0,85 \Phi(K_n, v_\lambda, n, c_\lambda, f''(c, \lambda), B_\lambda, D) \frac{\varphi(D, n, S, Q_{ж.д})}{k \beta_{охл}}. \quad (2)$$

Минимально допустимый температурный перепад по динамической устойчивости пил определяют по формуле

$$\Delta T_{д.у}^{мин} = \frac{K_n^2 v_\lambda^2 - n^2 (\lambda^2 - B_\lambda)}{82,2 \cdot 10^5 f''(c, \lambda) / R_p^2}. \quad (3)$$

Допустимая мощность на резание вычисляется по формулам: пиление без охлаждения

$$N_{б.о} = 0,85 \frac{K_n^2 v_\lambda^2 - n^2 (\lambda^2 - B_\lambda)}{82,2 \cdot 10^5 f''(c, \lambda) / (0,5D)^2} \cdot \frac{D^{1,3} n^{0,4} S^{0,5}}{12,3 \cdot 10^6 \beta_{охл} k}; \quad (4)$$

\* Стахийев Ю.М. и др. Руководящие технические материалы по определению режимов пиления древесины круглыми пилами. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. – 74 с.

пиление с охлаждением пилы водо-воздушной смесью

$$N_{в.в} = 0,85 \frac{K_n^2 v_\lambda^2 - n^2 (\lambda^2 - B_\lambda)}{82,2 \cdot 10^5 f''(c, \lambda) / (0,5D)^2} \frac{D^{0,8} n^{0,15} S^{0,5} Q_{ж.д}^{0,17}}{5,85 \cdot 10^4 \beta_{охл} k}, \quad (5)$$

пиление с охлаждением пилы водой

$$N_{в} = 0,85 \frac{K_n^2 v_\lambda^2 - n^2 (\lambda^2 - B_\lambda)}{82,2 \cdot 10^5 f''(c, \lambda) / (0,5D)^2} \frac{D^{0,65} n^{0,075} S^{0,5} Q_{ж.д}^{0,24}}{1,85 \cdot 10^4 \beta_{охл} k}. \quad (6)$$

Из выражений (4) – (6) видно, что ресурс динамической устойчивости пилы может быть увеличен за счет размеров диска ( $S$ ,  $D$ ), снижения доли мощности, расходуемой на нагрев ( $k$ ) и охлаждение инструмента ( $Q_{ж.д}$ ). С позиции экономики увеличение ресурса пилы наиболее эффективно достигается за счет охлаждения ее диска.

Максимально допустимая частота вращения  $n_{доп}^{макс}$  пилы определяется из выражения

$$n_{доп}^{макс} \leq 0,85 n_{кр}^{мин}, \quad (7)$$

критическая частота  $n_{кр}$  – по формуле

$$n_{кр} = 60 \sqrt{\frac{K_n^2 v_\lambda^2 - c_\lambda \Delta T}{\lambda^2 - B_\lambda}}. \quad (8)$$

Из условия динамической устойчивости пил максимальная скорость подачи определяется аналитическими зависимостями по установленной мощности привода механизма резания. Тогда известное выражение для скорости подачи по установленной мощности привода  $U_{д.у}$  с учетом связи температурного перепада с мощностью резания в зависимости от среды охлаждения будет иметь вид:

при толщине стружки  $a > 0,1$  мм

$$U_{д.у} = \frac{6 \cdot 10^4 m \Delta T_{д.у}^{мин} \alpha_p p b_1 z n}{\beta_{охл} \alpha_n \alpha_b \alpha_w H \cdot 10^3 \sin \Theta_{ср}} \frac{\alpha_p p b_1 z n}{K b + \alpha_r H}, \quad (9)$$

при  $a_\mu < 0,1$  мм

$$U_{д.у} = \frac{6 \cdot 10^4 m \Delta T_{д.у}^{мин} (a_p - 0,8) p b_1 z n}{\beta_{охл} \alpha_n \alpha_b \alpha_w H \cdot 10^3 \sin \Theta_{ср}} \frac{(a_p - 0,8) p b_1 z n}{K_\mu b + \alpha_r H}. \quad (10)$$

Для определения коэффициента  $m$  в формуле (10) используют следующие выражения:

при пилении без охлаждения

$$m = 0,85/A; \quad (11)$$

при пилении с охлаждением пилы водо-воздушной смесью

$$m = 0,85 Q_{ж.д}^{0,17} / B; \quad (12)$$

при пилении с охлаждением пилой водой

$$m = 0,85 Q_{\text{ж.д}}^{0,24} / B, \quad (13)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $V$  – коэффициенты, которые вычисляются по формулам (4) – (6):

$$A = 12,3 \cdot 10^6 \beta_{\text{охл}} k / (D^{1,3} n^{0,4} S^{0,5}); \quad (14)$$

$$B = 5,85 \cdot 10^4 \beta_{\text{охл}} k / (D^{0,8} n^{0,15} S^{0,17}); \quad (15)$$

$$V = 1,85 \cdot 10^4 \beta_{\text{охл}} k / (D^{0,65} n^{0,075} S^{0,5}). \quad (16)$$

Для оптимизации режимов пиления древесины по динамической устойчивости было разработано, изготовлено и проверено в производственных условиях автоматическое управляющее устройство для прирезного станка. Критерием оптимальности являлась предельно допустимая мощность на резание для данного типоразмера пилой, которая автоматически поддерживалась на одном уровне за счет изменения скорости подачи. Использование устройства позволило повысить производительность станка в 1,2 раза.

Примеры расчетов приведены в работе, ссылка на которую дана в сноске на с. 49.

*V.K. Pashkov*

### **Specifying Sawing Modes in the Circular Saw Machine Based on the Saws' Stability**

The calculation procedure for the rotation frequency and feed rate in the circular saw machines is given based on saw dynamic stability. The analytical dependencies for the feed rate allow optimizing the sawing modes in the circular saw machines according to the cutting power capability criterion.



УДК 662.711

**Ю.Л. Юрьев, В.П. Орлов, С.А. Панюта, Т.В. Штеба**

Юрьев Юрий Леонидович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой химической технологии древесины Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 65 печатных работ в области технологии получения и переработки древесного угля, технологии растительных биоактивных препаратов.



Орлов Владимир Петрович родился в 1937 г., окончил в 1959 г. Уральский политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии древесины Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 58 печатных работ в области гидродинамики и тепломассообмена при сушке и обжиге дисперсных материалов, очистке газов.



Панюта Сергей Алексеевич родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Уральский политехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией Уральского научно-исследовательского химического института. Имеет 32 печатные работы в области термической активации минеральных и органических материалов.



Штеба Татьяна Валерьевна родилась в 1965 г., окончила в 1988 г. Уральский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры химической технологии древесины Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 12 печатных работ в области технологии получения и переработки древесного угля.

**ПРОБЛЕМЫ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ  
ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ  
В АКТИВНЫЕ УГЛИ**

Предложена технология переработки измельченной древесины на активные угли, включающая комбинированную сушилку, реторту с внешним обогревом и печь активации с z-образной вставкой; приведены характеристики оборудования для активации древесного угля.

Российская технология активных древесных углей имеет ряд особенностей, мешающих ей конкурировать с зарубежными производителями аналогичной продукции. Ее идеология основана на переработке кусковой древесины в древесный уголь и последующем его использовании. Именно с этим связаны такие отрицательные характеристики производства, как низкая удельная производительность оборудования, высокая энергоемкость и экологическая опасность.

Технология производства древесных активных углей включает три основные операции – сушку древесины, пиролиз высушенной древесины и активацию древесного угля.

Влажность древесины, поступающей из сушилки на пиролиз, является одним из основных факторов, определяющих производительность аппаратов для производства древесного угля. В зависимости от типа аппарата на пиролиз обычно подается древесина влажностью 10 ... 25 %. Повышение влажности ведет к увеличению удельного расхода теплоносителя и себестоимости получаемого древесного угля, теплотворная способность парогазовой смеси при этом снижается.

Применяемая технология измельченной древесины характеризуется низкой удельной производительностью аппаратов.

Существующие варианты конвективной сушки в пневматических, аэрофонтанных, барабанных сушилках и сушилках с псевдооживленным слоем в той или иной степени решают проблему обезвоживания древесины исходя из технологических потребностей. Сушка до критической влажности не вызывает затруднений, однако при достижении влажности 5 ... 10 % процесс переходит во внутридиффузионную область и скорость сушки резко снижается.

Использование пневматической трубы-сушилки для этих целей приводит к неоправданно большим длинам труб (30 ... 50 м) из-за малого времени пребывания материала в аппарате. При этом увеличивается гидравлическое сопротивление аппарата, т. е. возрастают энергозатраты и металлоемкость. Гораздо чаще для глубокой сушки измельченной древесины применяют аэрофонтанные сушилки, в которых благодаря циркуляции частиц создаются благоприятные условия для проведения внутридиффузионной стадии. Однако в многокамерных аэрофонтанных сушилках невозможно получить одинаковый гидродинамический режим работы в каждой камере, поскольку в связи с падением температуры теплоносителя снижается скорость в горловине, падает скорость сушки и удельный влагосъем. Таким образом, применение простых некомбинированных сушилок для глубокой сушки измельченной древесины не позволяет в полной мере использовать их потенциал, а именно высокую скорость удаления физической влаги в пневматической сушилке и значительное время пребывания частиц в аэрофонтанной сушилке.

Таблица 1

Показатели	Значения показателей для разных установок		
	Труба-сушилка	Аэрофонтанная	Комбинированная
<b>Характеристики установки:</b>			
удельный влагосъем, кг/(м <sup>3</sup> · ч)	80	120	240/80
объем, м <sup>3</sup>	2,43	1,62	0,65/0,48
длина, м	34,0	8,5	9,2/2,5
диаметр, м	0,40	0,35	0,40/0,40
<b>Параметры теплоносителя:</b>			
а) температура, °С:			
на входе	600	400	600/250
на выходе	100	100	250/100
б) расход, кг/с			
	0,32	0,54	0,54
в) скорость, м/с			
	10	10	10/8

Примечание. В числителе приведены данные для части, относящейся к трубе-сушилке, в знаменателе – к аэрофонтанной сушилке.

Сравнительный расчет процесса сушки измельченной древесины в трех типах сушилок (труба-сушилка, аэрофонтанная и комбинированная (труба-сушилка и аэрофонтанная сушилка)) представлен в табл. 1. При этом температура теплоносителя 250 °С выбрана как промежуточная при переходе трубы-сушилки в корпус аэрофонтанной сушилки.

Как видно из данных табл. 1, по всем показателям (удельный влагосъем, общий объем сушилки, размеры) комбинированная сушилка более предпочтительна. На первом этапе сушки (труба-сушилка) в ней осуществляется интенсивное удаление поверхностной влаги, а на втором (конус аэрофонтанной сушилки) – благодаря значительному времени пребывания частиц протекает внутридиффузионная стадия процесса.

Важный момент при расчете комбинированных сушилок – прогнозирование рабочих параметров на входе во вторую ступень сушки. При расчете коэффициента массоотдачи в первом периоде сушки нами использовалось критериальное уравнение

$$Nu = 0,62 Re^{0,5}_{\text{внт}}$$

Данные, полученные по этому уравнению, дают хорошее совпадение с экспериментальными для частиц размером 1,5 ... 2,0 мм (опил) и 4,0 × 5,0 × 0,3 мм (стружка). Рабочая скорость, входящая в критерий Рейнольдса, назначалась исходя из характеристик промышленного оборудования (8 ... 9 м/с). По линейному падению влагосодержания в первом периоде сушки была рассчитана влажность материала на входе во вторую ступень при различной длине рабочей зоны сушки в трубе-сушилке. Показано, что при длине трубы (от места ввода теплоносителя) 4 ... 5 м относительная влажность материала снижается с 42 ... 46 % до 22 ... 24 %, т. е. приближается к критической влажности для древесины (≈ 20 %). Таким образом, было подтверждено линейное изменение влагосодержания в первом периоде суш-

ки при значительном диапазоне изменения влажности, поэтому найденное эмпирически расстояние от ввода теплоносителя до второй ступени сушки (5 ... 6 м) подтверждено расчетом. Следует отметить, что нижний узел сушильного агрегата (труба-сушилка) выполняет роль питателя для верхней части (конус аэрофонтанной сушилки).

Следующим этапом расчета является прогнозирование параметров сушки между конусами аэрофонтанной сушилки (если по расчету их число более одного). В этом случае могут быть использованы лишь опытные данные, поскольку скорость сушки во втором периоде не имеет надежного математического описания.

Рассматриваемая модель комбинированной сушилки была рассчитана и изготовлена для одного из производств, использующего в технологии высушенную щепу. Производственные показатели изготовленной сушилки показали хорошую сходимость с расчетными. Комбинированная сушилка, как мы и предполагали, способна стабильно высушивать материал до влажности значительно ниже критической при высокой величине удельного влагосъема.

В настоящее время на пиролизных заводах существует ряд проблем, связанных с сжиганием парогазовой смеси. Так, из-за большого содержания воды и разбавления инертным носителем при конвективном обогреве реторты теплотворная способность парогазовой смеси невысока, что не гарантирует устойчивого процесса ее сжигания. По технологии, разработанной на кафедре ХТД, предлагается проводить пиролиз древесной щепы при кондуктивном подводе тепла, что обеспечивает получение концентрированной парогазовой смеси, не требующей подсветки при сжигании. С уменьшением влажности древесины, поступающей из сушилки, состав образующейся при пиролизе парогазовой смеси изменяется в сторону увеличения содержания смол и неконденсирующихся газов, что в свою очередь приводит к увеличению теплотворной способности парогазовой смеси. По нашему мнению, применение именно кондуктивного обогрева реторты для пиролиза измельченной древесины дает возможность получения парогазовой смеси, имеющей стабильную и достаточную теплотворную способность даже после выделения из нее пиролизной смолы. Известно, что ценность пиролизной смолы как химического сырья выше, чем топлива. Обессмоливание парогазов (без проведения конденсации) целесообразно и тем, что дает возможность получить парогазовую смесь, не забивающую коммуникации и удобную для сжигания.

При пиролизе щепы образуется мелкий древесный уголь, не соответствующий стандарту по фракционному составу. В качестве твердого восстановителя такой уголь имеет крайне ограниченную сферу применения. В то же время он является более удобным сырьем для получения активных углей, чем уголь из кусковой древесины, так как пиролиз щепы значительно легче поддается управлению, а свойства угля из щепы более стабильны, чем угля из кусковой древесины. Реализация этих преимуществ, по нашему мнению, может существенно усилить конкурентоспособность отечественных актив-

ных древесных углей. К сожалению, в настоящее время в России нет ни одного промышленного предприятия, производящего активные угли из щепы.

Аппаратурное оформление процесса активации углей достаточно многообразно. Наиболее широко используемые аппараты для данного процесса – печи кипящего слоя, шахтные и барабанные печи конвективного типа. Все они дают возможность реализовать требуемые технологические условия при высокой интенсивности процесса. Однако они имеют существенный недостаток – высокий удельный расход пара, что является следствием разбавления пара теплоносителем и малой доли твердой фазы в системе газ–твердое. Коэффициент заполнения аппаратов не превышает 10 ... 15 %, в противном случае получают продукт неравномерного качества.

Для обеспечения значительной скорости процесса активации в слое карбонизированного материала необходимо создать достаточно высокую концентрацию активирующих паров. В вышеупомянутых аппаратах их удельный расход слишком велик – от 10 до 30 т пара на тонну продукта, что в несколько раз больше теоретического. Это приводит к увеличению себестоимости активных углей.

Наиболее рациональным аппаратом, удовлетворяющим всем требованиям процесса активации, является вращающаяся печь барабанного типа с зигзагообразными вставками, обеспечивающими эффективный теплообмен в системе газ–твердое. Аппараты данного типа разработаны УНИХИМом и уже более 15 лет эксплуатируются на 6 предприятиях химической промышленности; они защищены 9 патентами и авторскими свидетельствами и имеют следующие достоинства:

- интенсивный теплообмен за счет перемешивания как в радиальной, так и в осевой плоскости;
- минимальный разброс по времени пребывания частиц;
- отсутствие разбавления паров теплоносителем;
- высокий коэффициент заполнения зигзагообразных каналов (40 ... 50 %);
- небольшой пылеунос.

Кроме того, для данного процесса эти аппараты имеют дополнительное технологическое преимущество – самопроизвольное пульсирующее давление пара в зигзагообразной вставке, значительно интенсифицирующее процессы теплопереноса. Пульсирующее давление с определенной частотой возникает благодаря конструкции зигзагообразных каналов, т. е. без использования дополнительных технологических приемов и устройств. Особенностью зигзагообразных каналов является возможность при коэффициенте заполнения 30 ... 50 % образовывать гидрозатворы между зигзагами канала в определенном, а именно, вертикальном положении при его вращении. При изменении положения канала давление стравливается, минимальное давление в канале отмечено при его горизонтальном положении.

В 1991–1995 гг. УНИХИМом и УГЛТА проведено опробование аппаратов с зигзагообразными вставками для процесса активации угля, подтвердившее их преимущества в плане значительного сокращения удельного

Таблица 2

Конструкция аппарата	Режим активации	Обгар, %	Объем микропор, см <sup>3</sup> /г	Расход пара, т/т продукта	
				теоретический	экспериментальный
Печь КС	$t = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\alpha < 10\%$	14...50	0,25...0,39	0,35...2,00	10,00...30,00
Шахтная печь	$t = 800...950\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\alpha < 7\%$	21...76	0,33...0,40	0,54...6,30	5,90...10,50
Барабанная печь	$t > 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\alpha < 15\%$	15	0,23...0,29	0,36	10,00
Печь со вставкой	$t = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 50\%$	15	0,25	0,36	0,46
»	$t = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 50\%$	40	0,29	1,34	1,70
»	$t = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 50\%$	15...25	0,25...0,29	0,36...0,6	0,46...0,86
»	$t = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\alpha = 50\%$	50...81	0,25...0,29	1,00...4,26	1,80...5,00

Примечания. 1.  $t$  – температура активации,  $\alpha$  – коэффициент заполнения аппарата. 2. Строки 1, 3 – древесный уголь, 2 – каменный уголь, 4, 5 – лиственный древесный уголь, 6 – хвойный древесный уголь, 7 – бурый уголь.

расхода пара. В табл. 2 приведены экспериментальные данные по влиянию конструкции аппаратов на характеристики процесса активации углей различного происхождения.

Как видно из табл. 2, печи со вставкой имеют значительно меньший удельный расход пара при сходном качестве продукта.

На основе исследований разработан проект получения активных углей марок БАУ и ОУ до 1000 т/год. Проведенные технико-экономические расчеты показали высокую эффективность новой технологии.

*Yu.L. Yurjev, V.P. Orlov, S.P. Panyuta, T.B. Shteba*

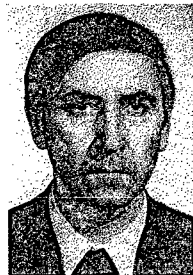
### Problems of Hardware Registration of Milled Wood Processing into Activated Carbon

The technology for milled wood processing into activated carbon is offered, which comprises the combined kiln, retort with external heating and activation furnace with z-insert. The characteristics of the equipment for charcoal activation are given.

УДК 676.004.86

**В.П. Сиваков**

Сиваков Валерий Павлович родился в 1942 г., окончил в 1970 г. Уральский государственный лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования целлюлозно-бумажных производств Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет около 100 печатных работ в области виброзащиты и вибродиагностирования оборудования целлюлозно-бумажных производств.



## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИСПРАВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ГРАФОВ**

Разработаны оценочные критерии состояния исправности машин и оборудования целлюлозного производства.

Оборудование целлюлозного производства эксплуатируется в условиях высоких давлений, температур и химически активных сред. Отказы оборудования целлюлозного производства являются потенциально опасными и сопровождаются длительными простоями. К точности оценки вибрационного диагностирования оборудования целлюлозного производства (ОЦП) предъявляются высокие требования. На предприятиях отрасли в практике технического диагностирования хорошо освоены методы контроля состояния исправности простых узлов и весьма ограничено – сложного оборудования. Для повышения достоверности диагноза состояния технической исправности (СТИ) оборудования, наряду с вибрационно-диагностической оценкой узлов, следует учитывать взаимное влияние СТИ узлов, машин и другого взаимосвязанного технологического оборудования. Анализ сочетаний вибрационно-диагностических оценок взаимосвязанного технологического оборудования является необходимым условием организации ремонтов по СТИ.

Цель приведенного в статье исследования – разработать оценочные критерии состояния исправности машин и оборудования целлюлозно-бумажного производства.

Для оценки взаимного влияния СТИ узлов сложные объекты оборудования целлюлозного производства условно расчленяют на функциональные элементы (далее элементы). В качестве элементов технологической линии периодической варки целлюлозы можно рассматривать ленточный конвейер подачи технологической щепы, варочный котел, насос системы циркуляции варочного раствора, теплообменник. Элементы, в свою очередь, расчленяют на простые узлы, не имеющие резервирования. Для вибрацион-

ного диагностирования выбирают наиболее ответственные узлы элементов: рабочие колеса насосов, роторы дозаторов и питателей, подшипники, муфты, корпуса котлов, теплообменников, уплотнительные узлы соединений.

Например, на рис. 1 для насоса системы циркуляции варочного раствора принято три диагностических узла: рабочее колесо, подшипник приводной стороны, подшипник лицевой стороны. Вибрационное диагностирование узлов производят при трехуровневой оценке СТИ: «допустимо», «неудовлетворительно» и «предотказно». Оценка СТИ элемента формируется из сочетания оценок диагностируемых узлов этого элемента. При формировании оценки элемента учитывают коэффициент обслуживания, иерархическую структуру и интенсивность изменения СТИ элемента, принятые в ремонтной службе предприятия.

Множество СТИ элемента  $V^n$  разрабатывают на основе вибрационного диагностирования оценок узлов «допустимо» и «неудовлетворительно». Кортжи множества  $V^n$  отличаются сочетаниями возможных СТИ узлов при оценках: 0 – «допустимо», 1 – «неудовлетворительно». Обозначим множество СТИ  $i$ -го узла  $V^i$ , тогда  $V^i = \{V_0^i; V_1^i\}$ . Мощность (число состояний узла)  $|V^i| = 2$ . Множество  $V^n$  элемента образуется как декартово произведение множеств узлов  $V^i$ ,  $i=1, n$ , где  $n$  – число узлов элемента.

Мощность множества определяем по формуле

$$|V^n| = \prod_{i=1}^n |V^i|.$$

Множество  $V^n$  с учетом коэффициента обслуживания, иерархической структуры и интенсивностей  $\lambda$  изменения СТИ элемента преобразуем в диагностический граф  $G(v, \lambda)$  [1]. Для графа  $G(v, \lambda)$  выделяем подмножества допустимых  $|V|$  и неудовлетворительных  $|VH|$  кортежей СТИ.

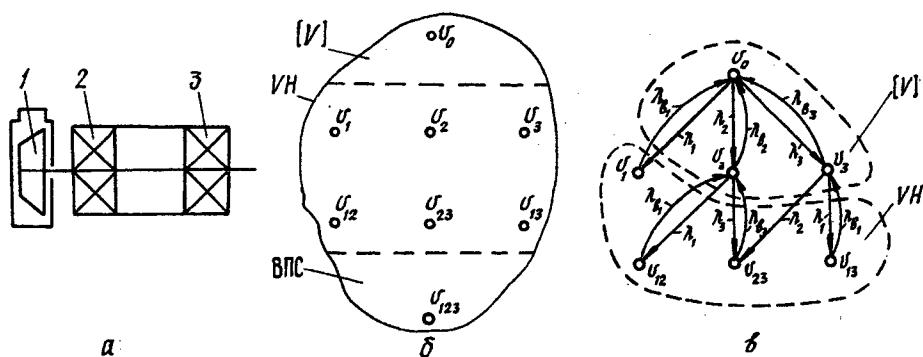


Рис. 1. Формирование диагностического графа  $G(v, \lambda)$  изменения состояний технической исправности насоса при полностью ограниченном обслуживании: а – схема насоса; б – множество  $V^n$  состояний технической исправности насоса; в – диагностический граф  $G(v, \lambda)$  двухуровневой иерархии; 1 – рабочее колесо (узел верхней иерархии); 2, 3 – подшипники (узлы нижней иерархии);  $|V|$ ,  $VH$ , ВПС – подмножества кортежей соответственно допустимых, неудовлетворительных и предотказных состояний технической исправности насоса



Из приведенной на рис. 1 схемы следует, что множество  $V^m$  и граф  $G(v, \lambda)$  содержат одни и те же кортежи  $V_{ij}$  сочетаний оценок вибрационного диагностирования узлов для подмножеств  $|I|$  и  $(VH)$ . Однако в распределении кортежей  $V_{ij}$  между подмножествами  $|I|$  и  $(VH)$  имеются серьезные отличия. Оценочные кортежи множества  $V^m$  распределяются между  $|I|$  и  $(VH)$  в зависимости от числа неудовлетворительных ( $V_1'$ ) оценок СТИ узлов. Распределение оценочных кортежей в графе  $G(v, \lambda)$  учитывает, наряду с числом неудовлетворительных оценок, иерархию узлов и коэффициент обслуживания элемента.

Подмножество кортежей, характеризующихся вибрацией предотказного состояния (ВПС), не включается в граф  $G(v, \lambda)$ , поскольку эксплуатация элемента при  $V_{ij} \in \text{ВПС}$  недопустима из-за возможности возникновения отказа или аварии. Подмножество ВПС применяется в качестве оценочного критерия для вывода элемента на внеплановый ремонт.

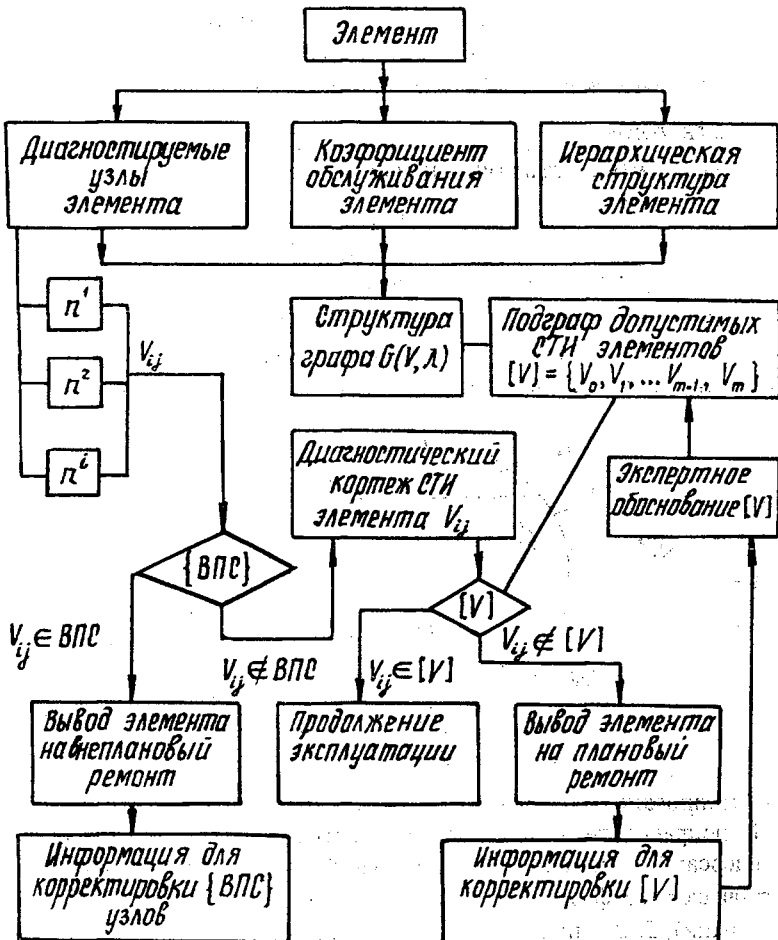


Рис. 2. Схема обоснования ремонта элементов ОПЦ по техническому состоянию на основе вибрационного диагностирования

Система обоснования ремонта элементов сложных объектов оборудования целлюлозного производства на основе диагностического графа приведена на рис. 2. Диагностируемые кортежи СТИ элемента контролируются в двух уровнях. На первом уровне контроля выявляются кортежи элемента, СТИ которых характеризуется вибрацией предотказного состояния  $V_{ij} \in \text{ВПС}$ . Если диагностируемый кортеж  $V_{ij}$  соответствует предотказному состоянию, элемент выводят на внеплановый ремонт при ближайшем останове. Вибрационное диагностирование узлов элемента до останова на ремонт производят с сокращенным периодом времени между измерениями.

Второй уровень контроля применяют для обоснования планового ремонта элемента. Второму уровню контроля подвергаются диагностируемые кортежи  $V_{ij} \in \{IVIU(VH)\}$ . Диагностируемый кортеж проверяют на принадлежность к подмножеству вершин  $|I|$  диагностируемого графа  $G(v, \lambda)$ . Если кортеж  $V_{ij} \in |I|$ , то эксплуатация элемента продолжается без изменения режима обслуживания. Плановый ремонт элемента предусматривается при условии  $V_{ij} \notin |I|$ . Для элементов, планируемых к выводу на ремонт, улучшают по возможности режим обслуживания.

Двухуровневая оценка диагностических кортежей узлов позволяет одновременно выявить элементы, эксплуатирующиеся в СТИ, близком к предотказному, и обосновать формирование плана ремонтов элементов по СТИ. Результаты осмотра узлов элемента при ремонтах используют для корректировки оценочных критериев  $|I|$  и ВПС.

По аналогичной схеме разработаны множества  $H^n$  и сформированы графы  $G(H, D)$  сложных объектов оборудования целлюлозного производства. Для сложных объектов структура множеств и графов  $G(H, D)$  основывается на исследовании кортежей СТИ элементов, иерархии, коэффициента обслуживания и резервирования отдельных элементов.

Применение диагностических графов изменения СТИ насосов системы циркуляции варочных котлов при обосновании ремонтов на Камском ЦБК подтверждает целесообразность развития этого направления [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муромцев Ю.А. Безаварийность и диагностика нарушений в химических производствах. – М.: Химия, 1990. – 144 с.
2. Совершенствование технического обслуживания и ремонта, повышение эффективности работы технического оборудования Камского ЦБК на основе разработки и внедрения диагностирования его технического состояния: Отчет о НИР / УЛТИ; руководитель В.П. Сиваков. № ГР 01860006621. – Свердловск, 1986. – 78 с.

*V.P. Sivakov*

### **Estimating the Fault-free Running of Pulp-production Equipment Based on the Diagnostic State Graphs**

The estimating state criteria have been developed for fault-free running of the machines and equipment of pulp production.

УДК 630\*643:630\*794

***П.А. Бирюков, М.В. Кузьмина***

Бирюков Павел Алексеевич родился в 1939 г., окончил в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономики и организации лесного комплекса Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 70 печатных работ по проблемам развития отраслей лесного комплекса.



Кузьмина Маргарита Викторовна родилась в 1966 г., окончила в 1989 г. Уральский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры экономики и организации лесного комплекса Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 12 печатных работ по исследованию рыночных реформ в лесном комплексе.

**ПРОБЛЕМА АДАПТАЦИИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РЫНОЧНОЙ СРЕДЕ**

Рассмотрена специфика адаптации лесозаготовительных предприятий в рыночных отношениях. Подчеркнута неизбежность банкротства части лесозаготовительных предприятий под действием конкуренции. Изложены условия, при которых более вероятна их устойчивая деятельность. Предложены меры по снижению социально-экономических потерь.

Вхождение предприятий лесного комплекса в рыночные отношения было стремительным и спонтанным. Ему не предшествовали ни теоретическое осмысление, ни экспериментальные проработки. По нашему мнению, это обстоятельство наряду с другими – одна из причин затяжного финансового кризиса в отраслях лесного комплекса.

В последние годы появился ряд научных публикаций о конкурентоспособности лесных предприятий [2, 5, 7], но рекомендации специалистов о путях преодоления кризисных явлений в сопоставлении с реальным положением дел в отрасли на пороге XXI в. только подтверждают актуальность дальнейшего научного поиска.

Все отрасли и производства, составляющие лесной комплекс, достаточно специфичны, что обуславливает необходимость дифференцированного подхода к анализу ситуаций и оценке вариантов их развития. Нами в период 1996–1999 гг. отслеживались процессы, происходившие в лесозаготовительных предприятиях Среднего Урала.

Первоначально была предпринята попытка разработать прогноз вхождения леспромпхозов в рыночную среду; его результаты в дальнейшем

были сопоставлены с реальными делами предприятий. Для предвидения хода адаптации прежде всего оценена специфика лесной промышленности и ее продукции. По нашему мнению, лесная промышленность по ряду позиций может успешно действовать в рыночных условиях. Она не столь зависима от поставщиков (как отрасль добывающая); обширен спектр потребителей ее продукции; имеется значительное количество однородных предприятий в регионе, что исключает государственную регламентацию цен на лесопродукцию с позиций антимонопольного законодательства; относительно низка капиталоемкость производства и непритязательны технологии, что благоприятствует самостоятельному решению вопросов технического развития.

Но одновременно действуют и негативные факторы. Сезонность лесозаготовительного производства периодически вызывает большую потребность в оборотных средствах и замедляет оборот капитала; удаленность на тысячи километров большинства лесопотребителей при росте грузовых тарифов резко сокращает рынок сбыта; градообразующая функция каждого леспромхоза в условиях самофинансирования становится экономически отягощающей; на местном рынке лесопродукции возрастает конкуренция со стороны новых (малых и др.) предприятий.

Устойчивое функционирование предприятия в рыночной среде во многом предопределено позицией федеральных и муниципальных органов власти. Так как круглые лесоматериалы являются продукцией громоздкой, крупногабаритной, с низкой удельной стоимостью, отложенным спросом, не самой важной с позиций жизнеобеспечения населения и социальной значимости, то коллективы лесных предприятий не могут претендовать на протекционистскую политику в части льготного налогообложения, беспроцентных кредитов, дотаций, снижения тарифов на грузовые перевозки и т. д.

Поэтому отношение к отрасли со стороны властей остается жестким – в конкурентной борьбе выстоит сильнейший. Весь период с 1992 г. по 1999 г. подтвердил этот тезис в прогнозе относительно будущего отрасли. В отличие от ряда других отраслей (угольная и т. д.) лесная промышленность финансовых «вливаний» от государства не получила. Ее труженики из-за рассредоточенности в пространстве не обладают должной сплоченностью и не провели ни одной существенной социальной акции в защиту собственных интересов.

На общем фоне изложенного каждое предприятие предпринимало стихийные действия по «самовывживанию». Но многих социально-экономических потерь можно было бы избежать, если бы процесс адаптации протекал в регулируемом русле.

Изначально известно, что в 1992 г. все леспромхозы находились на разных стартовых позициях. В постсоветский период 15 ... 35 % леспромхозов от общего их числа в отрасли всегда являлись планомерно-убыточными, так как страна нуждалась в физических объемах древесины. Как известно, убыточность таких предприятий предопределена совокупностью естественно-природных условий в районе нахождения предприятия.

Объективные условия лесного производства независимы от типа экономических отношений в стране. Поэтому проблема плано-убыточных леспромхозов при вхождении отрасли в рыночную среду трансформировалась в проблему конкурентоспособности предприятий. В данных обстоятельствах заблаговременная оценка перспектив каждого предприятия в рыночной среде – основа своевременного решения социально-экономических проблем его коллектива.

В экономической теории о конкурентоспособности предприятия судят по конкурентоспособности продукции и фактических финансовых показателей деятельности (ликвидность и т. д.) [2, 5, 7]. Отдавая должное этим показателям, тем не менее мы считаем, что: а) качество круглых лесоматериалов предопределено природой, поэтому при оценке конкурентоспособности предприятия оно будет учтено через совокупность естественно-природных условий в зоне действия леспромхоза; б) фактические финансовые показатели есть «продолжение» прошлого предприятия, с наслоениями субъективных действий лиц, принимающих решения, но ни в коем случае не объективная основа для прогноза будущего.

Поэтому нами предложен метод прогнозирования себестоимости одного обезличенного кубометра древесины с учетом транспортных расходов до среднего лесопотребителя. В лесоэкономической литературе общеизвестны труды по моделированию себестоимости 1 м<sup>3</sup> древесины [1, 4, 6 и др.]. Развивая положения ученых и принимая за основу метод редуцирующих коэффициентов Гипролестранса [3] для учета естественно-природных условий, мы установили нормативную себестоимость 1 м<sup>3</sup> древесины для базового предприятия-макета со средними значениями условий производства и сбыта продукции.

Принято, что предприятие-макет с исчисленной себестоимостью имеет индекс конкурентоспособности профильного производства  $I = 1,00$ . Для каждого конкретного леспромхоза индекс конкурентоспособности устанавливается по формуле

$$I_i = K_1 K_2 K_3 \dots K_n,$$

где

$I_i$  – индекс конкурентоспособности производства лесопроизводства при стратегии минимизации издержек  $i$ -го леспромхоза;

$K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$  – редуцирующие коэффициенты, учитывающие 1, 2, 3, ...,  $n$  факторы-условия производства (величины их исчислены заранее).

Ранжирование леспромхозов по индексу конкурентоспособности (1996 г.) обозначило круг предприятий, которым сложно адаптироваться в рыночной среде. Анализ результатов деятельности предприятий Свердловской области в 1998–1999 гг. почти подтвердил прогноз: из 11 леспромхозов 9 фактически прекратили свое существование.

На наш взгляд, основная причина – неблагоприятная совокупность естественно-природных и экономико-географических факторов в зоне действия леспромхозов. Процесс самоликвидации лесных предприятий проте-

кает болезненно, стихийно, со значительными экономическими потерями. Действия руководства предприятий и местных властей, обеспокоенных проблемой трудоустройства работников ликвидируемого леспромпхоза и необходимостью поддержки социальной инфраструктуры лесных поселков, импульсивны и редко эффективны.

Своевременный прогноз неконкурентоспособности лесного предприятия позволяет коллективу должным образом сориентироваться и, не дожидаясь критической черты, предпринять меры по нейтрализации негативных социально-экономических последствий банкротства. Сущность их – тема отдельного обстоятельного обсуждения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Леванов В.Е.* Совершенствование анализа и планирование работы лесозаготовительных предприятий. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 126 с.
2. *Люблин В.С., Баранова Л.Е.* Определение динамики конкурентоспособности предприятия // Целлюлоза. Бумага. Картон. – 1998. – № 3–4. – С. 44–46.
3. Методические указания к разработке экономических показателей по проектированию предприятий лесной промышленности. – Л.: Гипролестранс, 1978. – 130 с.
4. *Мошонкин Н.П., Кожин В.М., Николаев В.Н.* Планирование и учет издержек производства в леспромпхозах. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 254 с.
5. *Павлова Н.Ф.* Повышение конкурентоспособности деревянных домов заводского изготовления на внешнем рынке // Лесн. журн. – 1995. – №1. – С. 124–127. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. *Родигин А.А.* Хозрасчет в леспромпхозах. – М.: Лесн. пром-сть, 1968. – 120 с.
7. *Шмулевич Т.В.* Инвестиционные аспекты конкурентоспособности предприятий ЦБП России // Инвестиционная политика России в современных условиях: Тез. докл. Всерос. науч. конф., 15–17 мая 1997 г. – СПб., 1997. – С. 2–3.

*P.A. Birykov, M.V. Kuzmina*

### **Problems of Wood Harvesting Companies Adaptation to the Market Environment**

The specific features of wood harvesting company adaptation to the market environment are considered. The necessity of going bankrupt for the part of wood harvesting companies due to the competition is emphasized. The conditions under which their steady work is more likely are stated. The measures on reducing social-and-economic losses are suggested.

УДК 684:338.5

***Т.П. Тихомирова***

Тихомирова Тамара Павловна родилась в 1937 г., окончила в 1962 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет около 80 печатных работ в области экономики предприятий, проблем формирования их ценовой политики.

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЦЕНОВОЙ ПОЛИТИКИ  
МЕБЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Рассмотрены значение и сущность ценовой политики предприятий в рыночных условиях, раскрыты основные факторы, характеризующие мебель как объект ценообразования и обуславливающие необходимость формирования эффективной ценовой политики мебельных предприятий.

На эффективность работы предприятий в условиях рыночной экономики существенное влияние оказывает их политика в ценообразовании, которая предусматривает не только определение исходных цен на продукцию, но и их корректирование, динамику.

Возросшее значение ценообразования в России с начала 90-х годов обусловлено такими факторами, как экономическая нестабильность, инфляционные процессы, неблагоприятная динамика цен на материально-технические и финансовые ресурсы, снижение покупательной способности. И если первоначально решения по определению цен на предприятиях принимались только на основе затратных соображений, то с середины 90-х годов стала заметно проявляться переориентация производителей на рыночные методы ценообразования.

Вопросы ценообразования и ценовой политики особенно актуальны для мебельных предприятий. Мебель как товар народного потребления, пользующийся постоянным спросом, в принципе может обеспечивать стабильные и достаточно равномерные денежные поступления. В связи с ростом доходов отдельных категорий населения потребители мебели склонны чаще обновлять ее с учетом новых требований к внешнему виду, качеству материалов и т. д.

Мебель – это товар, имеющий достаточно длительный жизненный цикл. Мода на нее не так скоротечна, как, например, на одежду, обувь. В большинстве случаев мебель не нуждается в широкой рекламе для поддержания необходимого уровня продаж. Достаточно информационной рекламы, чтобы потенциальный покупатель мог включить предложение предприятия в круг своих интересов.

Производители мебели постоянно конкурируют между собой. При этом ценовая конкуренция имеет место, когда на рынке предлагается продукция однотипной конструкции из одинаковых материалов. В большей степени конкуренция на мебельном рынке имеет неценовой характер. Так, для потребителей большое значение имеет внешний вид изделий. Учитывая это, предприятия при неизменных функциональных свойствах могут существенно варьировать внешний вид изделий за счет изменения их конструкции и использования различных материалов. В зависимости от выбранных материалов, качества сборки, соответствия конструкции мебели тенденциям моды может существенно изменяться и цена, что дает возможность предприятию ориентировать различные виды изделий на потребителей с различным уровнем доходов, вкусов и предпочтений.

Отличительная черта мебельного рынка – небольшая скорость протекающих на нем рыночных процессов. Высокая цена мебели, сложная технология ее производства не позволяют предприятиям часто и в короткие сроки значительно изменять свойства предлагаемой продукции и корректировать цены.

Таким образом, стабильность спроса, длительный жизненный цикл товара, наличие конкуренции и сегментированность рынка обуславливают необходимость разработки и применения на мебельных предприятиях грамотной ценовой политики. Для ее разработки не требуется значительных материальных затрат, но достигаемые с ее помощью материальные и финансовые выгоды могут быть весьма существенными.

Суть целенаправленной ценовой политики заключается в том, чтобы устанавливать на товары предприятия такие цены и так варьировать ими в зависимости от положения на рынке, чтобы овладеть его определенной долей, обеспечить намеченный объем прибыли, решить другие стратегические и оперативные задачи. В рамках ценовой политики частные решения, такие как взаимосвязь цен на изделия в пределах ассортимента, использование скидок, варьирование ценами, обеспечение оптимального соотношения своих цен и цен конкурентов, формирование цен на новые товары, увязываются в единую систему. К сожалению, практика показывает, что мебельные предприятия не занимаются всерьез вопросами своей ценовой политики. Она складывается произвольно, под влиянием условий деятельности, сложившихся традиций предприятия.

Для определения цен на мебель независимо от специализации предприятий применяется затратный метод, согласно которому цена формируется исходя из планируемого уровня себестоимости и рентабельности продукции. Если фактическая себестоимость выше плановой, приближается к цене или превышает ее, то предприятие корректирует цену. Ее устанавливают на уровне выше фактической себестоимости изделия на величину минимального размера прибыли. Таким образом, цена предприятия следует за издержками, но при этом не должна превышать уровень цен на аналогичную продукцию основных конкурентов.



Подобная политика цен, проводимая мебельными предприятиями, характеризуется как затратная или как политика «выжидания цен».

В ценовой политике мебельных предприятий не учитывается в должной мере сегментирование рынка мебели. Предприятия включают в ассортимент выпускаемой продукции изделия, ориентированные на потребителей с разными уровнями доходов, но это, как правило, разные виды мебели и разные изделия. Хотя, как известно, одно и то же изделие, один и тот же вид мебели можно существенно модифицировать, ориентируясь на разных потребителей. Это позволило бы предприятию дифференцировать цены в зависимости от платежеспособности покупателя. Политика дифференцированных цен должна учитывать как интересы предприятия, так и интересы потребителей.

Для предприятия важно, чтобы разница в ценах модификаций каждого изделия превышала разницу в издержках. Потребитель же должен быть уверен, что за более высокую цену он получит изделия с лучшими свойствами, лучшего качества, а умеренная или низкая цена гарантирует не только обеспечение необходимых функциональных свойств изделия, но и нормативный уровень качества. На Западе практика продажи товаров в рамках «ассортиментных линий» широко распространена, но отечественные мебельные предприятия не считают пока такую политику цен реальной.

К особенностям ценовой политики мебельных предприятий можно отнести также отсутствие четко сформулированной цели, которую необходимо реализовать посредством продажи конкретных изделий. Чаще всего ценовая политика отождествляется с методом ценообразования, сводится к выбору этого метода и на практике заключается в покрытии издержек производства. Кроме того, для установления цены на уже выпускаемую продукцию и на новые изделия применяется один и тот же затратный метод, хотя при определении окончательного уровня цены принимаются во внимание цены на аналогичную продукцию других предприятий (при наличии, конечно, необходимой информации).

Мебельные предприятия реализуют свою продукцию самостоятельно, избегают посредников и испытывают трудности в оценке мебельного рынка из-за ограниченной информации о платежеспособном спросе, мнении покупателей, наличии на рынке конкурентов, их ценах и долях рынка, уровне издержек производства аналогичной продукции, политике цен.

Сбор и обработка подобной информации, необходимой для формирования и развития стратегии ценообразования, выполняется эпизодически и практически мало влияет на уровень цен предприятия. Это обусловлено недостаточным обеспечением ценообразования необходимой техникой и квалифицированными кадрами.

Принятый на предприятиях порядок формирования цен ориентирован на производство. В процессе ценообразования участвуют конструкторские, технологические, экономические службы, бухгалтерия. Между этими службами нет налаженного взаимодействия, связь осуществляется через руководство предприятием. Из-за этого в их работе отражаются интересы ка-

ждого подразделения, а не стратегические интересы предприятия. Нет отработанного механизма сбора информации, нормативной базы, что делает процесс определения цены изделия трудоемким и длительным. Отдел сбыта, как правило, в формировании цены не участвует, а ведь получая готовую цену на изделие, он должен убедить покупателей в ее реальности, обоснованности.

Рассмотренные аспекты ценовой политики характеризуют инертность мебельных предприятий в области ценообразования. Подобный типичный для большинства предприятий способ работы можно объяснить отсутствием пока необходимых знаний и опыта работы в рыночных условиях.

Ценовая политика может и должна стать реальным фактором улучшения финансового состояния предприятия и укрепления его позиций на рынке; если оно осознает ее необходимость и будет целенаправленно перестраивать всю систему ценообразования с учетом конкретных условий деятельности и требований рынка.

*T.P. Tikhomirova*

### **Some Aspects of Price Policy at Furniture Mills**

The meaning and nature of the price policy of the enterprises in the market is considered. The main factors, characterizing furniture as an object of price formation and stipulating the necessity of forming the efficient price policy for the furniture mills are revealed.

УДК 674:336.6

*Л.Э. Пийгли*

Пийгли Людмила Эдуардовна родилась в 1946 г., окончила в 1969 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 70 печатных работ в области проблем бухгалтерского учета, налогообложения, аудита.



### **РОЛЬ ИНВЕСТИЦИЙ В УЛУЧШЕНИИ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Эффективность инвестиций рассмотрена с учетом составления баланса, отчета о прибыли и движении денежных средств, определено их влияние на показатели действующего предприятия.

Повышение эффективности функционирования лесного комплекса требует расширения инвестиций. Так, анализ деятельности лесных предприятий Советского района Тюменской области показал, что

все они находятся в сложном финансовом состоянии, которое характеризуется недостатком собственных источников финансирования, большой дебиторской задолженностью, невозможностью рассчитаться по обязательствам. Основная причина этого в том, что покупатели не торопятся рассчитывать, ибо уверены, что легко найдут поставщиков аналогичной продукции. Существующие технологические процессы не позволяют выпускать продукцию, которая полностью бы отвечала запросам покупателей. Следует увеличить объемы перерабатываемой древесины с одновременным улучшением качества пиломатериалов. Это необходимо осуществить в условиях, когда все большие объемы тонкомерной древесины придется использовать. Применяемое оборудование должно иметь широкие технические возможности по выпуску пиломатериалов разнообразных характеристик. Необходимость сушки диктует наличие соответствующих мощностей, желательно со своим теплоносителем. Учитывая все эти обстоятельства, при обосновании технологии в Торском ЛПХ было отдано предпочтение оборудованию производства Германии.

Экономическая эффективность инвестиций объективно может быть оценена только на базе финансового планирования. Для этого необходимы три отчета: баланс, отчеты о прибыли и движении денежных средств. Фактически они составляются на базе одних и тех же показателей и требуют взаимоувязки. Кроме того, эти отчеты отражают динамику по планируемым периодам.

Общие критерии оценки инвестиционного проекта мы рассматривали с учетом этих взаимодополняющих элементов. Кратко их можно обозначить как финансовая состоятельность и эффективность инвестиций. В первом случае анализировали ликвидность (платежеспособность) проекта в ходе его реализации, во втором – ставили акцент на потенциальной возможности проекта обеспечить сохранение покупательной ценности вложенных средств и достаточный темп их прироста.

Экономическую эффективность определяли на основе показателя – чистый поток денежных средств (ЧПДС). Он представляет собой сумму, в пределах которой могут осуществляться платежи за привлеченные источники финансирования (собственные и заемные) без ущерба для основного капитала проекта.

Отрицательная накопленная в течение всего срока жизни проекта сумма чистых доходов свидетельствует об убыточности проекта, неспособности полностью возместить инвестированные средства, не говоря уже о выплате хотя бы минимальной ренты потенциальным инвесторам. Расчет чистых доходов производится отдельно для потенциальных инвесторов и владельца (собственника) проекта. Потенциальный инвестор сопоставляет суммарный чистый доход с полными инвестиционными издержками, таким образом определяется максимально возможный общий уровень доходности вложенного капитала. Для собственника проекта более значимым является расчет чистого дохода с учетом того, что часть последнего будет направлена на выплату процентов.

Чтобы адекватно оценить проект с точки зрения эффективности использования средств, нужно все потоки будущих поступлений и платежей привести в сопоставимый вид с учетом влияния фактора времени. Пересчет указанных величин на один (сегодняшний) момент времени, каковым является начало осуществления инвестиций, производили с помощью коэффициентов приведения.

Объем инвестиций по проекту составил 10,6 млн руб. В качестве основных источников финансирования рассматривались кредитные ресурсы, которые, как показали расчеты, возможно погасить полностью через 2,5 года при простом сроке окупаемости проекта 2,0 года (табл. 1). Расчеты по намеченным периодам наглядно показывают формирование ЧПДС.

