

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

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

5

2005

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

проф. **Е.Д. Гельфанд**, проф. **И.И. Гусев**, проф. **Р.Е. Калитеевский**, акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**, проф. **А.А. Камусин**, проф. **В.И. Комаров**, проф. **В.С. Куров**, проф. **Н.В. Лившиц**, проф. **В.И. Мелехов**, проф. **М.Д. Мерзленко**, проф. **Е.Г. Мозолева**, **В.В. Мусинский**, доц. **О. А. Неволин**, проф. **А.Н. Обливин**, проф. **В.И. Онегин**, проф. **Г.С. Ощепков**, проф. **А.В. Питухин**, проф. **В.К. Попов**, проф. **С.М. Репях**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Э.Н. Сабуров**, проф. **Е.Н. Самошкин**, проф. **В.Г. Санаев**, проф. **В.И. Санев**, проф. **В.А. Суслов**, проф. **Ф.Х. Хакимова**, проф. **В.Я. Харитонов**, проф. **Г.А. Чибисов**, проф. **Х.-Д. Энгельманн**

Ответственный секретарь – заслуженный работник культуры РФ **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

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

Сдан в набор 16.09.2005. Подписан в печать 09.11.2005. Заказ №
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,97. Усл. кр.-отт. 14,97.
Уч.-изд. л. 18,72. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17, тел./факс: (818-2) 27 37 18,
e-mail: forest@agtu.ru http://lesnoizhurnal.agtu.ru

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



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- А.В. Скок, И.Н. Глазун, Е.Н. Самошкин.* Влияние радиоактивного загрязнения сосны обыкновенной на жизнеспособность и аномалии пыльцы в Брянском округе зоны широколиственных лесов..... 7
- Г.С. Вараксин, В.И. Поляков, М. А. Петрова, С. В. Инюшкин.* Особенности формирования и роста хвойных культур в южной подзоне тайги Средней Сибири 12
- Д.А. Корепанов, С.А. Корепанов.* Заболоченные и болотные леса Волжско-Камского междуречья и перспективы их освоения..... 20
- Р.Т. Гут, М.В. Радченко, Г.Т. Криницкий.* Характерные особенности выделения суммарной ДНК из листьев и почек древесных растений при изучении генетического полиморфизма..... 25
- Г.Е. Романов.* Роль недревесных лесных ресурсов в устойчивом управлении локальной территорией..... 31
- Л.И. Майоров.* Потенциальная эффективность машинного осветления в естественных елово-лиственных молодняках..... 35

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Е.П. Кулагин, В. С. Исаев.* Использование отходов лесохимических производств в качестве добавок в цементные смеси..... 42
- Н.А. Иванов, Е.А. Мясников.* Оценка проходимости трехколесного вездехода по лесистой местности..... 45
- Л.В. Коротяев.* Уточненная методика расчета объема пачки деревьев при трелевке..... 54

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Н.В. Лобанов, И.С. Лобанова, В.И. Малыгин.* Расчет жесткости полосовых пил..... 59
- В.Г. Уласовец.* Сравнение объемов необрезных досок при различных способах распиловки бревен..... 69
- Н.Е. Косиченко, С.Н. Снегирева.* Плотность древесины каштана посевного и ее связь с макроструктурой годичного слоя..... 74
- Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин, А.А. Банников.* Совершенствование ленточно-пильных станков при использовании аэростатических опор..... 79

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Л.С. Кочева, О.В. Броварова, Н.А. Секушин, А. П. Карманов, Д. В. Кузьмин.* Структурно-химическая характеристика недревесных видов целлюлозы. 86
- О.В. Иогансон, С.Г. Ермаков, Ф.Х. Хакимова.* К вопросу повышения эффективности использования отходов окорки древесины..... 94
- С.С. Глазков, Е.В. Снычева, В.С. Мурзин.* Олифа для деревообработки на основе кубовых остатков нефтехимии..... 102