Таблица 1

## Эффективность дополнительных капитальных вложений (тыс. р.)

Показатели	«0»	Январь	Июль	Январь	Июль	Январь
		1999 г.		2000 г.		2001 г.
Чистый поток денежных средств	0	- 10 603	1 607	3 970	4 900	4 900
То же, нарастающим итогом	0	-10 603	- 8 996	- 5 025	- 125	4 775
Ставка сравнения (40 %) и коэффициент дисконтирования	1,000	0,833	0,694	0,579	0,482	0,402
Дисконтированный чистый поток денежных средств	0	- 8 836	1 116	2 298	2 363	1 969
То же, нарастающим итогом	0	- 8 836	- 7 720	- 5 422	- 3 059	- 1 090

Примечание. Сроки окупаемости, лет: простой – 2,0, дисконтированный – 2,8.

Таблица 2

## Отчет о прибыли (тыс. р.)

Показатели	Январь	Июль	Январь	Июль	Январь	Июль
	1999 г.		2000 г.		2001 г.	2002 г.
Выручка от реализации	6 778	15 423	22 056	23 204	24 278	24 278
Производственные затраты	- 5 285	- 10 357	-12 437	-12 794	-13 054	-13 054
Валовая прибыль	1 494	5 065	9 618	10 410	11 224	11 224
Административные и коммерческие расходы	- 1 487	- 1 524	- 1 561	- 1 598	- 1 635	- 1 635
Налоги, уплачиваемые до налога на прибыль	- 302	- 773	- 1 006	- 1 061	- 1 086	- 1 076
Внерезультативные доходы (+) / расходы (-)	300	300	300	300	300	300
Балансовая прибыль	2	3 068	7 352	8 051	8 803	8 813
Налогооблагаемая прибыль	5	3 068	7 352	8 051	8 803	8 813
Налог на прибыль	- 2	- 1 074	- 2 573	- 2 818	- 3 081	- 3 085
Проценты по кредитам	- 361	- 1 168	- 1 108	- 947	- 308	0
Чистая прибыль	- 358	826	3 671	4 286	5 414	5 729
Платежи из чистой прибыли	0	0	0	0	0	0
Нераспределенная прибыль	- 358	826	3 671	4 286	5 414	- 627
То же, нарастающим итогом	- 358	468	4 139	8 425	13 839	13 212

Вместе с тем, не менее важно при обосновании инвестиций рассмотреть вопрос об изменении финансового состояния предприятия, на котором осуществляется внедрение проекта.

Для этого были составлены все базовые формы отчетности с учетом проекта. Как видно из табл. 2, объемы выпускаемой продукции и прибыль по предприятию увеличиваются. Однако использование ее в течение 2,5 лет возможно только по обязательным платежам, остальная часть является источником покрытия оборотных средств и зафиксирована в балансе (табл. 3) как накопленный капитал.

Таблица 3

## Баланс (тыс. р.)

Показатели	База 1998 г.	1999 г.		2000 г.		2001 г.	
		Январь	Июль	Январь	Июль	Январь	Июль
<b>Актив</b>							
Чистые постоянные активы	1 229	1 167	11 210	12 650	11 989	11 327	10 666
Незавершенные капвложения	128	10 731	128	128	128	128	128
Итого внеоборотных активов	1 357	11 898	11 338	12 779	12 117	11 456	10 794
Текущие активы	9 492	8 676	13 890	17 456	19 314	21 087	15 828
В том числе:							
незавершенное производство	2 067	2 067	2 785	3 181	3 321	3 422	3 422
авансы поставщикам	0	0	569	569	569	569	569
производственные запасы и МБП	2 117	208	681	1 005	1 032	1 059	1 059
готовая продукция	2 670	2 670	3 511	3 941	4 121	4 253	4 253
счета к получению	2 616	2 616	4 133	5 449	5 864	6 278	6 278
денежные средства	5	0	0	0	0	0	0
прочие	17	1 114	2 212	3 310	4 407	5 505	2 47
<i>Итого активов</i>	10 849	20 573	25 228	30 234	31 431	32 542	26 622
<b>Пассив</b>							
<b>Собственные средства:</b>							
уставный капитал	5	5	5	5	5	5	5
накопленный капитал	484	127	952	4 623	8 910	14 323	13 696
Итого собственных средств	489	132	958	4 628	8 915	14 328	13 701
<b>Заемные средства:</b>							
а) долгосрочные обязательства							
	0	10 603	10 603	9 641	5 139	0	0
б) краткосрочные обязательства:							
краткосрочные кредиты	2 061	442	5 150	4 092	0	0	0
счета к оплате	4 758	4 758	5 454	5 909	6 060	6 212	6 212
авансы	48	48	1 603	1 624	1 631	1 639	1 639
расчеты по налогам	2 205	3 303	5 089	6 994	8 236	9 473	4 211
расчеты по заработной плате	791	791	930	942	955	395	364
прочие	496	496	496	496	496	496	496
Итого текущих пассивов	10 360	14 893	18 722	20 057	17 377	18 214	12 921
Итого заемных средств	10 360	20 442	24 271	25 606	22 516	18 214	12 921
<i>Итого пассивов</i>	10 849	20 573	25 228	30 234	31 431	32 542	26 622

Планирование расчетов с кредиторами возможно только в пределах имеющихся свободных денежных средств. На начало планируемого периода они составили 5 тыс. р. В связи с их ограниченностью приходится выбирать наиболее важные направления: гашение долгосрочных и краткосрочных кредитов (последние на начало периода составили 2061 тыс. р.), выплаты по заработной плате, расчеты по налогам. При этом следует учитывать, что ликвидируется только сверхнормативная задолженность.

В первую очередь планировали погашение кредитов, как наиболее дорогостоящих ресурсов. Тем не менее, во второй половине 1999 г. прибыли было недостаточно для покрытия текущих активов, поэтому приходилось дополнительно привлекать краткосрочные кредиты.

Возможность обойтись без кредитов у предприятия появляется только в 2001 г. Выплаты процентной ставки по ним планируются регулярно по срокам. Сверхнормативную задолженность по налогам можно погасить только в первой половине 2002 г., а по заработной плате – в первой половине 2001 г.

Весь этот период невозможно планирование дивидендов учредителям. Только в 2002 г. появляется возможность использования полученной прибыли в сумме 6356 тыс. р., так как все еще имеет место ограничение по свободным денежным средствам.

Финансовое состояние предприятия значительно улучшается по сравнению с базовым периодом. Возрастают коэффициенты ликвидности практически до нормы и намечается устойчивая тенденция их роста. Улучшаются показатели оборачиваемости. Коэффициенты рентабельности также в перспективе растут. Несколько снижается показатель рентабельности собственного капитала, т. е. с точки зрения его владельца, но этот показатель выше ставки рефинансирования банка.

Предприятие имеет удовлетворительный «запас прочности» как по балансовой, так и по чистой прибыли. На конец прогнозируемого периода он составляет 28 %, при этом наблюдается тенденция роста этого показателя. Запас прочности свидетельствует о степени устойчивости предприятия к изменениям рыночной конъюнктуры.

С точки зрения прибыльности значение 28 % свидетельствуют о том, что для того, чтобы предприятие оставалось безубыточным, объем реализации продукции нельзя сокращать более чем на 28 %.

Рассмотренный инвестиционный проект улучшает не только финансовые показатели предприятия, но и социальную обстановку: привлекается дополнительная рабочая сила, а это очень важно, так как леспромхоз является основным местом работы для жителей.

*L.E. Pijgli*

### **Investments for Improving the Financial Situation at the Enterprise**

The efficiency of investments is analyzed taking into account the financial statement, income statement and money flows reporting, their influence on the work of the enterprise in operation being determined.

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*232.11:582.475.4(470.22)

### **Б.В. Раевский, А.А. Мордась**

Раевский Борис Владимирович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Петрозаводский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории цитологии и физиологии Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 23 печатные работы в области лесной интродукции, селекции и семеноводства.



Мордась Анатолий Артемович родился в 1932 г., окончил в 1956 г. Украинскую сельскохозяйственную академию, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесной микологии и энтомологии Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 67 печатных работ в области искусственного лесовосстановления, лесной селекции и семеноводства.



## **РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ СКРУЧЕННОЙ В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ**

Исследованы рост и развитие семи происхождений сосны скрученной в сравнении с аборигенной сосной обыкновенной в юго-западной части Карелии. Приведены данные, подтверждающие более высокую продуктивность экзота в молодом возрасте. Сделан вывод о существенном влиянии вида посадочного материала на качество ствола растений в культурах, особенно сосны скрученной.

В контексте основополагающей лесоводственной идеи о постоянстве и неистощительности лесопользования мысль о том, что организация лесосырьевых плантаций поможет сохранить леса естественного происхождения, выглядит весьма разумной и неоднократно высказывалась многими исследователями [5, 8, 14]. В ряде стран при этом значительное распространение получили интродуцированные лесные породы. Выдающиеся результаты достигнуты в создании плантаций сосны замечательной (*Pinus radiata*) в

Новой Зеландии, где в прошлом вообще не было хвойных [12]. В Швеции с конца 60-х гг. широкое распространение получила сосна скрученная широкохвойная (*Pinus contorta*, ssp. *latifolia* Watson), которая фактически стала здесь третьей хвойной породой с площадью ареала более, 500 тыс. га [7]. Однако отмечаются и неудачи: при создании крупномасштабных однопорodных плантаций в суровых природно-климатических условиях северной Швеции (64 ... 67° с. ш.), в частности недостаточная устойчивость сосны скрученной к ветровой и снеговой нагрузке, приводящая к ухудшению формы ствола, ослаблению деревьев и массовому распространению склеродермоза ( возбудитель *Gremmeniella abietina* Lagerb.). Тем не менее сделан вывод, что, учитывая высокую продуктивность, разведение данной породы следует продолжить с определенными коррективами, а многие из указанных проблем могут быть решены лесокультурными и селекционно-генетическими методами [6, 11].

Принимая во внимание относительную естественноисторическую бедность аборигенной дендрофлоры Северо-Запада России, сосна скрученная представляется здесь интересным интродуцентом. В настоящее время задача состоит как во всестороннем исследовании ее роста и развития в сравнении с сосной обыкновенной, так и в накоплении исходного материала с достаточным уровнем генетического разнообразия для дальнейшей селекционной работы.

Участок испытательных культур был создан весной 1988 г. в Видлицком лесничестве Олонецкого лесхоза Республики Карелия (61° 22' с. ш., 32° 20' в. д., 60 м над уровнем моря), на свежей вырубке из-под смешанного сосново-березового насаждения (8Б1С1Ос), II класса бонитета, площадью 13,3 га. Почва – подзол супесчаный иллювиально-гумусово-железистый, подстилаемый завалуненным средним суглинком. Рельеф слабо пологоволнистый, озерно-ледникового происхождения, хорошо дренированный. Почву готовили покровосдирателем ПДН-1 в год создания культур. Посадку производили в дно борозды по схеме 3 × 1 м (3300 шт./га) трехлетними перешколенными саженцами (1 т.+ 2) и однолетними тепличными сеянцами (1 т.) с рядовым рендомизированным размещением вариантов в блоке. Повторность вариантов двукратная. В опыте сосна скрученная имела как местное «карельское» (Импилаhti, Сортавала), так и непосредственно канадское происхождение. В первом случае речь идет о семенах, заготовленных в старых финских культурах 50–60-летнего возраста. Варианты именованы по названию ближайшего населенного пункта. Точных данных о происхождении исходного семенного материала для этих посадок нет, но, основываясь на исследовании К. Вейсенберга [13], с большой долей вероятности можно предположить, что он был получен из Канады, провинция Альберта (49...52° с. ш., 110...119° з. д.). Во втором случае это семена из нормальных естественных насаждений сосны скрученной отсюда же (53...56° с. ш., 116 ... 119° з. д., 609 ... 1066 м над уровнем моря). Номера партиям семян присвоены лесной опытной станцией Savar Шведского исследовательского института Skogforsk (23 – код станции Savar, А – популяционный сбор,



85 – год сбора). Таким образом, все варианты экзота представляют восточную часть его ареала из одной провинции, причем имеют происхождение несколько более южное по отношению к месту испытаний в Карелии. Сосна обыкновенная представлена контролем из нормальных семян производственного сбора в Олонецком районе, семьями от свободного опыления и гибридными вариантами от отдаленного внутривидового скрещивания клонов с Олонецкой лесосеменной плантации.

Экспериментальный материал собирали на участке осенью 1997 г. В результате сплошного учета определяли сохранность (%) как отношение числа сохранившихся живых растений к общему числу высаженных. В каждом варианте намечали не менее 100 ... 150 учетных живых деревьев. При меньшем количестве учитывали все растения. Качество ствола оценивали по четырехбалльной шкале: 1 – прямые; 2 – слабоискривленные; 3 – сильноискривленные; 4 – кустовидные (осевой побег не выражен). Отдельно учитывали число наклоненных деревьев и выраженных двойчаток. В каждом варианте определяли процент плодоносящих деревьев. Замеряли общую высоту растения, прирост последнего года в высоту (с точностью до 1 см) и диаметр на высоте груди (с точностью до 1 мм). Полученные данные обрабатывали и анализировали по вариантам, их группам и в целом по породам общепринятыми биометрическими методами [2].

По данным осенней инвентаризации, приживаемость культур в первый год составила 92,3, во второй – 89,4 % без существенных различий по вариантам. Через десять лет сохранность культур в среднем равнялась 65,5 %. Поскольку объект был создан в сравнительно богатых условиях черничного типа леса подзоны средней тайги, неизбежной была сильная конкуренция со стороны лиственных древесных пород и местами травянистой растительности. За десятилетний период на участке трижды проводили осветление, что позволило удержать сохранность саженцев сосны скрученной на уровне 72, сосны обыкновенной – 70 %. Этот показатель у сеянцев обоих видов составил 64 %. Согласно обобщенным шведским данным, сохранность культур сосны скрученной в среднем на 2 % выше, чем сосны обыкновенной [11]. Более быстрый рост экзота должен давать ему небольшое преимущество перед аборигенной сосной в подобных условиях, но поскольку описываемый участок зарастал крайне неравномерно, сделать вывод о межвидовых различиях достаточно сложно. Несомненно, что без ухода культуры сосны обоих видов сохранились бы лишь фрагментарно. Очевиден также положительный эффект использования крупномерного посадочного материала для закультивирования вырубок такого типа.

Агротехника выращивания однолетних тепличных сеянцев и трехлетних саженцев для данного и других опытов, методика работы с ними были опубликованы ранее [1, 3, 4]. С первых лет жизни сосна скрученная развивалась быстрее, чем обыкновенная (табл. 1). Все различия по биометрическим показателям статистически достоверны. По абс. сухой массе 100 сеянцев и саженцев экзот превосходил аборигенную сосну соответственно на 23,5 и 89,0 %. После трех вегетационных сезонов на лесокультурной

Таблица 1

**Биометрические показатели посадочного материала и трехлетних культур**

Порода	Высота стволика, см	Прирост в высоту, см	Диаметр у корневой шейки, мм
<b>Саженцы (1 т. + 2)</b>			
Сосна:			
обыкновенная	31,2 ± 0,3	15,8 ± 0,2	6,8 ± 0,07
скрученная	33,3 ± 0,5	18,6 ± 0,4	9,0 ± 0,1
Различие, %	106,7	117,7	132,4
<b>Сеянцы (1 т.)</b>			
Сосна:			
обыкновенная	9,7 ± 0,2	-	1,3 ± 0,02
скрученная	10,6 ± 0,2	-	1,4 ± 0,03
Различие, %	109,3	-	107,7
<b>Культуры в трехлетнем возрасте</b>			
<b>Посадочный материал – саженцы</b>			
Сосна:			
обыкновенная	74,0 ± 0,8	27,0 ± 0,4	18,0 ± 0,2
скрученная	105,0 ± 1,7	44,0 ± 0,9	24,0 ± 0,4
Различие, %	141,9	163,0	133,3
<b>Посадочный материал – сеянцы</b>			
Сосна:			
обыкновенная	45,0 ± 0,5	18,0 ± 0,3	10,0 ± 0,2
скрученная	59,0 ± 0,7	30,0 ± 0,4	13,0 ± 0,2
Различие, %	131,1	166,7	130,0

площади разница в биометрических показателях растений двух исследуемых видов существенно возросла.

Десятилетние культуры интродуцента, заложенные саженцами, (биологический возраст растений 13 лет) имели статистически достоверное преимущество перед сосной обыкновенной: по высоте на 28,4 % ( $F_{\text{факт}} = 215,45$ ); по приросту последнего года в высоту на 30,8 % ( $F_{\text{факт}} = 238$ ); по диаметру на высоте груди на 27,1 % ( $F_{\text{факт}} = 81,6$ ); при значениях преобразованного критерия Фишера  $F_{\text{табл}} = 3,8; 6,7; 10,9$  для трех порогов вероятности безошибочных прогнозов (табл. 2). По сравнению с трехлетним возрастом относительная разница между видами несколько уменьшилась.

В среднем за последнее десятилетие саженцы аборигенной сосны прирастали в высоту на 31,1 см в год, а сосны скрученной на 40,6 см, что на 30,5 % больше. Среди сохранившихся деревьев экзота было на 5,6 % больше сильно наклоненных под воздействием снеговой нагрузки и на 7,2 % выраженных двойчаток. Остальные экземпляры сосны скрученной имели несколько худшую (на 0,14 балла) форму ствола. Причины, снижающие биомеханические характеристики этого вида сосны, достаточно хорошо изучены шведскими специалистами [9, 10]. В северо-западной части таежной зоны Северной Америки сосна скрученная эволюционировала в условиях холодного континентального климата с относительно небольшим

Таблица 2

**Испытательные культуры сосны, посадочный материал – саженцы (1 т.+ 2)**

Вариант	Число наблюдений	Высота, см	Прирост, см	Диаметр на высоте 1,3 м, мм	Снеговал, %	Качество стволиков, балл	Двойчатки, %	Плодоносящие деревья, %
<b>Сосна обыкновенная</b>								
31 Чупа	130	342 ± 6,8	51 ± 1,0	46 ± 1,5	5,8	1,80	2,3	27,0
24 Чупа	149	322 ± 6,4	49 ± 0,9	45 ± 1,4	1,3	1,63	2,7	29,7
216 Кестеньга	49	410 ± 9,0	61 ± 1,6	62 ± 2,3	31,0	1,77	2,0	33,8
Среднее	328	343 ± 4,5	52 ± 0,7	48 ± 1,0	8,9	1,70	2,4	29,5
24 Чупа × 23 Ленингр.	121	341 ± 6,9	53 ± 1,1	47 ± 1,5	2,4	1,70	1,7	14,9
31 Чупа × 23 Ленингр.	43	308 ± 11,8	45 ± 1,7	43 ± 2,7	8,5	1,50	2,3	15,8
612 Реболы × 23 Ленингр.	30	321 ± 11,8	54 ± 1,6	48 ± 2,9	0	1,40	7,1	33,3
2 Олонец × 23 Ленингр.	119	367 ± 5,9	56 ± 1,1	54 ± 1,3	13,1	1,95	10,3	12,0
5 Олонец × 23 Ленингр.	42	315 ± 10,8	50 ± 1,9	45 ± 2,6	22,2	1,95	2,4	5,8
Среднее	355	341 ± 3,9	53 ± 0,6	49 ± 0,9	10,7	1,76	5,0	14,0
Общее среднее	683	342 ± 3,0	52 ± 0,5	48 ± 0,6	10,2	1,74	3,6	20,8
<b>Сосна скрученная</b>								
Сортав. 733	116	438 ± 6,5	67 ± 1,2	63 ± 1,4	14,7	1,90	11,1	45,1
Сортав. смесь	49	440 ± 9,0	69 ± 1,9	58 ± 1,8	15,5	1,90	9,8	53,4
Среднее	165	439 ± 5,3	68 ± 1,0	61 ± 1,1	15,8	1,90	10,8	48,0
Различие, %	-	128,4	130,8	127,1	-	-	-	-

количеством осадков зимой в виде легкого сухого снега. По сравнению с сосной обыкновенной она имеет более массивную крону, что в комбинации с меньшей долей ствола в общей биомассе надземной части уменьшает устойчивость растений к снеговой нагрузке. Наиболее сильно это проявляется в полуморском климате Фенноскандии с его частыми и обильными осадками зимой в виде тяжелого мокрого снега, который может задерживаться и замерзать на ветвях растений экзота. Кроме того, у сосны скрученной меньше доля толстых якорных корней и частота образования стержневого корня у молодых растений, чем у обыкновенной. Перечисленные проблемы особенно ярко проявляются при использовании крупномерного посадочного материала. Уложенные в контейнеры растения на момент посадки уже могут иметь искривленные скелетные корни, а у саженцев с открытой корневой системой значительная ее часть обрывается при выкопке. При этом надземная масса уже достаточно велика. К этому следует добавить проблему некачественной посадки, когда саженцы заделываются недостаточно

глубоко и плотно. Не успевая укорениться за один вегетационный сезон, растение легко отклоняется от вертикального положения. Этим объясняется искривление в базальной части ствола, которое чаще наблюдается у сосны скрученной. В нашем случае бездефектный стройный ствол был у 43,4 % саженцев сосны обыкновенной и у 33,1 % сосны скрученной.

Рост и развитие в культурах однолетних тепличных сеянцев существенно отличались от показателей роста саженцев (табл. 3).

Снеговала практически не было. Значительно меньше отмечено раздвоенных стволов, особенно у сосны скрученной. Существенно лучше оказалось и качество ствола растений, при этом оба испытываемых вида находились примерно на одном уровне. Стройные стволы без изгибов в нижней трети отмечены у 65,8 % растений сосны обыкновенной и у 72,8 % особей сосны скрученной. Сосна скрученная статистически достоверно превосходила аборигенную по высоте, приросту и диаметру на 38,1; 34,9 и 43,3 % соответственно ( $F_{\text{факт}} = 616,6; 257,3; 304,5 > F_{\text{табл}} = 3,8; 6,7; 10,9$ ). Относительная разница между породами была в этом случае даже больше, чем между саженцами, а абсолютная осталась практически на том же уровне. В среднем за десятилетие сосна обыкновенная прирастала в высоту на 23,5 см за сезон, скрученная на 32,7 см (+ 3,9 %).

Таблица 3

## Испытательные культуры сосны, посадочный материал – сеянцы (1 г.)

Вариант	Число наблюдений	Высота, см	Прирост, см	Диаметр на высоте 1,3 м, мм	Качество ствола, балл	Двойчатки, %	Плодоносящие деревья, %
Сосна обыкновенная							
24 Чупа	206	244 ± 4,5	43 ± 0,9	29 ± 1,0	1,33	4,4	14,1
Ругоз. (смесь пл. дер.)	141	222 ± 4,3	41 ± 0,9	25 ± 1,1	1,38	3,5	10,6
2 Олонец	152	257 ± 4,6	46 ± 0,7	31 ± 1,0	1,24	1,3	7,9
3 Олонец	209	264 ± 4,7	46 ± 0,9	33 ± 1,1	1,49	4,8	5,7
Контроль	194	228 ± 4,3	41 ± 0,8	27 ± 1,0	1,40	3,5	7,6
Среднее	902	244 ± 2,1	43 ± 0,4	30 ± 0,5	1,38	3,7	9,7
Сосна скрученная							
Имплахти	103	330 ± 8,7	60 ± 1,8	44 ± 1,6	1,38	4,8	65,0
Сортвала	97	286 ± 7,4	52 ± 1,4	39 ± 1,4	1,34	1,0	34,0
Среднее	200	309 ± 5,9	56 ± 1,2	40 ± 1,1	1,36	3,0	50,0
S23A8560230	102	316 ± 7,6	51 ± 1,3	40 ± 1,4	1,49	4,9	67,6
S23A8560231	103	382 ± 9,0	65 ± 1,7	47 ± 1,6	1,20	1,0	51,4
S23A8560229	103	326 ± 7,9	53 ± 1,5	41 ± 1,5	1,56	3,9	70,9
S23A8560227	102	395 ± 6,6	67 ± 1,4	52 ± 1,3	1,10	1,0	59,8
S23A8560228	112	320 ± 7,8	57 ± 1,5	42 ± 1,5	1,36	2,7	42,8
Среднее	522	347 ± 3,8	58 ± 0,7	44 ± 0,7	1,34	2,7	58,2
Общее среднее	722	337 ± 3,2	58 ± 0,6	43 ± 0,6	1,35	2,8	56,0
Различие, %	-	138,1	134,9	127,1	-	-	-

Большой процент плодоносящих деревьев сосны скрученной (см. табл. 2 и 3) указывает на свойственное ей раннее начало репродуктивной деятельности, сочетающееся с феноменом нераскрываемости шишек в обычных условиях (так называемые поздние шишки), что является примером эволюционной адаптации как агрессивной пионерной породы, использующей для своего расселения пирогенный фактор.

Продуктивность культур по породам и видам посадочного материала отражена в табл. 4. Например, в культурах сосны обыкновенной, созданных саженцами при исходной густоте 3300 шт./га, сохранности 70 и снеговале 10,2 %, насчитывается 2102 стволов на 1 га. При среднем объеме одного дерева 0,005 м<sup>3</sup> запас равен 10,5 м<sup>3</sup>/га. Аналогичные расчеты по сосне скрученной дают объем среднего дерева 0,0092 м<sup>3</sup> и запас 18,4 м<sup>3</sup>/га. Преимущество экзота по запасу на данном возрастном этапе составляет 75 %.

В случае с сеянцами относительная разница по продуктивности между соснами обыкновенной и скрученной максимальна. Учитывая хорошие показатели роста и качества ствола, можно сказать, что породы реализовали здесь свой потенциал в наибольшей степени. Велики пока различия между сеянцами и саженцами, но для сосны скрученной они уже менее значительны. К 60–70-летнему возрасту древостоев этот разрыв должен практически сnivelироваться, а между породами сохраниться на уровне 36 ... 40 % по запасу в пользу интродуцента.

В заключение следует отметить, что данные испытательные культуры были созданы в юго-западной части Карелии, в относительно благоприятных почвенно-климатических условиях южной части средней подзоны тайги. Это определило их быстрый рост, высокую продуктивность и хорошее состояние. За истекшие 10 лет не было очагов опасных вредителей и болезней сосны. В трехлетнем возрасте отмечались погрызы у основания стволиков, вызванные большим сосновым долгоносиком (*Hylobius abietis* L.), однако без серьезных последствий для посадок. Не отмечено и повреждений хвои и побегов неблагоприятными погодными факторами, хотя на открытых пространствах варианты сосны скрученной происхождением южнее 59° с. ш. порой имеют недостаточную зимостойкость. По всей видимости, примесь лиственных (береза и осина), быстро возникающая на богатых

Таблица 4.

Продуктивность культур в зависимости от породы  
и вида посадочного материала

Порода	Саженцы (1 т. + 2)			Сеянцы (1т.)			Сеянцы, % к саженцам	
	Объем среднего дерева, м <sup>3</sup>	Число деревьев, на 1 га, шт.	Запас, м <sup>3</sup> /га	Объем среднего дерева, м <sup>3</sup>	Число деревьев, на 1 га, шт.	Запас, м <sup>3</sup> /га	Объем среднего дерева	Запас
Сосна обыкновенная	0,0050	2102	10,5	0,0017	2112	3,6	34,0	34,3
» скрученная	0,0092	2001	18,4	0,0040	2112	8,4	43,5	45,7
Различие, %	184,0	-	175,2	235,3	-	233,3	-	-

вырубках, благоприятно влияет на состояние экзота, естественно, при своевременных уходах. Сосна скрученная устойчива к сосновому вертуну (*Melampsora pinitorqua* Rostr.), имеющему промежуточную стадию на осине. Полученные данные подтверждают не только высокую продуктивность сосны скрученной, но и возможность решать лесокультурными методами некоторые проблемы, связанные с ее искусственным разведением. При этом существенное значение имеет выбор вида посадочного материала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мордашь А.А., Раевский Б.В. Всхожесть семян и рост сосны скрученной в Карелии // Лесоведение. – 1992. – № 1. – С. 89–94.
2. Плохинский Н.А. Биометрия. – М., 1970. – 367 с.
3. Раевский Б.В. Фенология и особенности развития сосны скрученной на ранних этапах онтогенеза // Лесн. журн. – 1992. – № 2. – С. 35–40. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Раевский Б.В. Рост и продуктивность сосны скрученной на ранних этапах онтогенеза // Лесн. хоз-во. – 1997. – № 5. – С. 45–47.
5. Шутов И.В., Маслаков Е.Л., Маркова И.А. Лесосырьевые плантации в России: сохранение бореальных лесов, дополнительное сырье, сокращение расходов на транспорт // Лесн. хоз-во. – 1997. – № 6. – С. 4–7.
6. Donanbauer E. et. al. Pinus contorta and gremeniella disease situation in northern Sweden // Contortatallen sverigen lagesrapport. – Umea, 1992. – P. 198–221.
7. Ericsson T. Lodgepole pine (*Pinus contorta* var. *latifolia*) breeding in Sweden: Dissertation Swed. Univers. of Agricult. Sciences. – Umea, 1994. – 325 p.
8. Ledig F.T. The Conservation of Diversity in Forest Trees // Bioscience. – 1988. – Vol. 38, N 7. – P. 471–478.
9. Martinsson O. Root development and stability of Lodgepole pine // Contortatallen – Vart tredje barrtradz Sveriges skogsvarlds forbunds Tidskrift. – 1989. – N 1–2. – P. 91–95.
10. Norgren O. Growth differences between *Pinus sylvestris* and *Pinus contorta*: Dissertation sveriges Lantbruksuniversitet. – Umea, 1995. – 58 p.
11. Segebaden G. Lodgepole pine in Sweden – A Situation Report // *Pinus contorta* from intamed forest to domesticated crop. – Umea, 1992. – P. 8–23.
12. Walter C., Smith D. Transformed *Pinus radiata* how growing in greenhouses at the New Zeland Forest Research Institute ( NZFRI )// Dendrome, 1995. – Vol. 2. – P. 1–7.
13. Weissenberg K. Experiences of lodgepole pine in Finland. – Suonenjoki, 1972. – 73 p.
14. Whaley R. Future perspectives on technological development // Sustainable land use: interdependence between forestry and agriculture. IUFRO Cogress report. – Tampere, 1996. – Vol. 1. – P. 144–151.

Институт леса Карельского НЦ РАН  
Поступила 07.04.98

*B.V. Raevsky, A.A. Mordas*

## **Growth and Productivity of Testing Logepole Pine in the Southern Karelia**

The growth and development of the lodgepole pine of seven provenances in the southwestern part of Karelia are investigated in comparison with the native common pine. The data is presented confirming higher productivity of the exotic plant in the young age. A conclusion is drawn on the substantial influence provided by the planting material type on the stem quality especially for the lodgepole pine.

УДК 630\*221.0:681.3

*В.С. Петровский, С.А. Черепухин*

Петровский Владислав Сергеевич родился в 1933 г., окончил в 1956 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов Воронежской государственной лесотехнической академии, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик РАЕН. Имеет около 290 печатных работ в области математического моделирования, оптимизации, компьютеризации, автоматизации технологий и оборудования лесного комплекса.



Черепухин Сергей Александрович родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры автоматизации производственных процессов ВГЛТА. Имеет 8 печатных работ в области моделирования и оптимизации режимов рубок ухода за лесом.



## **ОСОБЕННОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫБОРОЧНЫХ И СПЛОШНЫХ РУБОК В НОРМАЛЬНЫХ ДРЕВОСТОЯХ СОСНЫ**

На основании таблиц хода роста нормальных древостоев сосны разработаны математические модели и программы оптимизации режимов выборочных и сплошных рубок с получением наибольшего объема стволовой древесины с 1 га за один год выращивания.

В настоящее время возраст и объемы рубок ухода за лесом определяют главным образом по рекомендациям лесоустройства, сложившейся практике лесного хозяйства. При этом чаще всего не рассматривается задача получения максимального объема стволовой древесины с 1 га в среднем за один год выращивания древостоя.

Таблица 1

Класс бонитета	$k$	$C_1$	$C_2$	$a_1$	$a_2$
Высота					
Ia	42,5	0,0741	1,0741	4,264	61,836
I	37,4	0,1011	0,1011	5,459	59,441
II	32,5	0,1258	1,1258	6,444	57,656
III	28,0	0,1707	1,1707	8,292	56,858
Диаметр					
Ia	63,5	0,0514	1,0514	4,756	97,244
I	57,3	0,0530	1,0530	5,037	100,123
II	52,5	0,0415	1,0415	4,399	110,501
III	48,1	0,0412	1,0412	4,875	123,275

Мы сделали попытку решить эту задачу на основе моделирования хода роста нормальных древостоев сосны [3, 4, 8, 9]. Нами разработаны и достаточно адекватные математические модели изменения высоты, диаметра, объема дерева в зависимости от возраста:

$$H = k(1 - C_1 e^{-t/a_1} - C_2 e^{-t/a_2}); \quad (1)$$

$$D = k(1 - C_1 e^{-t/a_1} - C_2 e^{-t/a_2}); \quad (2)$$

$$V = -0,047927 + 0,000968H + 0,008191D - 0,001714H^2 - 0,001347D^2 + 0,002646DH + 0,001457HD^2 - 0,001703DH^2 - 0,000393D^3 + 0,00068H^3, \quad (3)$$

где  $H$  – высота дерева, м;  
 $D$  – диаметр на высоте груди, см;  
 $V$  – объем ствола, м<sup>3</sup>;  
 $t$  – возраст дерева,  $30 \leq t \leq 140$  лет;

$k, C_1, C_2, a_1, a_2$  – постоянные коэффициенты уравнений изменения высоты и диаметра, приведенные в табл. 1.

На основе этих математических моделей нами составлена программа, которая позволяет моделировать ход роста нормальных древостоев сосны и их реакции на рубки ухода разной интенсивности. За исходные данные приняты возраст насаждений, средняя высота, диаметр на высоте груди перед первой выборочной рубкой, имеющийся запас стволовой древесины и число деревьев на 1 га. Программа дает возможность определить оптимальные возрасты и количество вырубаемых деревьев 1-, 2-, 3-й выборочных и сплошной рубки, объемы мелкой, средней и крупной древесины, суммарный объем каждой рубки.

В качестве критериев оптимальности использовали две целевые функции [5]:



$$Z_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (V_k + V_c + V_m)_i}{t} \rightarrow \max; \quad (4)$$

$$Z_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (C_k V_k + C_c V_c + C_m V_m)_i}{t} \rightarrow \max, \quad (5)$$

- где  $Z_1$  – целевая функция – объем стволовой древесины, получаемый за один год выращивания древостоя;  
 $Z_2$  – целевая функция – цена древесины, получаемой от выборочных и сплошных рубок в год;  
 $C_k, C_c, C_m$  – оптовая цена 1 м<sup>3</sup> крупной, средней и мелкой древесины,  $C_m = 1$ ;  $C_c = 1,33C_m$ ;  $C_k = 1,56C_m$  [1, 5];  
 $V_k, V_c, V_m$  – объем крупной, средней, мелкой древесины, полученной с 1 га, м<sup>3</sup>;  
 $n$  – число рубок;  
 $t$  – возраст древостоя при сплошной рубке;  
 $i$  – номер рубок ухода за лесом,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Ограничением для целевых функций взят диаметр в возрасте технической спелости. Расчет производили для четырех классов бонитета сосновых насаждений и различных ступеней толщины в возрасте технической спелости древостоев ( $d$ ).

Полученные данные по целевым функциям максимизации объема стволовой древесины, получаемой за один год выращивания, и дохода от выборочных рубок сведены в табл. 2.

Таблица 2

Класс бонитета	Значение целевой функции для диаметра в возрасте технической спелости, см										
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
Максимизация объема древесины											
Ia	-	-	12,47	12,80	13,20	13,45	13,45	13,42	13,39	13,35	13,30
I	-	-	10,58	10,60	10,78	10,60	10,50	10,40	10,30	10,00	9,78
II	7,78	7,82	7,86	7,88	7,88	7,87	7,55	7,18	-	-	-
III	5,85	5,85	5,86	5,83	5,80	5,75	5,70	-	-	-	-
Максимизация дохода											
Ia	-	-	18,55	19,00	19,69	19,80	19,69	19,68	19,67	19,40	19,15
I	-	-	14,70	15,20	15,63	15,60	15,57	15,27	15,06	14,70	14,27
II	10,20	10,60	11,09	11,30	11,50	11,52	11,54	11,50	10,45	-	-
III	7,95	8,17	8,30	8,36	8,42	8,47	8,44	-	-	-	-

Для каждого класса бонитета были определены соответствующие зависимости целевых функций от диаметра:  
для Ia класса бонитета

$$Z_{Ia,1} = -15,680263 + 2,404088d - 0,065435d^2 + 0,000586d^3;$$

$$Z_{Ia,2} = -26,0166627 + 3,523093d - 0,095966d^2 + 0,000827d^3;$$

для I класса

$$Z_{I,1} = 5,095317 + 0,420072d - 0,008736d^2 + 0,000029d^3;$$

$$Z_{I,2} = -20,51 + 3,313636d - 0,08873d^2 + 0,000767d^3;$$

для II класса

$$Z_{II,1} = 16,177424 - 1,080795d + 0,045587d^2 - 0,00625d^3;$$

$$Z_{II,2} = -20,2793 + 1,622857d - 0,079122d^2 + 0,001154d^3;$$

для III класса

$$Z_{III,1} = -14,49 + 1,482044d - 0,019107d^2 - 0,000243d^3;$$

$$Z_{III,2} = 0,47429 + 0,715952d - 0,02125d^2 + 0,000208d^3.$$

Из математических моделей можно найти для каждого бонитета оптимальное значение диаметра древостоя в возрасте технической спелости, при котором целевая функция максимальна. В табл. 3 представлены оптимальные значения диаметров технической спелости по обем целевым функциям  $Z_1, Z_2$ .

Исходные данные для определения постоянных коэффициентов моделей брали из таблиц хода роста нормальных древостоев сосны проф. А.В. Тюрина [7]. Для местных таблиц хода роста необходимо внести новые данные в ЭВМ и по разработанной нами программе найти новые коэффициенты уравнений для соответствующего региона.

Таблица 3

Класс бонитета	Диаметр технической спелости, см	Первая рубка		Вторая рубка		Третья рубка		Сплошная рубка	
		Возраст, лет	Процент вырубемых деревьев	Возраст, лет	Процент вырубемых деревьев	Возраст, лет	Процент вырубемых деревьев	Возраст, лет	Процент вырубемых деревьев

Объем стволовой древесины

Ia	33	31	45	48	28	60	26	74	100
I	28	30	38	42	35	56	29	74	100
II	28	30	44	47	40	67	30	87	100
III	26	39	38	53	37	72	36	98	100

Оптовая цена древесины

Ia	31	30	33	40	32	53	31	69	100
I	30	30	38	42	37	58	35	78	100
II	30	30	44	45	42	65	41	97	100
III	30	44	45	70	30	90	30	120	100

Полученные математические зависимости дают возможность проследить динамику роста нормальных древостоев сосны, их реакцию на проведение рубок ухода, определить оптимальные значения возраста и число выбираемых деревьев, при которых объем промежуточного пользования в год ( $Z_1$ , м<sup>3</sup>/год и  $Z_2$ , усл. ед./год) будет максимальным.

Результаты наших исследований, показанные в таблицах, в большинстве случаев соответствуют рекомендациям известных лесоводов России [1, 2, 6].

Реализация систем компьютерной поддержки проектирования рубок ухода в сосновых древостоях даст возможность сократить период выращивания технически спелой древесины и увеличить суммарный объем стволовой древесины от выборочных и сплошных рубок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буш К.К., Иевинь И.К. Экономические и экологические основы рубок ухода. – Рига: Знание, 1984. – 176 с.
2. Изюмский П.П. Рубки промежуточного пользования в равнинных лесах. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 152 с.
3. Мелёхов И.С. Лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 406 с.
4. Редький А.К. Основы моделирования и оптимизации процессов лесозаготовок. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. – 255 с.
5. Рубки ухода в лесах РСФСР: Сб. объемных показателей Министерства лесного хозяйства РСФСР. – М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 136 с.
6. Сенов С. Н. Рубки ухода за лесом. – М.: Лесн. пром-сть, 1977.
7. Тюрин А.В., Науменко И.М., Воробанов П.В. Лесная вспомогательная книжка. – М.: Гослесбумиздат, 1956. – 532 с.
8. Черепухин С.А. Моделирование хода роста нормальных сосновых древостоев // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров и систем управления лесного комплекса: Сб. науч. тр./ ВГЛТА. – Воронеж, 1997. – С. 5–8.
9. Шапочкин М.С. Математическое моделирование роста древостоев // Математические методы и ЭВМ в лесохозяйственных задачах: Сб. науч. тр. / ВНИИЛМ. – М., 1979.

Воронежская государственная лесотехническая академия

Поступила 25.02.98

*V.S. Petrovsky, S.A. Cherepukhin*

### **Peculiarities of Computer Simulation of Selective and Clear Cutting in the Normal Pine Stands**

Based on the tables reflecting the growth of common pine stands the mathematical models and programs were worked out for optimizing the selective and clear cutting modes aimed at producing the highest volume of stem wood from 1 ha for 1-year growth period.

УДК 630\*453

***А.В. Лебедев, Э.А. Иванова***

Лебедев Александр Васильевич родился в 1953 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат биологических наук. Имеет более 45 печатных работ в области исследования патологии и устойчивости хвойных древостоев.



Иванова Элеонора Андреевна родилась в 1939 г., окончила в 1962 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры экологии и защиты леса Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных работ в области изучения патологии и устойчивости хвойных насаждений.

**ПАТОЛОГИЯ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ В РАЗНЫХ ТИПАХ ЛЕСА**

Рассмотрены результаты изучения санитарного состояния типичных среднетаежных ельников в разных условиях произрастания. Установлено, что корневая губка в большей степени повреждает ельники черничные, а с ухудшением условий произрастания деревьев активность и вредоносность патогена уменьшаются.

Высокая эффективность защиты леса может быть достигнута только на основе точных данных о санитарном состоянии насаждений и роли лесопатологических факторов в них [1, 12]. Необходимость таких данных очевидна и для лесов Европейского Севера, которые нередко страдают от патологических и сопутствующих им воздействий [2].

Особый интерес представляет изучение патологии еловых древостоев в разных типах леса, которое в условиях Европейского Севера проводилось рядом исследователей [3, 4, 6, 9]. Однако рассматриваемую проблему нельзя считать решенной полностью, и дальнейшие исследования в этом направлении весьма перспективны.

В настоящей статье представлен один из типичных фрагментов результатов лесопатологических обследований среднетаежных еловых древостоев Учебно-опытного лесхоза АГТУ. Для изучения зависимости состояния и устойчивости еловых древостоев от типа леса нами в 1992 г. были подобраны четыре участка в ельниках брусничном, черничном, логовом и доломном. При этом использованы общепринятые в лесоводстве принци-

пы, изложенные в специальной литературе [8, 10]. Участки находились в сопоставимых среднеполнотных еловых древостоях VIII класса возраста.

Детальные лесопатологические обследования древостоев разных типов проводили методом неповешенной ходовой линии [11]. Вдоль каждой ходовой линии выполняли ленточный пересчет по породам, ступеням толщины, категориям состояния, причинам ослабления или гибели деревьев. На участках в пересчет включали по 200 деревьев главной породы – ели. При этом применяли шкалу категорий состояния деревьев и методы лесопатологической диагностики, изложенные в наших предыдущих работах [6, 7].

Результаты изучения зависимости состояния и устойчивости еловых древостоев от типа леса приведены в таблице. Во всех рассматриваемых случаях суммарное число учетных единиц больше 200, так как одно и то же дерево может быть ослаблено разными причинами.

Анализируя результаты обследования состояния деревьев ели в рассматриваемых типах леса, можно сделать следующее заключение. Доля участия здоровых деревьев во всех типах леса сравнительно невысока (49,4 %). Наибольшее число здоровых деревьев отмечено в ельнике брусничном (54,5 %), наименьшее в черничном (41,0 %). Встречаемость деревьев этой категории в ельниках логовом и долгомошном одинакова (51,0 %). Доля ослабленных деревьев ели на всех обследуемых объектах равна 5,8 %. Причинами ослабления являются угнетение соседними растениями и механические повреждения природного и антропогенного характера. По представленности ослабленных деревьев ельники располагаются в нисходящем порядке: долгомошный (9,5), логовый (6,5), черничный и брусничный (3,5 %).

#### Результаты детального обследования ели в разных типах леса

Категория состояния деревьев	Причины и следствия болезней деревьев	Частота встречаемости болезней и повреждений ели, уч. ед. / %, в ельниках				Всего, уч. ед. / %
		брусничном	черничном	логовом	долгомошном	
Здоровые	-	109/54,5	82/41,0	102/51,0	102/51,0	395/49,4
Ослабленные	Механические повреждения	3/1,5	3/1,5	5/2,5	5/2,5	16/20
	Угнетение	4/2,0	4/2,0	8/4,0	14/7,0	30/3,8
Больные	Корневая гниль	47/23,5	70/35,0	46/23,0	35/17,5	198/24,8
	Стволовая гниль	8/4,0	14/7,0	11/5,5	10/5,0	43/5,4
Мертвые	Заселение короедами	9/4,5	10/5,0	8/4,0	12/6,0	39/4,9
	Сухостой	10/5,0	19/9,5	11/5,5	24/12,0	64/8,0
	Валежник	12/6,0	13/6,5	13/6,5	12/6,0	50/6,3

Доля больных деревьев во всех типах леса довольно высока (в среднем 35,1 %): максимальная в ельнике черничном (47,0), минимальная в ельнике долгомошном (28,5 %). Процент деревьев этой категории в ельниках брусничном и логовом почти одинаков. В числе факторов паразитарной группы явно доминирует корневая гниль, вызванная корневой губкой *Heterobasidion annosum* (Fr. Bret.) (24,8 %). В наибольшей степени этим грибом поражен ельник черничный (35,0), в наименьшей долгомошный (17,5 %). Следует особо отметить, что к поражению корневой губкой предрасполагает высокий возраст обследованных древостоев.

В гораздо меньшей степени деревья ели поражены стволовой гнилью, вызванной еловой губкой *Phellinus abietis* (Karst.) Pil. (5,4 %). Наибольший процент больных деревьев ели этой категории наблюдается в ельнике черничном (7,0), наименьший в брусничном (4,0), в остальных объектах поражение еловой губкой приблизительно одинаково.

Заселение ослабленных деревьев ели короедами (типограф и пушистый полиграф) было сравнительно невелико (4,9 %) и существенного хозяйственного значения не имеет, но следует отметить, что заселение короедами деревьев ели в ельнике долгомошном составляет 6,0 %.

Усыхание деревьев на корню вызвано причинами непаразитарного характера при участии корневой губки и короедов. Максимальная доля деревьев этой категории наблюдается в ельнике долгомошном (12 %).

Первопричинами образования валежника являются поверхностные корневые системы у деревьев ели и поражение их гнилями. На свежем валежнике отмечены поселения короедов: типографа, двойника, обыкновенного гравера, черно-бурого лубоеда, большого елового полиграфа.

Таким образом, ведущим фактором ослабления деревьев ели служит корневая гниль. Корневая губка в большей степени повреждает ельники черничные, а с ухудшением условий произрастания деревьев активность и вредоносность патогена уменьшаются. Этот вывод совпадает с нашим утверждением, полученным ранее при анализе результатов обследования ельников в северной подзоне тайги [5].

Представленные данные могут быть использованы при оценке устойчивости еловых древостоев к патологическим воздействиям, а также при проведении в них санитарно-оздоровительных мероприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воронцов А.И. Патология леса. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 272 с.
2. Вялых Н.И., Огибин Б.Н., Преображенский М.А. Пути улучшения охраны лесов от пожаров, вредителей и болезней в Архангельской области // Леса и лесное хозяйство Архангельской области. – Архангельск: АИЛИЛХ, 1988. – С. 99–111.
3. Гусев И.И. Продуктивность ельников Севера. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. – 232 с.

4. Евдокимов В.Н. Особенности распространения корневой губки в ельниках // Повышение продуктивности, устойчивости и защитной роли лесных экосистем. – Воронеж: ВЛТИ, 1990. – С. 146–150.

5. Лебедев А.В. Дендрофильные грибы и насекомые в северных рекреационных ельниках // Проблемы экологии на Европейском Севере. – Архангельск: АЛТИ, 1992. – С. 33–34.

6. Лебедев А.В., Иванова Э.А. Патология хвойных пород в типичных среднетаежных древостоях // Лесн. журн. – 1991. – № 5. – С. 11–15. – (Изв. высш. учеб. заведений).

7. Лебедев А.В., Иванова Э.А. Патология деревьев ели в древостоях учебного назначения // Лесн. журн. – 1992. – № 5. – С. 39–43. – (Изв. высш. учеб. заведений).

8. Львов П.Н., Ипатов Л.Ф. Лесная типология на географической основе. – Архангельск. Сев.-Зап. изд-во, 1976. – 195 с.

9. Муравьева Н.Б. Фауна ельников Архангельской области // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. – М.: Наука, 1967. – С. 66–71.

10. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 144 с.

11. Тальман П.Н., Катаев О.А. Методы лесознтомологических обследований. – Л.: Изд-во ВЗЛТИ, 1964. – 120 с.

12. Федоров Н.И. Корневые гнили хвойных пород. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 160 с.

Архангельский государственный технический университет

*A. V. Lebedev, E. A. Ivanova*

### **Spruce Pathology in Different Types of Forests**

The study results of the sanitary state have been considered for typical middle-boreal spruce forests in different growth conditions. It has been found out that pine fungus injures blackberry spruce forests to greater extent and worsening the growth conditions is accompanied by the decrease of pathogene activity and nocuity.

УДК 635.9

**Н.В. Кречетова, Н.А. Соколова, Л.И. Котова**

Кречетова Нина Владимировна родилась в 1928 г., окончила в 1949 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур Марийского государственного технического университета. Имеет около 180 печатных работ в области семеноводства.



Соколова Надежда Анагольевна родилась в 1956 г., окончила в 1978 г. Марийский политехнический институт, доцент кафедры ботаники, дендрологии и садово-паркового строительства Марийского государственного технического университета. Имеет 26 печатных работ в области изучения состояния и размножения древесных декоративных видов.



Котова Любовь Ивановна родилась в 1941 г., окончила в 1963 г. Марийский политехнический институт, директор Ботанического сада Марийского государственного технического университета.

**О ДЕКОРАТИВНЫХ ФОРМАХ ТУИ ЗАПАДНОЙ И КИПАРИСОВИКА ГОРОХОПЛОДНОГО**

Описано формовое разнообразие туи западной и кипарисовика горохоплодного, приведена оценка их зимостойкости в Республике Марий Эл. Исследовано влияние разных субстратов на укореняемость черенков, длину корней и приросты однолетних укорененных растений.

Многие древесные растения имеют декоративные формы, используемые в озеленении. Среди них заметно выделяются своим биоразнообразием виды семейства кипарисовых, в частности туя западная (*Thuja occidentalis* L.) и кипарисовик горохоплодный (*Chamaecyparis pisifera* (Sieb. et Zucc.) Endl.) [2, 3].

Известные декоративные формы названных видов возникали как в природе, так и в питомниках Западной Европы и нашей страны. Среди них встречаются формы: пестролистные, отличающиеся от типичного вида желтой и серебристой чешуйчатой хвоей; колонновидные и пирамидальные вы-



соко- и среднерослые; низкорослые с шаровидной или зонтичной кроной; ювенильные с юношеской игольчатой хвоей.

Некоторые декоративные формы стерильны и размножаются лишь вегетативно. Растения, формирующие семена, в культуре размножаются также преимущественно вегетативным способом. Это связано, во-первых, с большим расщеплением признаков в потомстве при семенном размножении; во-вторых, с возможностью получения посадочного материала до наступления генеративного возраста маточников; в-третьих, с частым отсутствием хороших семян у форм, произрастающих в культуре [5].

Цель наших исследований – изучить зимостойкость и возможность размножения черенкованием некоторых форм туи западной и кипарисовика горохоплодного в условиях Республики Марий Эл.

В настоящее время в Ботаническом саду Марийского государственного технического университета произрастают двадцать четыре формы туи западной и четыре формы кипарисовика горохоплодного. Часть их завезена в 1980 г. черенками из Киевского ботанического сада, часть поступила позднее из Главного ботанического сада РАН г. Москвы.

Зимостойкость определяли по шкале, рекомендованной Советом ботанических садов [4]. Помимо этого, изучали биологические ритмы декоративных форм, произрастающих в Ботаническом саду, и соответствие их ритмам коренных видов [1, 6].

Биоритмы регистрируют при фенологических наблюдениях. Согласно методике ГБС РАН, за формами и видами семейства кипарисовых фиксируются лишь фенофазы: П60 – побеги находятся в состоянии покоя; П63 – начало роста побегов в длину; П64 – окончание роста побегов, так как почки на побегах скрыты под хвоей.

Имеющиеся в Ботаническом саду декоративные формы туи западной и кипарисовика горохоплодного служили маточными растениями. Для размножения использовали их одревесневшие черенки. При этом возникает потребность в разработке оптимальных условий черенкования, в первую очередь в определении субстрата для укоренения черенков.

Черенки декоративных форм высаживали на глубину 2 см в три разных субстрата: промытый речной песок; смесь торфа с песком в соотношении 1:1 и 2:1. Субстрат закладывали слоем до 40 см в теплый стационарный парник с трубами обогрева по дну, сверху закрывали рамами с пленочным покрытием.

Температура субстрата на глубине 2 см в течение первого после посадки месяца составляла  $+(18 \dots 26)^\circ\text{C}$ , температура воздуха в парнике  $+(18 \dots 28)^\circ\text{C}$ . Размер черенков включает приросты трех лет с пяточкой или костыльком четвертого года. Эффективность выбранного субстрата устанавливали по наибольшему проценту укоренения.

Формы туи западной в наших условиях зимостойки. Лишь иногда частично обмерзают однолетние побеги формы *ericoides*.

Формы кипарисовика горохоплодного, особенно растущие на открытых местах, страдают от ожогов хвои в ранневесенний период, вследствие чего их необходимо укрывать на зиму.

При изучении биоритмов декоративных форм туи и кипарисовика установлено, что в условиях Ботанического сада начало роста побегов в длину у основного большинства наблюдаемых форм регистрируется, как правило, в конце первой декады или середине мая при сумме эффективных температур 190... 230 °. Ювенильная форма туи западной *ericoides* начинала вегетацию на 3–4 дня раньше других форм.

Окончание роста побегов в длину происходит в разные сроки: ранее других у низкорослых форм, таких как туя западная *globosa* и *umbraculifera*, позднее у пестролистных, ювенильных и др. (обычно в начале июля); побеги кипарисовика горохоплодного, как правило, прекращают рост во второй декаде июля.

Сравнением установлено, что биоритмы изучаемых декоративных форм туи и кипарисовика в целом аналогичны биоритмам ели обыкновенной как коренной породы [1, 6], следовательно, эти формы вполне перспективны для культивирования в Республике Марий Эл.

Анализ результатов осенней пересадки однолетних укорененных растений в школу доращивания (см. таблицу) не показал достоверных различий в укоренении черенков туи в субстрате, состоящем из смеси торфа с песком в соотношениях 1:1 и 2:1; в чистом песке оно в 2–3 раза ниже, что достоверно доказано на 0,01-м уровне значимости. Корневая система отличается сильной вариабельностью признаков: длины корня и числа составляющих ее корней в пределах одной формы в каждом варианте опыта. Встречаются корневые системы, состоящие из одного корня первого порядка длиной до 17 см и нескольких мелких сосущих корешков.

При укоренении в чистом песке наблюдается увеличение числа корневых систем, состоящих из трех и менее корней, тогда как в смеси торфа с песком преобладают системы из десяти и более корней.

#### Укореняемость черенков декоративных форм в разных субстратах

Формы	Укореняемость, %, в субстрате			Длина корней, см, в субстрате		
	Торф + песок		Песок	Торф + песок		Песок
	2:1	1:1		2:1	1:1	
Туя западная:						
<i>fastigiata</i>	68	72	28	14,8	13,1	14,5
<i>globosa</i>	50	25	15	8,2	9,1	7,4
<i>aurea</i>	78	85	20	12,6	16,0	7,5
Кипарисовик горохоплодный:						
<i>plumosa aurea</i>	97	100	85	14,1	16,0	14,1
<i>boulevard</i>	100	100	100	12,1	13,1	14,4
<i>filifera</i>	48	54	40	9,4	10,9	10,7

При укоренении кипарисовика горохоплодного *boulevard* не выявлено достоверного различия в проценте укоренения и длине корней в чистом песке и смеси торфа с песком в соотношении 1:1 или 2:1. При укоренении форм *plumosa aurea* и *filifera* лучшие результаты получены в субстрате торф с песком в соотношении 1:1 и 2:1.

Прирост однолетних укорененных черенков декоративных форм туи в субстрате из торфа с песком достоверно отличается от прироста растений в чистом песке и достигает 2 см у туи форм *fastigiata* и *globosa*; 3,5 см у формы *aurea*. Приросты однолетних укорененных черенков кипарисовика колеблются около 2 см во всех вариантах опыта.

Такие же приросты зафиксированы у кипарисовика горохоплодного *boulevard*. Приросты формы *plumosa aurea* в смешанных субстратах и песке существенно различаются и составляют 7,6; 6,3 и 4,3 см соответственно.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать заключение о возможности введения и использования декоративных форм туи западной и кипарисовика горохоплодного в озеленение городов Республики Марий Эл. Маточниками могут служить декоративные формы, произрастающие в Ботаническом саду Марийского государственного технического университета. Хорошая укореняемость черенков наблюдается в субстратах, состоящих из смеси торфа с песком в соотношении 1:1 и 2:1.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булыгин Н.Е. Биологические основы дендрофенологии. – Л.: ЛТА, 1982.
2. Колесников А.И. Декоративные формы древесных пород. – М.: Минкомхоз РСФСР, 1958.
3. Крюссман Г. Хвойные породы / Пер. с нем. – М.: Лесн. пром-сть, 1986.
4. Лапин П.И., Рябова Н.В. Некоторые проблемы практики интродукции древесных растений в ботанических садах // Исследование древесных растений при интродукции. – М.: Наука, 1982.
5. Чуприна П.Я. Хвойные Восточной Азии на Украине. – Киев: Наукова думка, 1987.
6. Шкутко Н.В. Хвойные Белоруссии. – Минск: Навука і тэхніка, 1981.

Марийский государственный технический университет

Поступила 07.04.98

*N.V. Krechetova, N.A. Sokolova, L.I. Kotova*

#### On Ornamental Forms of Arborvitae Western and Cypress Sawara

The form variety of arborvitae western and cypress sawara is described, their winter resistance in Marij El Republic is estimated. The influence of various substrates on shoot rooting, length of roots and growth of annual rooted plants has been investigated.

УДК 58.083:582.734.4

**А.В. Веретенников, О.А. Землянухина, Н.Е. Образцова**

Землянухина Ольга Александровна родилась в 1954 г., окончила Воронежский государственный университет, кандидат биологических наук, научный сотрудник НИИ лесной генетики и селекции. Имеет 25 печатных трудов в области энзимологии и общей физиологии и биохимии микроорганизмов и растений, культуры тканей высших растений.



Образцова Наталья Евгеньевна родилась в 1970 г., окончила в 1993 г. Воронежский лесотехнический институт, старший лаборант кафедры ботаники и физиологии растений Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 1 печатную работу по микроклональному размножению розы.



## **ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ МЕРИСТЕМ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ РОЗЫ IN VITRO**

Приведены результаты исследований по оптимизации условий культивирования 15 сортов розы в культуре тканей. Выявлены оптимальная среда микроклонального размножения и сортовые особенности розы в его процессе. Высказано предложение о возможности широкого использования метода культуры тканей в размножении розы, особенно ее трудноукореняемых черенков.

Розы являются наиболее излюбленным растением в озеленении и «срезочной» культурой, благодаря ее высокой декоративности, аромату цветов и продолжительности цветения. К сожалению, традиционные способы вегетативного размножения роз весьма трудоемки, а для особенно ценных сортов мало эффективны в силу ряда причин, в частности плохого укоренения черенков [3]. В связи с этим в последние годы в практику цветоводства все шире стали внедряться достижения клеточной инженерии с использованием микроклонального размножения *in vitro*.

Микроклональное размножение в культуре тканей позволяет на небольшой площади значительно сокращать сроки выращивания элитного высококачественного посадочного материала, свободного от вирусных, бактериальных и грибных заболеваний, а также нематод.

В нашей работе представлены данные об оптимизации некоторых условий культивирования меристем 15 сортов роз различных генетических групп *in vitro*: чайно-гибридных, Флорибунда, плетистых, Грандифлора. Материал был отобран в открытом грунте и в теплице. В качестве исходных эксплантатов были взяты отрезки побегов с пазушными почками. На первой стадии стерилизации отрезки побегов длиной 2 ... 3 см с 1-2 почками промывали проточной водой в течение 20 мин для снижения численности популяций сапрофитных микроорганизмов на их поверхности с последующей 10-минутной отмывкой в 0,2 %-м растворе Твин-40 и стерилизацией 4 %-м раствором хлорина, содержащим 0,005 %-й мертиолят (30 мин), дважды отмывали стерильной водой и помещали на 30 с в 20 %-й раствор  $H_2O_2$ . Затем их обрабатывали 70 %-м раствором  $C_2H_5OH$  в течение 60 с. После трехкратного промывания стерильной водой растительный материал дополнительно стерилизовали бензилпенициллином (100 000 ед.) или клафораном (250 мг/л).

Стерильный материал помещали на агаризированную среду Мурасиге и Скуга (МС), дополненную гормональными добавками [2]. Посадку проводили таким образом, что базальная часть эксплантата заглублялась в среду до основания почки. Растения выставляли под свет (16-часовой фотопериод). Через сутки эксплантаты пересаживали на свежую среду того же состава из-за выделения фенольных соединений.

Для выявления оптимального состава среды из открытого грунта был взят сорт чайно-гибридных роз Дам де Кер. Эксплантаты высаживали на питательные среды в четырех вариантах: МС, содержащую 2,0 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП) и 0,5 мг/л нафтилуксусной кислоты (НУК); МС без гормональных добавок; МС с половинным содержанием макросолей,  $CaCl_2$ ; МС, содержащую 2,0 мг/л (БАП) и 0,5 мг/л индолилуксусной кислоты (ИУК).

В целях объективного изучения процессов индукции морфогенеза и оценки развития объекты были поделены на пять произвольных групп роста: 1 - 0,1 ... 0,2 см; 2 - 0,3 ... 0,5; 3 - 0,6; 4 - 0,7 ... 0,8; 5 - 0,9 см и более. Растения измеряли через один и тот же промежуток времени.

Через четыре недели культивирования на разных средах была выявлена картина развития эксплантатов, представленная в табл. 1. Основываясь на этих данных, мы для дальнейшей работы выбрали среду МС + 2,0 мг/л БАП + 0,5 мг/л НУК.

Для выявления различий в органогенезе между разными сортами роз в культуру ткани вводили следующие группы растений [1]: 1 - Грандифлора (сорта Куин Элизабет и Сония); 2 - Флорибунда (сорта Цикламен и Айсберг); 3 - плетистые (сорт Комсомольский огонек); 4 - чайно-гибридные (сорта Дам де Кер, Глория Дей, Гран Сьекль, Фольклер, Анжелик, Атена, Конкорд, Гоулден Вандал, Карина, Роз Гожар и Фортуна). Материал некоторых сортов был взят как из теплиц, так и из открытого грунта. Результаты опытов показали, что отпад из-за внутренней инфекции тепличных растений на 30 % выше, чем в открытом грунте. Возраст побега также играет нема-

Таблица 1

Состав среды	Группа роста	Внешний вид эксплантата
МС + 2,0 мг/л БАП + 0,5 мг/л НУК	5	2-3 побега с 3 развернутыми листьями
МС	4-5	1-2 побега со слабо развитыми прижатыми листьями
1/2 МС	3	Недоразвитый побег
МС + 2,0 мг/л БАП + 0,5 мг/л ИУК	5	1 побег с 1-2 развернутыми листьями, отмечено калусообразование

ловажную роль: почки с одревесневших побегов больше подвергаются заражению, чем почки молодых побегов.

При исследовании адаптации и клонирования *in vitro* указанных сортов роз разных групп были получены следующие данные (рис. 1, 2). В первые две недели наиболее интенсивно росли эксплантаты плетистой розы, но после 2-3 пассажей через 4-5 недель культивирования более мощное развитие получили чайно-гибридные сорта и Грандифлора. На них появилось много листьев, а длина побегов достигла в среднем 25 ... 30 мм по сравнению с 15 ... 20 мм у Флорибунда.

После образования из почек побегов их черенковали и изучали влияние состава питательных сред на корнеобразование микрочеренков роз 5-й группы роста (табл. 2).

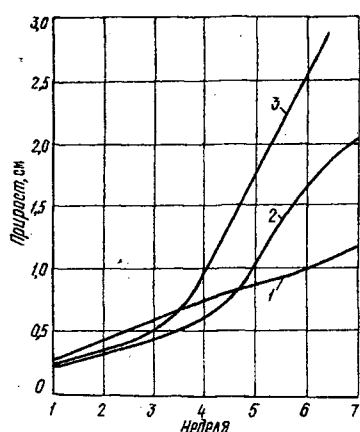


Рис. 1. Зависимость интенсивности роста различных групп роз от времени культивирования: 1 — плетистые; 2 — Флорибунда; 3 — чайно-гибридные

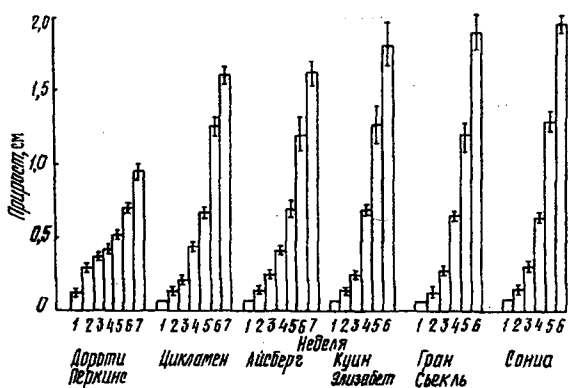


Рис. 2. Диаграмма сортового различия в зависимости от времени культивирования

Таблица 2

Состав среды	Процент укоренения через 10 дней
МС + 0,5 мг/л НУК + 1,0 БАП	30
МС + 1,0 мг/л НУК	95
1/2 МС	Пожелтение эксплантатов
МС + 0,01 мг/л ИМК	50

Видно, что оптимальной средой для быстрого ризогенеза является МС, дополненная НУК, а наиболее интенсивно корни развиваются у сорта Алена, а также сортов Фольклер и Анжелик. Кроме успешного ризогенеза, на поверхности побегов сортов Фольклер и Алена образуются каллусные ткани, которые при дальнейшем культивировании образуют растения-регенераты, пригодные для микрочеренкования.

Рассмотрение результатов клонирования различных сортов роз позволило выявить лучшие показатели их развития. При продолжительности пассажей 7 недель Фольклер образовал 7 побегов на эксплантат, Анжелик и Роз Гожар – по 6, Гран Съекль и Дам де Кер – по 5, Айсберг – 4 побега. Цикламен имел всего лишь один побег, а сорт Глория Дей в течение культивирования при аналогичных условиях погибал практически полностью. Пять первых сортов являются наиболее перспективными для выращивания посадочного материала *in vitro*.

После образования хорошо развитой корневой системы микрочеренки высаживают в тепличный грунт, где доращивают до хорошо развитого посадочного материала.

Представленные данные показывают возможность использовать метод культуры тканей для получения достаточно большого количества микрклонально размноженных растений. Он позволяет работать с посадочным материалом в лабораторных и тепличных условиях в течение круглого года и планировать готовность растений к определенному сроку.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Былов В.Н., Михайлов Н.Л., Сурина Е.И. Розы. Итоги интродукции. М.: Наука, 1988.
2. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant.* – 1962. – Vol. 15. – P. 473–497.
3. Voyiatzi Ch., Voyiatzis D.G., Tsiakmaki V. In vitro shoot proliferation rates of the rose sv. (hybrid tea) «Dr. Verhage», as affected by apical dominance regulating substances // *Sci. Hortic.* – 1995. – Vol. 61. – P. 241–249.

Воронежская государственная лесотехническая академия  
НИИ лесной генетики и селекции

Поступила 09.10.96

*A.V. Veretennikov, O.A. Zemlyanukhina, N.E. Obratsova*

## **Optimization of the Nutrient Medium Composition when Culturing Meristema of Different Rose Species in Vitro**

The research results are given on investigating the optimization of culturing conditions for 15 rose species in tissue culture. The optimum medium for microclone reproduction and species peculiarities of its process is found out. The assumption is made about the possibility of wide use of tissue culture method in the rose reproduction, especially its hard-rooting stems.

УДК 630\*187

**В. С. Писанов**

Писанов Виктор Сергеевич родился в 1938 г., окончил в 1973 г. Московский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Дарвинского государственного заповедника (Вологодская область). Имеет более 30 печатных работ в области изучения динамики антропогенных лесов, экологического мониторинга.



## **РОСТ И ФОРМИРОВАНИЕ БЕРЕЗНЯКА-ЧЕРНИЧНИКА ЗЕЛЕНОМОШНОГО В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА**

Показаны изменения за 45-летний период разных компонентов березняка-черничника зеленомошного. С позиций динамической типологии рассматриваемый тип леса следует считать сравнительно устойчивым этапом формирования одноименного типа леса. В дальнейшем ожидается формирование нового типа – ельника-черничника зеленомошного.

Район исследования – Дарвинский заповедник – расположен на северо-западном побережье Рыбинского водохранилища в подзоне южной тайги. Территория заповедника на 80 % заболочена, преобладают сосновые леса. Березовые леса занимают 7,4 тыс. га (15 % покрытой лесом площади). Наиболее распространены березняки травяные (2,3 тыс. га), выросшие на месте сельхозугодий (сенокосы, выпасы, пашни). Зеленомошные леса занимают более 1,0 тыс. га. Остальные березовые леса относятся к заболочивающимся и заболоченным.



Суходольные березняки являются короткопроизводными [1] от зеленомошных ельников и относятся к категории березняков с последующим возобновлением ели. Под пологом материнского березового древостоя хорошо возобновляется ель, выходя в I ярус после отмирания березы.

Объектом нашего исследования явились березняки-черничники зеленомошные, растущие на площади около 0,5 тыс. га. В этом типе леса в 1946 г. А.М. Леонтьев заложил пробную площадь размером 0,4 га. На ней хорошо выражен мезорельеф в виде пологого склона «гривы» к долине ручья. Высотная отметка участка 104,5 м абс. (нормальный проектный уровень водохранилища 102,0 м абс.), удаление от водохранилища более 1 км, т. е. условия дренажа здесь довольно благоприятные. Непосредственное влияние водохранилища на уровень грунтовых вод на таком расстоянии не проявляется, однако оно может воздействовать опосредованно через подпор естественных водотоков и застой влаги в расположенном недалеко топяном черноольшанике.

Почва описана А.А. Успенской в 1962 г. и названа среднеподзолистой среднеоглеенной с начинающимся иллювиально-гумусовым горизонтом, пылевато-супесчаная. Грунтовая вода залегала на глубине 1,4 м [4]. Во время сильного урагана в 1983 г. на пробной площади появились ветровальные деревья с большим комом земли. Так, на вывале березы хорошо видна подстилка из листьев (3 см), торфянистый слой (5 см), дерновый горизонт (10 см), подзолистый (30 см) и далее темно-коричневый пылевато-супесчаный. На вывале ели видны маломощная подстилка из хвои, за ней торфянистый слой (15 см), далее подзолистый (15 см) и светло-коричневый слой супеси.

За 45-летний период выявлена следующая динамика разных компонентов фитоценоза в изучаемом типе леса.

В травяно-кустарничковом ярусе существенных изменений не произошло. По-прежнему фон создает черника (до 40 %), менее обильны брусника, майник, седмичник, щитовник игольчатый, ожика волосистая, линнея северная, вейник лесной, кислица.

В моховом покрове при первом описании было отмечено мозаичное строение. На фоне мертвого опада встречались пятна гилокомиума, мха Шребера и политриха обыкновенного, покрывавшие в среднем 30 % площади. В настоящее время пятна мхов занимают менее 5 % площади, остальная занята неразложившимся листовым опадом мощностью до 3 см.

Из подлеска исчезли единичные кусты можжевельника, сохранились немногочисленные кусты крушины высотой до 1,0 м, разрослась рябина (0,4 тыс.шт./га) в виде невысоких кустов до 1,0 м удовлетворительного состояния.

Возобновление представлено елью. При первом описании насчитывалось 4,5 тыс.шт./га мелкого подроста хорошего состояния. К настоящему времени осталось 0,6 тыс.шт./га мелкого и среднего подроста этой категории и немногочисленный более высокий подрост удовлетворительного роста. Сравнивая динамику подроста за 45-летний период с изменением

Таблица 1

Возраст, лет	Состав	Класс бонитета	Полнота	Средние		Запас, м <sup>3</sup> /га		
				d, см	h, м	живой части	сухой части	валеж- ника
45	7Б2Е1Ос	I	1,4	12,5	15,9	297	5	0
62	6Б2Е2Ос	I	1,2	15,8	18,9	332	13	11
70	»	I	1,2	17,1	19,8	367	14	29
75	»	I	1,2	18,3	20,9	405	13	39
80	»	I	1,2	19,3	21,2	398	20	58
90	»	I	1,1	20,6	21,8	411	27	87

численности ели в древостое, можно отметить неблагоприятные условия для подроста ели на данной стадии. Многочисленный благонадежный подрост ели не выходит во второй ярус, а погибает из-за недостатка света под пологом густого березняка. Есть в подросте береза (0,2 тыс.шт./га) высотой до 1,0 м удовлетворительного состояния, но она, как и подрост ели, обречена на усыхание из-за неблагоприятных световых условий.

Динамика таксационных показателей, рассчитанных как средние для всего древостоя за период 1946–1991 гг., представлена в табл. 1 (данные пробной площади 7).

Как видим, класс бонитета, рассчитанный для преобладающей породы, в течение 45 лет был одинаковым и высоким. За 15 лет после первого перечета изменился состав древостоя, на протяжении последующих 30 лет он оставался одним и тем же.

Поскольку изучаемый древостой сложен по строению (ель образует второй ярус), в табл. 2 приведены таксационные показатели, рассчитанные на начало и конец 45-летнего периода для отдельных пород, составляющих

Таблица 2

Порода	Растущий древостой						Отпад			
	Средние		N	G	M	P	Сухостой			Валежник N
	d	h					d	h	N	
Перечет 1946 г.										
Б	12,6	17,5	1658	20,7	192	0,88	8,0	11,3	15	-
Е	11,2	11,6	758	7,8	55	0,32	12,0	13,0	13	-
Ос	17,8	19,8	108	2,6	28	0,09	9,0	16,8	40	-
С	13,4	18,0	140	2,0	18	0,06	8,5	13,0	5	-
Рб	8,8	10,8	25	0,2	1	0,01	8,0	9,4	5	-
Ол	15,6	19,4	8	0,2	1	0,01	14,0	18,0	3	-
Ив	10,4	13,8	35	0,2	2	0,01	9,9	12,8	20	-
Итого	12,5	15,9	2732	33,7	297	1,38	9,4	12,8	101	-
Перечет 1991 г.										
Б	23,8	29,2	452	20,2	231	0,61	16,8	26,0	65	565
Е	13,9	15,0	580	8,8	73	0,31	14,1	15,5	52	325
Ос	35,9	29,5	62	6,3	81	0,16	28,3	28,6	5	35
С	35,3	31,1	20	2,0	25	0,05	20,5	22,0	10	65
Рб	12,9	15,5	8	0,1	1	0,0	-	-	-	22
Итого	20,6	21,8	1122	37,4	411	1,13	16,7	21,6	132	1012

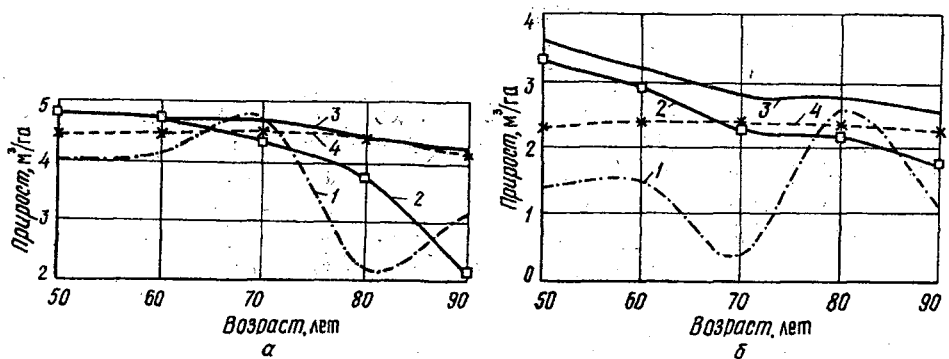
древостой пробной площади. Приняты следующие буквенные обозначения:  $d$  – средний диаметр, см;  $h$  – средняя высота, м;  $N$  – число стволов на 1 га, шт.;  $G$  – сумма площадей сечений, м<sup>2</sup>/га;  $M$  – запас, м<sup>3</sup>/га;  $p$  – относительная полнота.

Рассматривая динамику таксационных показателей разных древесных пород, отмечаем, что наиболее интенсивно прирастали деревья первого яруса (береза, осина, сосна), одновременно происходил и интенсивный отпад. Темпы роста деревьев второго яруса были слабыми. Так, средняя высота за 45 лет увеличилась всего на 3,4 м. Происходил значительный отпад древостоя ели, подрост же из-за неблагоприятных световых условий под пологом березы не выходил во второй ярус.

Сравнивались годовые приросты древостоев березы и ели (средний и текущий) как наиболее информативные показатели их динамики. Эти показатели были рассчитаны для древостоев пробной площади, приведенных к стандартной полноте, равной 1,0, и для древостоев тех же классов возраста и бонитета из таблиц хода роста (ТХР) Варгаса де Бедемара [3].

Результаты сравнения представлены на рисунке. Из графиков *a* можно заключить, что средний прирост древостоя березы на пробной площади существенно не отличается от аналогичного в эталонном древостое из ТХР № 132 [3]. По-иному изменялся текущий прирост: видны довольно резкие его подъемы и спады в древостое пробной площади в отличие от плавного снижения в эталонном древостое.

Рассчитывали показатель, названный эффектом влияния подтопления на изменение текущего прироста (формула на с. 23 [2]). Для установления связи изменения текущего прироста березы с климатическими особенностями были выделены два периода: сухой (1970–1980 гг.) и влажный (1981–1991 гг.). В сухой период эффект влияния оказался отрицательным (– 14 %), во влажный – положительным (+ 48 %). Эта же тенденция видна и на графике. Кумулятивный эффект многолетнего влияния подтопления на текущий прирост березы был слабо отрицательным (– 5 %).



Динамика приростов древостоя березы (а) и ели (б): 1, 2 – текущий прирост; 3, 4 – средний прирост соответственно на пробной площади и по ТХР

Следовательно, при выраженной связи процесса текущего прироста с климатическими особенностями периодов и уровненным режимом водохранилища, проявляющейся в резких подъемах и спадах, суммарный эффект влияния водохранилища за 45-летний период оказался незначительным.

В еловом древостое (рис. б) средние приросты фактического и эталонного древостоев хоть и различаются, но несущественно. Динамика текущего прироста, как и у березы, нестабильная, с подъемами и спадами. Однако в сухой период здесь отмечено увеличение прироста ели на пробной площади, а во влажный – резкий спад. Неблагоприятное воздействие водохранилища на текущий прирост ели подтверждается отрицательным значением суммарного эффекта (– 30 %).

Итак, с позиций динамической типологии И.С. Мелехова изучаемый тип леса – березняк-черничник зеленомошный – можно охарактеризовать как сравнительно устойчивый этап формирования одноименного типа леса с тенденцией смены березы елью в новом поколении. Пока же ель находится во втором ярусе и в виде подростка, испытывая угнетение из-за высокой полноты древостоя. С возрастом и усилением отпада березы ель выйдет в первый ярус и вытеснит ее.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корчагин А.А., Сенянинова-Корчагина М.В. Леса Молого-Шекснинского междуречья // Тр. ДГЗ. – Вологда, 1957. – Вып. 4. – С. 291–402.
2. Писанов В.С. Динамика заболачивающихся сосняков в условиях подтопления Рыбинским водохранилищем // Лесоведение. – 1996. – № 4. – С. 20–28.
3. Тюрин А.В., Науменко И.М., Воропанов П.В. Лесная вспомогательная книжка. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1956. – 532 с.
4. Успенская А.А. Материалы к изучению почвенного покрова основных типов леса Дарвинского заповедника // Тр. ДГЗ. – Вологда, 1968. – Вып. 9. – С. 123–181.

Дарвинский государственный заповедник  
Поступила 24.06.98

*V.S. Pisanov*

#### **Growth and Formation of Green-moss Birch-blueberry Stand Influenced by Water Storage Basin**

The changes of the different components of green-moss birch-blueberry stand that took place over the period of 45 years are presented. According to the dynamic typology the stand type in question could be treated as a comparatively sustainable stage of the formation. In future the formation of a new type – spruce-blueberry stand – is expected.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625

**В.П. Стуков**

Стуков Валерий Павлович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета, почетный дорожник РФ. Имеет около 70 печатных трудов в области исследований работы и расчета балок комбинированного сечения, составленных из древесины и бетона; пространственных методов расчета балочных пролетных строений мостов.



## СОСТОЯНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ, ИХ БЛИЖАЙШАЯ ПЕРСПЕКТИВА В УЛУЧШЕНИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНА

Исследованы состояние, тенденции развития транспортной сети автодорог и мостов, их роль в улучшении инфраструктуры региона. Отмечена целесообразность применения в мостостроении клееной древесины.

По данным Международной дорожной федерации, в Скандинавских странах на каждого жителя приходится 15 м дорог, в Балтийских странах и Польше соответственно 6 и 11, в Карелии 7,5, Вологодской области 7,7, Архангельской 3,9 м [2].

Плотность областной сети автомобильных дорог с твердым покрытием составляет 12,7 км/1000 км<sup>2</sup> [2].

Для Архангельской области (как и России в целом) за последние 25 лет характерно изменение протяженности сети автомобильных дорог, числа и состава мостов на них.

С 1974 г. по 1999 г. мостовой парк России претерпел значительные качественные и количественные изменения (рис. 1, а). Если в 1974 г. капитальные мосты составляли 13,2 % (остальные были деревянными), то в 1999 г. их было уже 79 % [1]. Это объясняется тем, что новые мосты строились только капитальными, при реконструкции деревянные мосты заменяли капитальными или трубами.

В Архангельской области вместе с ростом протяженности дорог общего пользования сокращается число мостов, однако характер изменения состава мостов иной, чем в среднем по России. В 1974 г. капитальные

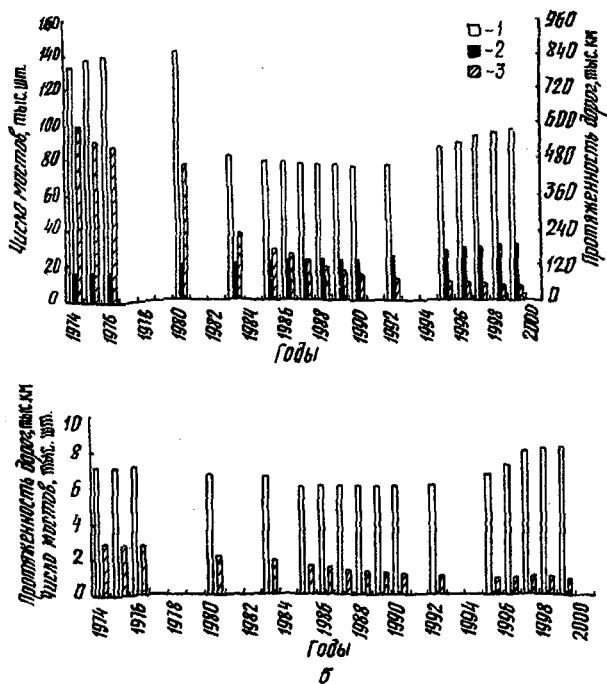


Рис. 1. Гистограммы протяженности дорог и числа мостов: а – в России; б – в Архангельской области; 1 – дороги; 2, 3 – капитальные и деревянные мосты

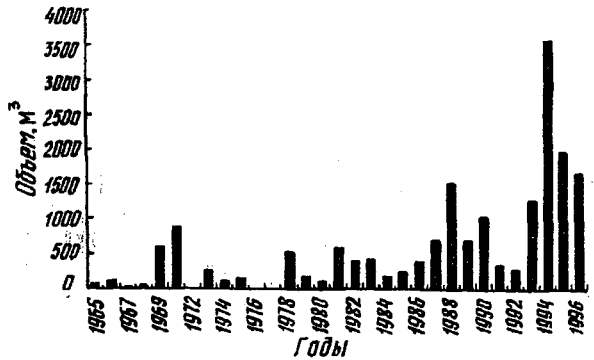
мосты составляли 0,67 %, а в 1999 г. – 14,5 %. По-прежнему в богатом лесом регионе подавляющее число мостов остаются деревянными (рис. 1, б) [1]. Причиной являются объемы финансирования, производственные мощности, сложные климатические условия и т. д. Капитальные мосты области в основном выполнены из железобетона,

Цель нашей работы – оценить состояние транспортной сети автомобильных дорог и мостов, их соответствие требованиям развития области, перспективы строительства дорог и мостов на ближайшее будущее.

На рис. 2 приведена гистограмма объемов железобетонных конструкций пролетных строений мостов, построенных на автодорогах Архангельской области в период 1965–1996 гг. (средний расход железобетона  $2,2 \text{ м}^3$  на 1 м пролетного строения моста длиной 15 м и шириной проезжей части 8 м). Поскольку балки пролетных строений изготовлены на заводах мостовых железобетонных изделий в центральной части России, то, по сути дела, выше представлены объемы поставок этих изделий в строительство мостов области.

По обеспеченности дорогами область занимает 68-е место среди российских регионов [1]. Практически 50 % населенных пунктов не

Рис. 2. Гистограмма объемов железобетона в пролетных строениях мостов



обеспечены круглогодичным автомобильным сообщением с районными центрами и столько же районных центров не имеют надежной транспортной связи с областным центром. Отсутствуют круглогодичные транспортные выходы в прилегающие области и республики, за исключением связи с центром по автодороге Москва – Архангельск. Бездорожье является тормозом для развития экономики области, удовлетворения потребностей населения. По расчетам Гипродорнии, чтобы обеспечить устойчивую автотранспортную связь райцентров с областным и сельскими центрами, прочими населенными пунктами, необходимо показатель плотности дорог с твердым покрытием довести в среднем по области до  $26,1 \text{ км}/1000 \text{ км}^2$  ее территории [2].

Число и состав мостов на автомобильных дорогах области представлены на рис. 1, а. В Программе развития дорожного хозяйства [2] отмечается, что практически все деревянные мосты требуют замены, около 24 % их находятся в аварийном состоянии. Здесь же оговорено, что часть капитальных мостов нуждается в реконструкции и предстоит построить 30 ... 35 крупных мостов общей протяженностью 6500 ... 7000 м.

Согласно Программе на важнейших дорогах общего пользования области необходимо построить 85 мостов и путепроводов, а на местных дорогах общего пользования 177 мостов. Обработка материалов, изложенных в Программе, позволила составить гистограммы протяженности автодорог и мостов по районам области, запланированные на 1995–2000 гг. (рис. 3 и 4). Выполнение Программы [2] (рис. 3) дало области только 18,3 % автодорог, необходимых для ликвидации бездорожья. Объемы работ по

Рис. 3. Гистограмма протяженности автодорог по районам Архангельской области, которые необходимо было построить согласно Программе развития (1) и до уровня ликвидации бездорожья (2)

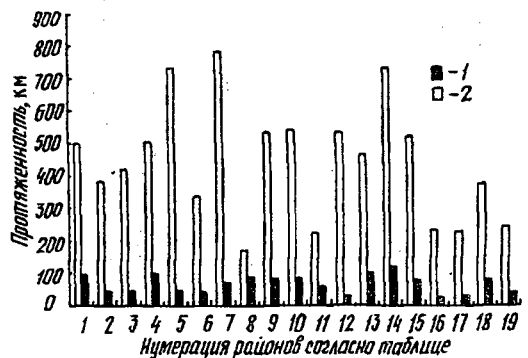
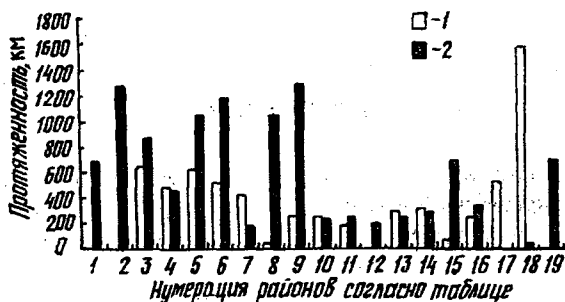


Рис. 4. Гистограмма протяженности мостов на автодорогах по районам Архангельской области, которые необходимо было построить согласно Программе развития: 1, 2 – на важнейших и на местных дорогах общего пользования



строительству мостов за 1995–2000 гг. в каждом из пяти наиболее «бездорожных» районов области (рис. 4) соизмеримы с объемом работ, выполненных Управлением по строительству автомобильных дорог Архангельской области «Архангельскавтодор» в 1994 г. (см. рис. 2), когда были достигнуты наивысшие производственные показатели. По данным [2], для выполнения Программы на дорожное хозяйство следовало ежегодно выделять не менее 560 млн р. в ценах 1991 г. Для сравнения скажем, что в 1991 г. профинансировано 155, в 1993 г. – 61 млн р.; в последующие годы финансирование было крайне неустойчивым и недостаточным.

Если строящиеся капитальные мосты выполнять из железобетона, то при поставках из центральных районов России и производственных возможностях на уровне 1994 г. объем работ по Программе может быть выполнен за 11 лет. Вполне очевидно, что в мостостроение региона следует привлечь другие материалы, в том числе клееную древесину, и создать дополнительные мостостроительные структуры.

Выделяемые средства были, в основном, вложены в капитальный ремонт существующих мостов. На ряде областных автодорог построены несколько железобетонных мостов взамен аварийных деревянных. В рассматриваемых Управлением «Архангельскавтодор» материалах на очередной период строительства автодорог практически полностью будут повторены разработки Программы [2].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильные дороги общего пользования: Справочник о наличии и протяженности по состоянию на 1 января 1999 года. – М.: ГП Инфортавтодор, 1999. – 55 с.
2. Программа развития дорожного хозяйства Архангельской области до 2000 года (без Ненецкого автономного округа) // Ведомости Архангельского областного собрания депутатов. – Архангельск, 1995. – № 1. – 57 с.



*V.P. Stukov*

## **Transport Network of Highways and Bridges in the Arkhangelsk Region, its Nearest Perspective in Improving the Regional Infrastructure**

The state, development trends of the transport network of highways and bridges, their role in improving the regional infrastructure are investigated. The expediency of using the glued laminated wood in bridge engineering is pointed out.

УДК 625.711.8+625.31

*V. С. Морозов*

Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.



## **РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА ДЛЯ ОСНОВАНИЙ ЗИМНИХ ДОРОГ НА БОЛОТАХ**

Обоснована методика перехода при расчете оснований зимних дорог на болотах от плиты к балке, лежащей на линейно деформируемом основании. Для учета поперечного изгиба использован коэффициент поперечного изгиба  $\alpha$ . Приведена методика определения  $\alpha$ , составлен алгоритм и дан пример расчета.

Зимние дороги на болотах состоят, как правило, из слоя мерзлого торфа, лежащего на основании из талого торфа. Для повышения несущей способности дорожной одежды ее усиливают с помощью продольного и поперечного деревянных настилов, отсыпают на поверхности болота насыпь из минерального грунта, укладывают по проезжей части порубочные остатки и т. д.

При расчете оснований зимних дорог на прочность обычно находят минимальную толщину слоя мерзлого торфа, обеспечивающего движение транспортных средств в заданных природно-климатических условиях. При построении расчетной схемы дорогу рассматривают как бесконечно длинную плиту из мерзлого торфа с конечными поперечными размерами (ширина  $B$  и толщина  $H$ ), лежащую на линейно деформируемом основании и воспринимающую внешнюю нагрузку от транспортных средств.

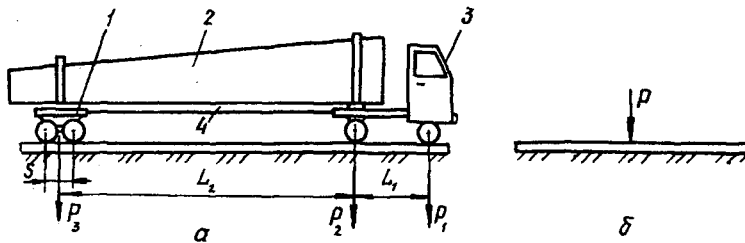


Рис. 1. Схема автопоезда: *a* – автопоезд; 1 – полуприцеп-ропуск; 2 – пакет хлыстов; 3 – автомобиль-тягач; 4 – дышло; б – условная схема дорожной одежды

Для лесовозных дорог внешней нагрузкой является автопоезд, условная схема которого приведена на рис.1, *a*. Он состоит из автомобиля-тягача и полуприцепа-ропуска, связанных между собой дышлом и пакетом хлыстов.

На дорогу действуют следующие вертикальные нагрузки:  $P_1$ ,  $P_2$  – на передний и задний мосты автомобиля;  $P_3$  – на мост прицепа-ропуска. Так как нагрузка  $P_3$  существенно больше нагрузок  $P_1$  и  $P_2$ , а расстояние  $L_2$  достаточно велико, то за расчетную нагрузку можно принять силу  $P = P_3$ , как показано на рис.1, *б*. Она действует на балку бесконечно большой длины, лежащей на линейно деформируемом основании.

Если это основание характеризовать с помощью коэффициента постели  $C$ , то решение задачи по изгибу балок бесконечно большой длины хорошо известно [1]. С его помощью можно определить напряжения и деформации балки и требуемые поперечные размеры плиты при заданных допускаемых напряжениях на растяжение для мерзлого торфа.

Однако такая расчетная схема слишком условна. Она не учитывает того, что фактически плита не является балкой и испытывает изгиб не только вдоль, но и поперек оси дороги (рис. 2). Пренебрежение поперечным изгибом может привести к большим погрешностям.

Воспользуемся методикой решения задачи по расчету прочности железнодорожного пути [3]. Здесь также необходимо учитывать как продольный изгиб рельсов, так и поперечный изгиб шпал, т. е. рельсошпальная решетка изгибается в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Аналогичную деформацию испытывает плита из мерзлого торфа, поэтому при ее расчете можно применить ту же методику, что и для рельсошпальной решетки.

В теории расчета железнодорожного пути на прочность поперечный изгиб рельсошпальной решетки учитывают с помощью коэффициента  $\alpha$ .

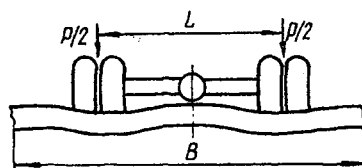


Рис. 2. Схема изгиба дороги в поперечном направлении

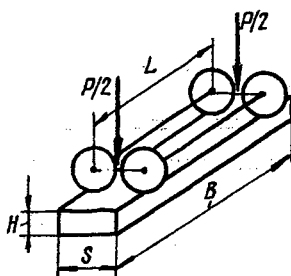


Рис. 3. Расчетный брус

Его находят как отношение среднего прогиба по длине шпалы  $y_{\text{ср}}$  к максимальному значению  $y_{\text{max}}$ :

$$\alpha = \frac{y_{\text{ср}}}{y_{\text{max}}}$$

За расчетный брус, имитирующий шпалу при расчете плиты из мерзлого торфа, принимаем участок дороги, расположенный между колесами прицепа (рис. 3) и имеющий следующие размеры:  $B$  – длина бруса, равная ширине проезжей части дороги;  $S$  – поперечная ширина, равная расстоянию между осями тележки прицепа;  $H$  – толщина бруса, равная толщине слоя мерзлого торфа. На брус действуют две силы  $P' = P_3/2$ , расстояние между ними  $L$  равно ширине колеи полуприцепа.

Методика расчета прогибов бруса конечной длины, лежащей на линейно деформируемом основании с коэффициентом постели  $C$ , для расчетной схемы на рис. 4 приведена в работе [1]. Расшифровка обозначений размеров балки дана выше, кроме  $a = (B - L)/2$ .

Для уменьшения трудоемкости работ по расчету коэффициента  $\alpha$  нами составлена программа расчета на ЭВМ. Она состоит из следующих блоков:

а) вычисление основных расчетных величин  $U$ ,  $k$ ,  $I$ :

$$U = CS; \quad k = 4\sqrt{\frac{3C}{EH^3}}; \quad I = \frac{SH^3}{12},$$

где  $U$  – модуль упругости основания;

$C$  – коэффициент постели основания;

$S$  – расчетная ширина балки;

$H$  – толщина балки;

$k$  – коэффициент относительной жесткости плиты и основания балки;

$I$  – момент инерции поперечного сечения бруса при его изгибе;

$E$  – эквивалентный модуль упругости основания;

б) вычисление гиперболических функций:

$$\text{sh}\left(\frac{kB}{2}\right) = (e^{kB/2} - e^{-kB/2})/2;$$

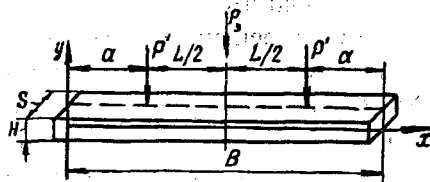


Рис. 4. Расчетная схема

$$\operatorname{sh}\left(\frac{kL}{2}\right) = (e^{kL/2} - e^{-kL/2})/2;$$

$$\operatorname{ch}\left(\frac{kB}{2}\right) = (e^{kB/2} + e^{-kB/2})/2;$$

$$\operatorname{ch}\left(\frac{kL}{2}\right) = (e^{kL/2} + e^{-kL/2})/2;$$

в) вычисление фундаментальных функций:

$$Y_1 = \cos\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{ch}\left(\frac{kB}{2}\right); \quad V_1 = \cos\left(\frac{kL}{2}\right)\operatorname{ch}\left(\frac{kL}{2}\right);$$

$$Y_2 = \left[ \sin\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{ch}\left(\frac{kB}{2}\right) + \cos\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{sh}\left(\frac{kB}{2}\right) \right] / 2;$$

$$Y_3 = \sin\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{sh}\left(\frac{kB}{2}\right); \quad V_3 = \sin\left(\frac{kL}{2}\right)\operatorname{sh}\left(\frac{kL}{2}\right);$$

$$Y_4 = \left[ \sin\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{ch}\left(\frac{kB}{2}\right) - \cos\left(\frac{kB}{2}\right)\operatorname{sh}\left(\frac{kB}{2}\right) \right] / 4;$$

г) вычисление прогибов  $y(0)$  и углов поворота  $y'(0)$  на левом конце балки (начальные условия):

$$y(0) = -\frac{kP}{U} \frac{Y_1 V_1 + 4Y_3 V_3}{Y_1 Y_2 + 4Y_3 Y_4};$$

$$y'(0) = \frac{4k^2 P}{U} \frac{Y_2 V_3 - Y_4 V_1}{Y_1 Y_2 + 4Y_3 Y_4};$$

д) вычисление прогибов балки в отдельных ее сечениях по формуле

$$y(kx) = Y_1(kx)y(0) + Y_2(kx)y'(0) - \frac{P}{k^3 EI} Y_4[k(x-a)].$$

Начальное значение  $x$  равно нулю, конечное –  $B$ , шаг вычислений ординат  $y - \Delta x$ . По мере вычисления  $y(x)$  ЭВМ формирует массив значений  $y_i$ , находит максимальное значение ординаты прогибов  $y_{\max}$ , среднее значение

$$y_{\text{cp}} = \left( \sum_{i=1}^n y_i \right) / n, \text{ где } n - \text{число ординат и, наконец, значения } \alpha.$$

Результаты вычислений  $\alpha$  для отдельных частных случаев приведены в таблице. При ее составлении варьировали температуру мерзлого торфа на поверхности проезжей части  $\Theta$ , коэффициент постели  $C$  и ширину проезжей части  $B$ .

Коэффициент постели зависит от типа болота [2]. Для I типа  $C$  можно принять равным 5; II – 3; III – 1 Н/см<sup>3</sup>.

Значения эквивалентного модуля упругости  $E_s$  вычисляли по отдельной методике, приведенной в работе [2].

$\theta, ^\circ\text{C}$	$E_s, \text{МПа}$	Значения коэффициента $\alpha$ при ширине дороги $B, \text{см}$			
		300	500	700	900
$C = 5 \text{ Н/см}^3$					
-1	258,0	0,530	0,361	0,253	0,200
-5	294,5	0,625	0,436	0,310	0,244
-10	284,4	0,654	0,462	0,330	0,259
$C = 3 \text{ Н/см}^3$					
-1	258,0	0,418	0,274	0,193	0,154
-5	294,5	0,499	0,334	0,236	0,186
-10	284,4	0,526	0,356	0,251	0,199
$C = 1 \text{ Н/см}^3$					
-1	258,0	0,380	0,243	0,173	0,138
-5	294,5	0,446	0,294	0,208	0,165
-10	284,4	0,470	0,313	0,221	0,175

Прочность дорожной одежды тем выше, чем больше коэффициент поперечного изгиба  $\alpha$ . Он максимален при коэффициенте постели  $5 \text{ Н/см}^3$  (т. е. для болот I типа), температуре торфа  $-10^\circ\text{C}$  и ниже, ширине проезжей части дороги 300 см. По мере увеличения ширины дороги (при прочих равных условиях) значения коэффициента  $\alpha$  снижаются.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Микеладзе Ш. Е. Некоторые задачи строительной механики. – М.: Гостехиздат, 1948. – 268 с.
2. Морозов В. С. Расчет и проектирование оснований зимних дорог на болотах: Учеб. пособие. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 235 с.
3. Шахуньянц Г. М. Пути и путевое хозяйство. М.: Гострансжелдориздат, 1949.

Архангельский государственный технический университет  
Поступила 26.10.99

*V.S. Morozov*

#### Calculation of Cross Bending Factor for Winter Roads Bedding on Bogs

The technique of transfer from board to beam lying on linear-and-deforming basement is substantiated for calculating the bedding for winter roads on bogs. The  $\alpha$  cross-bending factor is used for assessing the cross bending. The technique of determining the value  $\alpha$  is presented, the computation algorithm is made up and the example of calculation is given.

УДК 629.114:681.001.57

**С.Л. Смирнов**

Смирнов Сергей Леонидович родился в 1976 г., окончил в 1998 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры теоретической механики АГТУ. Имеет 1 печатную работу в области теории удара.



## КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СОУДАРЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Рассмотрена математическая модель процесса соударения автомобилей и особенности ее реализации на ЭВМ. Составлена программа и приведены результаты тестовых расчетов для сравнения математической и компьютерной моделей.

Соударение автомобилей имеет место на автодорогах различного назначения. Изучение такого взаимодействия представляет большой практический и теоретический интерес, так как позволяет сделать вывод о его последствиях.