<i>Ю.В. Севастьянова, Л.А. Миловидова, Г.В. Комарова, Т.А. Королева.</i> Влияние сульфидности белого щелока на выход и свойства лиственной сульфатной целлюлозы.....	107
<i>В.И. Белоглазов, В.И. Комаров, А.В. Гурьев.</i> Анизотропия деформационных и прочностных свойств крафт-лайнера.....	112
<i>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</i>	
<i>В.И. Саковец, Г.Е. Романов.</i> Вопросы устойчивого ведения лесного хозяйства в Карелии.....	118
<i>КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</i>	
<i>Б.Г. Мартынов.</i> Влияние характера изменения контролируемых параметров на выбор стратегии эффективной эксплуатации индивидуальной машины.....	123
<i>М.П. Худяков.</i> Анализ эффективности способов представления информационных структур в задачах управления технологическими процессами и системами.....	127
<i>И.А. Бойченко, В.Г. Сарайкин.</i> Интегрированная модель политик безопасности в СУБД.....	132
<i>А.Т. Гурьев.</i> Формализация процессов ремонта и эксплуатации изделий машиностроения.....	139
<i>ИСТОРИЯ НАУКИ</i>	
<i>Г.И. Редько.</i> Лисинскому учебно-опытному лесхозу 200 лет.....	148
<i>КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ</i>	
<i>В.А. Соловьев.</i> Интересная книга.....	152
<i>ЮБИЛЕИ</i>	
<i>Е.А. Федоров.</i> Слово о друге.....	153
<i>Ректорат и коллектив С.-Петербургской государственной лесотехнической академии.</i> Юбилей М.Я. Зарубина.....	154



CONTENTS

FORESTRY

- A.V. *Scock, I.N. Glasoun, E.N. Samoshkin.* Influence of Radioactive Pollution of Scotch Pine on Pollen Viability and Anomaly in Deciduous Forest Zone in Bryansk Region..... 7
- G.S. *Varaksin, V.I. Polyakov, M. A. Petrova, S. V. Inyushkin.* Peculiarities of Development and Growth of Coniferous Species in South Tajga of Middle Siberia Subzone..... 12
- D.A. *Korepanov, S.A. Korepanov.* Swampy and Boggy Forests of Volga-Kama Interfluve and Prospects of their Development..... 20
- R.T. *Guth, M.V. Radchenko, G.T. Krinitsky.* Characteristic Features of Total DNA Extraction from Leaves and Buds of Woody Plants when Studying Genetic Polymorphism..... 25
- G.E. *Romanov.* Role of Non-wood Forest Resources in Sustainable Management of Local Areas..... 31
- L.I. *Majorov.* Potential Efficiency of Mechanical Cleaning in Natural Spruce-and-deciduous Young Stands..... 35

WOODEXPLOITATION

- E.P. *Kulagin, V. S. Isaev.* Use of Wastes of Wood-chemical Production as Additives to Cement Mixes..... 42
- N.A. *Ivanov, E. A. Myasnikov.* Maneuverability Assessment of Three-wheeled Landrover in Woodland..... 45
- L.V. *Korotyaev.* Revised Procedure for Estimating Tree Bundle Volume at Skidding..... 54

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

- N.V. *Lobanov, I.S. Lobanova, V.I. Malygin.* Stiffness Analysis of Strip Saws..... 59
- V.G. *Ulasovets.* Comparison of Unedged Boards Volumes under Different Methods of Log Sawing..... 69
- N.E. *Kosichenko, S. N. Snegireva.* Wood Density of Sweet Chestnut and its Relation with Macrostructure of Annual Ring..... 74
- G.F. *Prokofjev, I.I. Ivankin, A.A. Bannikov.* Upgrading of Contour Band Saws by Using Aerostatic Bearings..... 79

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- L.S. *Kocheva, O.V. Brovarova, N. A. Sekushin, A. P. Karmanov, D. V. Kuzmin.* Structural-and-chemical Characteristic of Non-wood Pulp Types..... 86
- O.V. *Johanson, S. G. Ermakov, F. Kh. Khakimova.* Efficiency Increase for Utilization of Debarking Wastes..... 94
- S.S. *Glazkov, E.V. Snycheva, V.S. Mursin.* Drying Oil for Woodworking on Basis of Petrochemistry Stillage Bottoms..... 102