Цель данной работы – описание способа программной реализации процесса соударения автомобилей на основе существующей математической модели, а также сравнение результатов математической и компьютерной моделей.

В настоящее время существуют несколько методик для аналитического расчета последствий соударения тел при анализе дорожно-транспортных происшествий [1], однако в них автомобиль принимают за материальную точку, что далеко от реальности. Физическим условиям процесса соударения двух тел больше соответствует схема (рис. 1), приведенная в работе [2].

Расчетные зависимости применительно к этой схеме имеют вид:

а) для определения импульсов ударных сил:  
при ударе с проскальзыванием тел в точке соударения  $E$

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

$$S_\tau = S_n f_d; \quad (2)$$

при ударе без проскальзывания в точке соударения  $E$

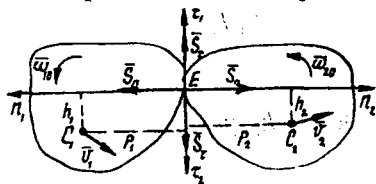


Рис. 1. Расчетная схема плоского удара двух тел.

$$S_n = \frac{HA_2 - G_1 A_1 (1 + \varepsilon)}{B}; \quad (3)$$

$$S_\tau = \frac{HA_1 (1 + \varepsilon) - GA_2}{B}, \quad (4)$$

где  $S_n, S_\tau$  – импульсы ударных сил, приложенные в точке соударения и направленные по нормали и по касательной к поверхности тел;

$G, G_1, H, B$  – инерциальные коэффициенты:

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

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

$$H = \frac{\bar{p}_1 \bar{h}_1}{I_1} + \frac{\bar{p}_2 \bar{h}_2}{I_2};$$

$$B = GG_1 - H^2;$$

$A_1, A_2$  – скоростные коэффициенты,

$$A_1 = \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \bar{v}_2 \bar{n}_2 + \bar{h}_1 \bar{\omega}_{10} + \bar{h}_2 \bar{\omega}_{20};$$

$$A_2 = \bar{v}_1 \bar{\tau}_1 + \bar{v}_2 \bar{\tau}_2 + \bar{p}_1 \bar{\omega}_{10} + \bar{p}_2 \bar{\omega}_{20};$$

$\varepsilon$  – коэффициент восстановления тел в точке  $E$  при ударе. Его значение определяют экспериментально. Для упругого удара полагают  $\varepsilon = 1$ , для неупругого  $\varepsilon = 0$ . Для сплошных стальных тел  $\varepsilon = 0,5 \dots 0,7$  (в зависимости от скорости соударения);

$f_d$  – мгновенный динамический коэффициент трения скольжения при ударе. Значения  $f_d$  также находят экспериментально;

$m_1, m_2$  – массы соударяющихся тел;

$I_1, I_2$  – их моменты инерции относительно осей, проходящих через центры масс тел (точки  $C_1$  и  $C_2$ ) и направленных нормально к плоскости рисунка;

$h_1, p_1, h_2, p_2$  – координаты центров масс автомобилей в системе координат  $\tau$  и  $n$ ;

$\bar{\tau}, \bar{n}$  – орты осей координат;

$v_1, v_2$  – скорости центров масс тел до удара;

$\omega_{10}, \omega_{20}$  – угловые скорости тел до удара;

б) для определения линейных и угловых скоростей тел после удара

$$\bar{u}_1 \bar{\tau}_1 = \bar{v} \bar{\tau}_1 + \frac{S_\tau}{m_1}; \quad (5) \quad \bar{u}_1 \bar{n}_1 = \bar{v}_1 \bar{n}_1 + \frac{S_n}{m_1}; \quad (6)$$

$$\bar{u}_2 \bar{\tau}_2 = \bar{v}_2 \bar{\tau}_2 + \frac{S_\tau}{m_2}; \quad (7) \quad \bar{u}_2 \bar{n}_2 = \bar{v}_2 \bar{n}_2 + \frac{S_n}{m_2}; \quad (8)$$

$$\omega_1 = \omega_{10} + \frac{S_\tau \bar{p}_1}{I_1} + \frac{S_n \bar{h}_1}{I_1}; \quad (9) \quad \omega_2 = \omega_{20} + \frac{S_\tau \bar{p}_2}{I_2} + \frac{S_n \bar{h}_2}{I_2}. \quad (10)$$

В формулах (5) – (10) обозначено:

$\bar{u}_1\bar{\tau}_1, \bar{u}_2\bar{\tau}_2$  – проекции скоростей центров масс тел после удара на оси координат  $\tau_1, \tau_2$ ;

$\bar{u}_1\bar{n}_1, \bar{u}_2\bar{n}_2$  – проекции скоростей центров масс тел после удара на оси  $n_1, n_2$ ;

$\bar{u}_1\bar{\tau}_1, \bar{u}_1\bar{n}_1, \bar{u}_2\bar{\tau}_2, \bar{u}_2\bar{n}_2$  – проекции скоростей центров масс тел до удара на оси  $\tau$  и  $n$ .

В приведенных обозначениях индекс 1 соответствует ударяющему телу, индекс 2 – ударяемому.

Ниже рассмотрены примеры для двух расчетных схем на соударение автомобилей, в которых была использована эта математическая модель.

Выражения для вычисления значений  $p$  и  $h$  для расчетной схемы на рис 2, а имеют вид:

$$h_1 = l_1 \cos\alpha - B_1 \sin\alpha; \quad h_2 = B_2;$$

$$p_1 = l_1 \sin\alpha + B_1 \cos\alpha; \quad p_2 = B_2 - \Delta_1;$$

для расчетной схемы на рис. 2, б:

$$h_1 = B_1 \cos\alpha - l_1 \sin\alpha; \quad h_2 = B_2 - \Delta_2;$$

$$p_1 = l_1 \cos\alpha + B_1 \sin\alpha; \quad p_2 = L_2 - l_2,$$

где  $B_1, B_2$  – половина ширины соответственно первого и второго автомобиля;

$l_1, l_2$  – расстояния от центров масс первого и второго тела до переднего бампера;

$\Delta_1, \Delta_2$  – расстояния от точки удара  $E$  до бампера;

$L_2$  – длина ударяемого автомобиля 2.

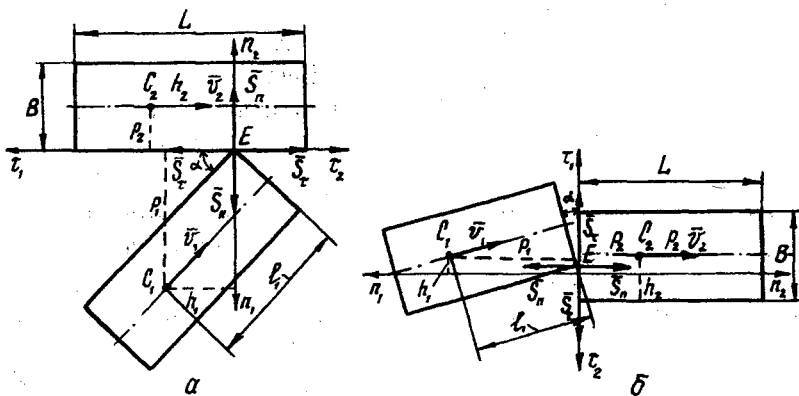


Рис. 2. Схема соударения автомобилей: а – боковой; б – фронтальный удар



Система уравнений (1) – (10) применима для любого случая соударения автомобилей, однако формулы, по которым рассчитывают значения  $p$  и  $h$ , зависят от вида соударения. Поэтому при реализации на ЭВМ этой математической модели необходимо заранее предусмотреть все возможные случаи соударения.

Задача по определению  $p$  и  $h$  без применения формул решена нами программными средствами. При разработке компьютерной программы, реализующей предложенную математическую модель, мы исходили из максимальной наглядности на экране процесса соударения двух автомобилей. Кроме того, программа должна быть удобна в использовании и не требовать от пользователя специальной подготовки.

Графические и вычислительные ресурсы современных ЭВМ позволяют смоделировать сложные процессы реального мира. Это относится и к процессу соударения автомобилей. В полной мере реализовать предоставленные возможности помогают специальные библиотеки программ, так как разработки в области компьютерной графики ведутся достаточно давно и широко используются в компьютерных играх, мультимедийных приложениях, САД-системах. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

В среде Windows наиболее широкое распространение получила библиотека DirectX фирмы Microsoft. Она представляет собой набор из нескольких API (Application Programming Interface – интерфейс программирования приложений), позволяющих разработчикам игр и других интерактивных приложений получать доступ к специфическим функциям аппаратного обеспечения без необходимости написания аппаратно-зависимого программного кода. DirectX основан на наборе интерфейсов COM или классов. Аббревиатура COM расшифровывается как Component Object Model (компонентная модель объектов) и представляет собой спецификацию интерфейса, в котором функции вызываются через указатели.

Таким образом, объекты COM можно описывать такими языками программирования, как C/C++, Delphi или даже Basic. Графическая часть этой библиотеки состоит из двух уровней DirectDraw и Direct3D. DirectDraw обеспечивает доступ к аппаратным средствам, отвечающим за изображение, что позволяет работать с двухмерной графикой и напрямую управлять видеопамятью, оверлеями и сменой видеостраниц. Direct3D предназначен для создания трехмерных графических изображений. Он состоит из API низкого уровня (Direct3DIM), который обеспечивает несколько базовых возможностей создания изображения, и API высокого уровня (Direct3DRM), который осуществляет комплекс операций, образующих изображение.

В Direct3DRM определен набор абстракций для работы с объектами в 3D пространстве. Основой любой 3D модели, ее каркасом или скелетом являются строения (frames). Они имеют иерархическую древовидную структуру, на вершине которой располагается корневое строение, называемое сценой. Таким образом, каждое строение, кроме сцены, имеет родителя, и их

положение в 3D-пространстве задается по отношению к родителю. Иначе строение можно представить как трехмерную декартову систему координат.

Существует возможность любую точку в 3D-модели представить в координатах любого строения. Эту особенность можно применить для целей нашей задачи следующим образом. Если систему координат  $\tau, n$  принять за строение (назовем его строением удара), начало координат которого совпадает с точкой  $E$ , и центры масс тел (точки  $C_1$  и  $C_2$ ) привести к системе координат строения удара, то полученные новые абсцисса и ордината дадут соответственно значения  $p$  и  $h$ . Благодаря этим преобразованиям отпадает необходимость в аналитическом получении зависимостей для определения  $p$  и  $h$  в каждом случае удара.

Эти значения можно получить численным методом, их точность зависит от математического аппарата DirectX. Следовательно, она достаточно высока, так как все числа, используемые в DirectX, имеют точность до 54 знаков после запятой.

Для определения значений  $p$  и  $h$  по описанному методу необходимо найти положение точки  $E$ . Его можно получить двумя способами: с помощью «мыши», простым перемещением изображения по экрану монитора, либо задавая геометрические параметры, однозначно определяющие положение фрейма удара (расстояние от переднего бампера автомобиля, его сторона и угол удара). В программе предусмотрены оба варианта.

Автомобиль в разработанной компьютерной модели представлен в виде прямоугольника, поэтому при интерактивной работе приходится проверять, пересекаются ли прямоугольники. На первый взгляд эта задача кажется тривиальной, которую приходится решать любому разработчику компьютерных игр. Существует, однако, множество программных способов ее решения.

В нашем случае есть одна особенность: требуется точно определить точку касания. В работах [3, 4] приведены несколько методов определения положения точек пересечения прямоугольников в 2D-пространстве. Нами применен метод последовательного обхода граней. Он заключается в следующем: прямоугольник состоит из четырех отрезков, которые проверяют на пересечение с четырьмя отрезками второго прямоугольника, определяют точки пересечения. В случае обнаружения нескольких точек (прямоугольники пересекаются, а не касаются друг друга) происходит автоматическая корректировка положения одного из прямоугольников таким образом, чтобы произошло именно касание.

Работа с программой начинается с того, что с помощью «мастера нового расчета» вводят требуемые исходные данные. Затем либо с помощью мыши, либо путем указания расстояния от переднего бампера, стороны и угла удара необходимо расположить автомобиль требуемым образом. Момент соприкосновения определяется программой автоматически, после чего выполняют расчет по математической модели. Результаты расчета приводятся в специальной таблице. В программе предусмотрена возможность сохранения и восстановление ранее произведенных расчетов.

Вид удара	Способ расчета	$S_n$	$S_r$	$\bar{u}_1 \bar{v}_1$	$\bar{u}_1 \bar{n}_1$	$\bar{u}_2 \bar{v}_2$	$\bar{u}_2 \bar{n}_2$	$\omega_1$	$\omega_2$
		Н · с		м/с				с <sup>-1</sup>	
Боковой	Аналитический По модели	955,2	-1377	-5,658	-1,568	9,047	0,661	-0,740	-1,31
		955,2	-1377	-5,658	-1,568	9,047	0,661	-0,740	-1,31
Фронтальный	Аналитический По модели	3955	-1188	4,134	5,775	-1,196	8,986	-1,526	-0,83
		3955	-1188	4,134	5,775	-1,196	8,986	-1,526	-0,83

Результаты работы программы были протестированы на примерных расчетных схемах (рис. 2). В таблице для сравнения приведены значения расчетных величин при ручном аналитическом расчете с помощью системы уравнений (1) – (10) и компьютерной модели при следующих исходных данных:  $m_1 = 1045$  кг;  $m_2 = 1445$  кг;  $v_1 = 5$  м/с;  $v_2 = 10$  м/с;  $\omega_{10} = \omega_{20} = 0$ ;  $\alpha = 30^\circ$ ;  $l_1 = l_2 = 0,9165$  м;  $B_1 = B_2 = 0,82$  м;  $I_1 = 1527$  кг · м<sup>2</sup>;  $I_2 = 2197$  кг · м<sup>2</sup>;  $\varepsilon = 0,5$ . Как видно из таблицы, эти результаты при различных методах расчета полностью совпадают, что позволяет сделать вывод об адекватности компьютерной и математической моделей.

Разработанная компьютерная модель процесса соударения автомобилей позволяет находить угловые и линейные скорости после удара для любого взаимного их расположения. Зная значения и направления скоростей после удара и сил, действующих на автомобиль, можно найти траекторию его движения после удара, но это уже другая задача.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов С.И. О методике решения задач на соударение автомобилей // Лесн. журн. – 1998. – № 6. – С. 37–44. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Морозов С.И. О процессе соударения автомобилей // Лесн. журн. – 1998. – № 2–3. – С. 24–32. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Найджел Томпсон. Секреты программирования трехмерной графики для Windows 95. – СПб.: Питер, 1997. – 352 с.
4. Препарата Ф., Шеймос А. Вычислительная геометрия: Введение. – М.: Высш. шк., 1993. – 408 с.

Архангельский государственный технический университет  
Поступила 22.02.2000 г.

S.L. Smirnov

### Computer Model of the Car Collision Process

The mathematical model of the car collision process is viewed as well as its computer realization peculiarities. The programme was written and the test calculation results were carried out for comparing a mathematical model with a computer one.

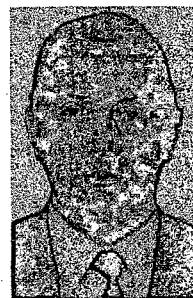
УДК 624.04:627.418.2

*А.С. Милев, М.М. Овчинников, А.И. Фурин*

Милев Александр Сергеевич родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Ленинградское высшее военное инженерно-техническое училище Военно-Морского Флота, доктор технических наук, заведующий кафедрой строительной механики С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 50 научных работ в области механики деформируемого твердого тела, механики силового взаимодействия конструкций с грунтом.



Овчинников Михаил Михайлович родился в 1930 г., окончил в 1954 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водного транспорта леса и гидравлики С.-Петербургской лесотехнической академии, академик РАЕН. Имеет более 80 печатных работ в области совершенствования технологии водного транспорта леса, разработки перспективных экологически безопасных технологических схем водного транспорта леса на базе лесотранспортных и гидротехнических модулей, гидродинамики плотового лесосплава, расчета лесосплавных гидротехнических сооружений.



Фури́н Анатолий Иванович родился в 1944 г., окончил в 1970 г. Ленинградский политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет 25 печатных работ в области изучения прочности, трещиностойкости инженерных конструкций и сооружений.



## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗААНКЕРЕННЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК В СЛОИСТОМ ГРУНТЕ**

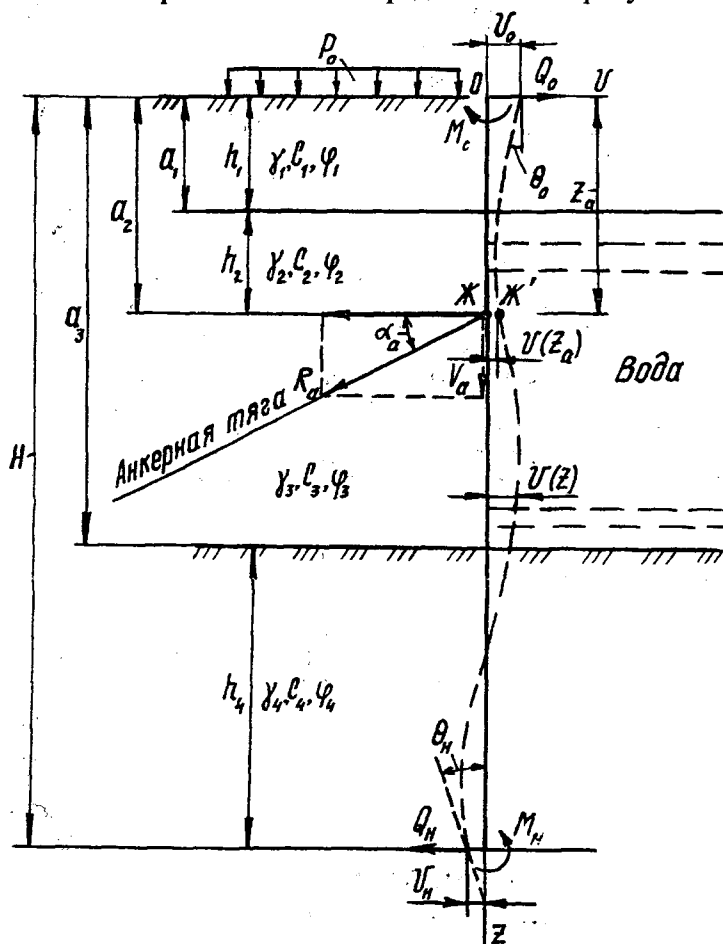
Представлено аналитическое решение задачи об изгибе подпорной стенки в слоистом упругом основании. Предложена схема алгоритма процедуры последовательных приближений для численного определения перемещений и усилий.

Гибкие (тонкие) подпорные стенки (больверки) широко применяют в качестве несущих конструкций гидротехнических сооружений лесных портов и береговых лесных складов, возводимых на мягких грунтах.

При расчете на прочность гибких заанкеренных подпорных стенок в настоящее время чаще всего используются графоаналитические методы [1, 2], не поддающиеся автоматизации.

В работе предлагаются аналитическое решение и схема алгоритма процедуры последовательных приближений для определения взаимосвязанных величин усилий в анкере и прогибов балки на неоднородном упругом основании, служащей расчетной схемой больверка, которые могут быть использованы для автоматизированных расчетов гибких заанкеренных шпунтовых стенок в слоистом основании.

1. Типичная расчетная схема представлена на рисунке.



Анкер, препятствуя перемещению точки  $Ж$  балки, вызывает ее продольный изгиб при  $z > z_a$ . Усилие  $\bar{R}_a$  в анкере зависит от перемещения  $v(z_a) \cos \alpha_a$  в точке  $Ж$  и жесткости тяги  $E_a A_a / l_a$ , где  $E_a$ ,  $A_a$ ,  $l_a$  – модуль упругости, площадь поперечного сечения и длина анкерной тяги.

Действие  $\bar{R}_a$  вызывает появление «скачков» продольной  $\Delta N$  и поперечной  $\Delta Q$  сил, а также изгибающего момента  $\Delta M$  в сечении  $z = z_a$  балки:

$$\Delta N = \bar{R}_a \sin \alpha_a; \quad \Delta Q = \bar{R}_a \cos \alpha_a; \quad \Delta M = e \bar{R}_a \sin \alpha_a. \quad (1)$$

«Скачок» продольной силы  $\Delta N$  вызывает при  $z > z_a$  дополнительный изгибающий момент  $M_N(z)$ :

$$M_N(z) = \bar{R}_a \sin \alpha_a (v(z) - v(z_a)). \quad (2)$$

Далее будем полагать, что  $\bar{R}_a = R_a d$ .

Давление  $\sigma_k$  грунта и воды в  $k$ -м слое без учета упругого отпора:

$$\sigma_k = \sigma_k^{\text{л}} - \sigma_k^{\text{п}} = P_0^{\text{л}} - P_0^{\text{п}} + \sum_{i=1}^{k-1} (\gamma_i^{\text{л}} \lambda_k^{\text{л}} - \gamma_i^{\text{п}} \lambda_k^{\text{п}}) h_i + (\gamma_k^{\text{л}} \lambda_k^{\text{л}} - \gamma_k^{\text{п}} \lambda_k^{\text{п}}) (z - \alpha_{k-1}), \quad (3)$$

где верхние индексы «л» и «п» означают, что соответствующий параметр относится к области слева и справа от оси  $OZ$ ;

$\lambda_k^{\text{л}}, \lambda_k^{\text{п}}$  – коэффициенты бокового давления грунта. В случае отсутствия грунта слева или справа от оси балки  $\lambda_k^{\text{л}} = \lambda_k^{\text{п}} = 0$ ; для воды  $\lambda_k^{\text{л}} = \lambda_k^{\text{п}} = 1$ .

Упругий отпор грунта  $\sigma_k^{\Gamma}$  полагаем пропорциональным прогибу балки с коэффициентом постели  $k$ , численно равным давлению грунта:  $k = \sigma_k$ , но с размерностью  $[k] = \text{сила/длина}^3$ :

$$\sigma_k^{\Gamma} = -k v(z) = -\sigma_k v(z) / L_k, \quad (4)$$

где  $L_k$  – предельное упругое смещение оси сваи в рассматриваемом слое грунта.

Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки на разных участках имеет вид:

$$\text{при } k = 0 \quad v^{IV} + \eta_k v^{\text{II}} = \beta_k + \delta_k (\bar{z} - \bar{a}_{k-1}); \quad (5)$$

$$\text{при } k \neq 0 \quad v^{IV} + \eta_k v^{\text{II}} + [\beta_k + \delta_k (\bar{z} - \bar{a}_{k-1})] v = 0, \quad (6)$$

где

$$\eta_k = \alpha^{-2} R_a \sin(\alpha_a) d / EI; \quad \beta_k = \alpha^{-4} \left[ P_0^{\text{л}} - P_0^{\text{п}} + \sum_{i=1}^{k-1} (\gamma_i^{\text{л}} \lambda_k^{\text{л}} - \gamma_i^{\text{п}} \lambda_k^{\text{п}}) h_i \right] d / EI; \quad (7)$$

$$\delta_k = \alpha^{-5} (\gamma_k^{\text{л}} \lambda_k^{\text{л}} - \gamma_k^{\text{п}} \lambda_k^{\text{п}}) d / EI;$$

$$\alpha = \sqrt[3]{\lambda_1 \gamma_1 / EI}; \quad [\alpha] = L^{-1}; \quad \bar{z} = \alpha z; \quad \bar{a} = \alpha a.$$

Краевые условия для балки при  $\bar{z} = 0$  и  $\bar{z} = \bar{H} = \alpha H$ :

$$v(0) = v_0; \quad v^I(0) = \alpha^{-1} \theta_0; \quad v^{\text{II}}(0) = \alpha^{-2} M_0 / EI; \quad v^{\text{III}}(0) = \alpha^{-3} Q_0 / EI; \quad (8)$$

$$v(H) = v_H; \quad v^I(H) = \alpha^{-1} \theta_H; \quad v^{\text{II}}(H) = \alpha^{-2} M_H / EI; \quad v^{\text{III}}(H) = \alpha^{-3} Q_H / EI. \quad (9)$$

Черточки над безразмерными переменными в дальнейшем опускаем.

Условия сопряжения параметров  $v$ ,  $\theta$ ,  $M$  и  $Q$  на границах участков:

$$v_{k+1} = v_k; \quad \theta_{k+1} = \theta_k; \quad M_{k+1} = M_k + \Delta M_k; \quad Q_{k+1} = Q_k + \Delta Q_k, \quad (10)$$

где  $\Delta M_k, \Delta Q_k$  – «скачки» изгибающего момента и поперечной силы на границе между  $k$ -м и  $(k + 1)$ -м участками.

Условия сопряжения (10) при  $z = a_k$  выражаются через перемещения:

$$v_{k+1} = v_k; \quad v_{k+1}^I = v_k^I; \quad v_{k+1}^{II} = v_k^{II} + \alpha^{-2} \Delta M_k / EI; \quad v_{k+1}^{III} = v_k^{III} + \alpha^{-3} \Delta Q_k / EI. \quad (11)$$

Поставленная задача свелась к дифференциальным уравнениям (5), (6) с разрывными коэффициентами, граничными условиями (8), (9) и условиями сопряжения (11) в точках разрыва решения.

2. Решение задачи на  $k$ -м участке ищем в виде отрезка ряда Тейлора. Используем условия сопряжения (11) на границе между  $k$ -м и  $(k - 1)$ -м участками в виде:

$$v_k(a_{k-1}) = b_0; \quad v_k^I(a_{k-1}) = b_1; \quad v_k^{II}(a_{k-1}) = b_2; \quad v_k^{III}(a_{k-1}) = b_3,$$

где  $b_0, b_1, b_2, b_3$  – параметры, известные из решения задачи.

Для искомой функции  $v(z)$  имеем (нижние пределы  $k$  и  $k - 1$  опускаем):

$$v(z) = b_0 + b_1(z - a) + b_2(z - a)^2/2! + b_3(z - a)^3/3! + v^{IV}(a)(z - a)^4/4! + \dots + v^n(a)(z - a)^n/n! + \dots \quad (12)$$

Коэффициенты  $v^{IV}(a), v^V(a), \dots, v^n(a)$  выражаются через  $b_i, i = 0, 1, 2, 3$ :

$$v^n(a) = b_0 V_{n,0} + b_1 V_{n,1} + b_2 V_{n,2} + b_3 V_{n,3}, \quad (13)$$

где  $V_{n,i}$  зависят только от  $\beta, \delta, \eta$  ( $n = 0, 1, 2, \dots, N; i = 0, 1, 2, 3$ ):

$$\begin{aligned} V_{0,0} &= 1; & V_{0,1} &= 0; & V_{0,2} &= 0; & V_{0,3} &= 0; \\ V_{1,0} &= 0; & V_{1,1} &= 1; & V_{1,2} &= 0; & V_{1,3} &= 0; \\ V_{2,0} &= 0; & V_{2,1} &= 0; & V_{2,2} &= 1; & V_{2,3} &= 0; \\ V_{3,0} &= 0; & V_{3,1} &= 0; & V_{3,2} &= 0; & V_{3,3} &= 1; \\ V_{4,0} &= -\beta; & V_{4,1} &= 0; & V_{4,2} &= -\eta; & V_{4,3} &= 0; \\ V_{5,0} &= -\delta; & V_{5,1} &= -\beta; & V_{5,2} &= 0; & V_{5,3} &= -\eta; \\ V_{6,0} &= \beta\eta; & V_{6,1} &= -2\delta; & V_{6,2} &= \eta^2 - \beta; & V_{6,3} &= 0; \\ V_{7,0} &= \delta\eta; & V_{7,1} &= \beta\eta; & V_{7,2} &= -3\delta; & V_{7,3} &= \eta^2 - \beta; \\ V_{8,0} &= -\beta(\eta^2 - \beta); & V_{8,1} &= 2\delta\eta; & V_{8,2} &= -\eta(\eta^2 - 2\beta); & V_{8,3} &= -4\delta; \\ V_{9,0} &= -\delta(\eta^2 - 6\beta); & V_{9,1} &= -\beta(\eta^2 - \beta); & V_{9,2} &= 8\delta\eta; & V_{9,3} &= -\eta(\eta^2 - 2\beta); \\ V_{10,0} &= \beta\eta^3 - 2\beta^2\eta + 6\delta^2; & V_{10,1} &= 2\delta(4\beta - \eta^2); & V_{10,2} &= \eta^4 - 3\beta\eta^2 + \beta^2; & V_{10,3} &= 10\delta\eta; \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} V_{20,0} &= -\beta\eta^8 + 7\beta^2\eta^6 - 66\delta^2\eta^5 - 15\beta^3\eta^4 + 1220\delta^2\beta\eta^3 + 10\beta^4\eta^2 - \\ &\quad - 1340\delta^2\beta^2\eta + 1056\delta^4 - \beta^5; \\ V_{20,1} &= 2\delta\eta^7 78\delta\beta\eta^5 + 80\delta\beta\eta^4 + 240\delta\beta^2\eta^3 - 1480\delta^3\eta^2 - 140\delta\beta^3\eta + \\ &\quad + 1800\delta\beta^3; \\ V_{20,2} &= -\eta^9 + 8\beta\eta^7 - 21\beta^2\eta^5 + 1180\delta^2\eta^4 + 20\beta^3\eta^3 - 2380\delta^2\beta\eta^2 - 5\beta^4\eta + \\ &\quad + 480\delta^2\beta^2; \\ V_{20,3} &= -70\delta\eta^6 + 300\delta\beta\eta^4 - 300\delta\beta^2\eta^2 + 2840\delta^3\eta + 40\delta\beta^3. \end{aligned}$$

После подстановки (13) в (12) для отрезка ряда из  $(N + 1)$ -го членов искомой функции  $v(z)$  уравнения (6) и ее производных получаем:

$$\begin{aligned} v(z) &= b_0 \Phi_1^{(0)} + b_1 \Phi_2^{(0)} + b_2 \Phi_3^{(0)} + b_3 \Phi_4^{(0)}; \\ v^I(z) &= b_0 \Phi_1^{(1)} + b_1 \Phi_2^{(1)} + b_2 \Phi_3^{(1)} + b_3 \Phi_4^{(1)}; \\ v^{II}(z) &= b_0 \Phi_1^{(2)} + b_1 \Phi_2^{(2)} + b_2 \Phi_3^{(2)} + b_3 \Phi_4^{(2)}; \\ v^{III}(z) &= b_0 \Phi_1^{(3)} + b_1 \Phi_2^{(3)} + b_2 \Phi_3^{(3)} + b_3 \Phi_4^{(3)}, \end{aligned} \quad (15)$$

где

$$\begin{aligned} \Phi_1^{(0)} &= \sum_{n=0}^N V_{n,0} \frac{z-a}{n!}; & \Phi_2^{(0)} &= \sum_{n=0}^N V_{n,1} \frac{z-a}{n!}; \\ \Phi_3^{(0)} &= \sum_{n=0}^N V_{n,2} \frac{(z-a)^n}{n!}; & \Phi_4^{(0)} &= \sum_{n=0}^N V_{n,3} \frac{(z-a)^n}{n!}; \\ \Phi_1^{(1)} &= \sum_{n=1}^N V_{n,0} \frac{(z-a)^{n-1}}{(n-1)!}; & \Phi_2^{(1)} &= \sum_{n=1}^N V_{n,1} \frac{(z-a)^{n-1}}{(n-1)!}; \\ \Phi_3^{(1)} &= \sum_{n=1}^N V_{n,2} \frac{(z-a)^{n-1}}{(n-1)!}; & \Phi_4^{(1)} &= \sum_{n=1}^N V_{n,3} \frac{(z-a)^{n-1}}{(n-1)!}; \\ \Phi_1^{(2)} &= \sum_{n=2}^N V_{n,0} \frac{z-a}{(n-2)!}; & \Phi_2^{(2)} &= \sum_{n=2}^N V_{n,1} \frac{z-a}{(n-2)!}; \\ \Phi_3^{(2)} &= \sum_{n=2}^N V_{n,2} \frac{(z-a)^{n-2}}{(n-2)!}; & \Phi_4^{(2)} &= \sum_{n=2}^N V_{n,3} \frac{(z-a)^{n-2}}{(n-2)!}; \\ \Phi_1^{(3)} &= \sum_{n=3}^N V_{n,0} \frac{(z-a)^{n-3}}{(n-3)!}; & \Phi_2^{(3)} &= \sum_{n=3}^N V_{n,1} \frac{(z-a)^{n-3}}{(n-3)!}; \\ \Phi_3^{(3)} &= \sum_{n=3}^N V_{n,2} \frac{(z-a)^{n-3}}{(n-3)!}; & \Phi_4^{(3)} &= \sum_{n=3}^N V_{n,3} \frac{(z-a)^{n-3}}{(n-3)!}. \end{aligned} \quad (16)$$

Решение уравнения (6) построено. Оно совпадает с решением, приведенным в [3], если при определении коэффициентов  $V_{n,i}$  по формулам (14) принять  $\eta = 0$ , т. е. анкер отсутствует.

Решение уравнения (5) при  $\eta_k \neq 0$  имеет вид

$$\begin{aligned} v(z) &= b_0 \tilde{\Phi}_1^{(0)} + b_1 \tilde{\Phi}_2^{(0)} + b_2 \tilde{\Phi}_3^{(0)} + b_3 \tilde{\Phi}_4^{(0)} + [\beta(z-a)^2 + \frac{1}{3} \delta(z-a)^3]/2\eta; \\ v^I(z) &= b_0 \tilde{\Phi}_1^{(1)} + b_1 \tilde{\Phi}_2^{(1)} + b_2 \tilde{\Phi}_3^{(1)} + b_3 \tilde{\Phi}_4^{(1)} + [\beta(z-a) + \frac{1}{2} \delta(z-a)^2]/\eta; \\ v^{II}(z) &= b_0 \tilde{\Phi}_1^{(2)} + b_1 \tilde{\Phi}_2^{(2)} + b_2 \tilde{\Phi}_3^{(2)} + b_3 \tilde{\Phi}_4^{(2)} + [\beta + \delta(z-a)]/\eta; \\ v^{III}(z) &= b_0 \tilde{\Phi}_1^{(3)} + b_1 \tilde{\Phi}_2^{(3)} + b_2 \tilde{\Phi}_3^{(3)} + b_3 \tilde{\Phi}_4^{(3)} + \delta/\eta, \end{aligned} \quad (17)$$

где  $\tilde{\Phi}_1^{(0)}, \tilde{\Phi}_2^{(0)}, \dots, \tilde{\Phi}_4^{(3)}$  – функции от  $z$ , определяемые по формулам (14), (16) при  $\beta = 0, \delta = 0$ .



Решение уравнения (5) при  $\eta_k = 0$  также представлено в форме (17):

$$\begin{aligned}
 v(z) &= b_0 \tilde{\Phi}_1^{(0)} + b_1 \tilde{\Phi}_2^{(0)} + b_2 \tilde{\Phi}_3^{(0)} + b_3 \tilde{\Phi}_4^{(0)} + \beta \frac{(z-a)^4}{4!} + \delta \frac{(z-a)^5}{5!}; \\
 v^I(z) &= b_0 \tilde{\Phi}_1^{(1)} + b_1 \tilde{\Phi}_2^{(1)} + b_2 \tilde{\Phi}_3^{(1)} + b_3 \tilde{\Phi}_4^{(1)} + \beta \frac{(z-a)^3}{3!} + \delta \frac{(z-a)^4}{4!}; \\
 v^{II}(z) &= b_0 \tilde{\Phi}_1^{(2)} + b_1 \tilde{\Phi}_2^{(2)} + b_2 \tilde{\Phi}_3^{(2)} + b_3 \tilde{\Phi}_4^{(2)} + \beta \frac{(z-a)^2}{2!} + \delta \frac{(z-a)^3}{3!}; \\
 v^{III}(z) &= b_0 \tilde{\Phi}_1^{(3)} + b_1 \tilde{\Phi}_2^{(3)} + b_2 \tilde{\Phi}_3^{(3)} + b_3 \tilde{\Phi}_4^{(3)} + \beta(z-a) + \delta \frac{(z-a)^2}{2!},
 \end{aligned} \tag{18}$$

где функции  $\tilde{\Phi}_1^{(0)}(z)$ ,  $\tilde{\Phi}_2^{(0)}(z)$ , ...,  $\tilde{\Phi}_4^{(3)}(z)$  определены формулами

$$\begin{aligned}
 \tilde{\Phi}_1^{(0)} &= 1; \quad \tilde{\Phi}_2^{(0)} = z - a; \quad \tilde{\Phi}_3^{(0)} = (z-a)^2/2; \quad \tilde{\Phi}_4^{(0)} = (z-a)^3/3!; \\
 \tilde{\Phi}_k^{(i)}(z) &= d^i \tilde{\Phi}_k^{(0)} / dz^i, \quad i = 1, 2, 3; \quad k = 1, 2, 3, 4.
 \end{aligned} \tag{19}$$

Построенные решения (15), (17), (18) представляем в матричной форме. С этой целью обозначаем:

$$\bar{v}_k(z) = [v_k, v_k^I, v_k^{II}, v_k^{III}]^T; \tag{20}$$

$$\Delta \bar{v}_{k-1}(a_{k-1}) = \left[ 0, 0, \frac{\Delta M_{k-1}}{\alpha^2 EI}, \frac{\Delta Q_{k-1}}{\alpha^3 EI} \right]^T; \tag{21}$$

$$\Phi_{nk}^{(i)}(z) = \begin{cases} \Phi_{nk}^{(i)}(z), & \text{если } k \neq 0; \\ \tilde{\Phi}_{nk}^{(i)}(z), & \text{если } k = 0, \eta \neq 0; \\ \tilde{\tilde{\Phi}}_{nk}^{(i)}(z), & \text{если } k = 0, \eta = 0 \quad (i = 0, 1, 2, 3; n = 1, 2, 3); \end{cases} \tag{22}$$

$$\Phi_k(z) = \left\| \Phi_{nk}^{(i)}(z) \right\|_{4 \times 4}; \tag{23}$$

$$\bar{b}_{k-1} = [b_0, b_1, b_2, b_3]^T = [v_k, v_k^I, v_k^{II}, v_k^{III}]_{z=a_{k-1}}^T; \tag{24}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{f}_{k-1} &= [(\beta(z-a)^2 + \frac{1}{3}\delta(z-a)^3)/2\eta, (\beta(z-a) + \frac{1}{2}\delta(z-a)^2)/\eta, \\
 &(\beta + \delta(z-a))/\eta, \delta/\eta]^T;
 \end{aligned} \tag{25}$$

$$\bar{g}_k(z) = \left[ \delta \frac{(z-a)^5}{5!} + \beta \frac{(z-a)^4}{4!}, \delta \frac{(z-a)^4}{4!} + \beta \frac{(z-a)^3}{3!}, \delta \frac{(z-a)^3}{3!} + \beta \frac{(z-a)^2}{2!}, \right. \\ \left. \delta \frac{(z-a)^2}{2!} + \beta(z-a) \right]^T, \quad (26)$$

где верхний индекс «т» означает транспортирование, нижний индекс «k» указывает на принадлежность k-му участку интегрирования.

В принятых обозначениях решение задачи имеет вид

$$\bar{v}_k(z) = \Phi_k(z) [ \bar{b}_{k-1} + \Delta \bar{v}_{k-1}(a_{k-1}) ] + \tilde{v}_k(z), \quad (27)$$

где  $\tilde{v}(z)$  – вектор-функция, определяемая по формуле

$$\tilde{v}_k(z) = \begin{cases} 0, & \text{если } k \neq 0; \\ \bar{f}_k(z), & \text{если } k = 0, \eta \neq 0; \\ \bar{g}_k(z), & \text{если } k = 0, \eta = 0. \end{cases} \quad (28)$$

Таким образом, если известны  $\bar{v}_{k-1}, \Delta \bar{v}_{k-1}$  при  $z = a_{k-1}$  в начале k-го участка, то решение на этом участке получается по формулам (27), (28).

3. Примем, что имеется  $k_*$  участков интегрирования уравнений (5), (6) ( $k = 1, 2, \dots, k_*$ ) и при  $z = 0$  известны  $M_0, Q_0$ , а при  $z = H - M_H, Q_H$ .

Допустим вначале, что анкеры отсутствуют. Тогда решение строится следующим образом. Поскольку  $R_a = 0$ , то  $\Delta M = 0, \Delta Q = 0, \Delta \bar{v} = 0$ . Решение задачи (27) на k-м участке принимает вид

$$\bar{v}_k(z) = \left\| \Phi_{nk}^{(i)}(z) \right\| \bar{b}_{k-1} + \tilde{v}_k(z), \quad (29)$$

где

$$\Phi_{nk}^{(i)}(z) = \begin{cases} \Phi_{nk}^{(i)}(z), & \tilde{v}_k(z) = \begin{cases} 0, & \text{если } k \neq 0; \\ \bar{q}_k(z), & \text{если } k = 0. \end{cases} \\ \tilde{\Phi}_{nk}^{(i)}(z), & \end{cases} \quad (30)$$

Используя условия сопряжения (10) и решение (29), получаем:

$$\bar{v}_1(0, \dots, v_0, \theta_0); \bar{v}_2(a_2, \dots, v_0, \theta_0); \dots; \bar{v}_k(a_k, \dots, v_0, \theta_0); \dots; \bar{v}_{k_*}(H, \dots, v_0, \theta_0).$$

В силу краевых условий (8), (9) имеем

$$v_{k_*}(H, \dots, v_0, \theta_0) = v_H; \quad v_{k_*}^I(H, \dots, v_0, \theta_0) = \theta_H / \alpha; \quad (31)$$

$$v_{k_*}^{II}(H, \dots, v_0, \theta_0) = M_H / (\alpha^2 EI); \quad v_{k_*}^{III}(H, \dots, v_0, \theta_0) = Q_H / (\alpha^2 EI). \quad (32)$$

Из системы линейных уравнений (32) можно определить  $v_0, \theta_0$ :

$$v_0 = v_0(M_0, Q_0, M_H, Q_H \dots); \quad \theta_0 = \theta_0(M_0, Q_0, M_H, Q_H \dots), \quad (33)$$

а из уравнений (45) –  $v_H, \theta_H$ . В отсутствие анкеров задача решена.

Пусть в точке  $z_a = a_{k-1}$  к балке присоединен анкер. Возьмем какое-либо малое число  $\delta$  и построим процедуру последовательных приближений.

3.1. Полагаем  $R_a^{(0)} = 0$ ; тогда, согласно (1), (7)  $\Delta M_k^{(0)} = 0$ ,  $\Delta Q_k^{(0)} = 0$ ,  $\eta_k = 0$ ; определяем по (14), (16)  $\Phi_k(z)$  при  $\eta = 0$ ; пользуясь решениями (18), (19) и условиями сопряжения (11), последовательно находим  $\bar{v}_1(0, v_0, \theta_0)$ ;  $\bar{v}_2(a_2, v_0, \theta_0), \dots, \bar{v}_k(a_k, v_0, \theta_0)$ , строим систему алгебраических уравнений и определяем значения начальных параметров  $v_0^{(0)}, \theta_0^{(0)}, v_H^{(0)}, \theta_H^{(0)}$ .

3.2. Зная начальные параметры  $v_0^{(0)}, \theta_0^{(0)}, v_H^{(0)}, \theta_H^{(0)}$  и применяя решения (18), (19), находим прогиб  $v(z_a)$  балки в точке присоединения анкера; вычисляем  $R_a^{(1)}, \Delta M_k^{(1)}, \Delta Q_k^{(1)}, \eta_k^{(1)}$ ; по формулам (14), (16) находим  $\Phi_k^{(1)}(z)$  при  $\eta = \eta_k^{(1)}$ .

3.3. На  $j$ -м «шаге» приближения положим  $R_a^{(j)} = R_a^{(j-1)}$  и по выражениям (29)–(33) найдем параметры  $v_0^{(j)}, \theta_0^{(j)}, v_H^{(j)}, \theta_H^{(j)}$ ; присоединив к ним известные из краевых условий (8), (9) значения  $M_0, Q_0, M_H, Q_H$ , построим векторы начальных параметров  $\bar{b}_0^{(j)}, \bar{b}_H^{(j)}$ :

$$\bar{b}_0^{(j)} = [v_0^{(j)}, \theta_0^{(j)} / \alpha, M_0 / (\alpha^2 EI), Q_0 / (\alpha^3 EI)]^T; \quad (34)$$

$$\bar{b}_H^{(j)} = [v_H^{(j)}, \theta_H^{(j)} / \alpha, M_H / (\alpha^2 EI), Q_H / (\alpha^3 EI)]^T. \quad (35)$$

3.4. Зная  $\bar{b}_0^{(j)}$ , по выражениям (29), (30) находим перемещение  $v^{(j)}(a_{k-1})$  точки  $z = a_{k-1}$ , в которой к балке присоединен анкер; вычисляем  $R_a^{(j)}, \Delta M^{(j)}, \Delta Q^{(j)}$  и строим вектор  $\Delta \bar{v}_{k-1}^{(j)}(a_{k-1})$ .

3.5. При известном  $\Delta \bar{v}_{k-1}^{(j)}(a_{k-1})$  с помощью выражений (22)–(28) определяем параметры  $v_0^{(j+1)}, \theta_0^{(j+1)}, v_H^{(j+1)}, \theta_H^{(j+1)}$  так, как это описано в п. 3.1 для случая  $R_a = 0$ ; по аналогии с (34), (35) строим векторы  $\bar{b}_0^{(j+1)}, \bar{b}_H^{(j+1)}$ .

3.6. Используя формулы (22)–(28), найдем перемещение  $v^{(j+1)}(a_{k-1})$  в точке  $z = a_{k-1}$  и усилие в анкере  $R_a^{(j+1)}$  на  $(j+1)$ -м «шаге» приближения; сравним между собой  $v^{(j)}(a_{k-1})$  и  $v^{(j+1)}(a_{k-1})$ ,  $R_a^{(j)}$  и  $R_a^{(j+1)}$ ,  $\bar{b}_0^{(j)}$  и  $\bar{b}_0^{(j+1)}$ ,  $\bar{b}_H^{(j)}$  и  $\bar{b}_H^{(j+1)}$  по какой-либо норме и потребуем, чтобы

$$\frac{|v^{(j)}(a_{k-1})|}{|v^{(j+1)}(a_{k-1})|} + \frac{|\bar{R}_a^{(j)}|}{|\bar{R}_a^{(j+1)}|} + \frac{|\bar{b}_0^{(j)}|}{|\bar{b}_0^{(j+1)}|} + \frac{|\bar{b}_H^{(j)}|}{|\bar{b}_H^{(j+1)}|} = 4 \pm \delta,$$

где вертикальными черточками обозначена норма величины.

Если последнее условие выполнено, то процедуру последовательных приближений можно закончить; если не выполнено, то перейти к п. 3.3.

Сходимость описанной процедуры последовательных приближений обеспечена, если балка и анкер деформируются в пределах упругости. В

случае появления «пластических» шарниров в анкере или балке необходимо увеличивать в расчетах размеры поперечных сечений последних.

Таким образом, в нашей работе, по-видимому, впервые представлено приближенное аналитическое решение задачи об изгибе заанкеренной гибкой подпорной стенки в слоистом упругом основании и предложена схема алгоритма процедуры последовательных приближений для определения взаимосвязанных величин усилия в анкере и прогибов стенки.

Полученные результаты могут быть использованы для полной автоматизации процессов расчета на прочность тонких заанкеренных стенок причальных и оградительных сооружений лесных портов и береговых лесных складов, а также береговых заанкеренных свайных опор лесозадерживающих сооружений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будин А.Я. Тонкие подпорные стенки для условий Севера. – Л.: Стройиздат, 1982. – 288 с.
2. Клейн Г.К. Строительная механика сыпучих тел. – М.: Стройиздат, 1977. – 256 с.
3. Мильяев А.С., Овчинников М.М. Расчет на прочность гибких шпунтовых стенок лесосплавных гидротехнических сооружений в слоистом грунте // Лесн. журн. – 1995. – № 6. – С. 38–48. – (Изв. высш. учеб. заведений).

С.-Петербургская лесотехническая академия  
Поступила 14. 01. 97

*A.S. Milyaev, M.M. Ovchinnikov, A.I. Furin*

#### **Calculation of Anchored Flexible Retaining Walls in the Layered Soil**

The analytical solution of the problem on bending the retaining wall in the layered flexible basement is presented. The algorithm scheme is suggested for the procedure of progressive approximations for numerical determination of displacement and forcing.

---

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 647.02

*В.В. Соловьев, М. В. Румянцев*

Соловьев Владимир Васильевич родился в 1941 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет 69 печатных работ в области исследования дереворежущих инструментов и процессов резания древесины.



Румянцев Михаил Владимирович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Архангельский государственный технический университет. Аспирант кафедры строительной механики и сопротивления материалов АГТУ. Имеет 2 печатные работы в области исследования трещиностойкости клеевых соединений.



### ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ТРЕЩИН НОРМАЛЬНОГО ОТРЫВА

Опытным путем определена вязкость разрушения клееной древесины с различным расположением годичных слоев; показана возможность использования компактных образцов, рекомендуемых для испытаний изотропных материалов.

Нарушения непрерывности клеевых соединений, возникающие как в процессе изготовления клееной композиции, так и при ее эксплуатации, являются факторами, существенно снижающими несущую способность конструкции. Малая толщина клеевых слоёв позволяет рассматривать их как трещины. При этом оценка прочности, основанная на базе классических критериев наступления предельного состояния, представляется лишь как первое приближение. Уточнение коэффициентов запаса прочности требует изучения условий, определяющих начало распространения дефектов.

В настоящее время используют различные энергетические, деформационные, силовые подходы (критерии) [6] к оценке состояния трещин. Из них наиболее часто применяют силовой критерий. Для трещины, находящейся в условиях сложного напряжённого состояния, его представляют в виде [3]

$$\frac{K_I}{K_{IC}} + \frac{K_{II}}{K_{IIC}} + \frac{K_{III}}{K_{IIIC}} = 1, \quad (1)$$

где  $K_I, K_{II}, K_{III}$  – коэффициенты интенсивности напряжений для трещин, соответственно находящихся в условиях нормального отрыва, плоского и антиплоского сдвига.

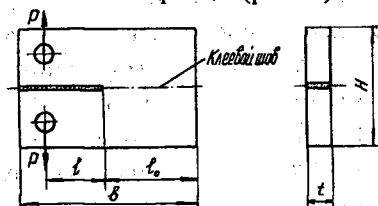
$K_{IC}, K_{IIC}, K_{IIIC}$  – критические коэффициенты интенсивности напряжений, определяющие способность материала сопротивляться развитию трещин по указанным типам деформаций.

Коэффициенты  $K_I, K_{II}, K_{III}$  отражают условия нагруженности конструкции, форму, длину и расположение трещины. Нахождение этих величин составляет задачу теории упругости для тела с разрезом [4].

Коэффициенты  $K_{IC}, K_{IIC}, K_{IIIC}$ , представляющие собой механические характеристики материала, определяют по опытным данным. Методика определения трещиностойкости (вязкости разрушения) материала, утвержденная стандартом [2], разработана лишь для трещин нормального отрыва в изотропных материалах. Методика проведения испытаний для анизотропных материалов находится в стадии разработки. Различные методы определения вязкости разрушения обсуждались применительно к древесине [1, 5]. В работе [5] установлено, что для трещин первого типа наиболее целесообразно проводить эксперимент на компактных образцах, используемых при испытаниях изотропных материалов [2]. Цель нашей работы – рассмотреть возможность применения этой методики при определении трещиностойкости клеевых соединений древесины для трещин нормального отрыва.

Следуя [2, 5], мы использовали компактные образцы (рис. 1).

Рис.1. Образец для испытаний на внецентренное растяжение ( $H$  и  $t$  – высота и толщина образца)



Критический коэффициент интенсивности напряжений определяли по формуле [2]

$$K_{IC} = \frac{P_c}{\pi\sqrt{b}} 13,74 \left( 1 - 3,380 \frac{l}{b} + 5,572 \left( \frac{l}{b} \right)^2 \right), \quad (2)$$

где  $P_c$  – нагрузка, соответствующая началу развития трещины;

$l$  – длина трещины;

$b$  – длина образца.

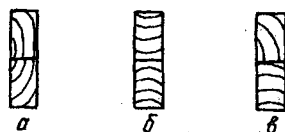
Образцы склеивали из двух деталей. Клей наносили лишь на часть длины ( $l_0$ ) образца. Оставшийся непроклеенный участок образца расценивали как начальную трещину. Длина трещины, входящая в расчетную формулу, указана на рис. 1, ее назначали в соответствии с требованиями [2] в пределах  $(0,45 \dots 0,55)b$ . В последующем, после разрушения образца, длину начальной трещины уточняли. Ее размер принимали как средний по трем измерениям ( $l_1, l_2, l_3$ ) от точки приложения силы до границы клевого шва (рис. 2).

Для опытов использовали образцы из древесины сосны и березы влажностью 7 ... 12 %. Заготовки, содержащие сучки, трещины, синеву и другие дефекты, отбраковывали.

Склеивание производили на основании инструкции по применению каждого вида клея.

В целях изучения влияния анизотропии материала и неоднородностей клееной композиции, обусловленных анизотропией, сортировали детали образцов по ориентации годичных слоев относительно поверхности склеивания. В результате чего образцы были поделены на три группы, отличающиеся ориентацией годичных слоев (рис. 3).

Рис. 3. Расположение годичных слоев: *a* – радиальное, *б* – тангенциальное, *в* – смешанное



В ходе пробных экспериментов установлено, что толщина образца из древесины, в отличие от образца из металлических материалов, не оказывает влияния на величину показателей трещиностойкости. Однако в более толстых образцах неоднородность клевого соединения проявляется в большей степени. Поэтому для получения той же точности результатов требуется испытание большего числа образцов. Кроме того, установлено, что точка *A* на диаграмме разрушения образца (рис. 4), соответствующая началу распространения трещины, расположена в пределах угла  $\beta$  [2]. Тангенс угла  $\alpha_s$  на 5 % меньше тангенса угла наклона касательной к начальному линейному участку диаграммы  $\alpha$ . Поэтому в качестве критической нагрузки  $P_c$  принимали максимальную, которую выдерживал образец до разрушения. Основанием для этого служило и то, что в устойчивом режиме нагружения образца роста трещины не обнаружено.

Результаты испытаний образцов, склеенных ЭПЦ-1 (числитель) и ПВА (знаменатель), представлены в таблице.

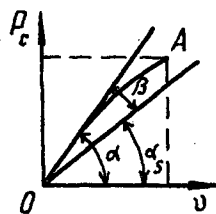


Рис. 4. Диаграмма разрушения образца

### Влияние расположения годовичных слоев на вязкость разрушения образцов

Порода древесины	Расположение годовичных слоев	Марка клея	Вязкость разрушения, МПа · м <sup>1/2</sup>	Среднеквадратичное отклонение, МПа · м <sup>1/2</sup>	Коэффициент вариации, %	Доверительный интервал, МПа · м <sup>1/2</sup>
Сосна	Радиальное	ЭПЦ-1	0,33	0,05	16	[0,30; 0,36]
		ПВА	0,34	0,06	19	[0,30; 0,36]
	Тангенциальное	ЭПЦ-1	0,38	0,08	20	[0,31; 0,45]
		ПВА	0,38	0,05	14	[0,34; 0,42]
	Смешанное	ЭПЦ-1	0,35	0,07	20	[0,29; 0,41]
		ПВА	0,35	0,05	15	[0,29; 0,41]
Береза	Радиальное	ПВА	0,52	0,09	17	[0,46; 0,58]
	Тангенциальное	ПВА	0,60	0,07	12	[0,55; 0,65]

Опыты показали, что развитие трещины, начинающейся в клеевом слое, в последующем переходит в массив древесины. Это характерно для всех случаев расположения годовичных слоев. Разрушение по клеевому шву происходит только в том случае, если нарушено качество клеевого соединения. По-видимому, именно это обстоятельство оказывается причиной того, что вязкость разрушения не зависит от марки клея.

Таким образом, полученные показатели в значительной мере отражают свойства древесины. Об этом свидетельствует тот факт, что вязкость разрушения ( $K_{IC}$ ) зависит от расположения годовичных слоев. Для тангенциального направления вязкость разрушения в среднем на 10 % больше, чем для радиального.

Испытания, проведенные на партиях образцов со случайным расположением слоев, показали, что около 80 % разрушений происходит в древесине с радиальным расположением годовичных слоев. Полученный показатель трещиностойкости можно рассматривать как средний для случайной ориентации годовичных слоев по отношению к плоскости склеивания.

В заключение следует отметить, что определение влияния таких факторов, как старение клеевого шва, изменение влажности древесины и температура окружающей среды, требует проведения дальнейших исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганноев М.М. Определение вязкости разрушения древесины для трещин нормального отрыва // Заводская лаборатория. – 1994. - № 11. – С. 48–54.
2. ГОСТ 25.506–85. Расчёты и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 62 с.
3. Механика разрушения и прочность материалов: Справочное пособие / Под общей ред. В.В. Панасюка. – К.: Наук. думка, 1988. – Т. 1. – 488 с.
4. Механика разрушения и прочность материалов: Справочное пособие / Под общей ред. В.В. Панасюка. – К.: Наук. думка, 1988. – Т. 3. – 620 с.



5. Сенькевич Л.В. К вопросу определения вязкости разрушения древесины при антиплоском сдвиге // Лесн. журн. – 1993. – № 2–3. – С. 45–48. – (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1974. – 640 с.

Архангельский государственный технический университет

Поступила 13.03.2000 г.

*V.V. Solovjev, M.V. Rummyantsev*

### **Study of Crack Resistance of Wood Adhesive Joints for Cracks of Normal Breakaway**

Based on the experiments the crack resistance of glued wood has been determined for wood with different layout of annual rings. The possibility of using the compact samples is demonstrated for testing the isotropic materials.

УДК 630\*024

***Л.А. Кравцова, А.А. Шадрин, А.В. Макаренко***

Кравцова Любовь Александровна окончила в 1974 г. Ухтинский индустриальный институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Московского государственного университета леса. Имеет 20 печатных работ в области технологии переработки древесного сырья на нижних лесных складах и лазерной обработки материалов.



Шадрин Анатолий Александрович окончил в 1974 г. Московский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Московского государственного университета леса. Имеет более 50 печатных работ в области технологии переработки древесного сырья на нижних лесных складах.



Макаренко Андрей Владимирович окончил в 1996 г. Московский государственный университет леса, старший преподаватель кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства МГУЛ. Имеет 3 печатные работы.



## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ ОТ РУБОК УХОДА

Приведена характеристика заготавливаемой в ходе рубок ухода древесины; отмечено, что переработка ее в щепу на передвижных установках в настоящее время низко-рентабельна, а использование в общих деревообрабатывающих цехах достаточно специфично.

Насущной проблемой лесозаготовительной промышленности в настоящее время становится разработка эффективных способов использования древесины от рубок ухода.

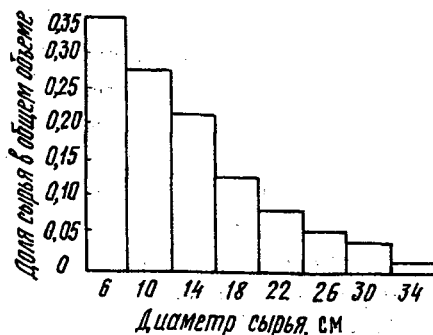
При проведении рубок ухода выборки деревьев определяются двумя факторами: с одной стороны, производитель прежде всего осуществляет систему мероприятий по выращиванию доброкачественной древесины для рубок главного пользования, с другой – стремится к получению экономической выгоды. Это безусловно влияет на выбор деревьев, вызывая серьезные отклонения от лесоводственных требований. То есть выбор деревьев определяется не только лесоводственными требованиями, но и во многом техническими возможностями для переработки заготовленной при этом древесины.

За последнее время объем древесины, которая может быть заготовлена при рубках ухода, постоянно возрастает. Например, в зарубежных европейских странах доля такой древесины значительна: Дания – 50 %, Финляндия – 40 %, Швеция – 25 %. В России ежегодно может быть заготовлено 42,0 млн м<sup>3</sup> древесины от рубок ухода, хотя реальная цифра – 12,6 млн м<sup>3</sup> [3]. Для 1-, 2- и 3-й групп лесов доля промежуточного лесопользования в общем объеме соответственно составляет 44, 15 и 1 % [3].

Структура древесного сырья от рубок ухода по количественным и качественным показателям значительно отличается от древесины рубок главного пользования. Распределение сырья по диаметрам от рубок прореживания и проходных рубок приведено на рисунке (рубки осветления и прочистки не учтены, так как доля сырья диаметром более 6 см от них не превышает 1 %).

Из гистограммы видно, что доля сырья диаметром менее 6 см (хворост) составляет около 35 % от всего объема древесины, объем тонкомера от рубок ухода – 60 %, остальное – крупномер.

Распределение поврежденных деревьев (гниль, кривизна, механические повреждения и др.) по породам следующее: ель – 25,5 %, сосна – 21,3 %, лиственные – еще выше, т. е. к здоровым можно отнести только 26,0 ... 37,0 % деревьев.



Наличие этих качественных и количественных показателей затрудняет совместное использование древесины от рубок ухода и крупномерной древесины в общих технологических потоках лесобработывающих цехов.

Для переработки на щепу хвороста и тонкомера с диаметром до 14 см применяют передвижные и самоходные рубительные машины непосредственно на лесосеке. В последнее время это становится нерентабельно в связи с низкой ценой на щепу из-за большого содержания в ней коры и других примесей. Переработка мелких (6 ... 18 см) круглых лесоматериалов в существующих цехах и на современных поточных линиях с лесопильными рамами [1] также убыточна или вообще невозможна. По мнению автора работы [1] это может быть рентабельно только при использовании агрегатных методов, но и здесь могут возникнуть затруднения из-за повышенной кривизны древесины от рубок ухода. В этом случае встает вопрос о предварительной оцилиндровке бревен фрезерованием. Экономическая оправданность применения агрегатных методов и фрезерно-брусующих станков также во многом определяется объемом обрабатываемой древесины и соотношением между готовыми пиломатериалами и технологической щепой.

Значительные перспективы для обработки этого сырья имеют станки с индивидуальным раскроем каждого бревна. К подобному оборудованию могут быть отнесены ленточнопильные станки с горизонтальным расположением пильного органа и фиксированным расположением единицы сырья во время работы. Кроме того, эти станки обеспечивают небольшую толщину пропила и, что особенно важно, свободную ориентацию сортимента перед распиловкой при любой схеме раскроя (с брусковкой, вкруговую, вразвал, сегментно-тангентальная и др.).

При индивидуальном раскрое каждого бревна существует возможность перерабатывать в одном технологическом потоке древесину как от рубок ухода, так и от рубок главного пользования. Оценить техническую способность станка для совместной обработки можно предварительно изучив диапазон варьирования продолжительности цикла при обработке пиловочных бревен с различными размерно-качественными характеристиками по разным схемам раскроя.

Следовательно переработку древесины от рубок ухода можно проводить по следующим вариантам:

- 1) переработка в общих потоках совместно с деловой древесиной от рубок главного пользования;
- 2) выделение специального участка цеха;
- 3) создание комплексного цеха по переработке древесины непосредственно от рубок ухода.

По всем вариантам необходимо предусмотреть возможность переработки сырья в широком диапазоне параметров с выходом различной готовой продукции. Выбор конкретного варианта или их комбинации требует четкого обоснования по структуре сырья от рубок ухода в конкретном лесном хозяйстве, учета экономических возможностей предприятия, наличия усовершенствованных технологических процессов.

Обоснование предлагаемых вариантов переработки древесины от рубок ухода в условиях леспромхозов в зависимости от конкретных природно-производственных факторов является целью дальнейших исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лурье Л.З.* Агрегатные методы выработки пиломатериалов: Автореф. дис. ... док. техн. наук. - М., 1978.
2. *Несплошные рубки леса / Н.Р. Гильц, В.А. Федоров, В.А. Васюков, К.К. Демин // Лесн. пром-сть, 1986.*
3. *Феоктистов Ф.В.* Механическая переработка низкокачественной древесины и отходов на пилопродукцию // Лесн. пром-сть, 1979.

Московский государственный университет леса  
Поступила 06.12.99

*L.A. Kravtsova, A.A. Shadrin, A.V. Makarenko*  
**On Utilizing the Raw Wood from the Cleaning Cutting**

The characteristic of wood harvested in the course of thinning is presented. It is pointed out that its cutting into chip by the mobile device is unprofitable and using in the common wood-processing workshops is rather specific.

---

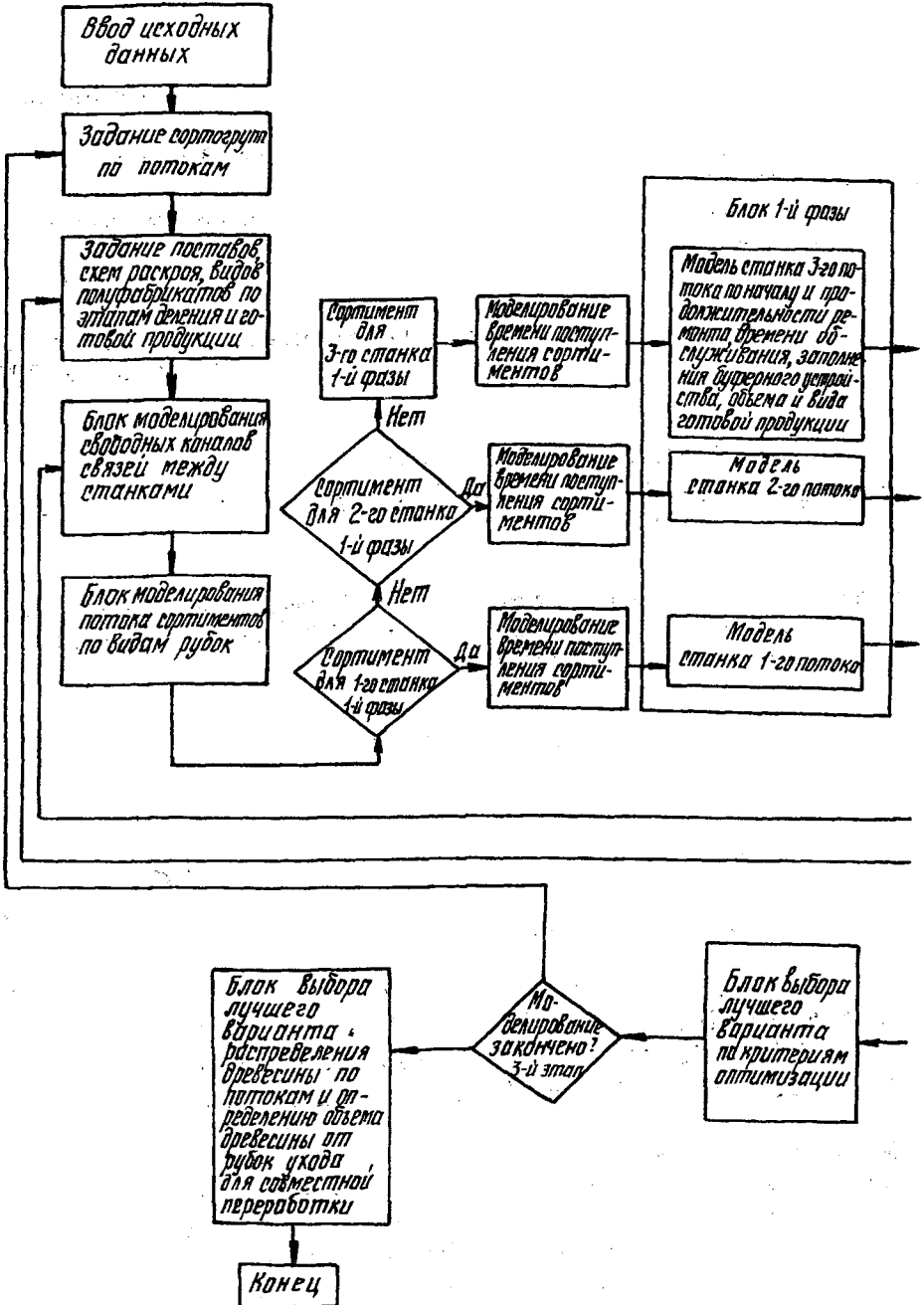
УДК [51.001.57]: 674

*А.А. Шадрин, А.В. Макаренко*

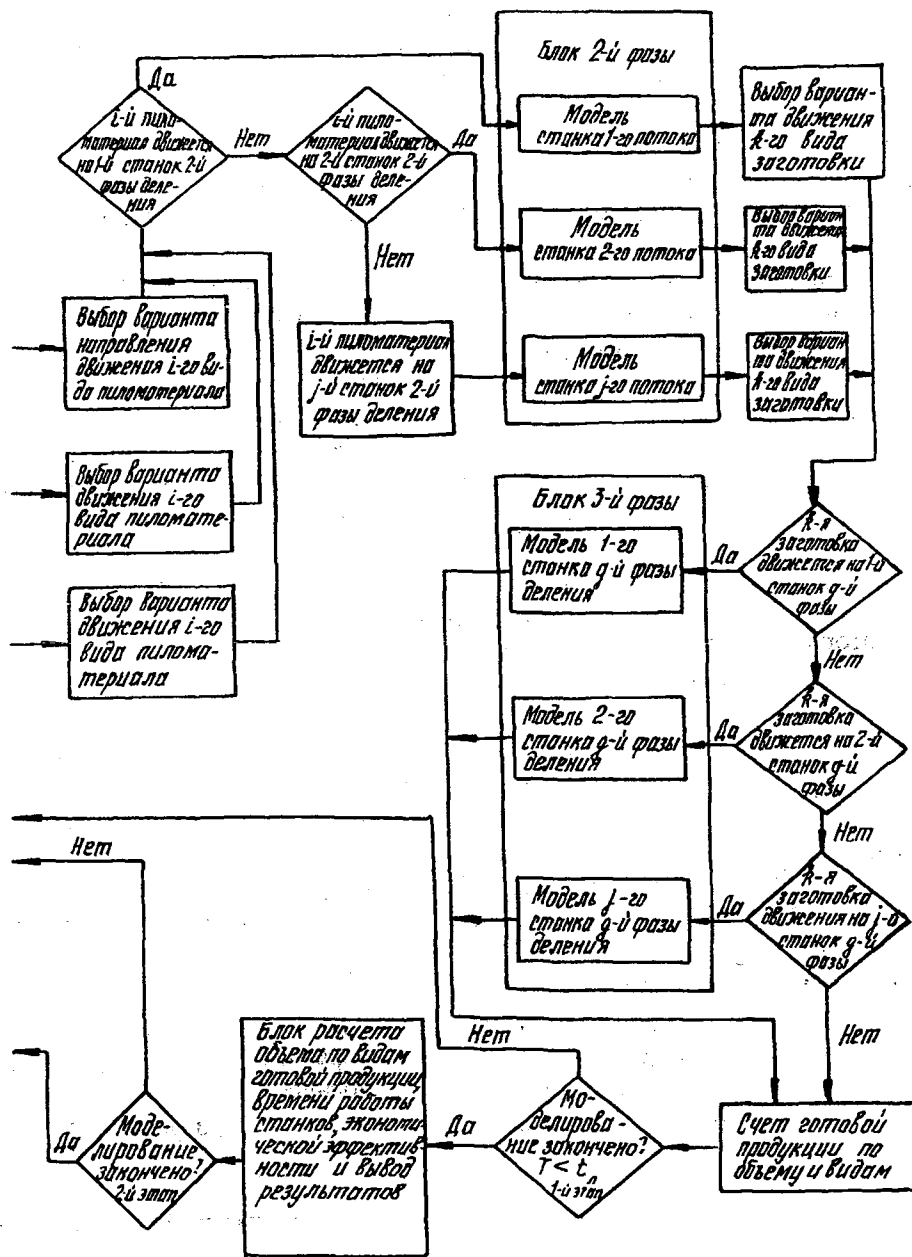
#### **СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СОВМЕСТНОЙ ОБРАБОТКИ СЫРЬЯ ОТ ГЛАВНОГО И ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

Разработана имитационная математическая модель, объединяющая основные факторы, которые оказывают влияние на технологический процесс переработки деловой древесины (размерно-качественная характеристика сырья, требования к пилопродукции, производительность головного оборудования и др.); подобраны критерии оптимизации обработки сырья.

Нами предложена имитационная математическая модель (см. рисунок), предназначенная для решения задач оптимального отделения деловой древесины от древесины промежуточного пользования по размерно-качественным параметрам для обработки в общих и отдельных техноло-



гических потоках; оптимального деления древесины на сортировочные группы; определения объема древесины для эффективной дозагрузки имеющегося оборудования; определения оптимального состава оборудования для совместной обработки древесного сырья\*.



\* Макаренко А. В. Особенности моделирования переработки древесины от рубок ухода в лесообрабатывающих цехах // Сб. асп. работ. – М.: МГУЛ, 1999. – С. 74.

Входными данными рассматриваемой модели являются случайные величины: диаметр и длина сортимента, его качественные показатели, временные характеристики технологического процесса (момент поступления заявки на обработку и продолжительность обработки, момент наступления и продолжительность отказа и др.), разница между сменной загрузкой станка и его производительностью. Поэтому в процессе моделирования для получения конкретных значений этих величин в блоке исходных данных используют статистические вероятностные методы.

Кроме блока исходных данных, модель содержит еще четыре блока, которые характеризуют технологию производства: блок задания значений размерно-качественных показателей для распределения сырья по сорто-группам; блок выбора возможных вариантов поставок, схем раскроя, видов полуфабрикатов и готовой продукции после продольного и поперечного деления на станках; два блока, моделирующих пути движения предмета труда и тип пользования лесом (промежуточное или главное), откуда был получен сортимент, поступающий на обработку.

Моделирование самого технологического процесса производства начинается с моделирования времени поступления объекта обработки на головной станок и выбора вида головного станка в зависимости от размерно-качественных характеристик сортимента. Блок первой фазы деления содержит модели станков, которые рассчитывают вероятность работы и простоя оборудования в зависимости от статистической модели, введенной в блок исходных данных, а также заполняемость буферного устройства, количество полуфабрикатов и готовой продукции. Подобные модели станков, с некоторыми отличиями, имеются во всех остальных фазовых блоках. Вариант движения пиломатериала после распиловки бревна выбирается блоком задания свободных каналов связей.

После моделирования технологического процесса происходит его оптимизация с учетом изменения показателей распределения древесины по сортогруппам, схем раскроя и поставок, выбора свободных каналов связей между используемым оборудованием.

Выбор лучшего варианта осуществляют по двум критериям оптимизации: переменной части приведенного дохода и процентному выходу пиломатериалов. Кроме того, модель минимизирует разницу между сменной загрузкой и производительностью используемых станков.

В результате решения задач моделирования предполагается создание рационального технологического процесса переработки деловой древесины от рубок ухода в общих и отдельных технологических потоках, что особенно важно при изменяющихся экономических условиях и резком снижении объема заготовок.

*A. A. Shadrin, A. V. Makarënko*

## **Development of Mathematical Model for Technological Process of Joint Raw Material Processing from Final Felling and Intermediate Cutting**

A simulation mathematical model is developed combining the main factors affecting the technological process of timber processing - size-and-quality characteristics of raw material, sawn timber requirements, equipment productivity of and other. The criteria for optimizing the raw material treatment are defined.

УДК 624.01.1:674

*Е. Н. Серов*

Серов Евгений Николаевич родился в 1934 г., окончил в 1963 г. Ленинградский инженерно-строительный институт, доктор технических наук, профессор кафедры конструкций из дерева и пластмасс С.-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Имеет более 100 научных работ в области прочности клееной древесины как анизотропного материала.



## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КЛЕЕННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Обосновано применение уточненного критерия, учитывающего прочность клееной древесины при растяжении по наклонным площадкам и поперек волокон (слоев).

Началом использования современных клееных деревянных конструкций (КДК) можно считать 1907 г., когда были получены патенты на синтетическую смолу (Бакулэндом) и клееную древесину (Гетцером), хотя известны и более ранние сооружения на животных клеях в Англии и Швейцарии.

Со второй половины XX века КДК стали широко применять, особенно при возведении большепролетных зданий. Массовое производство КДК было налажено не только в лесобеспеченных странах. Так, лесодефицитная Германия, импортирующая более 80 % лесоматериалов, к 1982 г. производила их в 5 раз больше, чем бывший СССР.



Это объясняется тем, что изделия из КДК обладают высокой прочностью, химической нейтральностью и огнестойкостью. К тому же древесина представляет собой возобновляемое сырье. Энергоемкость производства пиломатериалов в 4 – 126 раз меньше, чем других материалов, используемых для несущих конструкций.

Склеивание древесины приводит к нетрадиционным средствам связи, несвойственным для конструкций из цельной древесины (ДК).

Напряженно-деформированное состояние (НДС) КДК также изменяется по сравнению с ДК, так как клееной древесине свойственна повышенная степень анизотропии. Прочность ее вдоль волокон возрастает за счет вырезания крупных пороков из отдельных слоев в клееном многослойном пакете. Прочность поперек волокон, наоборот, уменьшается вследствие неизбежного наличия кососрезанных волокон в каждом слое и склеивания ламелей по этим скосам, а в зоне сучков – практически поперек волокон.

Доказано, что с течением времени степень анизотропии древесины увеличивается [6, 9]. Необходимые расчетные характеристики для оценки НДС принимают по данным [7], а также по другим исследованиям [13].

Устоявшиеся и апробированные длительной практикой методы конструирования и расчета ДК при переносе без корректировки на КДК во многих случаях оказываются не пригодными, не соответствующими возможностям и особенностям работы клееной древесины [7, 13].

Опыт массового использования КДК показал, что в некоторых из них при эксплуатационных нагрузках возникают существенные дефекты и повреждения, приводящие в итоге к отказам – авариям (разрушению).

Наблюдаемое макроразрушение связывают с широким диапазоном причин: применение некачественных клеев, различные технологические недостатки, режимы эксплуатации и др. Реже анализируется конкретное конструктивное решение его действительным НДС.

Отказы КДК пытаются объяснить наличием точек с большими, чем в расчетных сечениях, напряжениями [8], накоплением повреждений в узких активных зонах с высоким уровнем напряжений у кромок [4].

Объяснение возникновения в КДК магистральных трещин от действия только касательных напряжений дало повод сначала для введения в нормы коэффициента 0,6 при расчете сопротивления клееной древесины скалыванию, а затем существенного его уменьшения. Это не вскрыло сущности явления, а завуалировало его.

Экспериментальные исследования и диагностика различных типов натуральных КДК показали, что очаги первых признаков разрушения возникают часто вне зон, проверяемых расчетом по максимальным напряжениям, т. е. условие

$$\sigma_i / R_i m_i \leq 1 \quad (1)$$

оказывается недостаточным.

Здесь  $\sigma_i$  – максимальное (нормальное, касательное) напряжение, выделенное из плоского НДС;

$R_i$  – соответствующее расчетное сопротивление (в некоторых странах допускаемое напряжение  $[\sigma_i]$ );

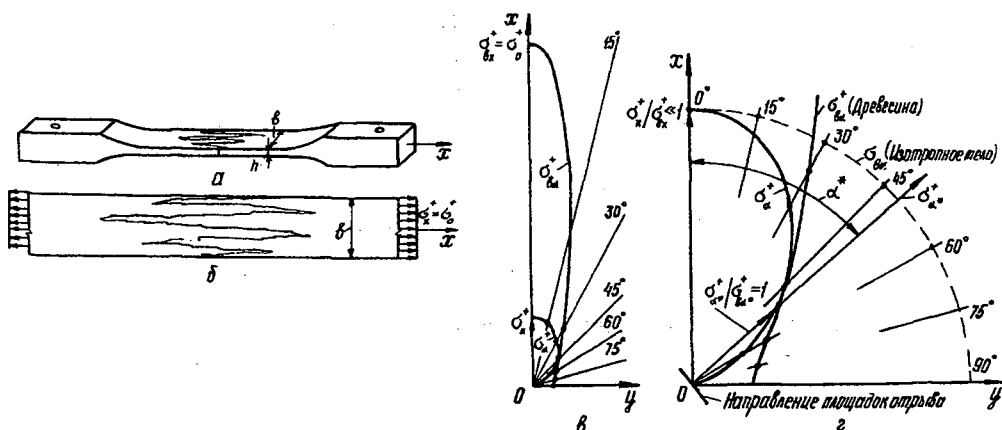
$m_i$  – совокупность коэффициентов условий работы, геометрии сечения, толщины слоев и др.

Нашими исследованиями доказана необходимость дополнительной оценки прочности КДК по категориям, учитывающим все компоненты плоского, а иногда и объемного НДС.

Оценку осуществляют не в тех сечениях, где  $\sigma_i$  максимально, а в тех зонах, где меньшие по величине приведенные напряжения  $\sigma_\alpha$  больше приближены к границе прочного сопротивления материала, что опаснее максимальных. Эта особенность очень анизотропного материала проявляется при испытании даже стандартных образцов древесины [1, 2, 5, 12].

Здоровая (чистая) древесина, например, при растяжении вдоль волокон никогда не разрушается по площадкам, перпендикулярным к направлению усилий: отрыв происходит не по поперечному сечению, как в металле, а по серии зацепистых наклонно расположенных в рабочей зоне трещин (см. рисунок а, б).

Картина наблюдаемого отрыва убеждает, что предельное состояние под углом к волокнам ( $\sigma_\alpha^+ / \sigma_{\alpha\alpha}^+ = 1$ ) наступает значительно раньше, чем вдоль волокон ( $\sigma_0^+ / \sigma_{00}^+ \ll 1$ ). Это легко видно на образце, а также при совмещении эпюр действующих приведенных напряжений  $\sigma_\alpha^+$  и временных сопротивлений древесины  $\sigma_{\alpha\alpha}^+$  в полярных координатах (см. рисунок в, г).



Одноосное растяжение чистой древесины сосны вдоль волокон: а – общий вид образца, имеющего разрушения в рабочей зоне с зацепистыми берегами трещин под углом к направлению волокон  $X$  ( $\sigma_{\alpha\alpha}^+ \gg \sigma_\alpha^+$ ;  $R_0^+ \gg R_{\alpha\alpha}^+$ ); б – фрагмент образца в области отрыва; в – полярные диаграммы действующих напряжений  $\sigma_\alpha^+$  при  $\sigma_x^+ = 103,5$  МПа по [1] и предполагаемых временных сопротивлений древесины  $\sigma_{\alpha\alpha}^+$  при  $\sigma_{\alpha\alpha}^+ \approx 515 \dots 520$  МПа; г – фрагмент полярных диаграмм  $\sigma_x^+ - \sigma_\alpha^+$  и  $\sigma_{\alpha\alpha}^+$  (пунктирная линия –  $\sigma_{\alpha\alpha}^+$  изотропного тела,  $\sigma_{\max}^+ / \sigma_{\alpha\alpha}^+ = 1$ ; сплошная –  $\sigma_{\alpha\alpha}^+$ ,  $\sigma_\alpha^+$  древесины,  $\sigma_{\max}^+ / \sigma_{\alpha\alpha}^+ \ll 1$ ;  $\sigma_\alpha^+ / \sigma_{\alpha\alpha}^+ = 1$ )

Естественно, что в КДК типа балок, арок и рам при плоском НДС приведенные напряжения, максимально приближающиеся к кривой  $\sigma_{\alpha}^+$  древесины, будут действовать под углом к направлению волокон [7, 13].

Единого общепризнанного критерия оценки плоского НДС КДК в мировой практике пока не существует. В США и Германии для отдельных проверок используют критерий Норриса

$$\Sigma (\sigma_i^2 / [\sigma_i]^2) \leq 1, \quad (2)$$

где  $[\sigma_i]$  – допускаемые напряжения, соответствующие действующим  $\sigma_i$ .

Критерий Норриса предполагает рассмотрение площадки в главных осях анизотропии материалов, что приводит к ошибочным результатам [3]. В наши нормы [10] уже включен критерий, основанный на первой классической теории разрушения. Он рассматривает приведенные напряжения на наклонных площадках, хорошо согласуется с результатами экспериментально-теоретических исследований и имеет вид

$$\sigma_{\alpha} / R_{\alpha} m_i \leq 1. \quad (3)$$

Однако это воззрение, которое связывает несущую способность КДК не столько с максимальными напряжениями, сколько с относительной величиной критерия (3) в направлениях сильно уменьшенной прочности материала, еще не вполне используется специалистами при оценке предельного состояния конструкций.

В критериальной оценке КДК по (3) весьма опасны даже незначительные  $\sigma_y^+$ , растягивающие древесину поперек волокон, но не учитываемые по действующим отечественным и зарубежным нормам. Они возникают в различных подрезках, местах локального приложения сосредоточенных сил  $P$  и других случаях. Например, в стойках рам на подветренной стороне здания при дискретном креплении ограждающих конструкций возникает простое, хотя и незначительное, растяжение поперек волокон.

В балках [11] при действии сосредоточенных грузов и опорных реакций за пределами «прижима» на расстоянии от линий действия силы  $P$  при  $x = h (1 \pm 0,15)$  в диапазоне  $y = \pm 0,25 h$  от «нейтрального» слоя наибольшие «всплески» отрывающих напряжений определяются по формуле

$$\sigma_y^+ \approx 2 P \eta_p / bh; \quad (4)$$

где  $\eta_p$  – ордината положительной части эпюры нормальных напряжений от единичной сжимающей сосредоточенной силы,

$$\eta_p \approx (y/h)^3 + 0,1(y/h)^2 + 0,016. \quad (5)$$

Пробное явление возникает в трехшарнирных рамах и арках от распора. В рамах типа «бумеранг» (ДГР) с подрезками в ригеле (серия 1.822–1, вып. 1 и 2) возникают дополнительные касательные  $\Delta\tau_{xy}$  и нормальные  $\sigma_y^+$  напряжения:

$$\Delta\tau_{xy} = \sigma_x \operatorname{tg} \alpha_n; \quad \sigma_y^+ = \sigma_x \operatorname{tg}^2 \alpha_n, \quad (6)$$

где  $\alpha_n$  – угол между направлениями волокон древесины и линией подрезки.

Эксцентриситет  $e$  при передаче нормальных сил  $N$  в сжато-изгибаемых элементах сопряжено с  $\Delta\tau$  и  $\sigma_y^+$ , которые с увеличением пролетов, например арок типа МДА, также приводили НДС элементов по критерию (3) в запредельное состояние. При этом

$$\Delta\tau_{\max} = 0,75 Ne/bh^2. \quad (7)$$

В криволинейных участках КДК при изгибе, уменьшающем кривизну элемента, радиальные напряжения  $\sigma_r^+$  часто превосходят возможности клееной древесины при растяжении поперек волокон. Расчет кривых брусьев по формуле Навье, заложенный в отечественные и зарубежные нормы, позволяет определить тангенциальные  $\sigma_\theta$  и радиальные  $\sigma_r$  напряжения только в двух точках сечения. По нашему убеждению, при расчете следует использовать формулы, отвечающие физической сущности работы кривых брусьев:

$$\sigma_{\theta i} = M(r_0 - r_i)/Fy_0r_i; \quad (8)$$

$$\sigma_{r i} = M[\ln(r_i - r_0) + r_0(r_i - r_1)/r_i r_1], \quad (9)$$

где  $r_0, r_1, r_i$  – соответственно радиусы кривизны «нейтрального слоя», ближайшей к центру кривизны кромки и рассматриваемой фибры;

$y_0$  – расстояние от центра тяжести сечения до нейтрального слоя.

Объем статьи не позволяет раскрыть другие белые пятна в современных нормах проектирования КДК.

Некоторые предложения уже переданы в ЦНИИСК и частично изложены в первой части пособия [14].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ашкенази Е.К.* Опыт применения первой классической гипотезы к оценке прочности древесины при сложных напряженных состояниях // Техн. информ. по результатам научно-исследовательских работ. – Л.: ЛТА, 1954. – № 15. – С. 27–32.
2. *Белянкин Ф.П.* Прочность древесины при скалывании вдоль волокон. – К.: АН УССР, 1955. – 140 с.
3. *Белянкин Ф.П., Яценко В.Ф., Марголин Г.Г.* Прочность и деформативность стеклопластиков при двухосном сжатии. – К.: Наук. думка, 1971. – 153 с.
4. *Иванов Ю.М.* Влияние размеров элементов на прочность конструкций при изгибе // Лесн. журн. – 1994. – № 1. – С. 62–65. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Иванов Ю.М.* К вопросу исследования складки разрушения древесины при сжатии вдоль волокон // Тр. Ин-та леса. – М.: АН СССР, 1953. – Т. IX. – С. 115–120.
6. *Иванов Ю.М., Славик Ю.Ю.* Длительная прочность древесины при растяжении поперек волокон // Строительство и архитектура. – 1986. – № 10. – С. 22–26. – (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Исследование прочности клееной древесины при работе под различными углами к волокнам / Б.В. Лабудин, Е.Н. Серов, Ю.А. Варфоломеев, В.А. Катаев // Лесн. журн. – 1990. – № 6. – С. 61–64. – (Изв. высш. учебных заведений).

8. *Клименко В.З., Рудник Т.С.* Расчет конструкций из клееной древесины на ЭВМ с учетом сложного напряженного состояния материала // Расчет и компьютерное проектирование деревянных конструкций: Материалы семинара. – Владимир – Суздаль, 1991. – С. 9–10.

9. *Орлович Р.Б.* Длительная прочность и деформативность конструкций из современных материалов при основных эксплуатационных воздействиях: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Брест, 1990. – 21 с.

10. Пособие по проектированию деревянных конструкций (К СниП II-25–80) / ЦНИИСК. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.

11. *Серов Е.Н.* Анализ напряженного состояния клееных балок в зоне наблюдаемого разрушения // Лесн. журн. – 1986. – № 6. – С. 55–61. – (Изв. высш. учеб. заведений).

12. *Серов Е.Н.* Особенности разрушения стандартных образцов и их связь с работой конструкций // Лесн. журн. – 1994. – № 1. – С. 75–79. – (Изв. высш. учеб. заведений).

13. *Серов Е.Н.* Рациональное использование анизотропии прочности материалов в клееных деревянных конструкциях массового изготовления: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Л., 1988. – 21 с.

14. *Серов Е.Н., Санников Ю.Д.* Проектирование клееных деревянных конструкций: Учеб. пособие. Ч. 1. Проектирование балок и стоек каркасных зданий. – СПб ГАСИ, 1995. – 140 с.

С.-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

Поступила 10.03.2000 г.

*E.N. Serov*

## **Improving the Design Rules for Glued Laminated Structures**

The use of adjusted criterion is substantiated that takes into account the strength of glued laminated timber (beams, arches and frames) extended along the inclined areas and across grain (layers).

---

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 630\*813.11

*А.М. Айзенштадт, М.В. Богданов, К.Г. Боголицын,  
Д.С. Косяков, О.Е. Кривоногова*

Айзенштадт Аркадий Михайлович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАИН. Имеет более 100 печатных трудов в области теории растворов и физикохимии полимеров.



Богданов Михаил Владиславович родился в 1964 г., окончил в 1986 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры физической и коллоидной химии Архангельского государственного технического университета. Имеет более 50 печатных трудов в области теории растворов и физикохимии полимеров.



Боголицын Константин Григорьевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической и коллоидной химии Архангельского государственного технического университета, директор Научно-исследовательского института химии и химической технологии при АГТУ, академик РИА и РАИН, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 200 научных трудов в области разработки физико-химических основ процессов переработки древесины.



Косяков Дмитрий Сергеевич родился в 1972 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры физической и коллоидной химии Архангельского государственного технического университета. Имеет 17 печатных работ в области физикохимии редокс-систем в водно-спиртовых растворах.



## ОЦЕНКА РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПРЕПАРАТОВ ЛИГНИНА

Потенциометрическим методом с использованием системы феррицианид-ферроцианид калия в качестве медиатора получены значения эффективного окислительного потенциала для различных препаратов лигнина в щелочных водных растворах. Предложено использовать полученный параметр в качестве критерия реакционной способности лигнина в редокс-реакциях.

Ранее [1] нами по экспериментальным данным были рассчитаны значения «эффективного потенциала»  $E_2^{01}$  мономерных модельных соединений структурного звена лигнина, родственных лигнинам хвойной древесины. Полученная характеристика является критерием реакционной способности этих органических веществ в редокс-взаимодействии и функцией строения органического субстрата. Установлено, что если использовать структуру фенола в качестве базовой, не содержащей в боковой цепи заместителей, то наличие, например, метоксильной группы в *орто*-положении по отношению к фенольному гидроксилу значительно повышает реакционную способность мономерной единицы ( $E_2^{01}$  уменьшается с 853 мВ у фенола до 678 мВ у гваякола), карбонильная группа, наоборот, оказывает стабилизирующее действие. Так, для ванилина  $E_2^{01} = 862$  мВ.

В задачу исследований, представленных в данной работе, входит оценка возможности использования критерия реакционной способности при интерпретации данных, полученных для различных препаратов лигнина.

Как известно, молекула лигнина построена главным образом из фенилпропановых структурных звеньев, бензольное кольцо имеет гидроксильную группу в *пара*-положении по отношению к пропановой цепи и (для хвойных лигнинов) метоксильную группу в *мета*-положении к ней (базовая модель – гваякол,  $E_2^{01} = 678$  мВ). Однако «эффективный потенциал» модельных соединений по сути является неким физико-химическим параметром, характеризующим активность фенольного гидроксила в реакциях окисления-восстановления. Но на окисление лигнинной макромолекулы будут влиять, как минимум, еще два фактора: доступность фенольного гидроксила (стерический фактор) и функциональный состав препарата, определяющийся способом его выделения или получения. Поэтому не следует ожидать совпадения абсолютных значений  $E_2^{01}$  для препаратов лигнина и модельных соединений его структурного звена с близким набором заместителей.

Параметр  $E_2^{01}$  для лигнинных препаратов является интегральным показателем, характеризующим не только активность фенольного гидроксила, но и влияние на нее пространственного расположения молекулы полимера в целом. Сравнение препаратов лигнина по их «эффективному потенциалу», на наш взгляд, имеет физический смысл только для тех из них, которые объединены общими условиями получения (диоксанлигнины, сульфатные лигнины и др.).

Построение шкалы реакционной способности различных типов лигнинов позволит оценить эффективность методов химической переработки

древесины, предложить новые пути химической трансформации лигнина. Полученные нами экспериментальные результаты следует рассматривать как первичную информацию для развития этого направления.

Отличительной особенностью методики расчета параметра  $E_2^{01}$  является невозможность использования для этих целей спектрофотометрических данных, так как характеристическая полоса медиатора при 420 нм для большинства препаратов лигнина закрыта. Поэтому нами был предложен потенциометрический способ расчета равновесных концентраций окисленной и восстановленной форм медиатора в процессе окисления препаратов лигнина.

В термостатированную при  $(25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$  стеклянную реакционную ячейку с вмонтированными платиновым и хлорсеребряным (ЭВЛ-1МЗ) электродами (электрод сравнения подключали к реакционной смеси через агар-агаровый электролитический ключ, заполненный насыщенным раствором хлорида натрия), подключенными к цифровому ионномеру, помещали определенный объем (23 или 24 мл) окислительно-восстановительной системы (ОВС) феррицианид-ферроцианид калия (общий объем реакционной смеси для всех экспериментов – 25 мл), чтобы концентрация окислителя в реакционной среде составила  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/л. (Соотношение концентраций окисленной и восстановленной форм  $[\text{Ox}] : [\text{Red}] = 100:1$ , растворитель 0,01М гидроксид натрия).

В процессе эксперимента фиксировали начальное значение потенциала  $E_{\tau=0}$ , добавляли 1 или 2 мл исследуемого лигнина, предварительно растворенного в 0,01М гидроксиде натрия и выдержанного не менее 24 ч. Исходная концентрация препаратов лигнина составляла 1 или 2 г/л в зависимости от содержания в нем фенольных гидроксильных групп. После этого при постоянном перемешивании раствора магнитной мешалкой фиксировали потенциал смеси в момент достижения постоянного значения параметра  $E_\tau$  (через 10 мин). Далее определяли параметр  $\Delta E = E_{\tau=0} - E_\tau$ . Расчет значений равновесных концентраций  $[\text{Ox}]_\tau$  и  $[\text{Red}]_\tau$  осуществляли следующим образом.

Известно, что измеряемый любым индифферентным электродом окислительный потенциал исходной обратимой ОВС подчиняется уравнению Нернста (температура  $25^\circ\text{C}$ ):

$$E_{\tau=0} = E_0 + 0,059 \lg([\text{Ox}]_0/[\text{Red}]_0) + 0,059 \lg(\gamma_{\text{Ox}}/\gamma_{\text{Red}}),$$

где  $[\text{Ox}]_0$ ,  $[\text{Red}]_0$  – начальные концентрации окисленной и восстановленной форм медиатора;

$\gamma_{\text{Ox}}$  и  $\gamma_{\text{Red}}$  – коэффициенты активности окисленной и восстановленной форм при данной ионной силе раствора.

Добавление в ОВС исследуемого препарата приводит к протеканию окислительно-восстановительных взаимодействий между ними. При этом изменяется начальное соотношение Ох- и Red-форм: количество окисленной формы уменьшается на величину  $X_\tau$ , а восстановленной – увеличивается на ту же величину. Тогда разница значений ЭДС между исходной ОВС ( $E_{\tau=0}$ ) и



ее смесь с анализируемой пробой (при постоянстве ионной силы раствора) через время  $\tau$  ( $E_\tau$ ) будет определяться выражением

$$\Delta E = 0,0591 \lg \{ 1 + [\text{Ox}]_0 / [\text{Red}]_0 \} / (1 - y),$$

где  $E_\tau = E_0 + 0,059 \lg ([\text{Ox}]_\tau / [\text{Red}]_\tau) + 0,059 \lg (\gamma_{\text{Ox}} / \gamma_{\text{Red}})$ ;

$$y = ([\text{Ox}]_0 - [\text{Ox}]_\tau) / [\text{Ox}]_0.$$

Можно записать

$$X_\tau = [\text{Ox}]_0 - [\text{Ox}]_\tau = [\text{Red}]_\tau - [\text{Red}]_0.$$

Если обозначить  $\alpha = 10^{\Delta E / 0,059}$ , тогда

$$\alpha = (1 + [\text{Ox}]_0 / [\text{Red}]_0) / (1 - y),$$

откуда

$$y = (\alpha - 1) / (\alpha + [\text{Ox}]_0 / [\text{Red}]_0).$$

Расчет равновесных концентраций Ox- и Red-форм препаратов лигнина осуществляли по содержанию фенольных гидроксильных групп в исследуемом препарате с учетом порядков реакции, установленных при изучении кинетики окисления модельных соединений структурного звена лигнина ( $n_{\text{Ox}} = 2$ ,  $n_{\text{орг.в}} = 1$ ). Так, концентрацию окисленной и восстановленной форм лигнинной макромолекулы определяли из следующих соотношений:

$$[\text{Ox}]_л = 0,5 ([\text{Ox}]_0 - [\text{Ox}]_\tau);$$

$$[\text{Red}]_л = [\text{PhOH}]_0 - [\text{Ox}]_л.$$

где  $[\text{PhOH}]_0$  – концентрация фенольных OH-групп в реакционной среде.

«Эффективный потенциал» препаратов лигнина рассчитывали по уравнению для модельных соединений.

Характеристика используемых препаратов лигнина приведена в табл. 1.

Таблица 1

Препарат*	$\bar{M}_w$	%				
		$[\text{OH}]_{\text{фен}}$	$[\text{OH}]_{\text{общ}}$	$[\text{OCH}_3]$	$[\text{HCO}]$	$[\text{COOH}]$
1. Сульфатный хвойный лигнин	4 390	6,12	-	11,00	-	5,31
2. Лигносульфونات хвойные технические	47 850	1,39	-	-	-	-
3. Еловый лигнин Бьеркмана	8 800	2,65	9,52	14,90	2,24	-
4. »	38 000	2,70	9,80	14,70	2,30	-
5. Диоксан-лигнин сосны	27 600	2,74	10,90	14,80	5,87	-
6. Диоксан-лигнин ели	41 200	2,98	9,20	16,00	3,58	-

\* Препараты лигнина предоставлены Институтом химии и химической технологии АГТУ.

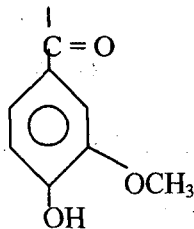
Таблица 2

Препарат	$[\text{PhOH}]_0 \times 10^4$ , моль/л	$\Delta E = a / (1 + be^{-ct})$			$r$	$\Delta E$ , мВ	$E_2^{01}$ , мВ
		a	b	c			
1	2,88	34,79	-0,29	1,70	0,99	49	763±1
	1,44	26,03	-0,25	1,62	0,99	35	
	8,64	41,70	-0,40	3,57	0,99	70	
2	12,84	17,16	-0,61	4,05	0,99	44	831±9
	1,47	7,52	-0,53	0,74	0,99	16	
	6,42	17,16	-0,34	0,99	0,99	26	
3	2,50	19,47	-0,41	2,66	0,98	33	815±3
	1,25	13,56	-0,41	2,28	0,98	23	
4	0,64	1,99	-0,68	0,15	0,96	6	853±3
	1,28	5,25	-0,53	0,74	0,99	11	
5	1,28	7,38	-0,43	0,88	0,99	15	837±3
	1,61	10,37	-0,47	3,05	0,98	19	
6	0,74	1,99	-0,68	0,15	0,95	6	850±6
	1,48	6,76	-0,48	1,29	0,99	13	
	1,84	8,37	-0,47	3,05	0,98	16	

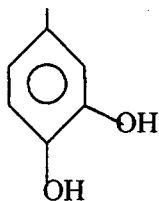
Примечание.  $r$  – коэффициент корреляции.

Для определения более корректных значений равновесного потенциала реакционной смеси проведена аппроксимация экспериментальных значений  $\Delta E$  уравнением вида  $\Delta E = a/(1 + be^{-ct})$ . После математической обработки экспериментальных данных, полученные функциональные зависимости были экстраполированы на значения  $1/\tau = 0$ . Значения потенциала при  $1/\tau = 0$  были использованы при расчетах в качестве равновесных потенциалов. Результаты математической обработки экспериментальных данных представлены в табл. 2.

Таким образом, «эффективный потенциал» препаратов лигнина является комплексной количественной характеристикой содержания различных функциональных групп в лигнине. Сложность такой количественной оценки для лигнина обусловлена тем, что его химические свойства и реакционная способность изменяются в довольно широких пределах благодаря взаимному влиянию функциональных групп и пространственному расположению фенилпропановых звеньев. Так, фенольная гидроксильная группа [2, 3] в структурах типа



имеет повышенную кислотность (рК 7 ... 8), что связано с отрицательным индукционным эффектом СО-группы и эффектом сопряжения. В свою очередь, фенольные группы с углеродными заместителями в этом же положении имеют низкую кислотность (рК >10, до 14). В лигнинах, прошедших различную химическую обработку, могут появляться фенольные группы и других типов, например пирокатехиновые:



Подобные превращения могут происходить и с другими функциональными группами.