<i>Yu.V. Sevast'yanova, L.A. Milovidova, G.V. Komarova, T.A. Koroleva. Influence of White Liquor Sulfidity on Yield and Properties of Hardwood Sulphate Pulp.....</i>	107
<i>V.I. Beloglazov, V.I. Komarov, A.V. Gurjev. Anisotropy of Deformational and Strengths Characteristics of Kraft-liner.....</i>	112
<i>ECONOMICS AND MANAGEMENT</i>	
<i>V.I. Sakovets, G.E. Romanov. Sustainable Forest Management in Karelia.....</i>	118
<i>COMPUTERIZATION OF TRAINING AND TECHNOLOGICAL PROCESSES</i>	
<i>B.G. Martynov. Influence of Character for Controlled Parameters Change on Selecting Strategy for Efficient Operation of Individual Machine.....</i>	123
<i>M.P. Khudyakov. Analysis of Presentation Technique Efficiency for Informational Structures in Technological Process and System Control.....</i>	127
<i>I.A. Boichenko. V.G. Sarajkin. Integrated Model of Security Policy in Database Management System.....</i>	132
<i>A.T. Gurjev. Formalization of Repair and Exploitation Processes for Machinery...</i>	139
<i>HISTORY OF SCIENCE</i>	
<i>G.I. Redko. Lisino Model Forest Area is 200 Years.....</i>	148
<i>CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY</i>	
<i>V.A. Solovjev. Interesting Book</i>	152
<i>JUBILEES</i>	
<i>E.A. Fedorov. Word about Friend.....</i>	153
<i>Administration and Employees of Saint-Petersburg State Forest Technical Academy. Jubilee of M.Ya. Zarubin.....</i>	154



УДК 630* 174.754:620.267

А.В. Скок, И.Н. Глазун, Е.Н. Самошкин

Скок Анна Витальевна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Брянскую государственную инженерно-технологическую академию, аспирант кафедры дендрологии, селекции и озеленения БГИТА. Имеет 12 печатных трудов в области исследования влияния ионизирующего излучения на репродуктивную способность сосны обыкновенной.



Глазун Игорь Николаевич родился в 1963 г., окончил в 1986 г. Брянский технологический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры дендрологии, селекции и озеленения Брянской государственной инженерно-технологической академии. Имеет свыше 50 научных трудов в области лесной радиэкологии.



Самошкин Егор Никитич родился в 1934 г., окончил в 1960 г. Всесоюзный заочный лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой дендрологии, селекции и озеленения Брянской государственной инженерно-технологической академии, академик РАЕН. Имеет более 170 научных работ в области генетики и селекции древесных растений.



**ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ И АНОМАЛИИ ПЫЛЬЦЫ
В БРЯНСКОМ ОКРУГЕ
ЗОНЫ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ**

Выявлено снижение жизнеспособности пыльцы и увеличение числа аномальных пыльцевых зерен в условиях максимального загрязнения; отмечено влияние климатических факторов.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, мощность экспозиционной дозы, пыльцевое зерно, жизнеспособность и аномалии пыльцы, мутационные повреждения.

О том, что после радиоактивного загрязнения насаждений в зоне Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) пыльцевые зерна сосны обыкновенной меньше по размеру, а жизнеспособность их ниже, известно [3], однако спустя 10 лет после аварии они не исследовались. Поэтому тема представляет определенный интерес.

Пробные площади (ПП) расположены в зоне отчуждения (Клинцовский и Злынковский опытные, Красногорский межхозяйственный лесхозы Брянской области), контролем служили насаждения учебно-опытного лесхоза Брянской государственной инженерно-технологической академии с естественным радиационным фоном (мощность экспозиционной дозы (МЭД) около 10 мкР/ч). МЭД измеряли дозиметром ДРГ-01Т на уровне почвы и на высоте 1 м у каждого модельного дерева.