Полученные нами данные показали, что реакционная способность, оцениваемая величиной  $E_2^{01}$ , для лигнинов, близких к нативному, в водно-щелочной среде близка по значению у препаратов Бьеркмана и диоксанлигнинов. Однако прослеживается зависимость величины «эффективного потенциала» от молекулярной массы образца, т.е. от конформационных свойств молекулы полимера. Что касается технических лигнинов, то в этом случае параметр  $E_2^{01}$ , по-видимому, определяется специфическими изменениями функционального состава, обусловленными технологическими режимами процесса делигнификации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенштадт А.М., Богданов М.В., Боголицын К.Г. Реакционная способность модельных соединений структурного звена лигнина // Лесн. журн. – 1998. – № 2–3. – С. 83–89. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Закус Г.Ф. Функциональный анализ лигнинов и их производных. – Рига: Зинатне, 1987. – 230 с.
3. Лигнины (структура, свойства, реакции) // Под ред. К.В. Сарканена и К.Х. Людвиг; Пер. с англ. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – 632 с.

Архангельский государственный технический университет

Поступила 20. 04. 98

*A.M. Aizenschtadt, M.B. Bogdanov, K.G. Bogolitsyn, D.S. Kosyakov,  
O.E. Krivonogova*

#### Assessment of Lignin Compounds Reactivity

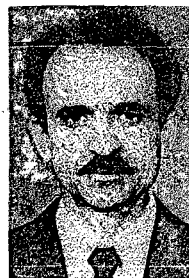
The values of efficient oxidizing potential for different lignin compounds in alkali water solutions have been obtained by the potentiometric method using the system of

ferricyanide ferricyanide potassium as the mediator. The compound obtained is suggested to be used as the criterium of lignin reactivity in redox-reactions.

УДК 630\*863.5

### *А.В. Канарский*

Канарский Альберт Владимирович родился в 1946 г., окончил в 1975 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, заместитель директора по научной работе Волжского НИИ ЦБП, директор Волжского гидролизно-дрожжевого завода. Имеет 120 печатных трудов в области адсорбции и применения адсорбентов из растительных полимеров; механической, химической и биохимической переработки однолетних растений и древесины; управления научными и производственными коллективами, занимающимися созданием новой техники и технологии.



## **ПЕРСПЕКТИВЫ БИОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ**

Рассмотрена целесообразность применения биохимической переработки древесного сырья в производстве целлюлозы, бумаги, картона, кормов для животных, спирта.

Биоконверсия древесного сырья в промышленных условиях волновала ученых и инженеров давно. Значительным достижением в развитии биохимической переработки древесины является организация микробиологического производства спирта и кормового белка из древесных гидролизатов. Имеется множество попыток использовать методы биотехнологии для получения из лигноцеллюлозного материала и других продуктов.

Анализ научно-технических предложений в области биохимической переработки древесины и определения возможности их применения в промышленности следует проводить весьма осторожно, так как отрицание инновационных предложений может привести к необоснованной ликвидации научных исследований в этой отрасли.

Исходя из этого, оценим инновации со следующих позиций.

1. Предлагаемая технология альтернативна существующим по энерго- и трудозатратам, материалу- и капиталоемкости.
2. Предлагаемая технология, по сравнению с существующей, снижает техногенную нагрузку на окружающую среду.
3. Предлагаемая технология позволяет получить продукт соответствующего качества. Причем цены на продукт, изготавливаемый по этой технологии, сопоставимы с действующими ценами.

Сравнение способов биохимической переработки древесного сырья следует начинать с работ, в которых разрушение древесины в естественных условиях под воздействием микроорганизмов моделируется в производственных условиях. Этот промышленный биопроцесс можно классифицировать как метод твердофазной ферментации древесного сырья (щепы, стружки, опила и т. д.) в газовой среде.

Применение такого способа ферментации для выделения технических видов целлюлозы из древесного сырья маловероятно. Практически в природе отсутствуют микроорганизмы, способные осуществить процесс биоконверсии лигноцеллюлозных материалов с достаточной скоростью и экономичностью.

Использование с этой целью базидиальных дереворазрушающих грибов является новым направлением технической микологии и биотехнологии [1, 2].

Получение высокопродуктивных штаммов путем конструирования продуцентов с помощью методов генной инженерии, биологического скрининга – дорогостоящий и длительный процесс, требующий всестороннего глубокого контроля и осторожности при дальнейших лабораторных и промышленных испытаниях.

Имеется определенная опасность для окружающей среды при создании промышленных штаммов микроорганизмов, так как возрастает возможность интенсивного поражения растительности в районе биохимического предприятия.

Более реальным является получение из отходов древесины и целлюлозно-бумажного производства пищевого белка (плодовых тел) и белково-растительных добавок для кормления жвачных животных (биомасса гриба с остатками субстрата). О значимости пищевого белка грибов в питании человека известно давно. Высокое содержание белка, жиров, углеводов, витаминов и минеральных веществ определяет его питательную ценность.

Культивирование базидиальных грибов на лигноцеллюлозных субстратах позволяет получать продукт, содержащий 12 ... 19 % протеина. Обогащение белком лигноцеллюлозных материалов – один из путей улучшения кормовых качеств растительных субстратов. Второй путь – увеличение перевариваемости, что может быть достигнуто деструкцией основных компонентов растительного сырья (лигнина и целлюлозы).

С этой целью используют микроорганизмы родов *Coriolus*, *Pleurotus*, *Daedaleopsis*, *Lentinus*, *Fomitopsis*, обладающие способностью разрушать лигноцеллюлозный комплекс [6].

Введение в рацион кормления белково-растительных добавок способствует плодотворному развитию микроорганизмов рубца жвачных животных и интенсивному усвоению клетчатки. При этом удой молока увеличиваются до 30 %, привесы – до 50 %.

Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов базидиальными грибами с получением пищевого белка и белково-растительных добавок достаточно изучена, чтобы организовать этот процесс в производственных усло-

виях. Расчеты показывают, что данная технология может вполне конкурировать с другими способами получения кормового белка.

Значительно интенсивней проходит твердофазная ферментация лигноцеллюлозных материалов в культуральной жидкой среде, которая классифицируется как глубинная ферментация субстратов. В данном случае субстратом являются измельченные лигноцеллюлозные материалы (щепа, опилки, целлюлоза, макулатура и т. д.). Осуществление процесса с целью выделения целлюлозы этим способом не дает положительных результатов. В какой-то степени более эффективно в этих условиях проходит обработка перед отбелкой целлюлозы, макулатуры, древесных волокон. [8].

Глубинная ферментация субстратов имеет несколько серьезных недостатков, которые едва ли позволят реализовать ее в промышленности. В частности, для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов (необходимые температурные условия и аэрация) нужны значительные энергозатраты. Появляются дополнительные затраты на выращивание чистой культуры микроорганизмов – инокулюма, непрерывная подача которого в ферментер способствует получению необходимой продуктивности ферментации. Кроме того, для питания микроорганизмов требуются азот, калий, фосфор, в некоторых случаях витамины, поскольку лигноцеллюлозные материалы древесного происхождения не содержат этих веществ.

Возникает проблема отделения микроорганизмов (живых и мертвых) от обработанных лигноцеллюлозных материалов. Этот аспект имеет санитарно-гигиеническое значение как при проведении технологического цикла, так и при эксплуатации бумаги, картона и др., полученных из лигноцеллюлозных материалов, обработанных микроорганизмами. Следует ожидать старения бумаги и картона в результате биодеструкции, вызванной оставшимися в них микроорганизмами и микроорганизмами, проросшими из спор.

Рассматриваемое биопроизводство является источником выделения в окружающую среду опасных для человека бактерий и спорообразующих мицелиальных грибов.

Таким образом, твердофазная ферментация в жидкой культуральной среде в целях отбелки и облагораживания волокнистых полуфабрикатов является энерго- и материалоемким процессом, экологически далеко не безопасным для окружающей среды. Возможно, для получения каких-то специфических видов целлюлозно-бумажной продукции он будет приемлемым, но его реализация потребует значительных затрат.

Однако применение этого способа ферментации возможно при обогащении лигноцеллюлозных материалов кормовым белком, продуценты которого – бактерии и мицелиальные грибы, т. е. итогом процесса будет получение растительно-белковых кормовых добавок для жвачных животных.

Выращивание данным способом продуцентов белка и степень утилизации трудноперевариваемых компонентов растительных субстратов зависят от многих факторов (вида гриба, подготовки субстрата и инокулюма, условий выращивания, источников питательных веществ), которые необхо-

димо учитывать при ферментации. Для интенсификации процесса лигноцеллюлозные материалы необходимо предварительно измельчать до размеров, соответствующих дисперсности стандартной древесной муки.

Способ получения растительно-белковых кормовых добавок твердофазной ферментацией в жидкой среде имеет ряд преимуществ по сравнению с твердофазной ферментацией в газообразной среде. Но низкая продуктивность и высокие затраты на обезвоживание и сушку продукта снижают его экономичность.

Сложность реализации твердофазных методов ферментации для биохимической переработки лигноцеллюлозных материалов привела к использованию для этих целей другого биохимического способа обработки – ферментативного гидролиза, при котором обработку этих материалов ведут предварительно выделенными и отделенными от микроорганизмов ферментами.

Ферментативный гидролиз [3, 5, 7, 8] можно применять для обработки щепы с целью получить целлюлозу, для обработки небеленой целлюлозы перед ее отбелкой в сочетании с обработкой кислородом в щелочной среде. Для этого рекомендуется использовать ксиланазу. При этом появляется возможность снизить расход хлора и, соответственно, техногенную нагрузку на окружающую среду. Применение ферментных препаратов глюкоксидазы способствует частичному удалению глюконовой кислоты, снижению содержания металлов в целлюлозной массе и сохранению белизны.

Ферментативный гидролиз рекомендуется использовать при облагораживании макулатуры для увеличения белизны и прочностных характеристик бумаги и картона. Известны попытки его применения для гидролиза древесины и целлюлозы с получением глюкозы и последующей ее биохимической переработкой на спирт и кормовые дрожжи.

Современная ферментная промышленность в состоянии производить ферменты – катализаторы биохимических реакций, в том числе ферменты целлюлолитического, геммицеллюлазного, пектолитического, лигнолитического действия. Продуцентами этих ферментов являются бактерии, дрожжи и мицелиальные грибы. В промышленном производстве ферментов широко используют бактерии родов *Clostridium*, *Bacillus*, дрожжи рода *Candida*, микромицеты родов *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium* и др. [4].

Получение чистых ферментов – достаточно трудоемкий процесс, требующий сложного аппаратного оформления, что ведет к увеличению стоимости продукта. Поэтому выпускаемые технические препараты ферментов различной степени очистки обладают активностями различного гидролитического действия.

В этой связи следует отметить, что применение чистых ферментов, например ксиланазы, при обработке целлюлозы перед отбелкой делает процессы ферментирования нерентабельными. С другой стороны, применение неочищенных ферментных препаратов приводит к нежелательным побочным биохимическим реакциям. Например, присутствие в ферментных пре-

паратах ксиланазы, маннаназы и целлюлазы отрицательно сказывается на свойствах блененой целлюлозы, в частности снижает степень ее полимеризации.

Проблемы, связанные со стоимостью ферментов и их чистотой, являются основной причиной, которая сдерживает освоение ферментативного гидролиза лигноцеллюлозных материалов в промышленных условиях. Но существуют и другие причины:

достаточно быстрое загрязнение ферментов посторонней микрофлорой, что снижает их активность и срок хранения;

применение ферментов при определенной температуре среды;

оборудование, соприкасающееся с ферментной средой, не должно выделять ионы многовалентных металлов, что снижает активность ферментов;

требуется регенерация ферментов как достаточно дорогих веществ.

Теоретически ферменты можно использовать бесконечно, однако организовать в условиях целлюлозно-бумажного производства их регенерацию достаточно проблематично. Укажем лишь на один фактор: целлюлозу используют как вещество для иммобилизации ферментов, поэтому высока вероятность уноса ферментов с товарной целлюлозой.

Необходимо отметить, что ферментативный гидролиз проходит на доступной ферментам поверхности лигноцеллюлозных материалов. По этой причине гидролиз таких плотных материалов, как древесина и целлюлоза, до глюкозы является весьма продолжительным и сложным для реализации в промышленности процессом.

Перечень причин, сдерживающих освоение переработки лигноцеллюлозных материалов методом ферментативного гидролиза, можно продолжить.

Целесообразность применения метода ферментативного гидролиза в производстве волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона обосновывается возможностью сокращения потребления опасных химических веществ.

Однако аэрозолирование микроорганизмов при получении ферментов и ферментных препаратов не менее опасно для окружающей среды, чем выделение вредных веществ в целлюлозно-бумажном производстве. Поэтому едва ли целесообразно расширение микробиологического производства с целью увеличить выпуск ферментов и ферментных препаратов до объемов, необходимых для промышленной переработки лигноцеллюлозных материалов.

Видимо, отсутствие достаточного предложения на рынке ферментов и ферментных препаратов по качеству, цене и объему будет сдерживающим фактором в реализации рассматриваемого научно-технического направления.

Вышеприведенный анализ областей применения биохимической переработки лигноцеллюлозных материалов указывает на то, что наиболее эффективные направления биотехнологии уже давно известны и использовались совместно с химической переработкой древесины.



Во-первых, это биохимическая переработка щелоков от производства сульфитной и других видов целлюлозы, содержащих углеводы, которые ассимилируются дрожжами. К сожалению, сегодня эти производства на многих предприятиях остановлены. Остается только рекомендовать специалистам, которые занимаются разработкой технологии целлюлозы, учитывать экономическую целесообразность переработки щелоков биохимическим способом на спирт и кормовые дрожжи, а не сжигать ценные органические вещества в топке регенерационных аппаратов.

Во-вторых, это биохимическая переработка древесных гидролизатов на спирт и кормовой белок.

В последние годы со стороны промышленников интерес к биохимической переработке древесных гидролизатов явно снизился. Более того, предприятия, производящие спирт и кормовые дрожжи, переходят на крахмалосодержащее сырье и мелассу. Каковы причины этого явления? Ответ на поставленный вопрос надо искать в самой технологии.

Суть в том, что древесное сырье не подвергается прямой биоконверсии дрожжами р. *Candida*, продуцирующими кормовой белок, и р. *Saccharomyces*, выделяющими спирт. Поэтому древесную клетчатку подвергают кислотному гидролизу до моносахаров. Этот гидробаротермохимический процесс весьма энерго-, трудо- и материалоемок и требует значительных капитальных затрат на его реализацию. Выход спирта и дрожжей несопоставим с количеством отходов, образующихся в производстве (достигает 75 % от используемого сырья). При этом ни твердые, ни газообразные отходы гидролизного производства реально не нашли применения в народном хозяйстве. Высокая энергоемкость, низкий выход готовой продукции, большое количество отходов в сочетании с применением агрессивных химических веществ поставили гидролизно-дрожжевые и гидролизно-спиртовые предприятия в конфликт с природой. По сути, эта отрасль еще на этапе ее создания была экономически нецелесообразна и весьма опасна для окружающей среды.

Поэтому предприятия переходят на крахмалосодержащее сырье и мелассу. При переработке этих видов органического сырья достигается высокий выход готового продукта, значительно снижается техногенное воздействие на окружающую среду, отходы используются как кормовые белковые добавки, практически нет опасных газовых выбросов в атмосферу. На этих предприятиях достаточно небольшое количество сточных вод и можно организовать замкнутые системы водоснабжения. Перечисленное выше делает эти производства достаточно прибыльными.

Что же делать с гидролизно-дрожжевыми и гидролизно-спиртовыми заводами? Возможна ли организация на этих предприятиях экономически выгодных производств по переработке древесного сырья биотехнологическим методом?

Анализ опубликованных работ, затрагивающих научно-техническое развитие рассматриваемой отрасли производства, показывает, что гидролизно-дрожжевые и гидролизно-спиртовые заводы имеют право на существо-

вание. Посылкой тому, как и прежде, является наличие в России древесного сырья. Однако необходимо принципиально изменить подход к его использованию. Сырье должно перерабатываться комплексно, должны отсутствовать твердые и жидкие отходы при значительном снижении газообразных.

Технико-экономические расчеты показывают целесообразность создания производств, комплексно перерабатывающих низкосортную древесину и древесные отходы с получением не только спирта, кормового белка, фурфурола, но и таких продуктов, как активный уголь, древесноволокнистые плиты сухого способа типа МДФ средней плотности, органоминеральные удобрения из гидролизного лигнина.

Организация экономически эффективного производства по биохимической переработке древесины на спирт и кормовой белок невозможна без выпуска дополнительной продукции из промышленного лигнина. Следует отметить, что дрожжи, получаемые на основе древесных гидролизатов, содержат значительно больше протеина, чем сухая барда спиртового производства на основе зерна. Спирт на основе древесных гидролизатов по чистоте приближается к спирту из злаковых культур, а тем более из свеклы и мелассы. Фурфурол, являющийся уникальным продуктом, промышленно можно получать только принятым в настоящее время способом дегидратации пентоз. Попытки заменить фурфурол другими веществами не дают положительных результатов. Активный уголь, древесноволокнистые плиты типа МДФ сухого формования и органоминеральные удобрения имеют спрос как на внутреннем, так и на мировом рынке.

Следовательно, гидролизно-дрожжевые и гидролизно-спиртовые заводы должны быть составной частью предприятий, комплексно перерабатывающих древесину. Создание биотехнологических производств в сочетании с другими химическими производствами по переработке древесины будет способствовать не только возрождению отрасли, но и техническому прогрессу в области биохимической переработки древесины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабицкая В.Г.* Мицелиальные грибы – продуценты белковой биомассы на лигноцеллюлозных субстратах // Микология и фитопатология. – 1986. – Т. 20, № 5. – С. 377–385.
2. *Виестур И.Е., Шмите И.А., Жилевич А.В.* Биотехнология. – Рига: Зинатне, 1987. – 263 с.
3. Влияние биообработки целлюлозосодержащих материалов на их бумагообразующие свойства / М.Я. Иоснович, Н.Р. Озолина, А.П. Трейманис, М.Г. Лака, Ц.Л. Абрамович // Химия древесины. – 1992. – № 1. – С. 34–37.
4. *Грачева И.М.* Технология ферментных препаратов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 335 с.
5. Использование биотехнологии в зарубежной целлюлозно-бумажной промышленности // Бум. пром-сть. – 1977. – № 11. – С. 22.
6. Получение растительно-белковой кормовой добавки путем культивирования высших дереворазрушающих грибов на твердых растительных субстратах

/ Т.И. Копылова, А.Л. Бережной, В.В. Леванова и др. // Всесоюз. конф. «Мицелиальные грибы», Пушкино, 1983. – 173 с.

7. Применение энзимов в отбелке целлюлозы // Бум. пром-сть. – 1977. – № 11. – С. 20–21.

8. *Медведева С.А., Александрова Г.П., Бабкин В.А.* Использование на микроорганизмы в целлюлозно-картиената промышленност // Целулоза и хартия. – 1992. – Бр. 6. – С. 3–9.

Волжский гидролизно-дрожжевой завод

Поступила 22. 11. 99

*A.V. Kanarsky*

### **Outlook of Biochemical Treatment of Wood Raw Material**

Expediency of using biochemical treatment of wood raw material in the production of pulp, paper, cardboard, fodder and alcohol has been examined.

УДК 676.11.082.1

***В.В. Заляжных***

Заляжных Владимир Васильевич родился в 1960 г., окончил в 1982 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации, метрологии и сертификации Архангельского государственного технического университета. Имеет около 20 печатных трудов в области биохимической переработки растительного сырья, гидролизных сред и сульфитных шелоков.



### **ОБРАБОТКА СУЛЬФИТНОГО ЩЕЛОКА АНИОНИТОМ АН-31**

Установлено, что при обработке сульфитного и бисульфитного шелоков анионитом АН-31 в динамических условиях достигается высокая степень десульфитации и биологической доброкачественности; определены оптимальные параметры обработки шелоков и регенерации ионита.

При исследовании обработки сульфитного щелока анионитами в статических условиях с целью десульфитации автором ранее показано, что эффективна десульфитация анионитом АН-31 при температуре около 80 °С [5]. Цель настоящей работы – определить оптимальные параметры обработки сульфитного щелока анионитом АН-31 в динамических условиях.

Для эксперимента использовали щелока от кислых сульфитных ва-  
рок Архангельского ЦБК. Анионит АН-31 готовили к работе по методике,  
изложенной в [7]. Обработку щелока проводили путем пропускания его  
нисходящим потоком через ионит в ОН-форме, загруженный в количестве  
7 г в колонку диаметром 15 мм, термостатируемую при температуре  
( $85 \pm 5$ ) °С. Объем загрузки ионита в ОН-форме составил 22 мл. Иониро-  
ванный щелок отбирали фракциями по 100 мл. Ионит регенерировали ще-  
лочными растворами. Раствор после регенерации (регенерат) отбирали  
фракциями по 40 мл. До и после регенерации ионит в колонке промывали  
водой до нейтральной реакции (в производственных условиях промывка не  
нужна, поскольку после регенерации остающаяся в слое ионита щелочь час-  
тично вытесняется и частично нейтрализуется первыми порциями обраба-  
тываемого щелока). В исходном щелоке, ионированном щелоке и регенера-  
те определяли рН, общую кислотность, содержание суммы  $\text{SO}_2$ , летучие ор-  
ганические кислоты, сульфат [4], тиосульфат [3]. Содержание лигносуль-  
фонатов в ионированном щелоке в процентах от исходного рассчитывали по  
поглощению при длине волны  $\lambda = 230$  нм [2] в буфере с рН 6; разведение  
составило 1:10 000. Количество ионированного щелока и регенерата выра-  
жали в миллилитрах, а также отношением массы обработанного щелока  
(или регенерата) к массе сухого ионита (гидро модуль).

Изменение показателей щелока в процессе ионирования с удельной  
нагрузкой щелока на ионит  $28,6 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$  ( при удельном объеме набухшего  
ионита  $3,3 \text{ мл/г}$  это составляет  $9 \text{ л/л}\cdot\text{ч}$  ) показано на рис. 1.

Из представленных данных видно, что первые порции ионированно-  
го щелока имеют щелочную реакцию (кривые 1, 2 на рис.1, а) и очень низ-  
кое содержание суммы соединений  $\text{SO}_2$  (кривая 3). Постепенно содержание  
суммы соединений  $\text{SO}_2$  увеличивается и при объеме ионированного щелока  
около 600 мл (гидро модуль около 86) становится таким же, как в исходном  
щелоке. После этого содержание суммы соединений  $\text{SO}_2$  продолжает уве-  
личиваться, а затем вновь снижается до исходного. Превышение содержа-  
ния суммы соединений  $\text{SO}_2$  в ионированном щелоке над исходным обуслов-  
лено вытеснением (по мере исчерпывания обменной емкости ионита) сор-  
бированных ионитом сернистых соединений анионами с более высокой сор-  
бируемостью, в частности сульфат-ионом и лигносульфоновыми кислотами.

При обработке щелока ионитом поглощаются также сульфат- и тио-  
сульфат-ионы, летучие органические кислоты, лигносульфонаты  
(рис. 1, б, г) и, возможно, другие компоненты. В процессе обработки со-  
держание всех перечисленных компонентов в ионированном щелоке посте-  
пенно увеличивается.

Согласно литературным данным, высокая доброкачественность под-  
готовленного для биохимической переработки сульфитного щелока дости-  
гается при суммарном содержании соединений  $\text{SO}_2$  не более  $0,20 \dots 0,22 \%$   
по массе [6]. На рис. 1, в (кривая 3) показано изменение содержания суммы  
соединений  $\text{SO}_2$  в общем объеме ионированного щелока. Учитывая необхо-

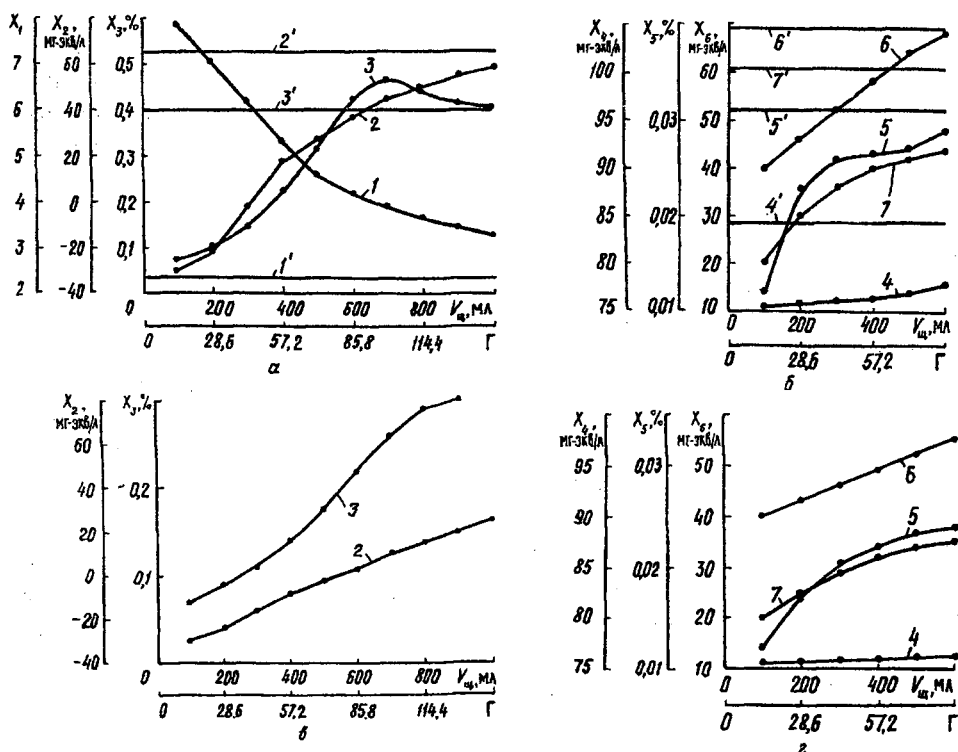


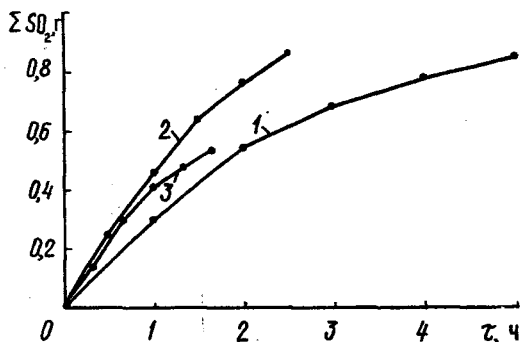
Рис. 1. Показатели исходного щелока (1'–7') и сульфитного щелока, обработанного анионитом АН-31 (1–7) в фракциях (а, б) и в общем объеме (в, г): 1, 1' – рН ( $X_1$ ); 2, 2' – кислотность ( $X_2$ ); 3, 3' – сумма  $SO_2$  ( $X_3$ ); 4, 4' – сульфат-ион ( $X_6$ ); 5, 5' – тиосульфат в пересчете на  $SO_2$  ( $X_5$ ); 6, 6' – летучие органические кислоты ( $X_6$ ); 7, 7' – лигносульфонаты ( $X_4$ ); ( $\Gamma$  – гидромодуль,  $V_{щ}$  – объем щелока)

димось достижения высокой доброкачественности обработанного щелока [5], следует, вероятно, вести ионирование до гидромодуля 86 при сумме  $SO_2$  в общем объеме щелока не более 0,22 %.

Исследование десульфитации при различной нагрузке щелока на ионит показало, что оптимальное значение показателя близко к 28,6 м<sup>3</sup>/(т·ч) (рис. 2).

Важным вопросом является регенерация отработанного анионита. Известно, что десорбция органических ионов в отличие от неорганических затруднена вследствие стерических факторов, при нормальной температуре равновесие устанавливается за 4 ... 5 ч. Повышение температуры значительно ускоряет десорбцию. При этом макросетчатые и макропористые иониты регенерируются значительно лучше, чем гелевые [1]. Будучи ионитом гелевого типа АН-31 после обработки щелока плохо регенерируется щелочными растворами при комнатной температуре. Так, после использования для регенерации 200 мл 1 н карбоната натрия значение рН первой фракции при последующей обработке щелока составило лишь 4,95. При

Рис. 2. Суммарное поглощение  $\text{SO}_2$  от начала цикла при различной удельной нагрузке на ионит: 1 – 14,3; 2 – 28,6; 3 – 42,9  $\text{м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$  ( $\tau$  – время отбора от начала цикла)

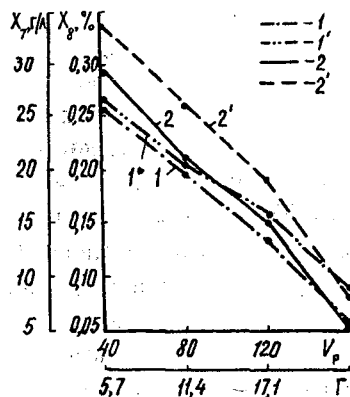


повышении температуры до  $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$  анионит достаточно хорошо регенерировался 1 н растворами  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NaOH}$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Поэтому в дальнейшем исследовали регенерацию при температуре  $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

Следует отметить, что в случае регенерации растворами  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ионит переходит в  $\text{CO}_3$ -форму, что приводит при последующей ионообменной обработке щелока к выделению значительных количеств  $\text{CO}_2$  в толще ионита.

При снижении удельной нагрузки на ионит в процессе регенерации 1 н аммиаком с 5,8 до 2,9  $\text{м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$  показатели содержания суммы  $\text{SO}_2$  и сухих веществ в регенерате возрастают незначительно (рис. 3). Поэтому дальнейшие исследования проводили при удельной нагрузке 5,8  $\text{м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$ . Эту нагрузку следует считать близкой к оптимальной.

Рис. 3. Показатели регенерата при регенерации АН-31 раствором аммиака: 1, 1' – сумма  $\text{SO}_2$  ( $X_8$ ); 2, 2' – сухие вещества ( $X_7$ ); 1, 2 – при удельной нагрузке 5,8  $\text{м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$ ; 1', 2' – 2,9  $\text{м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$ ; ( $V_p$  – объем регенерата)



Содержание сухих веществ и суммы  $\text{SO}_2$  в регенерате невелико, что делает проблематичным его использование в качестве сырья для получения азотсодержащего удобрения или как добавку к варочной кислоте. В то же время низкое содержание суммы  $\text{SO}_2$  в регенерате допускает возможность его использования в дрожжевом производстве. В этом случае целесообразно было бы готовить регенерирующий раствор путем растворения аммиака в сыром щелоке. При этом использованный для приготовления регенерирующего раствора сырой щелок попутно будет готовиться к биохимической переработке. Некоторое количество свободного аммиака, содержащееся в регенерате, будет утилизировано дрожжами в качестве источника азота.

Таблица 1

Показатели	Значения показателей для фракций				
	1	2	3	4	5
Гидро модуль	5,7	11,4	17,1	22,8	29,5
Сумма SO <sub>2</sub> , %:					
во фракции	0,330	0,253	0,189	0,144	0,123
в общем объеме	0,330	0,292	0,257	0,229	0,208
Сухие вещества, г/л:					
во фракции	116,1	106,9	95,2	89,5	86,9
в общем объеме	116,1	111,5	106,1	101,9	98,9
Десорбированные сухие вещества во фракции, % от общего их количества	47	33	14	5	1

Результаты исследования регенерации анионита раствором аммиака в сыром щелоке, содержащим 0,5 г-экв/л свободного аммиака, 0,122 % суммы SO<sub>2</sub> и 86,2 г/л сухих веществ, представлены в табл. 1.

Содержание в *n*-й фракции десорбированных с ионита сухих веществ в процентах от всего их количества рассчитывали по формуле

$$p_n = \frac{c_n - c_0}{\sum (c_i - c_0)},$$

где  $c_n$  – содержание сухих веществ в *n*-й фракции;

$c_0$  – содержание сухих веществ в регенерирующем растворе;

$c_i$  – содержание сухих веществ в *i*-й фракции.

Как видно из представленных в табл. 1 данных, в четвертой фракции регенерата, т. е. при гидро модуле более 17,1, содержание сухих веществ и суммы SO<sub>2</sub> приближается к содержанию их в исходном регенерирующем растворе. При этом в первых трех фракциях, соответствующих гидро модулю 17,1, содержится в сумме 94 % всех десорбированных из ионита сухих веществ. Таким образом, для удовлетворительной регенерации достаточно, чтобы гидро модуль составлял 17,1 или даже несколько меньше.

Нами исследована регенерация ионита раствором аммиака (100 мл) в сыром щелоке (0,5 г-экв/л свободного аммиака), что соответствует гидро модулю 14. При этих параметрах ионит достаточно хорошо регенерируется, поскольку при последующей обработке щелоком (гидро модуль 86) он сорбирует 34 мг-экв кислот и 0,961 г соединений SO<sub>2</sub>, после регенерации 1 н раствором Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (200 мл) – соответственно 35 мг-экв кислот и 0,879 г соединений SO<sub>2</sub>, т.е. приблизительно столько же. Таким образом, регенерация ионита раствором аммиака в сыром щелоке, содержащем 0,5 г-экв/л свободного аммиака, может быть достигнута при гидро модуле 14.

В табл. 2 представлена оценка доброкачественности образца сульфитного щелока (ионированного при гидро модуле 86) по степени десульфитации и количеству CO<sub>2</sub>, выделяющегося при сбраживании на спирт в течение 1 ч в сосудах Эйнгорна, в сравнении с щелоком, подготовленным по

Таблица 2

Образец щелока	рН	Кислотность, мг-экв/л	Сумма SO <sub>2</sub> , %	Степень десульфита- ции, %	Объем CO <sub>2</sub> при брожении, мл		
					Опыт 1	Опыт 2	Среднее значение
Исходный сырой	2,10	76	0,334	-	-	-	-
Продукты паром и воздухом	2,95	48	0,244	27	4,3	4,1	4,2
Ионированный	4,85	19	0,216	35	5,5	4,7	5,1

обычной технологии – продувкой паром и воздухом (щелок, продукты паром и воздухом, перед сбрасыванием нейтрализован аммиаком до рН 4,8).

Как видно из представленных в табл. 2 данных, ионированный щелок имеет значительно более высокую доброкачественность, чем щелок обычной технологии. Можно ожидать, что при биохимической переработке ионированного щелока выход и качество получаемых продуктов будут выше, чем при переработке щелока обычной технологии.

При промышленном использовании ионообменной десульфитации щелока ввиду высокой стоимости ионита важное значение имеет срок его службы. Срок службы АН-31 в водоподготовке составляет не менее 4 лет [1]. С учетом достаточно жестких условий ионирования горячего щелока срок службы АН-31 может составить, вероятно, около года. Более точная оценка срока службы ионита возможна лишь при проведении длительных испытаний.

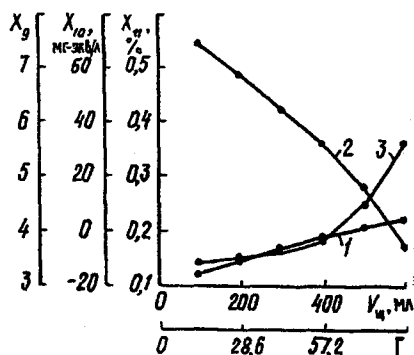
Нами проведено 12 циклов ионообменной обработки щелока при температуре  $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$  с гидромодулем 86 при удельной нагрузке на ионит  $28,6 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$ . Регенерацию проводили раствором аммиака в сыром щелоке, концентрация свободного аммиака 0,5 г-экв/л, температура  $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$ , гидромодуль 14, удельная нагрузка регенерирующего раствора на ионит  $5,8 \text{ м}^3/(\text{т}\cdot\text{ч})$ . Показатели ионированного щелока от цикла к циклу не ухудшались и количество сорбируемых за цикл кислот и соединений SO<sub>2</sub> не уменьшалось. Это указывает на достаточно высокую стойкость АН-31 при обработке горячим сульфитным щелоком и регенерации горячими щелочными растворами.

Проведенные нами расчеты показывают, что затраты на ионообменную десульфитацию сульфитного щелока примерно в 10 раз меньше, чем на продувку паром и воздухом. С учетом возможного повышения выхода и улучшения качества продуктов биохимической переработки представляется целесообразным проведение промышленных испытаний десульфитации сульфитного щелока ионитом АН-31.

В настоящее время многие сульфит-целлюлозные предприятия переходят на двухступенчатые или бисульфитные варки. При этом, несмотря на значительное содержание в отработанных щелоках биохимически утилизируемых веществ, биохимическая переработка щелоков затруднена из-за низкой эффективности десульфитации. В частности, продувка таких



Рис. 4. Показатели бисульфитного щелока при обработке ионитом АН-31: 1 – сумма  $\text{SO}_2$  ( $X_{11}$ ); 2 – рН ( $X_9$ ); 3 – кислотность ( $X_{10}$ )



щелоков паром, будучи весьма энергозатратной, менее эффективна, чем продувка сульфитного щелока, из-за более высоких величин рН. В связи с этим значительный интерес представляет исследование ионообменной десульфитации щелоков от двухступенчатых и бисульфитных варок.

Обработка бисульфитного щелока Сясьского ЦБК (рН 3,35, кислотность 19 мг-экв/л, сумма  $\text{SO}_2$  0,225 %) анионитом АН-31 была проведена по методике, предложенной нами для сульфитного щелока (температура  $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$ , удельная нагрузка на ионит 28,6 т/(м<sup>3</sup>·ч)).

Как видно из данных, представленных на рис. 4, первая фракция ионированного щелока имеет рН 7,4 и содержит лишь 0,123 % соединений  $\text{SO}_2$ , степень десульфитации равна 55 %. По мере исчерпывания обменной емкости анионита снижается рН, увеличивается кислотность и сумма  $\text{SO}_2$ . В шестой фракции, соответствующей гидромодулю 86, сумма  $\text{SO}_2$  близка к показателю исходного щелока. При гидромодуле 86 общий объем ионированного щелока имеет следующие показатели: рН 4,95, кислотность 8 мг-экв/л, сумма  $\text{SO}_2$ –0,177 %, степень десульфитации 36 %.

Таким образом, десульфитация бисульфитного щелока анионитом АН-31 весьма эффективна и может служить основой для промышленной биохимической переработки бисульфитного щелока.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аширов А. Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов. – Л.: Химия, 1983. – 295 с.
2. Гольдшмид О. Ультрафиолетовые спектры // Лигнины (структура, свойства, реакции) / Под ред. К.В.Сарканена и К. Х.Людвига. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. – С. 147–170.
3. Долгалева Л. А. Методы контроля сульфит-целлюлозного производства. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 37с.
4. Емельянова Е. З. Химико-технический контроль гидролизных производств. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 328 с.
5. Залаяжных В. В. О возможности десульфитации сульфитного щелока анионитами // Лесн. журн. – 1999. – № 6. – С. 104–108. – (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Переработка сульфатного и сульфитного щелоков: Учеб. для вузов / Б.Д. Богомолов, С.А. Сапогницкий, О.М. Соколов и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 360 с.

7. Цитович И. К. Курс аналитической химии: Учеб. для с.-х. вузов. – 6-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1994. – 495 с.

Архангельский государственный технический университет  
Поступила 17. 11. 96

*V.V. Zalyazhnykh*

### **Sulphite Liquor Treatment with AN-31 Anionite**

It has been found out that when treating sulphite and bisulphite liquors with AN-31 in the dynamic conditions high degrees of desulfitation and biological purity are achieved. The optimal parameters of liquor treatment and ionite regeneration are determined.

УДК 661.728.82

***В. В. Коньшин, М. М. Чемерис, Н. П. Мусько,  
Н. А. Чемерис, П. И. Сиянко***

Коньшин Вадим Владимирович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Алтайский государственный университет, аспирант кафедры технологии производства пластмасс и эластомеров Алтайского государственного технического университета. Имеет 2 печатные работы в области ацилирования лигноцеллюлозных материалов.



Чемерис Михаил Матвеевич родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Томский политехнический институт, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства пластмасс и эластомеров Алтайского государственного технического университета. Имеет около 80 печатных публикаций в области химии древесины и ее основных компонентов.



Мусько Нина Павловна родилась в 1956 г., окончила в 1979 г. Алтайский государственный университет, старший научный сотрудник НИИ древесных термопластиков при Алтайском государственном университете. Имеет около 30 научных публикаций в области химии древесины и ее основных компонентов.



Чемерис Надежда Андреевна родилась в 1946 г., окончила в 1969 г. Сибирский технологический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры общей, неорганической и аналитической химии Алтайского государственного технического университета. Имеет более 40 печатных работ в области химии древесины и целлюлозы.



Снянко Петр Иванович родился в 1943 г., окончил в 1964 г. Куйбышевский педагогический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии Алтайского государственного университета. Имеет более 30 научных работ в области синтеза органических веществ.



## **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СМЕШАННЫХ ЭФИРОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ВЫСШИМИ КАРБОНОВЫМИ КИСЛОТАМИ В СРЕДЕ ТРИФТОРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ**

Методом полного факторного эксперимента получена адекватная математическая модель процесса ацилирования целлюлозы в среде трифторуксусной кислоты.

Сложные смешанные эфиры целлюлозы имеют ряд преимуществ по сравнению с самой целлюлозой и её триацетатом [4]: повышенную эластичность, гидрофобность, растворимость, окрашиваемость, пониженную температуру стеклования. Современные методы синтеза данных полимеров ограничены получением эфиров целлюлозы, содержащих наряду с уксусной кислотой (УК) пропионовую, масляную и валериановую кислоты. Активированную целлюлозу обрабатывают смесью, содержащей ангидриды двух кислот [4], либо кислота и ее ангидрид (или галогенангидрид) взаимодейст-

вуют с вторичным ацетатом целлюлозы. Полученные продукты при использовании в качестве катализаторов минеральных кислот ( $H_2SO_4$ ,  $HClO_4$ ) содержат небольшое количество ацильных групп высших карбоновых кислот (ВКК). Методы синтеза, основанные на взаимодействии целлюлозы непосредственно с ВКК, в литературе не описаны.

Проведенные в последние годы исследования показали, что использование трифторуксусной кислоты (ТФУК) [5] в качестве катализатора и растворителя реакции этерификации целлюлозы смесью, состоящей из уксусного ангидрида (УА) и алифатической карбоновой кислоты ( $C_2 \dots C_9$ ), позволило впервые получить смешанные эфиры с высоким содержанием связанной алифатической кислоты.

Нами в ходе синтеза были получены смешанные эфиры целлюлозы с УК и ВКК (каприловой, каприновой, лауриновой, миристиновой и пальмитиновой).

Ацилирующую смесь готовили заранее. Для этого в колбу помещали определенное количество карбоновой кислоты и добавляли к ней УА (из расчета 4,5 моля на глюкопиранозное звено). Полученную смесь выдерживали при температуре  $60^\circ C$  до полного растворения кислоты и еще 20 мин при этой же температуре. Затем к данной реакционной массе добавляли ТФУК (20 г/г целлюлозы). Ацилирующую смесь выдерживали 30 мин при температуре  $50^\circ C$  и добавляли к навеске целлюлозы. Окончание реакции фиксировали по достижению «чистоты поля» (до полного растворения целлюлозных волокон). Продукт синтеза растворяли в хлороформе и затем в виде плёнки высаживали в воду. Полученный эфир промывали водой для удаления УК и ТФУК, сушили на воздухе и подвергали экстракции диэтиловым эфиром (для удаления непрореагировавшей ВКК).

Анализ на содержание связанных УК и ВКК проводили следующим образом. В коническую колбу вместимостью 100 мл помещали  $(0,35 \pm 0,01)$  г ацилированной целлюлозы и 10 мл этанола. Колбу термостатировали в течение 15 мин при температуре  $58 \dots 60^\circ C$ . Затем в смесь добавляли 10 мл 0,5 н раствора КОН и оставляли на сутки при  $60^\circ C$ . После этого осуществляли потенциметрическое титрование 0,5 н раствором HCl.

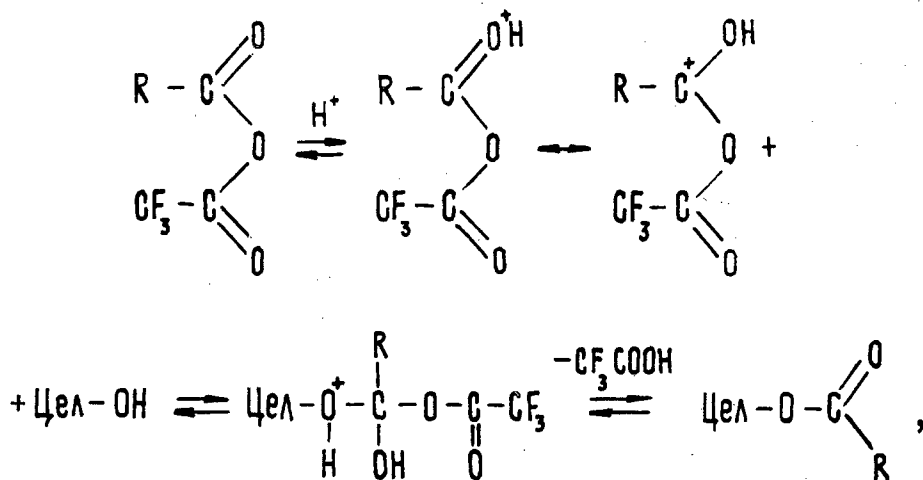
Содержание ВКК определяли методом обратного комплексометрического титрования избытка 0,1 н  $Ca(NO_3)_2$  трилоном Б (концентрация 0,1 н). В качестве индикатора использовали мурексид.

Содержание связанной УК рассчитывали по разности количества щелочи, пошедшей на связывание обеих кислот и ВКК.

Степень замещения гидроксильных групп целлюлозы определяли по формулам, приведённым в работе [2]. Полученные сложные смешанные эфиры имеют степень замещения, близкую или равную 3, что свидетельствует о полной этерификации OH-групп целлюлозы. Изменяя соотношение ВКК и УА в ацилирующей смеси, можно получать смешанные эфиры с различным содержанием связанных карбоновых кислот (степень замещения по УК – 1,67 ... 2,65, по ВКК – 0,30 ... 1,35).

Механизм реакции был исследован методами ПМР- и ИК-спектроскопии. ПМР-спектр смеси УА+ТФУК содержит сигналы в области 2,40; 2,45; 2,60 м. д., отнесенные нами соответственно к метильным протонам УК, УА и смешанного ангидрида УК и ТФУК. ПМР-спектр продукта взаимодействия ацилирующей смеси УА + ВКК + ТФУК после вакуумной отгонки летучих компонентов, содержащих УК, УА, ТФУК и смешанный ангидрид УК и ТФУК, имеет триплет в области 2,20 м. д., который идентифицирован нами как сигнал  $\text{CH}_2$ -группы смешанного ангидрида, связанной с группой  $-\text{COOCOCF}_3$ .

Мультиплет в области 1,00 м. д. принадлежит сигналам протонов  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n$ -группы ( $n = 6 \dots 14$ ). В спектре отсутствует сигнал ОН-групп (11,00 ... 12,00 м. д.), характерный для свободной ВКК. ИК-спектроскопическое изучение продуктов взаимодействия смесей УА + ВКК и УА + ВКК + ТФУК, не прореагировавших после вакуумной отгонки УА и ТФУК, показало смещение полосы  $1760 \text{ см}^{-1}$  (колебания  $\text{C}=\text{O}$ -группы), характерной для смешанного ангидрида уксусной кислоты и ВКК, в область  $1780 \dots 1790 \text{ см}^{-1}$  (колебания  $\text{C}=\text{O}$ -группы в трифторацетатах). Появление также полосы  $1075 \text{ см}^{-1}$  (валентные колебания  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ -группы) свидетельствует об образовании в исследуемых системах смешанных ангидридов УК и ТФУК, а также ВКК и ТФУК, которые являются эффективными ацилирующими агентами [6–8] для гидроксильных групп целлюлозы. Это взаимодействие можно представить следующей схемой:



где  $\text{R} = \text{CH}_3-, \text{CH}_3(\text{CH}_2)_n-$  ( $n = 6 \dots 14$ ).

Полученные эфиры были проанализированы методом ИК-спектроскопии. В спектрах образцов отсутствовала широкая и интенсивная полоса в области  $3200 \dots 3670 \text{ см}^{-1}$ , характерная для валентных колебаний ОН-групп целлюлозы. Интенсивная полоса в области  $2870 \dots 2880 \text{ см}^{-1}$  отнесена к валентным колебаниям метиленовых групп ацильных остатков

высших карбоновых кислот. Наличие полосы поглощения в области  $1740 \text{ см}^{-1}$  идентифицировано как валентные колебания  $\text{C} = \text{O}$ -группы в сложных эфирах. Полоса  $1780 \text{ см}^{-1}$ , характерная для поглощения  $\text{C} = \text{O}$ -группы, в трифторацетатах отсутствует. Этот факт свидетельствует о том, что ТФУК в данных условиях не взаимодействует с целлюлозой.

Процесс ацилирования целлюлозы смесью УА + ВКК + ТФУК был описан математически методом полного факторного эксперимента ПФЭ  $2^3$ . В качестве факторов процесса нами были выбраны: количество ВКК, моль/моль УА, ( $X_1$ ); температура, °С, ( $X_2$ ); число атомов углерода в ВКК ( $X_3$ ); в качестве откликов – продолжительность реакции ( $Y_1$ ), привес ( $Y_2$ ), степень замещения по ВКК ( $Y_3$ ) и УК ( $Y_4$ ). Матрица планирования эксперимента и результаты ее реализации представлена в табл. 1. Оценка значимости коэффициентов уравнений регрессии проведена по критерию Стьюдента. Адекватность модели проверена по критерию Фишера [1, 3]. Согласно данным табл. 2, во всех случаях  $F_{\text{экс}} < F_{\text{табл}}$ , т. е. предлагаемые уравнения адекватно описывают процесс ацилирования.

Таблица 1

Номер опыта	Факторы в выражении						Отклики							
	натуральном			кодированном			$Y_1$	$Y_1'$	$Y_2$	$Y_2'$	$Y_3$	$Y_3'$	$Y_4$	$Y_4'$
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1$	$X_2$	$X_3$								
1	0,2	40	8	-1	-1	-1	87	81	101	99	2,28	2,30	0,72	0,71
2	1,0	40	8	+1	-1	-1	192	186	127	128	1,94	1,92	1,05	1,12
3	0,2	60	8	-1	+1	-1	18	23	89	91	2,19	2,12	0,78	0,83
4	1,0	60	8	+1	+1	-1	55	60	121	120	1,67	1,74	1,34	1,24
5	0,2	40	16	-1	-1	+1	123	128	104	104	2,67	2,70	0,30	0,25
6	1,0	40	16	+1	-1	+1	231	236	151	151	2,35	2,32	0,67	0,67
7	0,2	60	16	-1	+1	+1	47	41	95	95	2,65	2,67	0,35	0,37
8	1,0	60	16	+1	+1	+1	145	139	143	143	2,32	2,30	0,75	0,79
9	0,6	50	12	0	0	0	112	112	123	116	2,23	2,26	0,76	0,75

Примечание.  $Y_i$  – значения, полученные экспериментально,  $Y_i'$  – вычисленные по уравнениям регрессии.

Таблица 2

Отклик	Вид уравнения регрессии после оценки значимости коэффициентов	Критерий Фишера	
		$F_{\text{экс}}$	$F_{\text{табл}}$
Продолжительность реакции	$Y_1 = 122 + 43X_1 - 46X_2 + 24X_3 - 10X_1X_2 + 8X_1X_3 + 7X_1X_2X_3$	14,00	18,50
Привес	$Y_2 = 116 + 19X_1 - 4X_2 + 7X_3 + 5X_1X_3$		
Степень замещения по УК	$Y_3 = 2,26 - 0,20X_1 + 0,05X_2 + 0,24X_3 - 0,04X_2X_3$	7,18	19,20
Степень замещения по ВКК	$Y_4 = 0,75 + 0,21X_1 + 0,06X_2 - 0,23X_3$	7,61	19,30

Таблица 3

Кислота, вводимая в смешанный эфир целлюлозы	$X_3$	Продолжительность реакции, мин	Привес, %	Степень замещения	
				по УК	по ВКК
Каприловая	-1	93/98	111/109	2,02/2,02	0,97/0,98
Каприновая	-0,5	107/110	113/112	2,15/2,14	0,80/0,87
Миристиновая	+0,5	129/134	119/119	2,41/2,38	0,59/0,63
Пальмитиновая	+1	145/146	124/123	2,50/2,50	0,50/0,52

Примечание. В числителе приведены значения, определенные экспериментально, в знаменателе – вычисленные по уравнению регрессии.

Для проверки применимости полученных уравнений, описывающих процесс ацилирования целлюлозы в среде ТФУК, были проведены опыты с карбоновыми кислотами при  $X_1 = 0,6$  моль/моль УА и  $X_2 = 50^\circ\text{C}$ . Экспериментальные и вычисленные по уравнению регрессии данные, на основании которых сделано заключение о влиянии параметров процесса на выходные характеристики, представлены в табл. 3.

С увеличением количества ВКК в ацилирующей смеси и при переходе от каприловой к пальмитиновой кислоте продолжительность реакции возрастает, что возможно связано со стерическими затруднениями при увеличении ацильного остатка вводимой в эфир целлюлозы кислоты. При повышении температуры процесса продолжительность синтеза закономерно снижается.

Выход продукта возрастает при увеличении доли и молекулярной массы высшей карбоновой кислоты в системе, что, возможно, связано с одной стороны, с большей концентрацией атакующего агента (ангидрида ТФУК и ВКК), с другой – с увеличением числа атомов углерода в ацильном остатке.

Степень замещения по ВКК повышается с ростом доли соответствующей кислоты в ацилирующей смеси и температуры синтеза и понижается при переходе к более «тяжелой» кислоте. Степень замещения по УК, наоборот, повышается при увеличении молекулярной массы ВКК и снижается с ростом доли данной кислоты в изучаемой системе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахназарова С. Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии: Учеб. пособие для для химико-технол. вузов. – М.: Высш. шк., 1987. – 319 с.
2. Бытенский В. Я., Кузнецова В. П. Производство эфиров целлюлозы.- Л., 1974. – 208 с.
3. Дронов В. С. Планирование эксперимента: Учеб. пособие. – Барнаул: Изд-во АГУ, 1980. – 100 с.
4. Роговин З. А. Химия целлюлозы. – М.: Химия, 1972. – 520 с.

5. Трифторуксусная кислота как растворитель для синтеза сложных эфиров целлюлозы. 3. Синтез смешанных эфиров / Б.Н. Салин, М.М. Чемерис, Д.П. Мионов, А.Г. Зацепин // Химия древесины. – 1993. – № 5.

6. A general method of esterification using trifluoroacetic anhydride / M. Stasey, E.J. Bourne, J.C. Tatlow, J.M. Tedder // Nature. – 1949. – Vol. 164. – P. 705.

7. Studies of trifluoroacetic acid. Part. 10. The mechanism of syntheses effected by solutions of oxyacids in trifluoroacetic anhydride / E.J. Bourne, J.E. B. Randles, M. Stasey et al. // J. of Am. Chem. Society. – 1954. – Vol. 76, N 12. – P. 3206–3208.

8. Studies on trifluoroacetic acid. Part 1. Trifluoroacetic anhydride as a promoter of ester formation between hydroxy-compounds and carboxylic acids / M. Stasey, E.J. Bourne, J.C. Tatlow, J.M. Tedder // J. of Chemical Society. – 1949. – P. 2976–2979.

Алтайский государственный технический университет  
Алтайский государственный университет  
Поступила 3.03.98

*V.V. Konshin, M.M. Chemeris, N.P. Musko, N.A. Chemeris, P.I. Siyanko*  
**Synthesis and Analysis of Pulp Compound Ethers with  
High Carboxylic Acid in the Trifluoroacetic Acid Medium**

The adequate mathematical model was produced for the pulp acidylation in the trifluoroacetic acid medium by the method of complete factorial experiment.

---



## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

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, академик РАЕН. Имеет более 130 печатных научных работ по проблемам экономической эффективности, инвестиций, производственных мощностей в лесозаготовительной промышленности.



### ВНУТРИОТРАСЛЕВЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Отмечено, что в отрасли происходят разнонаправленные процессы. Рядом с лес-промхозами-акционерными обществами создаются новые небольшие предприятия, подчиненные крупным ЛДК, ЦБК. Ставится вопрос о формировании различных типов объединений лесозаготовительных предприятий.

1. Лесопромышленный комплекс (ЛПК) России остается важным звеном народного хозяйства страны, а в ряде регионов (Архангельская область, республики Карелия и Коми и др.) находится в числе ведущих отраслей.

Экономическое положение ЛПК несколько улучшилось в последние два года, но не в результате активных мер, а в основном вследствие девальвации рубля в 1998 г. При этом в выгоде оказались экспортно ориентированные отрасли лесопереработки (лесопиление, ЦБП) и некоторые экспортеры круглого леса. Основная масса лесозаготовительных предприятий (ЛЗП) не получила прямых выгод.

В условиях, когда продолжается рост цен на топливо, тарифов на электроэнергию и особенно на транспорт, стареют основные фонды ЛЗП, а средств для их обновления явно недостаточно, государственная поддержка лесозаготовительной отрасли не развивается, ее размеры и влияние ощущаются крайне слабо. В целом лесозаготовительная промышленность остается в состоянии, близком к критическому. Есть угроза распада отрасли, превращения ее в сырьевой придаток крупных перерабатывающих предприятий. Особенно тревожит судьба тех лесозаготовительных предприятий, которые непривлекательны для переработчиков и иных инвесторов, хотя и распола-

гают достаточными сырьевыми ресурсами, производственной и социальной инфраструктурой и часто являются единственными источниками средств для существования тысяч людей.

В то же время в самой лесозаготовительной отрасли не видно проявлений активности, нет здоровых сил, новых идей. Леспромхозы-акционерные общества (АО) не имеют действенных стимулов к увеличению объемов производства. Сложившееся статус-кво устраивает руководство АО: директора и аппарат регулярно получают приличную зарплату.

2. Большинство руководителей лесного комплекса и многие маститые ученые все еще называют лесозаготовки «базовой отраслью». Лесозаготовки – первая стадия лесопромышленного комплекса; от деятельности этой отрасли зависит весь комплекс. Но это лишь технологическая сторона дела. С экономической точки зрения все намного сложнее. Любой регион, даже страна, могут переработать больше, чем заготовлено в них, используя завоз из других регионов или экспорт круглого леса. Так, добившийся в Архангельской области в 1999 г. наиболее впечатляющих результатов Архангельский ЦБК лишь 66 % сырья получил от лесозаготовителей своей области; 230 тыс.м<sup>3</sup> завез из Ленинградской области, имел поставки из Вологодской и др.

Особая лесозаготовительная отрасль промышленности сложилась только в СССР. Во многих странах лесозаготовка – это продолжение лесного хозяйства («сбор урожая») и поэтому даже не считается промышленностью, статистика включает ее в сельское хозяйство. В Международной стандартной отраслевой классификации видов экономической деятельности (МСОК) и Общероссийском классификаторе видов экономической деятельности, продукции и услуг (ОКДП) лесозаготовки отнесены к разделу А. Сельское хозяйство, охота и лесоводство, тогда как все остальные лесные производства – к обрабатывающей промышленности, где входят в раздел Д : 20. Деревообработка, 21. ЦБП, 36. Мебель. В ведущих лесопромышленных странах лесозаготовки являются заготовительным цехом лесоперерабатывающих предприятий и компаний. С учетом международной торговли круглым лесом ни одна страна, кроме России, не озабочена балансом между объемами лесозаготовок и переработки.

В плановой экономике СССР наделение лесозаготовок статусом базовой отрасли имело смысл: переработчики не могли прямо воздействовать на добывающую отрасль, поэтому государство как бы подчеркивало свою ответственность перед первой, начальной, стадией лесопромышленного потока. К тому же лесозаготовки с их дорожными и социальными проблемами всегда были наиболее сложной отраслью. В рыночной экономике базовыми оказываются те отрасли, которые имеют больше денег и перспектив. От того, что мы будем по-прежнему называть лесозаготовительную промышленность базовой отраслью, ей не становится легче.

3. Если взять в качестве примера Архангельскую область, то в 1999 г. лесозаготовители работали заметно лучше, чем в предшествовавшем году. Вывозка леса увеличилась на 9,2 % – 7,4 млн м<sup>3</sup> против 6,8 в 1998 г.;

производство лесоматериалов круглых, т. е. собственно деловой древесины, возросло на 10,9 % (почти 6,4 млн м<sup>3</sup>). Эти приросты, правда, меньше, чем в обрабатывающих отраслях: по пиломатериалам – 14,7; по варке целлюлозы – 24,0; целлюлозе товарной – 19,5; бумаге – 17,5 %.

Из 65 предприятий, по которым есть открытая статистика, наибольших объемов вывозки достигли, тыс. м<sup>3</sup>: Онегалес – 405; Двинлес – 403; Ерогодский ЛПХ – 314; Луковецкий – 304; Учреждение ОУ – 300; Дмитриевский ЛПХ – 271; ЗАО Устьялес – 252; Шалакушалес – 229; Усть-Покшеньгский ЛПХ – 226; Светлозерсклес – 208. Но есть в этом списке и весьма тревожные показатели: Приозерный ЛПХ – лишь 47; Устьяваенгский – 25; Емецкий – 16 тыс. м<sup>3</sup>; некогда один из крупнейших в области Шенкурский ЛПХ «растасили» до такой степени, что его преемник заготовил в 1999 г. всего 2,9 тыс. м<sup>3</sup>, а средний по размерам Левковский ЛПХ и того меньше – 1,5 тыс. м<sup>3</sup>.

Появилось множество новых предприятий, нередко работающих в одной сырьевой базе: два Виледьлеса (137 и 133 тыс. м<sup>3</sup>); ООО «Литвиново – КЦБК» и Литвиновский ЛПХ (83 и 7); Двинской ЛПХ и Двинлес (97 и 403); Вельский ЛПХ, Вельское КЛПП и АК Вельсклес (63; 6; 34).

Соломбальский ЦБК создал свое небольшое предприятие-филиал Тоймалес в верховьях Пинеги. У АЦБК количество «своих» лесозаготовительных предприятий достигло 21 (в том числе два в Вологодской области, одно в Ярославской), у Котласского ЦБК – 14.

Все эти явления происходят стихийно, разрозненно. Нашумевшее известие о сговоре Соломбальского и Онежского ЛДК по сырьевой политике не получило отчетливых форм. Разработанные администрацией Архангельской области программы – антикризисная и среднесрочная – не предполагали такого хода событий, не предусматривали никакого четкого образа действий.

Застой в лесозэксплуатации приобрел хронический характер; совершенно нет свежих идей, активных усилий «снизу», со стороны предприятий-производителей. Усилия «сверху» сводятся к выпрашиванию господдержки в виде средств на сезонное кредитование, налоговых льгот и т. п. Весьма поверхностно, в основном на уровне совещаний, ставится вопрос об «управляемости» в отраслях ЛПК, но управляемость – это ложный путь, уход от рыночной экономики, а не развитие ее. Управление в отрасли и управление отраслью (управляемость) – разные категории. Первая естественна, объективна и нуждается в поиске наиболее эффективных структур; вторая обусловлена воспоминаниями о прежних ВПО, ТПО, министерстве и, будем надеяться, не состоится. По крайней мере, все попытки создать в Архангельской области главк или нечто ему подобное ни к чему не привели.

4. В основе концепции выхода из кризиса должна быть качественная (смысловая, логическая) сторона проблемы, количественная (цифровая) информация имеет вспомогательный характер. Решение надо искать на путях системного анализа в самом строгом смысле этого понятия, т. е. включая

такие этапы, как постановка цели, анализ, модели, альтернативы, критерии, подготовка решений.

Основным предметом исследования должны стать цели, мотивы, поведение, взаимоотношения субъектов ЛПК и внешней среды: администрации области, управления лесами, лесного департамента Министерства промышленности РФ, Союзов лесопромышленников и лесозэкспортеров области и России, Минфина РФ.

Действительность на данный момент такова, что почти все предприятия ЛПК являются акционерными обществами и у них нет общей, единой цели. Многие директора АО все еще не стали менеджерами. В Архангельской области настороженно относятся к иностранным инвестициям и возможности лесных концессий. Общая экономическая атмосфера – выжидательно-пассивная разобщенность.

Главной идеей должна стать попытка найти движущие силы внутри самого ЛПК и областных структур, способные резко активизировать обстановку, внести дух подлинного предпринимательства. Обнадеживающие примеры есть пока лишь в обрабатывающих отраслях ЛПК: Архангельский и Соломбальский ЦБК, Соломбальский и Онежский ЛДК и др.

5. Не считая лесозаготовительную отрасль ведущей, надо рассматривать ее как добывающую структуру ЛПК, призванную полностью обеспечить потребности областных переработчиков в сырье. В лесозаготовительной отрасли много своих острых проблем. Это, прежде всего, оторванность многих предприятий, располагающих достаточно обширными лесными ресурсами (на условиях аренды), от железных и шоссейных дорог и истощенность «сырьевых баз» в местах с хорошей транспортной ситуацией или близких к местам переработки. В составе лесозаготовительной отрасли следует рассматривать также добычу живицы и осмола как сырья для лесохимической отрасли, вопросы углубления прижизненного использования лесных ресурсов. Это одно из направлений комбинирования (диверсификации) производства в лесозаготовительной отрасли. Под комбинированием мы понимаем развитие в одном предприятии нескольких производств, разных, но связанных единством предмета труда (в данном случае лес, древесина). Но можно идти и на объединение в предприятии совершенно разных производств, например лесозаготовительного и сельскохозяйственного. Это уже диверсификация, и не только гипотетическая, а вполне реальная. Слабые леспромпхозы могли бы объединиться в ассоциации, например по типу синдикатов, т. е. согласовывая политику сбыта. Предприятиям-соседям своевременно напомнить об ассоциативной форме концентрации производства по Т.С. Лобовикову.

6. Во всем мире идут бурные процессы интеграции, но в российской лесозаготовительной промышленности практически нет слияний, объединений, не образуются ФПГ; напротив, предприятия дробятся, мельчают. Интеграция, конечно, не единственный путь к оздоровлению и возрождению отрасли, но она, несомненно, актуальна и заслуживает самого пристального внимания. Буквально каждодневные сообщения об интеграционных процессах в мировой экономике заставляют нас задать вопросы: почему эти воз-

возможности не используются в ЛПК России (и не только в ЛПК), что мешает, чьи интересы препятствуют интеграции, какова специфика ее в добывающих отраслях вообще и в лесозаготовительной в частности? На старте исследований не исключается вывод о нецелесообразности объединений лесозаготовительных предприятий на современном этапе, в каких-то конкретных условиях. Интеграция не обязательна для каждого лесного предприятия; в то же время есть предпосылки для слияния лесных предприятий с нелесными.

Архангельский государственный технический университет  
Поступила 20.06.2000 г.

*E.S. Romanov*

### **Economic Processes in the Logging Industry**

Varied processes are noted to take place in the industry. New small enterprises are being established alongside of joint stock companies, the first ones being subordinate to big sawmills, pulp-and-paper mills. The question is raised about forming different types of wood-harvesting enterprises associations.

УДК 658.5.012.1

*П.В. Окладский*

### **СООТНОШЕНИЕ ПОНЯТИЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Изложена общая концепция экономической устойчивости. Рассмотрены понятия несостоятельности и устойчивости предприятия. Даны представления о возможной реакции производственной системы на внешнюю среду, а также основные параметры режимов ее функционирования.

Принципиально новые производственные отношения в условиях переходной экономики определяют особую важность стабильной производственной деятельности предприятий. Государство перестает быть гарантом существования хозяйственной организации, и предприятия вынуждены выживать самостоятельно.

Так, практика наиболее преуспевающих мебельных предприятий убеждает в том, что существуют определенные предпосылки для их стабильной деятельности, которая проявляется в совокупности особых свойств их производства, структуры, организационно-экономических отношений, связей с другими производствами и пр. В числе этих свойств своевременная реакция на конъюнктуру рынка, конкурентоспособность продукции, инвестиционная и инновационная активность, финансовая состоятельность и др. Эти свойства хозяйственной системы можно рассматривать как проявление важнейшего ее качества – экономической устойчивости.

В настоящее время понятие устойчивости экономической системы в условиях рынка слабо разработано, не до конца осознано предпринимателями и организаторами производственной деятельности. Экономическая наука до сих пор не уделяет должного внимания проблеме экономической устойчивости предприятий, концентрируя внимание на вопросах их финансовой стабилизации и инвестиционной деятельности.

В научной литературе используется несколько близких по смыслу терминов, характеризующих способность предприятия противостоять или, наоборот, не выдерживать воздействия внешней среды. К ним относятся несостоятельность, равновесие, адаптация, жизнеспособность, стабильность и др.

Согласно общепринятым представлениям несостоятельность рассматривается как негативное положение хозяйствующего субъекта в системе экономических связей. Важнейшей характеристикой такого положения фирмы считается уровень ее неплатежеспособности, т. е. неспособность устойчиво выполнять принятые на себя финансовые обязательства. Именно так трактуется несостоятельность закон о банкротстве предприятий.

Это понимание несостоятельности предприятия сужает направление ее теоретического и прикладного исследования. Система экономических связей, в рамках которой рассматривается и оценивается положение несостоятельности субъекта, фактически ограничивается взаимодействиями отдельной фирмы с партнерами по бизнесу и лишь с теми, которые выступают в качестве кредиторов.

Например, критикуя терминологию закона о банкротстве, предлагают определение понятия несостоятельности как снижения предприятием физического объема производства продукции, отражающего длительную его неспособность реализовать объективную функцию в экономической системе из-за несоответствия внутреннего состояния и текущей функции требованиям внешней среды.

Такое понимание несостоятельности сближает его с понятием экономической устойчивости. На наш взгляд, несостоятельность является частью более широкого понятия экономической устойчивости.

Проведенный анализ понятийного аппарата дал возможность сформулировать определение понятия экономической устойчивости. Под ней понимается динамическое соответствие (адекватность) параметров состояния системы «предприятие» состоянию внешней и внутренней среды, обеспечивающему его эффективное функционирование в условиях возмущающих воздействий. Если внутреннее состояние предприятия соответствует требованиям внешней среды, то оно способно устойчиво выполнять свою производственную функцию.

Анализ существующих подходов, моделей и методов управления мебельным предприятием позволил сформулировать общую концепцию оценки и выбора вариантов управляющих решений с учетом экономической устойчивости. Основой этой концепции является понимание мебельного предприятия как открытой системы, взаимодействующей с окружающей

средой (открытой считается система, обменивающаяся с внешней средой веществом, энергией и информацией).

В середине 70-х гг. ряд ученых (А.Г. Аганбегян, В.В. Новожилов, Л.В. Канторович, П.Г. Бунич) независимо друг от друга разработали методику, по которой, анализируя производственно-хозяйственную деятельность предприятия и применяя статистические методы, основываясь на системном подходе, можно проследить процесс получения информации, необходимой для принятия управленческих решений. При исследовании промышленного предприятия информация о его состоянии предполагалась известной. При этом под состоянием экономической системы (предприятия) подразумевалась совокупность показателей производственно-хозяйственной деятельности, характеризующих ее в заданный период времени. В числе таких показателей были производительность труда (выработка), объем производимой продукции, себестоимость ее единицы. К сожалению, в современных условиях рынка они не могут характеризовать экономическую устойчивость предприятия.

Предлагаемые в ряде работ концепции «адаптивных», «активных» систем вводят в модель производственной системы элемент ее настройки на внешнюю среду. Свойство производственной системы изменять свое поведение под воздействием однотипных возмущений называют адаптивностью, противостоять возмущениям любой природы – устойчивостью. Комплекс этих свойств представляет суть управления, направленного на достижение конечной цели предприятия в заданный промежуток времени в условиях воздействия внутренних и внешних возмущений.

Суть адаптации состоит в том, что в реальном масштабе времени поведение системы изменяется в соответствии с текущими характеристиками. При этом основной является проблема устойчивости данной системы и отклонение ее характеристик от системы «идеальной».

Чтобы производственная система функционировала, она должна оставаться работоспособной после воздействия возмущений любой природы. Однако, с одной стороны, система должна воспринимать возмущения, способствующие достижению конечной цели, с другой – сопротивляться возмущениям негативного характера. Таким образом, она должна обладать свойствами, позволяющими сохранять свое состояние или изменять его в зависимости от характера возмущений, т. е. свойствами самоорганизации.

Активность системы связана с основными моментами любого процесса управления – целевой функцией и отклонением от нее. Отклонение – это универсальный элемент взаимодействия. Без него нет информации и процесса управления, нет развития. Определяющая роль отклонения отражена в основном принципе самоорганизации, согласно которому само отклонение от нормы служит стимулом возвращения к ней.

Никакая жесткая программа не в состоянии полностью учесть всего многообразия среды, окружающей производственную систему. Следовательно, система должна обладать качествами адаптации и самоорганизации. Самоорганизующиеся системы способны поддерживать стабильное состоя-

ние, удерживать определяющее системное качество, производственные характеристики в ограниченном интервале значений в условиях непрерывных возмущений со стороны внешней среды. Во всех системах процесс самоорганизации идет с учетом большого числа элементов и, следовательно, определяется совокупным, кооперативным действием. Чтобы подчеркнуть это обстоятельство, Г. Хакен ввел специальный термин «синергетика», что означает совместное или кооперативное действие. Синергетический подход к экономическим явлениям и процессам в настоящее время еще не нашел широкого применения в лесном комплексе и, на наш взгляд, может быть перспективным для выявления методов повышения и обеспечения экономической устойчивости мебельных предприятий.

Функционирование мебельного предприятия можно рассматривать как последовательную смену его состояний во времени. При этом момент времени считается некоторый промежуток, принимаемый в качестве элементарного интервала наблюдений (месяц, квартал).

На производственный процесс воздействует множество факторов, которые могут приводить к отклонению фактических параметров от заданных. Оценкой отклонения выступает величина, которая определяется как функция отличия заданного и фактического состояния системы.

Выразителем устойчивости можно считать экономические потери в производственной системе. Чем они меньше, тем выше устойчивость системы к возмущениям, тем меньше потери.

Основой для определения режимов работы предприятия служат граничные точки областей целевых и допустимых траекторий функционирования системы. Такая оценка может выступать в качестве общей характеристики деятельности промышленного предприятия. Это позволяет классифицировать режимы следующим образом:

- 1) режим полной дестабилизации системы;
- 2) аварийный;
- 3) нормальный;
- 4) режим повышенной интенсивности функционирования.

Функционирование предприятия в нормальном и идеальном режимах не требует вмешательства в ход производственного процесса. Аварийный режим характеризуется воздействием дестабилизирующих факторов внешней среды, приводящих к потере экономической устойчивости предприятия и срыву производственной программы.

Таким образом, основной задачей является выбор характеристик и построение границ допустимой области функционирования предприятия.

Анализ существующих подходов, моделей и методов с точки зрения их применения в управлении сложной экономической системой позволяет сформулировать общий подход к выбору вариантов управляющих решений с учетом показателей устойчивости. Основой этого подхода является признание экономической системы как вероятностной, проведение ее исследования и прогнозирования стратегии развития с помощью экономико-



математических моделей оценки экономической устойчивости мебельного предприятия.

С.-Петербургская лесотехническая академия

Поступила 03.02.99

*P. V. Okladsky*

## **Correlation of Concepts of Economic Bankruptcy and Enterprises' Stability**

The general concept of economic stability is declared. The concepts of bankruptcy and stability of enterprises are considered. The possible reaction of manufacturing system on the external environment is explained, as well as the main parameters of its functioning modes.

УДК 630\*7

*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 более 120 работ в области лесопромышленности, плантационного лесовыращивания, регулирования состава лесных фитоценозов.



## **О СПОРНЫХ ОРИЕНТИРАХ В ЛЕСНОЙ ПОЛИТИКЕ\***

Ведется полемика с руководителем департамента бывш. Минэкономики РФ, выражающим в основном интересы лесопромышленников. Предлагается оптимальный вариант лесопромышленности.

В середине июня 2000 г. руководитель департамента тогда еще Минэкономики России, доктор технических наук, заслуженный работник лесной промышленности Б. Большаков опубликовал в «Лесной газете» от 17.06.2000 г. статью «О государственной политике в лесном комплексе России». Статья преподнесена как программа действий по реализации «Стратегии развития лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности Российской Федерации на 1999–2000 годы», утвержденной Минэкономики России 31 января 2000 г. Главное внимание в

\* В порядке дискуссии.

статье уделено разным аспектам отношений лесной промышленности и лесного хозяйства, а также предполагаемым реформам лесопромышленности. Заявленная тема представляет интерес для лесоводов (и не только их) и желание высказать свою точку зрения по существу предмета.

Ниже приведены замечания по статье Б. Большакова, имеющие, по нашему мнению, принципиальный характер.

1. Успех (или неуспех) развития лесного комплекса обусловлен ходом дел во всех его отраслях: в лесном хозяйстве, на промышленных предприятиях, занятых заготовкой древесины и использующих ее в качестве сырья; в структурах, занятых торговлей всеми видами лесопромышленности.

Из перечисленных составляющих лесного комплекса в названии «Стратегии ...» нет первой и последней отраслей.

2. В статье Б. Большакова лесное хозяйство рассмотрено как часть лесного комплекса, но не в ранге равноправного партнера экономических отношений, решающего свои специфические задачи, а всего лишь в качестве источника древесного сырья, которого у нас в стране, якобы, более чем достаточно. В подтверждение этой мысли автор приводит данные о годовом приросте древесины в России (822 млн м<sup>3</sup>), объемах заготовки и вывозки в 1997 г. (83 млн м<sup>3</sup>). Сделан вывод о том, что мы ежегодно используем только 12 % прироста своих лесов. Однако последняя цифра может ввести читателей в опасное заблуждение, поскольку теперь коммерчески выгодная лесопромышленная деятельность может иметь место лишь на сравнительно небольшой части площади лесного фонда, равной примерно 22 % [2, 9]. Соответственно, если при определении объемов возможного лесопромышленного производства в России руководствоваться приведенными выше данными о запасах и приросте древесины, то это неминуемо приведет к чрезмерной эксплуатации лесов в районах с развитой инфраструктурой, кризису в сферах производства и экологии.

3. По мнению Б. Большакова, отношения государственного лесного хозяйства и лесопромышленных структур разных форм собственности должны строиться «только на основе организационно-производственных взаимосвязей ...» О согласовании экономических интересов партнеров и механизме поиска баланса таких интересов в статье речи нет. По нашему мнению, развитие лесного комплекса страны в условиях рынка должно базироваться на взаимных экономических интересах всех субъектов лесных отношений. В Российской империи умели эффективно работать в условиях рынка как лесопромышленники, так и лесоводы. Например, в 1913 г. Россия экспортировала 2,3 млн стандартных пиленого леса, а взятые вместе США и Канада – только 1,5. Показательно и то, что с 1903 г. по 1913 г. объемы экспорта пиленого леса у нас выросли на 77 % [10]. За эти же 10 лет валовой доход Лесного департамента России возрос с 62,6 до 96,4 млн р. Его «чистый» (перечисленный в казну) доход в 1913 г. был равен 60 млн р. По сути дела, 1 р. затрат приносил государству 2 р. дохода при средней величине валового дохода в Европейской России 1 р. 07 к. с 1 дес. в год. Тем не менее казенные леса России, даже в обжитых регионах, не были истощены чрез-

мерными рубками. В последующий период это способствовало выживанию России, в том числе тогда, когда по Брестскому миру она осталась без угля и нефти.

Об основных составляющих экономической политики Лесного департамента России мы уже говорили [11–13]. Львиную долю своих доходов (более 90 %) Лесной департамент получал от продажи леса на корню, причем обязательно на открытых торгах и при глубоко дифференцированных таксовых (стартовых) ценах на древесину на конкретных участках леса. От сдачи казенных лесов в аренду, о чем сейчас говорят как о спасательном круге, в Российской империи отказались еще в XIX столетии, определив в экспериментах, что это – самый убыточный способ организации лесопользования и лесопользования.

4. Вместо сложной и многотрудной работы по организации экономического взаимодействия структур лесного хозяйства и лесной промышленности Б. Большаков в качестве образца использовал административные реформы 1929 г., когда имели место действительно драматические события, в том числе:

упразднение государственного лесного хозяйства как самостоятельной высокодоходной отрасли и его центрального органа – Главного управления лесами в структуре Наркомзема;

минимизация значения такой экономической категории, как лесной доход страны;

упразднение традиционных представлений о том, что лес на корню как товар является предметом купли – продажи;

разрушение классического русского лесостроительства, ориентированного на разработку экономически обоснованных такс на древесину с конкретных участков и планов организации правильного лесного хозяйства, при ведении которого высокая доходность лесов сочетается с содержанием их в хорошем состоянии;

осуждение политических взглядов корифеев русской лесоводственной науки (в том числе проф. Г.Ф. Морозова и проф. М.М. Орлова) как носителей буржуазной идеологии и ее основного постулата об обязательном постоянстве пользования лесом в каждой отдельно взятой хозяйственной части лесничества;

передача функций лесопользования лесопромышленным структурам, которые, естественно, широко использовали предоставленные им привилегии для перерубов расчетных лесосек в обжитых регионах страны, а также для внедрения в практику относительно более дешевых способов лесосечных работ, противоречащих интересам воспроизводства лесных ресурсов. В итоге во многих регионах лесной зоны России произошла смена коренных хвойных лесов осинниками и березняками. О масштабах этих явлений можно судить по Вологодской области: в 1927 г. высокоценные хвойные древостой занимали здесь 90 % площади лесного фонда, а за последующие 70 лет доля сосны и ели в составе лесов упала до 46 %.

То, что тогда происходило на лесосеках, вынуждало государство неоднократно принимать меры по сохранению и воспроизводству лесных ресурсов. К сожалению, эти меры носили в основном административно-управленческий характер. Не сопровождаемые кардинальными экономическими реформами, они достигали своей цели лишь отчасти. В конечном счете предоставленная лесопромышленным структурам широкая свобода действий обернулась против них самих. Получая лесосечный фонд практически даром [8], леспромхозы использовали его плохо. Так, в 1962 г. из заготовленных 400 млн м<sup>3</sup> древесины в отвалы и костры было отправлено более 140 [6]. Получив в свое распоряжение обширные площади лесов, леспромхозы увеличили объемы лесозаготовок сверх допустимой меры, а затем, вырубив все вокруг себя, стали десятками закрываться, бросая лесные поселки, где при иной экономически обоснованной организации лесопользования и воспроизводства лесных ресурсов могли бы благополучно жить и обустраивать свою малую родину многие поколения местного населения, включая и коренные народы России. Спад в работе лесной промышленности начался еще до реформ, и уже потом произошли обвальные явления. Иллюстрацией служит динамика объемов заготовленной древесины в лесах союзного подчинения по рубкам главного пользования (1960 г. – 321, 1970 г. – 326, 1980 г. – 310, 1990 г. – 283, 1993 г. – 174, 1995 г. – 125 млн м<sup>3</sup>) [1].

5. В статье Б. Большакова не отражена весьма важная для всей страны проблема лесного экспорта. Круглый лес «уходит» из России мощными потоками по суше и воде, о чем иные говорят даже как о нашем достижении. Другие страны перерабатывают нашу древесину в весьма дорогие продукты. Нам же достается минимум доходов, достаточный лишь для того, чтобы указанные потоки бревен не прекратились до вырубки всех доступных участков леса. О том, в каком глубоком провале мы в данном случае оказались, можно судить по доле необработанной древесины в общей стоимости лесного экспорта страны: в 1913 г. она была равна 37 %, а в 1995 г. достигла 50 % [7].

Чтобы понять причины сказанного, нужно иметь в виду, что лесосечные работы, не сопровождающиеся созданием инфраструктуры на данной территории, сопряжены с гораздо меньшими затратами и более коротким сроком оборота капитала, чем строительство (реконструкция) предприятий по переработке древесины. Предпринимателю выгоднее рубить лес и продавать его в круглом виде. В данном случае в условиях нерегулируемого рынка интересы предпринимателей явно не совпадают с интересами всей страны. Поэтому Правительство России и его министерства обязаны создать условия, при которых предпринимателям будет выгоднее вкладывать деньги в переработку древесины, а не в лесосечные работы. Для этого могут быть задействованы разные экономические механизмы, в том числе дифференцированные экспортные пошлины, более высокие на круглый лес и низкие на продукты его переработки. Так делали и делают во многих странах, в том числе бывших колониях, но, к сожалению, не у нас. Например, в 1996 г. в России действовали одинаковые экспортные пошлины на

круглый и пиленный лес (8 %), а на целлюлозу даже на 2 % выше [7]. В том же году экспортные пошлины были вообще отменены якобы для того, чтобы способствовать «развитию конкуренции». Это решение, конечно, не может стимулировать развитие нашей деревоперерабатывающей промышленности.

6. Серьезную ошибку допускают Б. Большаков, И. Макаров [4] и другие их коллеги по профессии, сообщая читателям разных газет и журналов о том, что невырубленные старовозрастные (девственные) леса якобы «ухудшают экологию» планеты. Свою точку зрения они аргументируют тем, что такие леса из-за низкого прироста биомассы продуцируют кислород в меньших количествах, чем молодые и средневозрастные.

Однако дефицит кислорода нам пока не грозит. Его содержание в атмосфере остается стабильным уже многие годы. Хуже обстоит дело с углеродом. За последние 50 лет содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере возросло – не без нашей помощи – в 1,25 раза. Поскольку данный процесс имеет прогрессирующий характер, ожидают, что к середине – концу нового столетия содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере удвоится, что будет сопровождаться усилением «парникового эффекта». Прогнозируемый результат: повышение температуры воздуха на 7 ... 8 °С в средних и высоких широтах и до 12 °С на полюсах. Это приведет к таким серьезным изменениям на Земле (в том числе таянию полярных льдов и подъему уровня мирового океана), что их можно сравнивать с крупными геологическими и климатическими событиями в истории планеты [5].

В связи с возникшей «проблемой углерода» надо напомнить, что на Земле природа задействовала только один мощный механизм, обеспечивающий изъятие  $\text{CO}_2$  из атмосферы. Это фотосинтез, осуществляемый всеми зелеными растениями планеты. Леса Земли вносят весомый вклад в указанный процесс. По сравнению с лесами средних и высоких широт тропические леса извлекают углерод из атмосферы в большем количестве. Однако там, в условиях высоких температур и влажности, углеродсодержащие вещества подвергаются очень быстрому распаду, следствием которого является быстрый возврат большей части углерода в атмосферу. Наши молодые и средневозрастные леса извлекают углерод из атмосферы в большем количестве, чем старовозрастные (девственные) леса, где прирост деревьев примерно равен массе их отпада. Однако именно старовозрастные таежные леса России лучше удерживают накопленный углерод. Данный кажущийся парадокс обусловлен тем, что процессы распада органических веществ идут в тайге медленно. Поэтому основная часть накопленного углерода здесь оказывается не в стволах растущих деревьев, а в почве, напочвенном покрове и органическом опаде [3, 14]. В случае вырубki таких древостоев накопленные запасы углеродсодержащих веществ (а это многие десятки тонн на каждом гектаре) разрушаются и поступают в основном в атмосферу в виде  $\text{CO}_2$ . Это направление транзита углерода может быть изменено на противоположное лишь по истечении многих лет, после воссоздания на вырубках

новых лесных экосистем со всеми присущими им ярусами живых организмов и почвы.

Густые леса покрывали большую часть современной территории России еще до того, как здесь поселились люди. Поэтому неубедительны попытки обосновать «экологическими» рассуждениями необходимость применения коммерчески выгодных способов лесозаготовки. Такие рубки ведут только потому, что древесина нужна как сырье – товар для внутреннего и внешнего рынков. В лесах России этот товар еще есть. Однако брать его можно и должно лишь при определенных условиях, а именно: а) при минимальном ущербе природе и обязательной компенсации затрат на возобновление коренных типов леса теми субъектами лесных отношений, которые вырубали тот или иной древостой, т. е. разрушили существующую экологическую систему; б) чтобы был выдержан принцип неистощительного неубывающего пользования лесом в каждой хозчасти каждого лесничества, а не в целом по лесхозу или даже по субъекту федерации; в) чтобы рос лесной доход государства и в частности лесхозов, а не только тех, кто эксплуатирует лесные ресурсы страны.

Обозначенные условия, как цели, не легкие. Приблизиться к ним мы, очевидно, сможем, если наше лесное хозяйство будет учитывать путь Лесного департамента Российской империи. Это путь юридически самостоятельного товаропроизводителя, имеющего право продавать на открытом рынке свой специфический товар – отведенные в рубку лесосеки и обязанного содержать леса в хорошем состоянии.

Чтобы вернуть лесному хозяйству России статус высокодоходной отрасли, нельзя обойтись без реформ в сферах экономической и юридической организации лесопромышленности. Успешность этих реформ не может быть одинаковой при разном государственном статусе лесного хозяйства. Оптимальный вариант – экономическая и юридическая самостоятельность лесного хозяйства как отрасли; хуже, когда оно (по примеру не лучшим образом управляемого лесного хозяйства Канады) включено в структуру Министерства природных ресурсов; более благоприятным решением могло бы быть включение бывшей Федеральной службы лесного хозяйства России в структуру Министерства сельского (и лесного) хозяйства в качестве самостоятельного департамента. Так сделано в Японии, Финляндии, Швеции, США и других странах. Именно так было раньше и в Российской империи, проверенным опытом которой мы не вправе пренебрегать.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двухсотлетие учреждения Лесного департамента. 1798-1998. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. – Т. 2. – 241 с.
2. Ильин В.А. Правовые и экономические проблемы становления новых лесных отношений // Устойчивое лесопромышленное управление и критерии его оценки в период перехода к рыночной экономике: Сб. науч. тр. / СПбНИИЛХ. – СПб., 1998. – С. 70–78.

3. *Исаев А.С., Коровин Г.Н.* Углерод в лесах Северной Евразии // *Круговорот углерода на территории России: Избр. тр. по проблеме «Глобальная эволюция биосферы ...»*. – М., 1998. – С. 63–95.
4. *Макаров И.* Наш поклон Земле Иркутской // *Наш современник*. – 1999. – № 2. – С. 40–44.
5. *Мокроносов А.Т.* Глобальный фотосинтез и биоразнообразие растительности // *Круговорот углерода на территории России: Избр. тр. по проблеме «Глобальная эволюция биосферы ...»*. – М., 1999. – С. 19–62.
6. *Орлов Г.М.* Лесное хозяйство на высшую ступень // *Лесн. хоз-во*. – 1963. – № 6. – С. 2–4.
7. Региональные исследования Всемирного банка: Россия, лесная политика в переходный период. – Washington: D.C., 1997. – 337 с.
8. *Рубцов В.И.* Назревшие вопросы развития лесного хозяйства // *Лесн. хоз-во*. – 1966. – № 6. – С. 2–6.
9. *Страхов В.В.* Русский лес на волнах мирового рынка // *Лесн. газ*. – 1997. – № 21.
10. *Фаас В.В.* Результаты бывшего казенного лесного хозяйства к 1914 году / Комиссариат земледелия. – Петроград, 1919. – Табл. 8, 37 и др.
11. *Шутов И.В.* История свидетельствует и предупреждает // *Лесн. хоз-во*. – 1991. – № 10. – С. 2–5.
12. *Шутов И.В.* В плену административного романтизма // *Лесн. хоз-во*. – 1994. – № 4. – С. 36–39.
13. *Шутов И.В.* Становление устойчивого лесопользования // *Устойчивое лесопользование и критерии его оценки в период перехода к рыночной экономике: Сб. науч. тр. / СПбНИИЛХ*. – СПб., 1998. – С. 7–39.
14. *Alexeyev V.A., Birdsey R.A.* Carbon Storage in Forests and Peatlands of Russia. – Radnor (US): Northeastern Forest Experiment Station, 1998. – 138 p.

С.-Петербургский НИИ лесного хозяйства  
Поступила 10.07.2000 г.

*I.V. Shutov*

### **On Arguable Guidelines in the Forest Policy**

The debate is carried out with the head of the department of the former Ministry of Economics of RF, expressing mainly the interests of wood industry men. The optimal variant of forest management is suggested.

---

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 581.175.11:581.144.4

*И.Я. Киселев***ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПИГМЕНТОВ  
ОСЕННИХ ЛИСТЬЕВ КЛЕНА ОСТРОЛИСТНОГО  
И БАРБАРИСА ОБЫКНОВЕННОГО**

Спектрофотометрическим методом изучен качественный состав пигментов осенних листьев клена остролистного и барбариса обыкновенного.

Антоцианины, каротиноиды и хлорофиллы относятся к растительным пигментам. Антоцианины являются основными компонентами веществ, придающих красную, синюю и фиолетовую окраску листьям. Эти вещества (апигенидин, пеларгонидин, цианидин, дельфинидин), представляющие собой глюкозиды антоцианидинов, хорошо растворимы в воде.

Антоцианидины различаются числом гидроксильных групп в пирриловой соли.

Каротиноиды ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) растворимы в жирах и обычно имеют окраску от желтой до красной. В числе других красителей они в небольших количествах присутствуют в тканях растений и животных. Поглощение каротиноидов обусловлено длинной цепью сопряженных двойных связей, причем в  $\beta$ -каротине их не менее одиннадцати.

Хлорофиллы *a* и *b* имеют интенсивную зеленую окраску. Характерная особенность электронной структуры хлорофилла – наличие девяти сопряженных двойных связей в кольце. Хлорофилл *a* имеет структуру, состоящую из четырех замкнутых пиррольных колец с боковыми цепями. Пиррольные кольца координационно связаны с магнием, расположенным в центре. Хлорофилл имеет полосы поглощения в ультрафиолетовой и видимой областях.

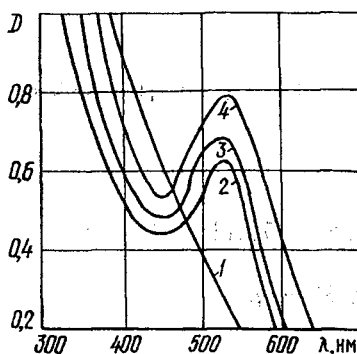
Положение максимумов в спектрах поглощения антоцианидинов, каротиноидов и хлорофиллов точно определено и используется для идентификации чистых индивидуальных пигментов или их хромофорных систем [2].

Для изучения пигментов широко применяют спектрофотометрический метод благодаря его высокой чувствительности [2].

Цель данной работы – изучить качественный состав пигментов осенних листьев древесных растений.



Рис. 1. Электронные спектры поглощения водных (1, 3) и солянокислых (0,1 % раствор HCl) экстрактов образцов листьев клена остролистного (1, 2) и барбариса обыкновенного (3, 4): 1 – pH 4,8; 2 – 2,2; 3 – 2,9; 4 – 1,8



Для эксперимента использовали красно-коричневые листья клена остролистного и фиолетово-красные листья барбариса обыкновенного.

Навески образцов массой 5 г готовили из мелконарезанных воздушно-сухих листьев.

В качестве растворителей при экстракции пигментов из образцов листьев использовали гексан, воду и 0,1 %-й водный раствор HCl (жидкостный модуль 7). Экстрагирование проводили при комнатной температуре и 30-минутном перемешивании с последующим выдерживанием в течение 24 ч [1]. Полученные экстракты фильтровали, затем изучали их спектральные характеристики в видимой области спектра.

На рис. 1 представлены спектры поглощения водных солянокислых экстрактов образцов листьев клена и барбариса.

Как видно из рис. 1, в спектре поглощения (1) водного экстракта (pH 4,8) образцов листьев клена отсутствует максимум. Спектры поглощения (2 – 4) экстрактов (pH < 3) образцов листьев клена и барбариса имеют максимум при длине волны  $\lambda_{\max} = 533$  нм ( $\nu_{\max} = 18\,800$  см<sup>-1</sup>).

Положение максимума в спектрах поглощения 2 – 4 свидетельствует о присутствии в экстрактах пигмента цианидина, для которого характерной полосой является  $\lambda_{\max} = 535$  нм ( $\nu_{\max} = 18\,700$  см<sup>-1</sup>) [2].

На рис. 2 представлены электронные спектры поглощения гексановых экстрактов образцов листьев клена и барбариса, имеющие три максимума поглощения. Положение максимумов в спектрах 1 и 2 одинаково:  $\lambda_{\max} = 425, 453, 482$  нм ( $\nu_{\max} = 23\,500, 22\,100, 20\,700$  см<sup>-1</sup>). Это свидетельствует о присутствии в экстрактах β-каротина общего состава C<sub>40</sub> H<sub>56</sub> [2].

Следовательно, осенние красно-коричневые листья клена остролистного и фио-

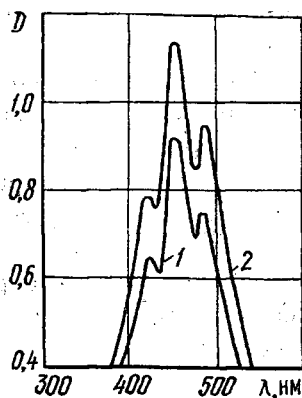


Рис. 2. Электронные спектры поглощения гексановых экстрактов образцов листьев клена остролистного (1) и барбариса обыкновенного (2)

летово-красные листья барбариса обыкновенного содержат  $\beta$ -каротин и цианидин. Хлорофиллы *a* и *b* не обнаружены.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воскресенский П.И.* Техника лабораторных работ. – изд. 10-е, стереотипное. – М.: Химия, 1973. – 717 с.

2. *Штерн Э., Тиммонс К.* Электронная абсорбционная спектроскопия в органической химии / Пер. с англ. под ред. Ю.А. Пентина. – М.: Мир, 1974. – 295 с.

С.-Петербургская лесотехническая академия

*I.Ya. Kiselev*

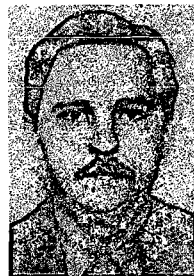
### **Study of the Qualitative Composition of Autumn Leaves Pigments for American Maple and Barberry**

The qualitative composition of autumn leaves pigments for American maple and barberry has been studied by means of spectrophotometric method.

УДК 624.011.1

***А.Ф. Попов***

Попов Александр Федорович родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат архитектуры, доцент кафедры инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета. Имеет более 200 печатных трудов в области архитектуры и строительных конструкций.



### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ АРХИТЕКТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ В ЗДАНИЯХ С КОНСТРУКЦИЯМИ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

Раскрыты специфика и приемы работы со средствами архитектурной композиции в зданиях с деревянными клееными конструкциями.

Клееная древесина и конструкции на ее основе в силу своих декоративно-эстетических и ассоциативно-образных качеств неуклонно заставляют звучать в композиции тему материала, обладающего особой структурой выразительных средств и своей спецификой архитектурно-композиционных приемов. Использование средств композиции в зданиях с применением деревянных клееных конструкций (ДКК) обязательно должно учитывать особенности материала и тектоники конструкции, обусловленные природой клееной древесины.

В предыдущей статье [3] при рассмотрении свойств клееной древесины в архитектурных аспектах автором была обоснована необходимость самостоятельных исследований по проблеме архитектурного формообразования ДКК, обозначена их цель и методика. Одной из составляющих предусмотренного методикой качественного системно-структурного анализа исследуемых объектов является изучение специфики использования средств архитектурной композиции. Рассмотрим наиболее важные из них (свет, цвет, пропорции, членения, масштаб, метр и ритм, контраст, деталь).

*Свет* служит главным средством передачи информации об архитектурном объекте. При использовании в качестве композиционного средства естественного света учет его характера и особенностей (географических, климатических факторов, ориентации здания и др.) выступает на первый план. В экстерьере эти особенности определяют выбор пластических приемов и средств, создающих светотеневые эффекты, а в интерьере влияют на расположение, величину и форму световых проемов. Во многих зданиях световые проемы выполняют активную роль и в экстерьере. Особенно это относится к системам ДКК, склонным к образованию «глухих» объемов, подавляющих своей массивностью (купола, своды и др.), которые благодаря световым проемам способны приобретать визуальную легкость. Расположение проемов может активно передавать информацию о структуре конструктивной формы. Они могут располагаться равномерно или неравномерно, отдельно, группами, сплошными площадями или лентами. Световые проемы в виде непрерывных лент эффектно подчеркивают форму криволинейных покрытий.

В вечернее время при искусственном освещении крупноразмерные проемы способствуют выявлению ДКК во внешнем облике здания. При общем тяготении конструкций из клееной древесины к «интерьерному» расположению во внутреннем пространстве это особенно ценно в тектоническом плане. Параллельно с выполнением утилитарных функций ряд тектонических задач позволяет решать и другой широко распространенный прием – устройство верхнего естественного освещения, которое, как правило, способствует выражению легкости ДКК, т. к. в этом случае более светлые оттенки клееной древесины зрительно облегчают конструкцию сверху.

По сравнению с естественным, искусственное освещение дает возможность более активного использования гармонизирующих свойств света, определяя полную свободу световой композиции. Оригинальное, нестандартное размещение светильников позволяет придать индивидуальность любому типовому покрытию из ДКК. При этом необходимо учитывать, что прямое равномерное освещение нивелирует пластику поверхностей, а фрагментальное и боковое – усиливают, иногда даже искажая. Наиболее лучшими условиями для создания светотеневых контрастов обладают ребристые и складчатые конструктивные формы.

В зависимости от освещенности окраска древесины может заметно меняться, образуя гамму переливающихся оттенков, темнеющих по мере удаления от источника света. Обладающие, как правило, значительной по-

верхностью ДКК создают прекрасные условия для использования этого эффекта. На практике часто применяется искусственная подсветка покрытия по контуру (как в интерьере, так и в экстерьере). Такой прием позволяет придать легкость покрытию, зрительно как бы оторвав его от опор.

*Цвет.* Язык цвета является одной из важных составляющих художественного языка ДКК. Цвет защищенной клееной древесины практически не меняется во времени в отличие, например, от металлических конструкций, имеющих тенденцию к периодической смене колористического решения за время эксплуатации. Специфика работы с цветом в зданиях с применением ДКК состоит в том, что их колористика не может строиться совершенно свободно, а изначально должна учитывать цвет, заданный материалом, поэтому вопрос использования цвета в качестве средства архитектурной композиции здесь может рассматриваться в двух основных аспектах: а) гармонизирующее действие собственно цвета клееной древесины; б) гармонизация с помощью контрастных или нюансных сочетаний цвета клееной древесины с другими цветами.

Специальная хроматическая обработка ДКК представляет собой весьма редкое явление. Вместе с тем необходимость в ней отпадает благодаря эстетической ценности естественного цвета клееной древесины. Для обработки ДКК, оставляемых открытыми в интерьере, обычно используются светлые прозрачные покрытия. При их применении следует учитывать, что светлые тона подчеркивают геометрическую массивность и объемность ДКК, вместе с тем зрительно облегчая их вес, а также способствуют хорошему восприятию пластики клееной древесины по светотеневым характеристикам.

Для клеедеревянных элементов, эксплуатируемых на открытом воздухе, как правило, применяются покрытия темного цвета. Таким покрытиям свойственно визуальное утяжеление конструкции. Затушевая текстуру древесины, они делают поверхность более однородной, но менее выразительной, что повышает эстетические требования к собственному цветовому тону поверхностного покрытия и пластической проработке клееных элементов.

Цвет клееной древесины благодаря своим физическим свойствам и ассоциативным связям дает возможность выразить ее характерные качества, как материально-вещественные (легкость), так и образные («теплоту»). Присущая клееной древесине «теплая» окраска способна вызывать положительные психологические ассоциации, особенно у жителей северных районов. Эта черта ДКК может быть активизирована путем нюансного или тождественного (деревянная обшивка) цветового решения ограждения. Но при этом следует помнить, что использование данного приема в клееной древесине усиливает иллюзию «выступающих» поверхностей, зрительно приближая их к наблюдателю.

Многообразие сочетаний полихромии элементов, равно как и монохромное изменение насыщенности цвета, может активно применяться в качестве тектонического средства. В то время, как нюансное сочетание цветов

несущих и ограждающих конструкций склонно несколько камуфлировать несущий каркас, использование контраста, напротив, выявляет и акцентирует конструктивную структуру сооружения, что обычно способствует достижению его тектонической выразительности. В целом следует отметить, что различные виды цветового контраста могут эффективно использоваться для решения тектонических задач. Так, например, применение «холодного» цвета ограждения способствует зрительному облегчению покрытия. Этому же содействует темная окраска опор, контрастирующая со светлыми тонами ДКК. Большое значение имеет использование цвета и для подчеркивания узловых соединений ДКК. Практика показывает, что для этих целей хорошо подходит чистый белый цвет, отлично сочетающийся с цветом клееной древесины.

*Пропорции, членения.* Свойственная ДКК геометрическая четкость способствует выявлению пропорционального строя и усиливает его композиционную роль. Индустриальный характер производства ДКК при значительной степени их стандартизации и массовости тиражирования также повышает значение гармонизации пропорций, которые в современных условиях часто основываются на базе конструктивных требований, а нередко и полностью определяются модульными размерами. Определенное слияние строительного и пропорционального модулей – особенность пропорционирования ДКК. Другой особенностью материала является известное раскрепощение пропорционального координирования визуальных и пространственных соотношений элементов архитектурной композиции, обеспечиваемое широкими пластическими возможностями клееной древесины.

Эстетическая гармонизация пропорций и членений архитектурных и конструктивных форм может происходить по трем направлениям: а) поиск гармоничных геометрических соотношений; б) исправление нежелательных оптических иллюзий; в) использование оптических эффектов. Вместе с тем, как предупреждает К. Зигель, «... следует быть осторожным при использовании выводов абстрактных исследований о пропорциях по отношению к строительным конструкциям» [2]. Увлечение формальной геометрической гармонизацией пропорций конструкции может обернуться значительным ухудшением ее статической работы, поэтому для корректирования пропорциональных отношений здесь весьма целесообразно привлечение других средств архитектурной композиции, например цветового решения, с помощью которого можно поддержать эстетически значимые пропорциональные закономерности, заложенные в природе индустриального конструирования, или, напротив, визуально трансформировать нежелательные пропорциональные соотношения.

В традиционной деревянной архитектуре значительное распространение нашли декоративные членения (рельеф, орнамент, роспись). Современные ДКК практически лишены таких средств, но располагают широким набором конструктивных членений, умелое использование которых позволяет добиваться требуемого архитектурно-художественного и тектонического результата. Для тектонического выражения легкости ДКК обычно

применяют подчеркнутые вертикальные членения. Акцентирование горизонтальных членений производит обратный эффект.

*Масштаб.* Если в деревянном срубе своеобразным модулем, влияющим на архитектурный масштаб и служащим его указателем, являлось бревно с его естественными размерами, то в клееной древесине во многом аналогичные функции применительно к конструкции выполняет доска: габариты сечений клееных элементов кратны толщине и ширине используемого пиломатериала, причем роль ширины в последнем случае возрастает, в то время как длина исходного сырья полностью утрачивает свое значение. Помимо размеров клееных элементов на характер масштаба существенное влияние оказывает степень расчлененности конструкций. Способ производства ДКК, базирующийся на операции укрупнения и направленный на достижение цельности и монолитности конструктивных элементов, обуславливает их малую расчлененность, которая в сочетании со значительными размерами определяет крупномасштабность клееных конструкций.

Крупный масштаб ДКК повышает их роль и значение в композиции интерьера и экстерьера зданий. Это определяет необходимость тщательной архитектурной обработки элементов конструкций и частей сооружения в целом, взаимоувязки их конструктивных параметров (размеров сечений, шага, пролета, высоты) при гармонизации всех форм масштабных связей (отношений объекта и окружения, целого и части, объекта и человека).

Покрытия на основе ДКК часто представляют собой большие поверхности, что для правильной передачи масштаба требует акцентирования имеющихся или введения дополнительных членений, которые могут создаваться, например, элементами несущей структуры или световыми проемами. Чтобы размеры ДКК не выглядели гипертрофированными, при решении композиционных задач следует учитывать также «масштаб конструкции», связанный с представлениями о способности конструктивных систем перекрывать определенные пролеты и иметь определенные геометрические параметры.

*Метроритмический строй.* Выраженный метроритмический строй является одной из характерных особенностей ДКК. Несущие конструкции, обладающие в силу эстетических свойств материала высоким потенциалом эмоционального воздействия, объективно воспринимают на себя роль акцентов, а их конструктивный шаг задает интервал. Таким образом, составные элементы ритма – акценты и интервалы – изначально свойственны большинству систем на основе клееной древесины. Задаваемый ими метроритмический строй служит активным средством отражения законов структурной организации конструктивных и архитектурных форм и имеет важное тектоническое и композиционное значение.

Системам ДКК в большей степени присущи метрические построения, которые возникают на утилитарно-конструктивной основе и вследствие этого не всегда осмысливаются эстетически. Метрическая система конструкций оказывает влияние на формирование не только интерьера, но и экстерьера зданий. В экстерьере она находит отражение в расстановке опор,

расположении фонарей и световых проемов, разрезке кровельного и стенового ограждения, в интерьере же роль основных ритмических элементов, как правило, отводится самим несущим конструкциям.

Метрический строй, создаваемый в интерьере плоскостными конструкциями, подчеркивает глубину пространства в одном (продольном) направлении, в то время как структура многих пространственных систем позволяет выявить его объемность. Конструктивно запрограммированный метр плоскостных ДКК индифферентен по отношению к задачам композиционной завершенности сооружения, границы его развития очерчены лишь порогом, за пределом которого он становится монотонным. Ритм в большей степени склонен к композиционному самозавершению, его часто используют для усиления эффекта перспективных сокращений, визуального уменьшения протяженности сооружения, «заострения» композиции. Как правило, он более интересен и универсален, поэтому архитекторы, работающие с ДКК, в последнее время все активнее пытаются уйти от навязываемого конструкцией элементарного метра, различными способами организуя ритмические ряды.

Метроритмический строй ДКК может подчеркиваться выявлением их узловых соединений, а также поддерживаться и усиливаться с помощью светотеневых и колористических членений. Вместе с тем свет и цвет, а также архитектурные детали можно использовать и для создания автономного строя на основе ритма, наложение которого на присущий ДКК метр способно разнообразить композицию и привести к интересным художественным эффектам.

Характерными приемами, позволяющими задать отношения ритма с помощью самих конструктивных элементов, являются радиальное (веерообразное) расположение и последовательное изменение пролетов основных несущих ДКК. Ритмические построения на базе второстепенных конструкций наиболее типичны для пространственных систем ДКК с выраженной центрической композицией, например, ребристых куполов. Ритм конструктивных элементов может задаваться не только изменением их линейных размеров, но и размеров поперечных сечений, а также конструктивного шага. При этом убывание ритма, как правило, соответствует уменьшению усилий, и, таким образом, ритмический строй способствует решению тектонических задач, раскрывая статическую работу конструкции языком композиционных средств.

*Контраст* обладает самыми разнообразными способами проявления, достигаемыми путем сопоставления конфигурации, размера, цвета, освещенности, фактуры, физических свойств и других характеристик элементов архитектурной формы. Наивысший эстетический эффект может быть получен в случае создания сложной системы контрастных отношений, развивающейся в пространстве и основывающейся на комплексном использовании различных видов контраста во всевозможных его формах. ДКК располагают для этого всеми предпосылками. Благодаря их эстетической коммуникабельности контраст здесь редко оборачивается диссонансом. Так,

например, если контраст легких пластмассовых конструкций с тяжелым природным камнем будет восприниматься как негармоничное сочетание, то в ДКК такое сопоставление не только выглядит естественным, но и активно используется для эстетического выражения их легкости. Этой же цели может служить контраст гладкой фактуры ДКК с грубой фактурой опор, а также рассмотренные выше световые и цветовые контрасты.

*Деталь.* Индустриальный характер конструктивных элементов и самой архитектурной формы объективно определяет целесообразность использования в зданиях с применением ДКК в качестве архитектурного средства конструктивной детали, т. е. такой, которая не накладывается на общую структуру как декор, а органично входит в нее, выполняя конструктивные функции. Художественное использование конструктивной детали связано с ее всесторонним эстетическим осмыслением. «Когда человек что-либо украшает, он в большей или меньшей мере сознательно стремится подчеркнуть присущие этому предмету природные закономерности», – отмечал Г. Земпер [1]. Отсюда декоративная обработка конструктивной детали должна быть подчинена прежде всего целям выявления свойств материала и особенностей его использования в конструкции.

Более широким набором средств обладает архитектурная деталь, которая может иметь не только эстетико-декоративное, но и многоплановое смысловое значение. Архитектурные детали могут выражать как индивидуальные особенности художественного видения архитектора, так и исторические традиции, принадлежность здания к определенному географическому региону, национальной культуре, архитектурному направлению или стилю. При этом им может отводиться активная или пассивная роль, отражаемая на величине, форме, схеме размещения, особенностях художественной трактовки, контрастном или нюансном отношении к фону и всему объему. Размеры, форма и расположение архитектурных деталей часто используются также для корректирования масштабных и пропорциональных отношений.

Благодаря легкости обработки материала архитектурные детали из клееной древесины обладают ценнейшим качеством – возможностью достижения впечатления уникальности и «рукотворности» при индустриальном способе производства элементов-заготовок, характер и метод обработки которых может варьироваться в широких пределах. Вследствие хороших декоративных свойств клееной древесины такие детали способны нести высокую эстетическую нагрузку, что особенно ценно при их ограниченном количестве в современных архитектурных композициях.

Архитектурным деталям, применяемым в интерьере, присущи свои специфические особенности. Вследствие особого характера освещения и восприятия со сравнительно близкого расстояния они обычно имеют более мелкий масштаб и более тонкую обработку. Декоративные детали в отдельных случаях могут накладываться на конструктивные элементы или даже выполняться из их частей. В таких случаях их размещение желательно на менее напряженных участках, что не только обеспечит минимальное влия-



ние на работу конструкции, но и, в силу художественного контраста, может подчеркнуть особенности конструктивного решения.

Красота конструкции не рождается сама по себе. Эстетически выразительный результат может быть получен только при условии целенаправленного выбора, согласованности и взаимоподдержания средств архитектурной композиции, подчиненных общей композиционной идее.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Землер Г. Практическая эстетика. – М.: Искусство, 1970. – 320 с.
2. Зигель К. Структура и форма в современной архитектуре / Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1965. – 267 с.
3. Попов А.Ф. Архитектурно-формообразующие свойства клееной древесины // Лесн. журн. – 1999. – № 6. – С. 132–137. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Архангельский государственный технический университет

*А.Ф. Попов*

#### **Use of Means of Architectural Composition in Buildings with Laminated Wood Constructions**

The specific character and working methods with means of architectural composition are revealed for buildings with laminated wooden constructions.

УДК 536.244.45

***Э.Н. Сабуров, Ю.Л. Леухин, С.И. Осташев***

Сабуров Эдуард Николаевич родился в 1939 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники, проректор по научной работе Архангельского государственного технического университета, академик Российской и Международной инженерных академий, Академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ), Российской академии естественных наук, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет более 300 публикаций в области аэродинамики и конвективного теплообмена в сильно закрученных потоках, их использования для интенсификации процессов теплообмена в аппаратах различного технологического назначения.



Осташев Сергей Иванович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры теплотехники Архангельского государственного технического университета. Имеет более 70 печатных трудов в области исследования аэродинамики и конвективного теплообмена в циклонных устройствах различного технологического назначения.



## ТЕПЛОТДАЧА В ОРЕБРЕННОМ ШИПАМИ КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ РЕКУПЕРАТИВНОГО УСТРОЙСТВА С ЦИКЛОННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ ЗАКРУТКИ ПОТОКА

Проанализированы результаты экспериментального исследования интенсификации теплоотдачи в кольцевом канале рекуперативного устройства с циклонным генератором закрутки за счет установки полых шипов на его внутренней поверхности. Предложены удобные в практическом использовании уравнения для расчета теплоотдачи.

Цель работы – исследовать возможность интенсификации теплоотдачи на внутренней поверхности кольцевого канала рекуператора за счет установки полых цилиндрических шипов.

Исследование теплоотдачи осуществляли по методике, рассмотренной в работах [1, 4] на модели циклонного рекуператора с рабочим кольцевым каналом, оребренным шипами, аэродинамика которого описана в работе [3]. Наружный диаметр канала  $d_2 = 184$  мм, внутренний  $d_1 = 2r_1 = 152$  мм. В опытах в качестве внутренней поверхности канала использовали тонкостенный паровой калориметр, состоящий из двух участков. Первый (по ходу потока) длиной 125,5 мм позволял определять средний коэффициент теплоотдачи на части внутренней поверхности канала, расположенной в генераторе закрутки (циклонной камере), второй длиной 778,5 мм – в самом кольцевом канале. Конструкция калориметра исключала теплопотери с его торцов. В работе варьировали диаметр  $d_{ш}$  и высоту  $h$  шипов, шаг их расположения  $S$  (или число по периметру  $n$ ) и диаметр отверстия в шипе  $d_{от}$ . Опыты выполнены в каждом варианте геометрических характеристик канала при закрученном и осевом течении теплоносителя (воздуха).

В таблице представлены геометрические характеристики и используемые на рисунках обозначения всех исследованных вариантов геометрии канала и шипов. Параметр  $F/F_{гп}$  является отношением площади ошипованной внутренней поверхности кольцевого канала к гладкой.

Установка шипов на внутренней поверхности кольцевого канала при осевом течении теплоносителя приводит к увеличению коэффициентов теплоотдачи как на ней, так и на внешней поверхности. При этом теплоотдача интенсифицируется с увеличением высоты, числа и диаметра шипов.

Степень влияния геометрических параметров шипов на теплоотдачу различна. Наиболее интенсивно она растет с увеличением числа (или уменьшения относительного шага их расположения на внутренней поверхности канала  $\bar{S} = S/d_1$ ) и высоты шипов; в меньшей степени она зависит от относительного диаметра  $\bar{d}_{ш} = d_{ш}/d_3$  (где  $d_3 = d_2 - d_1$  – эквивалентный диаметр). Например, установка по периметру поперечного сечения внутренней

---

\* На этапах работы, связанных с постановкой задачи и предварительными опытами (1986–1987 гг.), участие принимали сотрудники ДАООТ «Промгаз» проф., докт. техн. наук Е.В. Крейнин и инж. В.В. Козырьков.

## Геометрические характеристики шипов и кольцевого канала

Номер варианта	$d_{ш}$ , мм	$n$ , шт.	$h$ , мм	$S$ , мм	$d_{от}$ , мм	$S/d_1$	$F/F_{гн}$	Обозначения на рис. 1, 2
1	0	0	0	0	0	0	1	○
2	6,0	8	10,0	59,7	4	0,393	1,053	○
3	6				1,070		○	
4	8				1,088		○	
5	10				1,110		○	
6	14				1,149		○	
7	21				1,20		○	
8	27				1,272		●	
9	10,0				3		159,2	8
10		6	79,6	0,523	1,066	▲		
11		12	39,8	0,262	1,132	△		
12		8	59,7	0	0,393	1,088	+	
13				2			×	
14				4			×	
15				6			◇	
16				16			29,8	2,0
17		4,0	1,070		◆			
18		6,0	1,105		◆			
19		7,0	1,123		◆			
20	8,0	1,141	◆					
21	9,5	1,167	◆					

трубы 16 шипов с  $d_{ш} = 10$  мм и  $h = 2$  мм ( $F/F_{гн} = 1,035$ ) интенсифицирует теплоотдачу в диапазоне исследованных чисел Рейнольдса  $Re$  ( $Re = v_{ср} d_2 / \nu$ ;  $v_{ср}$  – средняя скорость потока в канале,  $\nu$  – кинематическая вязкость потока при средней температуре) в среднем на 81 %, а 6 шипов с тем же  $d_{ш}$  и высотой  $h = 10$  мм ( $F/F_{гн} = 1,066$ ) – только на 40 %.

Из сравнения следует, что теплоотдача даже при осевом течении потока в ошипованном канале растет в общем случае не пропорционально параметру  $F/F_{гн}$ .

В первом приближении можно считать, что теплоотдача внутренней поверхности определяется совместным влиянием двух факторов: увеличением поверхности теплоотдачи за счет ее оребрения и общей турбулизации потока в канале. Причем влияние второго фактора с увеличением числа шипов является преобладающим.

Наиболее значительная интенсификация теплоотдачи в исследованных вариантах изменения геометрических характеристик ошипованного канала при осевом течении отмечена для  $n = 16$  и  $h = 9,5$  мм и составляет в среднем 172 %. Теплоотдача к внешней – гладкой поверхности кольцевого канала, в этом случае увеличивается на 37 %.

Теплоотдача внутренней ошипованной и внешней поверхностей, как и сопротивление рекуперативного устройства [3], при любом виде течения

теплоносителя не зависит от диаметра отверстия в шипе. Поэтому при вычислении параметра  $F/F_{\text{гл}}$  учитывали только его внешнюю поверхность.

Несколько большее повышение интенсивности теплоотдачи на внутренней поверхности кольцевого канала в случае установки шипов наблюдалось при закрученном течении теплоносителя. Характер же изменения интенсивности теплоотдачи от параметров  $h$ ,  $n$  и  $d_{\text{ш}}$  при этом оставался практически таким же, как и при осевом течении. Так, при установке по окружности внутренней поверхности 16 шипов наименьшей из исследованных высот ( $h = 2$  мм) средняя теплоотдача увеличивалась в 2,50 раза, а при  $h = 9,5$  мм – в 3,76 раза по сравнению с гладкой поверхностью. Соответственно интенсивность теплоотдачи в 1,06 и 1,09 раза выше по сравнению с достигнутой при осевом течении теплоносителя в ошипованном канале тех же геометрических характеристик. Такое небольшое различие в уровнях теплоотдачи объясняется значительной раскруткой потока с увеличением числа шипов на поверхности теплоотдачи. Наиболее высокая интенсификация теплоотдачи при закрученном течении теплоносителя по сравнению с осевым (в 1,31–1,33 раза) наблюдалась при меньших числе и диаметре шипов ( $n = 8$  и  $d_{\text{ш}} = 8,0 \dots 12,5$  мм).

С увеличением диаметра шипов происходит не только интенсификация теплоотдачи, но и изменяется интенсивность зависимости числа Нуссельта  $\bar{Nu}$  ( $Nu = \bar{\alpha}d/\lambda$ ;  $\bar{\alpha}$  – средний по длине канала коэффициент теплоотдачи;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности при средней температуре потока) от числа  $Re$ .

В отличие от обтекания гладкостенной внутренней поверхности, когда  $\bar{Nu}$  пропорционален числу  $Re$  в степени 0,8, с появлением шипов особенности течения потока у теплообменной поверхности все в большей степени начинают определяться вихреобразованиями, генерируемыми в их кормовой области. Показатель степени у числа Рейнольдса при этом уменьшается с увеличением  $d_{\text{ш}}$  как при закрученном, так и при осевом течении теплоносителя. Если показатель степени  $Re$  при осевом течении теплоносителя обозначить  $m_o$ , а при закрученном –  $m$ , то их зависимость от  $\bar{d}_{\text{ш}}$  можно описать следующими уравнениями:

$$m_o = 0,8 - 0,163 \bar{d}_{\text{ш}}^{0,27}; \quad (1)$$

$$m = 0,8 - 0,135 \bar{d}_{\text{ш}}^{0,55}. \quad (2)$$

Из уравнений (1) и (2) видно, что уменьшение  $m_o$  с увеличением  $d_{\text{ш}}$  более интенсивное, чем  $m$ .

Для расчета среднего коэффициента теплоотдачи на внутренней ошипованной стенке рабочего канала при осевом (нижний индекс «о») и закрученном (без индекса) течениях теплоносителя могут быть рекомендованы уравнения вида

$$\bar{Nu}_o / \bar{Nu}_{\text{орл}} = \varepsilon_o \psi_o; \quad (3)$$

$$\bar{Nu} / \bar{Nu}_{\text{орл}} = \varepsilon \psi, \quad (4)$$

где  $\bar{Nu}_o$ ,  $\bar{Nu}_{огл}$  и  $\bar{Nu}$ ,  $\bar{Nu}_{гг}$  – числа Нуссельта соответственно ошипованной и гладкой поверхностей;

$\epsilon_o$ ,  $\epsilon$  – коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров шипов на теплообмен;

$\psi_o$ ,  $\psi$  – коэффициенты, учитывающие изменение показателя степени при числе Рейнольдса от величины относительного диаметра шипа.

При осевом течении теплоносителя средний коэффициент теплоотдачи (или  $\bar{Nu}_o$ ) в диапазоне изменения числа  $Re = (3,2 \dots 29,5) \cdot 10^3$  можно определить по соотношению (3), в котором  $\bar{Nu}_{огл}$  для гладкого канала можно рассчитать по рекомендациям [2], а коэффициенты  $\epsilon_o$  и  $\psi_o$  – по полученным нами эмпирическим уравнениям

$$\epsilon_o = (1 + 3,46 \bar{d}_ш^{0,47}) [1 + 0,294 \bar{d}_ш^{0,66} / \bar{S}^{1,66} \ln(1/\bar{h})]; \quad (5)$$

$$\psi_o = Re^{0,8-m_o}, \quad (6)$$

где  $m_o$  находят по формуле (1).

При закрученном течении теплоносителя средний коэффициент теплоотдачи (или  $\bar{Nu}$ ) в диапазоне изменения  $Re = (2,2 \dots 23,5) \cdot 10^3$  может быть рассчитан по уравнению (4). В этом случае  $\bar{Nu}_{гг}$  определяют по уравнениям, приведенным в работе [1], а коэффициенты  $\epsilon$  и  $\psi$  – по следующим формулам

$$\epsilon = (1 + 2,42 \bar{d}_ш^{0,84}) [1 + 1,037 \bar{d}_ш^{0,31} / \bar{S} \ln(1/\bar{h})]; \quad (7)$$

$$\psi = Re^{0,8-m}, \quad (8)$$

где  $m$  находят из уравнения (2).

Сопоставление результатов расчета коэффициентов теплоотдачи при осевом и закрученном течениях теплоносителя по уравнениям (1) – (8) с опытными данными (на рис.1 сопоставление представлено в преобразован-

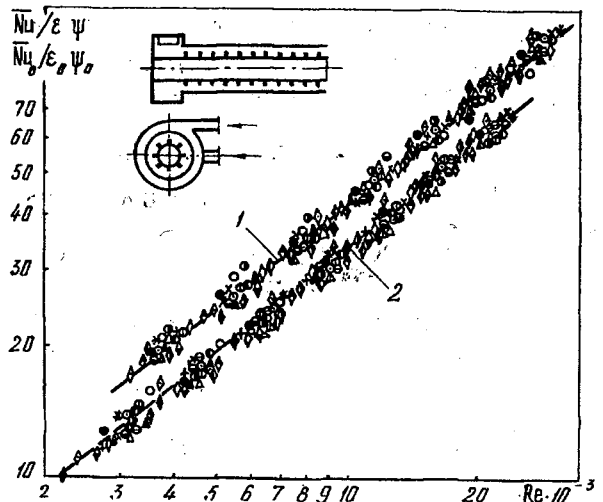
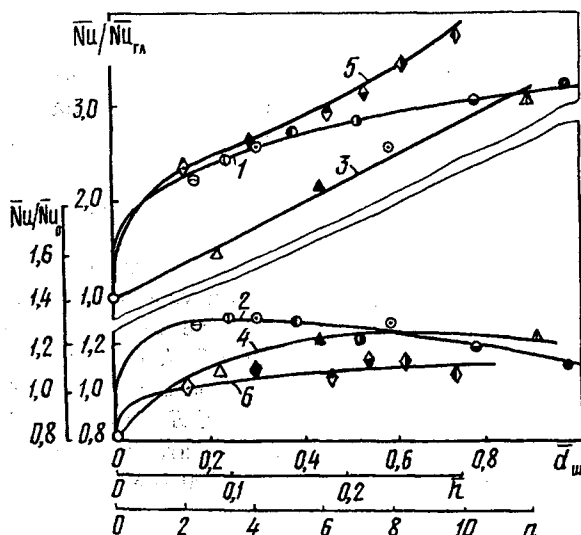


Рис. 1. Сопоставление расчета теплоотдачи по уравнениям (1) – (8) с опытными данными: 1 – осевое течение; 2 – закрученное течение

Рис. 2. Зависимость относительной эффективности теплоотдачи от геометрических характеристик шипов (линии 1 – 6 построены по уравнениям (1) – (8))



ной форме (3) и (4)) показывает, что отклонение большинства опытных точек от расчетных зависимостей не превышает  $\pm 10\%$ .

На рис. 2 приведено сравнение интенсивности теплоотдачи внутренней ошпикованной поверхности при закрученном и осевом движениях теплоносителя в виде соотношения  $\bar{Nu} / \bar{Nu}_0$  (линии 2, 4, 6), а также при закрученном течении в ошпикованном и гладком кольцевых каналах в виде соотношения  $\bar{Nu} / \bar{Nu}_{гр}$  (линии 1, 3, 5) при различных  $d_{ш}$ ,  $h$  и  $n$ . Из сопоставления следует, что относительная интенсификация теплоотдачи за счет закрутки теплоносителя наиболее эффективна в каналах со сравнительно редко расположенными шипами ( $S > 0,393$ ) небольшого относительного диаметра ( $d_{ш} < 0,313$ ). Благодаря тому, что при этих условиях поток сохраняет вращательное движение на большей части длины кольцевого канала [3], турбулизирующее влияние шипов оказывается более значительным, чем при осевом течении. С увеличением же загромождения поперечного сечения шипами крутка быстро снижается вниз по потоку, поэтому различия в условиях теплоотдачи в основной части кольцевого канала становятся незначительными.

При закрученном течении теплоносителя и увеличении размеров шипов теплоотдача внешней (гладкой) поверхности канала сначала несколько уменьшается, а затем перестает от них зависеть. Так, установка 16 шипов высотой 6,0 ... 9,5 мм с  $d_{ш} = 10$  мм снижает коэффициент теплоотдачи на ней независимо от  $h$  в среднем на 25% по сравнению с гладким каналом. Однако и в этом случае теплоотдача внешней поверхности оказывается на 18% выше, чем при осевом течении теплоносителя.

#### Выводы

1. Шипы, в определенных диапазонах их геометрических характеристик, могут быть эффективным средством интенсификации теплоотдачи в

кольцевых каналах с закрученным течением теплоносителя, особенно на их внутренней поверхности.

2. Уравнения, приведенные в статье, рекомендуются для расчетов теплоотдачи в кольцевых каналах рекуперативных устройств и теплообменников с закрученным и осевым течениями теплоносителя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конвективный теплообмен в кольцевом канале с циклонным генератором закрутки / Ю.Л. Леухин., Э.Н. Сабуров, С.И. Осташев С.И. и др. // Энергетика. – 1990. – № 9. – С. 86–90. – (Изв. высш. учеб. заведений ).

2. Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А. Теплообмен в ядерных энергетических установках. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 470 с.

3. Сабуров Э.Н., Леухин Ю.Л., Осташев С.И. Сопротивление оребренного шипами кольцевого канала рекуперативного устройства с циклонным генератором закрутки потока // Лесн. журн. – 2000. – № 4. – С. 117–123. – (Изв. высш. учеб. заведений ).

4. Сабуров Э.Н. Циклонные нагревательные устройства с интенсифицированным конвективным теплообменом. – Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1995. – 341 с.

Архангельский государственный технический университет

*E.N. Saburov, Yu.L. Leukhin, S.I. Ostashev*

#### **Heat Transfer in the Finned Annular Channel of the Recuperative Device with a Cyclone Generator of Swirling Flow**

The results of the experimental research have been analyzed for heat transfer enhancement in the annular channel of the recuperative device with a cyclone generator of swirling flow by installing hollow pikes on its inner surface. The easy-to-use equations for heat transfer calculation are suggested.

---

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630\*0.43 (049.3)

*Ф.В. Аглиуллин*

### **СОВРЕМЕННОЕ И ПОЛЕЗНОЕ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ\***

Общеизвестно, что пожары, несмотря на развитие противопожарной техники и совершенствование системы охраны лесов, продолжают наносить огромный вред лесному хозяйству страны. Анализ статистических материалов свидетельствует, что не наблюдается даже тенденции к снижению числа пожаров, а отмечается лишь некоторое уменьшение их количества в отдельные годы.

Актуальность проблемы совершенствования охраны лесов от пожаров вызвала необходимость выделения еще в 1978 г. лесной пирологии из курса «Лесоводство» в самостоятельную учебную дисциплину. Обоснованность этого шага очевидна, однако одним из главных факторов, затрудняющих обучение студентов на уровне современных требований, является недостаток учебной литературы. Рекомендуемая учебной программой дисциплины «Лесная пирология» обязательная и дополнительная литература устарела и не соответствует требованиям действующих нормативных документов либо практически недоступна студентам из-за крайне малых тиражей.

В этом плане выгодно отличается учебное пособие С.В. Залесова «Лесная пирология». Автором предпринята попытка обобщить в одном издании современный уровень теоретических исследований и накопленный производственный опыт по охране лесов от пожаров. В книге нашли отражение все основные нормативно-технические документы по охране лесов от пожаров, изданные в последние годы, что делает ее интересной не только для студентов, но и для специалистов практиков, прямо или косвенно связанных с охраной лесов.

Большое внимание в работе уделено вопросам управляемого огня в лесном хозяйстве. Мировой опыт показал, что применение целевых палов может существенно снизить затраты на проведение мер содействия естественному возобновлению, противопожарное устройство лесов, снижение опасности возникновения пожаров и т. д. В практике лесоводов России целевые палы еще не нашли должного распространения, что позволяет считать раздел, посвященный этой теме, чрезвычайно интересным и полезным.

---

\* Залесов С.В. Лесная пирология: Учеб. пособие. – Екатеринбург: УГЛТА, 1998. – 296 с.



В учебном пособии нашли отражение вопросы охраны лесов от пожаров не только в нашей стране, но и за рубежом, в частности в США и Канаде. Большое число глав (20), разделов и подразделов (121) не затрудняет поиск необходимого материала. Каждый раздел и подраздел представляет собой краткое и в то же время достаточно полное изложение современного состояния рассматриваемого вопроса со ссылками на наиболее важные научные работы, монографии и учебные пособия. Обширная библиография, насчитывающая около 350 наименований, отражает точки зрения разных авторов.

Книга С.В. Залесова рекомендована Учебно-методическим объединением по образованию в области лесного дела в качестве учебного пособия студентам, обучающимся по специальности 260400 «Лесное и лесопарковое хозяйство». Однако, на наш взгляд, по полноте изложения материала, уровню его обобщения, серьезности затронутых вопросов и соответствию учебной программе «Лесная пирология» С.В. Залесова вполне может претендовать на роль учебника по этой дисциплине.

Марийский государственный технический университет

*F.V. Agliullin*

**Modern and Useful School-book**

---

**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,  
ПОМЕЩЕННЫХ В « ЛЕСНОМ ЖУРНАЛЕ »  
в 2000 г.**

- Румянцева Т.Д.** Развивать и полнее использовать научный потенциал регионов. № 3-7.
- Соколов О.М., Романов Е.С.** Иван Степанович Мелехов. № 4-124.
- Старжинский В.Н., Глухих В.В., Новоселов В.Г., Азаренок В.А., Серов Ю.А.** Уральская государственная лесотехническая академия на рубеже тысячелетий. № 5-6-7.
- ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО**
- Авдеева Е.В.** Разработка регрессионных моделей структуры городских зеленых насаждений. № 3-67.
- Алексеев А.В., Алексеев П.В.** Ландшафтно-морфологическое районирование Приветлужья и его биометрическое обоснование. № 1-65.
- Бельков В.П., Козлова Л.М., Мирославова С.А., Берг И.Е., Полевщиков А.П.** Экспериментальная характеристика разных режимов химического ухода за плантационными культурами ели. № 2-40.
- Бугаев В.А., Сериков М.Т., Паринов В.Т.** Организация хозяйства и лесопользование в зеленых зонах. № 1-7.
- Веретенников А.В., Землянухина О.А., Образцова Н.Е.** Оптимизация состава питательной среды при культивировании меристем различных сортов розы in vitro. № 5-6-95.
- Гордиенко М.И., Ковалевский С.Б.** Влияние интенсивности ухода за почвой в культурах сосны обыкновенной на содержание питательных веществ в хвое саженцев. № 1-22.
- Доррер Г.А., Якимов С.П.** Определение пожарной опасности в лесу методами дистанционного зондирования. № 3-70.
- Жиров А.И., Солодов А.А.** Комплексная экологическая оценка лесорастительных условий на геотопологической основе. № 3-39.
- Ивонин В.М., Прахов А.В.** Результаты испытания способа облесения оврагов при их «шахматном» выращивании. № 3-45.
- Ивченко А.И.** О названии интродуцированного американского дуба красного. № 1-28.
- Исомяки А.** Новая программа по исследованию лесов в естественном состоянии в Финляндии. № 1-72.
- Ковалев Р.Н., Звездин В.К.** Методы оценки состояния экосистем на основе интегральных показателей. № 5-6-22.
- Косицын В.Н.** Опыт оценки ресурсного потенциала морошки в Вологодской области. № 3-63.
- Кречетова Н.В., Соколова Н.А., Котова Л.И.** О декоративных формах туи западной и кипарисовика горохоплодного. № 5-6-91.
- Крутов В.И., Дьяконов В.В.** Мониторинг состояния лесов Карелии. № 1-56.
- Куцевалов М.А., Успенский В.В., Артюховский А.К.** Коэффициенты экологической эффективности леса. № 2-36.
- Лебедев А.В., Иванова Э.А.** Патология деревьев ели в разных типах леса. № 5-6-87.
- Майоров Л.И.** Требования потребителя к трактору для лесного хозяйства как первая ступень маркетинга. № 2-48.
- Малаховец П.М., Тисова В.А.** Рост и сезонное развитие деревьев и кустарников при интродукции в условиях Севера. № 1-34.
- Нагимов З.Я.** Моделирование роста сосновых древостоев. № 5-6-31.
- Наквасина Е.Н., Бедрицкая Т.В.** Влияние интенсивности роста деревьев на семеношение у потомства северных происхождений на ранних этапах репродукции. № 1-46.
- Невидомов А.М., Невидомова-Малаха Е.В., Ненюков С.О.** Типы пойменных дубрав нижнего течения р. Оки. № 2-22.
- Обыденников В.И., Кожухов Н.И.** Лесоводственно-географические аспекты типологии вырубок. № 4-135.

- Петровский В.С., Черепухин С.А.** Особенности компьютерного проектирования выборочных и сплошных рубок в нормальных древостоях сосны. № 5-6-82.
- Петухов Н.В., Терентьев А.В., Невидомов А.М.** Мониторинговая роль лесоустройства. № 3-15.
- Писанов В.С.** Влияние подтопления на продуктивность древостоя сосны в лишайниковом типе леса. № 1-16.
- Писанов В.С.** Этапы и темпы формирования сосняков лишайниково-зеленомошных в условиях влияния водохранилища. № 3-33.
- Писанов В.С.** Рост и формирование березняка-черничника зеленомошного в условиях влияния водохранилища. № 5-6-99.
- Прохоров Л.Н., Зинин В.Ф., Бондаренко Н.В.** К методике расчета энерговременных параметров ножевых срезающих устройств. № 3-23.
- Раевский Б.В., Мордась А.А.** Рост и продуктивность испытательных культур сосны скрученной в южной Карелии. № 5-6-74.
- Романов Г.Е.** Учебно-опытное лесничество как объект многоцелевого природопользования. № 2-45.
- Романов Г.Е.** Многоцелевое лесопользование и социальная устойчивость в истощенных лесосырьевых базах. № 3-76.
- Самошкин Е.Н., Исаева Е.Н.** Калина обыкновенная: связь митотической активности и длительности анафазы, особенности микроспорогенеза. № 1-52.
- Софронов М.А., Волокитина А.В.** О «линейном» методе описаний и измерений при изучении лесной растительности. № 3-52.
- Степаненко И.И.** Влияние удобрений на анатомическое строение древесины сосны в разных типах леса. № 4-126.
- Тихонов А.С.** Возрождение Брянского лесного массива. № 2-17.
- Тихонов А.С.** Уточняющие признаки некоторых рубок леса. № 4-143.
- Усольцев В.А., Сальников А.А.** Регрессионная модель предельных показателей фитомассы березовых древостоев. № 2-7.
- Усольцев В.А., Нагимов З.Я., Фимушин А.Б., Колтунова А.И., Азаренок М.В.** Ход роста надземной фитомассы приполярных лиственничников. № 5-6-13.
- Успенский В.В., Смолянов А.Н.** Перспективы повышения лесистости и экологической роли лесов в Центрально-Черноземном районе. № 1-12.
- Ушанов С.В., Доррер Г.А., Бархатов Н.Г.** Математическое моделирование процессов распространения лесных пожаров и борьбы с ними. № 2-31.
- Царев А.П.** Текущие проблемы селекции лесных древесных пород в России. № 1-39.
- Чернов Н.Н.** Особенности создания лесных культур на Урале. № 5-6-19.
- Чибисов Г.А., Москалева С.А.** Качество древесины ельников, формирующихся после выборочных рубок. № 4-7.
- Чураков Б.П.** Влияние некоторых патогенных грибов на способность дуба черешчатого к возобновлению в Среднем Поволжье. № 3-57.
- Шебалова Н.М., Бабушкина Л.Г.** К механизмам повреждения и устойчивости сосны обыкновенной, произрастающей в зонах техногенного загрязнения. № 5-6-26

#### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Анисимов Г.М., Кочнев А.М., Маслов Д.Ю.** Оптимизация режимов работы двигателя внутреннего сгорания и гидробъемной передачи трелевочного трактора. № 2-52.
- Друк Л.В., Дорошенко В.А., Леонов Л.В.** Выбор вариантов технологического оборудования первичной обработки древесины. № 2-69.
- Жуков А.В., Асмоловский М.К., Клоков Д.В.** Результаты исследовательских испытаний по нагруженности трансмиссии сортиментовоза на базе трактора МТЗ-82В. № 2-73.
- Кучерявый В.И., Чарков В.Д., Ведерников О.М.** Расчет прочности деталей лесохозяйственных тракторов при случайных процессах нагрузок. № 2-64.
- Миляев А.С., Овчинников М.М., Фуриин А.И.** Методика расчета заанкеренных подпорных стенок в слоистом грунте. № 5-6-119.
- Морозов В.С.** Расчет коэффициента поперечного изгиба для оснований зимних дорог на болотах. № 5-6-108.
- Морозов С.И.** Удар платформы с грузом о препятствие. № 1-83.

- Морозов С.И.** Удар плота о неподвижное препятствие. № 2-57.
- Смирнов С.Л.** Разработка СУБД для картографического материала. № 3-92.
- Смирнов С.Л.** Компьютерная модель процесса "соударения" автомобилей. № 5-6-113.
- Стуков В.П.** Состояние транспортной сети автомобильных дорог и мостов Архангельской области, их ближайшая перспектива в улучшении инфраструктуры. № 5-6-104.
- Федоренчик А.С., Макаревич С.С., Вырко Н.П.** Аналитическое исследование колеобразования на лесных дорогах. № 1-77.
- Федоренчик А.С., Макаревич С.С., Вырко Н.П.** Деформация лесных почв под воздействием колесных и гусеничных движителей. № 3-80.
- Харитонов В.Я., Главатских Н.С.** Математическое моделирование формы поперечных профилей малых и средних речных рек. № 4-17.
- Шимкович Д.Г.** Оптимизация параметров приводных грейферов для круглых лесоматериалов. № 3-86.
- МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА  
ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ**
- Бызов В.И.** Главный критерий стабильности работы технологических систем. № 2-98.
- Ершов С.В.** О нагреве круглых пил неравномерной толщины. № 1-95.
- Ершов С.В.** О влиянии неравномерного нагрева на критическую радиальную силу вращающейся круглой пилы. № 2-105.
- Иванкин И.И.** Теоретические исследования начальной жесткости ленточных пил. № 3-112.
- Калитевский Р.Е.** Концепция лесопиления при переходе Российской Федерации к устойчивому развитию. № 1-88.
- Кравцова Л.А., Шадрин А.А., Макаренко А.В.** К вопросу использования древесного сырья от рубок ухода. № 5-6-132.
- Мазуркин П.М., Винокурова Р.И., Тарасенко Е.В., Осипова В.Ю.** Изменение плотности древесины по высоте дерева. № 3-102.
- Павлов Ю.Г.** Трассировка раскройных карт при лазерной резке материалов. № 3-96.
- Пашков В.К.** Назначение режимов пиления круглопильных станков по устойчивости пил. № 5-6-48.
- Прокофьев А.С., Сморгачев А.А.** Расчетные сопротивления усталости для клееной древесины. № 3-104.
- Прокофьев Н.С.** Моделирование экструзии наполненных реактопластов. № 2-79.
- Серов Е.Н.** Совершенствование норм проектирования клееных деревянных конструкций. № 5-6-139.
- Соколовский Я.И., Поберейко Б.П.** Расчет нестационарных напряжений в древесине при воздействии влаги. № 1-99.
- Соловьев В.В., Румянцев М.В.** Исследование трещиностойкости клеевых соединений древесины для трещин нормального отрыва. № 5-6-128.
- Стукова Т.П.** О методике и результатах исследования динамики деревообрабатывающего оборудования. № 2-91.
- Тракало Ю.И., Кротов В.Г., Сергеев В.В., Кустадинчев Л.В., Стрижаков Д.С.** Кинетика сушки древесины в камерах малой мощности. № 5-6-42.
- Чамеев В.В., Обвинцев В.В., Солдатов Д.М.** Управление лесопромышленными предприятиями на базе комплекс-программы ZECH. № 5-6-36.
- Шадрин А.А., Макаренко А.В.** Создание математической модели технологического процесса совместной обработки сырья от главного и промежуточного пользования. № 5-6-135.
- ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА  
ДРЕВЕСИНЫ**
- Айзенштадт А.М., Боголицын К.Г.** Оценка возможности использования системы на основе сульфатов железа в качестве медиатора в косвенной оксидометрии. № 2-116.
- Айзенштадт А.М., Богданов М.В., Боголицын К.Г., Косяков Д.С., Кривоногова О.Е.** Оценка реакционной способности препаратов лигнина. № 5-6-145.
- Александрова Г.П., Медведева С.А., Ступина Э.С., Петренев В.А., Сергеева И.В., Силицын А.П., Окунев О.Н.** Отбелка хвойной сульфатной целлюлозы с

- использованием ксиланазных ферментов. № 4-38.
- Боголицын К.Г., Богданчикова О.В.** Моделирование содержания растворенного кислорода в воде устья р. Северная Двина. № 1-119.
- Вольф И.В., Николаев А.Н., Руген Е.В., Нилова И.В.** Переработка осадков на адсорбенты для адсорбционно-коагуляционно-биологической очистки сточных вод ЦБП. № 4-79.
- Вураско А.В., Антоненкова С.Г., Агеев А.Я., Меньшиков С.Ю., Петров Л.А.** Применение дисперсии антрахинона для натронных варок соломы хлебных злаков. № 1-106.
- Глазков С.С., Филимонова О.Н.** Модификация ДВП сополимером кубовых остатков бутадиена со стиролом. № 3-120.
- Горбова Н.С., Боголицын К.Г., Косяков Д.С.** Разработка потенциометрического метода для определения констант ионизации модельных соединений лигнина в ДМСО и его смесях с водой. № 4-111.
- Горбунова О.Ф., Вербицкая С.А., Боголицын К.Г.** Влияние концентрации кислоты на поведение лигнина в условиях азотнокислотно-щелочных варок древесины в этанольно-водной среде. № 4-70.
- Григорьев Л.Н., Есина Е.А., Буренина Т.И.** Сравнительная оценка способов поглощения оксидов азота при анализе газовых выбросов. № 4-87.
- Залаяжных В.В.** Обработка сульфитного шелока анионитом АН-31. № 5-6-158.
- Канарский А.В.** Перспективы биохимической переработки древесного сырья. № 5-6-151.
- Ковернинский И.Н., Керманян Хосейн, Третьяков С.И., Бачурихин С.Ю.** Проклейка бумаги с использованием модифицированной клей-пасты анионного типа. № 4-29.
- Ковернинский И.Н., Дулькин Д.А., Спиридонов В.А.** Исследование свойств макулатурной массы для производства писчей и печатной бумаги. № 4-32.
- Комаров В.И., Кузнецова М.Ю.** Влияние переменных факторов наполнения бумаги на ее вязкоупругие и прочностные свойства. № 4-23.
- Коньшин В.В., Чемерис М.М., Мусько Н.П., Чемерис Н.А., Сиянко П.И.** Синтез и исследование смешанных эфиров целлюлозы с высшими карбоновыми кислотами в среде трифторуксусной кислоты. № 5-6-165.
- Королева Т.А., Комаров В.И., Миловидова Л.А., Комарова Г.В., Казаков Я.В.** Влияние отбелки пероксидом водорода на физико-механические свойства лиственной сульфатной целлюлозы. № 4-45.
- Кряжев А.М., Шпаков Ф.В., Звездина Л.К., Зарудская О.Л., Глазунов А.И., Аввакумова А.В.** Исследования и технические решения в области отбелки сульфитной целлюлозы для бумаги. № 4-52.
- Кулагин Е.П., Войтович В.А., Трофимов А.Н.** Испытания лесохимических продуктов в качестве модификаторов эпоксидных противокоррозионных композиций. № 4-95.
- Кулагин Е.П., Войтович В.А., Трофимов А.Н.** Лесохимические эластификаторы для лаков из блочного полистирола. № 4-99.
- Кулагин Е.П., Войтович В.А., Кислицын А.Н., Григорюк Г.П.** Энергоэффективный способ получения карбюризатора из отходов древесного угля. № 4-107.
- Кулагин Е.П., Войтович В.А., Кислицын А.Н., Григорюк Г.П.** Брикеты из отходов древесного угля для газогенераторных печей. № 4-109.
- Пиялкин В.Н., Цыганов Е.А., Федоров В.А.** Реакционная способность углей из коры ели. № 1-115.
- Пиялкин В.Н., Цыганов Е.А., Никифоров А.Г.** Изучение формальной кинетики ультрапиролиза древесины методом теплового удара. № 2-110.
- Сабуров Э.Н., Леухин Ю.Л., Осташев С.И.** Сопротивление оребренного шипами кольцевого канала рекуперативного устройства с циклонным генератором закрутки потока. № 4-117.
- Селянина С.Б., Боголицын К.Г., Янглева Н.Ж.** Роль лигнина в устойчивости лигнинной фазы, образующейся при разложении сульфатного мыла. № 3-123.
- Сиваков В.П.** Оценка состояния исправности оборудования целлюлозного производства на основе диагностических графов. № 5-6-58.
- Тихонов Ю.А., Терентьев О.А., Куров В.С., Кириллов А.Н., Гаузе А.А., Анд-**

реев А.Г., Якимов Ю.Г., Рыбаков С.А. Новая конструкция ротора сортировок с гидродинамическими лопастями. № 4-66.

Хабаров Ю.Г., Герасимова Л.В. Модификация лигнинов путем окислительного радикального сочетания. 3. Поведение фенольных соединений в условиях потенциометрического титрования феррицианидом калия. № 1-110.

Хакимова Ф.Х., Ермаков С.Г. Вариант комплексного использования отходов окорки древесины. № 4-107.

Юрьев Ю.Л., Орлов В.П., Панюта С.А., Штеба Т.В. Проблемы аппаратного оформления процессов переработки измельченной древесины в активные угли. № 5-6-52.

#### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Бирюков П.Я., Кузьмина М.В. Проблема адаптации лесозаготовительных предприятий в рыночной среде. № 5-6-62.

Бутко Г.П. Конкурентоспособность предприятия. № 1-128.

Окладский П.В. Соотношение понятий экономической несостоятельности и устойчивости предприятий. № 5-6-176.

Павлова Н.Ф. Оценка влияния изменений курсовой политики банка России на финансовые результаты деятельности лесозаготовительных предприятий. № 3-130.

Пийгли Л.Э. Роль инвестиций в улучшении финансового состояния предприятий. № 5-6-69.

Романов Е.С. Внутриотраслевые экономические процессы в лесозаготовительной промышленности. № 5-6-172.

Тихомирова Т.П. Некоторые аспекты ценовой политики мебельных предприятий. № 5-6-66.

Чупров Н.П. Об экономическом значении древесных и недревесных лесных ресурсов Архангельской области. № 2-123.

Шутов И.В. О спорных ориентирах в лесной политике. № 5-6-180.

#### МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

Петров В.Н. О преподавании дисциплины «Лесная политика и лесное право». № 2-129.

#### КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Калитеевский Р.Е., Гудков А.С., Виноградский А.В., Смирнова С.А. Компьютеризация расчета производительности и основных параметров процессов сортировки, складирования и раскроя пиловочника. № 2-136.

#### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

Карпов С.В., Куликовская А.Л., Сабуров Э.Н. О расчете аэродинамики выходного канала циклонных камер. № 3-135.

Киселев И.Я. Изучение качественного состава пигментов осенних листьев клена остролистного и барбариса обыкновенного. № 5-6-187.

Попов А.Ф. Использование средств архитектурной композиции в зданиях с конструкциями из клееной древесины. № 5-6-189.

Сабуров Э.Н., Карпов С.В., Смолина Н.В. Аэродинамика циклонного устройства с двухсторонними несимметричными условиями ввода и вывода газов. № 1-132.

Сабуров Э.Н., Леухин Ю.Л., Осташев С.И. Теплоотдача в оребренном шипами кольцевом канале рекуперативного устройства с циклонным генератором закрутки потока. № 5-6-196.

#### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Аглиуллин Ф.В. Современное и полезное учебное пособие. № 5-6-203.

Минин Н.С. Интересная книга. № 3-143.

Наквасина Е.Н. Новое учебное пособие. № 4-148.

#### ЮБИЛЕИ

Архангельский государственный технический университет, лесохозяйственный факультет, кафедра лесной таксации и лесоустройства, Архангельское управление лесами. Иван Иванович Гусев. № 1-145.

Бабич Н.А., Травникова Г.И., Гаевский Н.П., Беляев В.В., Наквасина Е.Н., Сунгуров Р.В. Поздравляем юбиляра. № 4-150.

Друзья, коллеги, ученики. Михаил Яковлевич Зарубин. № 4-151.