Мужские «соцветия» собирали в средней части кроны (южная сторона) модельных деревьев в мае 2000 г. и 2001 г. перед вылетом пыльцы, сушили в лаборатории, через 1–2 дня помещали в бюксы и хранили в холодильнике. Затем их в трехкратной повторности проращивали в термостатах при температуре около +25 °С на 10 %-м растворе сахарозы во влажной камере (метод «висячей» капли [4]). Препараты просматривали под микроскопом МБИ-6 на 2-й или 3-й день проращивания при увеличении 20×7×2,5. Учитывали проросшие и непроросшие пыльцевые зерна (до 400 ... 500 шт. на препарат). Проросшими считали зерна, у которых длина трубки равна или больше их диаметра [1]. К аномальным относили зерна с одной трубкой, но с двумя и более разветвлениями; с двумя трубками, с разветвлениями или без них. Все количественные показатели пыльцы и их взаимосвязь с МЭД проанализированы статистически [5,6] (см. таблицу).

Анализ результатов показал, что в условиях хронического облучения наблюдаются сложные закономерности в изменении жизнеспособности пыльцы. При самой высокой МЭД (757,7 мкР/ч, ПП № 31) в 2000 г. этот показатель уменьшился лишь на 0,5 % (различие с контролем недостоверно, $t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$), в 2001 г. – на 10 % ($t_{\text{факт}} (3,07) > t_{\text{табл}}$ при $P = 95,0$ %). При снижении МЭД в 3 раза (260,4 мкР/ч, ПП № 35) в 2000 г. жизнеспособность пыльцы повысилась на 3,5 % ($t_{\text{факт}} (2,60) > t_{\text{табл}}$ при $P = 95,0$ %), но в 2001 г. существенно (на 8,4 %) снизилась ($t_{\text{факт}} (3,40) > t_{\text{табл}}$ при $P = 99,9$ %). На ПП № 32 МЭД = 50,6 мкР/ч (по сравнению с ПП № 31 ниже в 5 раз), жизнеспособность пыльцы в 2000 г. возросла на 3,5 % ($t_{\text{факт}} (3,24) > t_{\text{табл}}$ при $P = 95,0$ %), однако в 2001 г. она достоверно (на 11,9 %) уменьшилась ($t_{\text{факт}} (3,69) > t_{\text{табл}}$ при $P = 99,9$ %). Следует отметить, что жизнеспособность по-разному варьирует по годам: на ПП № 31 (самая высокая МЭД) жизнеспособность пыльцы в 2000 г. и 2001 г. отличается всего на 2,1 %; на ПП № 35 (МЭД = 260,4 мкР/ч) – на 4,6 % ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$); на ПП № 32 (МЭД = 50,6 мкР/ч) – на 8,1 % ($t_{\text{факт}} (2,57) > t_{\text{табл}}$ при $P = 95$ %); в контроле (МЭД = 10,0 мкР/ч) – 7,3 % ($t_{\text{факт}} (5,74) > t_{\text{табл}}$ при $P = 99,9$ %). Кроме того, на всех ПП жизнеспособность пыльцы в 2000 г. выше, чем в 2001 г., хотя МЭД ежегодно снижалась. В контроле – наоборот: в 2000 г. на 7,3 % ниже, чем в

Статистические показатели	Мощность экспозиционной дозы		шт.	Количество пыльцевых зерен									не проросших
	на уровне 1 м от почвы	на почве		проросших	с одной трубкой					с двумя трубками			
					Всего	Без разветвлений	2 разветвления	3 разветвления	более 3 разветвлений	Без разветвлений	С разветвлениями		
ПП № 31 Красногорский межхозяйственный лесхоз													
$M \pm m_x$	<u>615,2±11,1</u> 621,1± 8,1	<u>757,7±13,9</u> 687,8±14,9	27 724 16 926	<u>87,7±2,4</u> 85,6±3,1	<u>84,7±2,4</u> 85,0±3,2	<u>81,1±2,4</u> 81,8±2,9	<u>2,8±0,7</u> 2,6±0,6	<u>0,5±0,2</u> 0,5±0,2	<u>0,3±0,2</u> 0,1	<u>2,9±0,6</u> 0,5±0,2	<u>0,1</u> 0,1	<u>12,3±2,4</u> 14,4±3,1	
V, %	<u>8,1</u> 5,8	<u>13,9</u> 9,7	= -	<u>12,3</u> 16,4	<u>12,6</u> 16,6	<u>13,3</u> 15,9	<u>110,2</u> 102,2	<u>183,7</u> 189,7	<u>384,6</u> 400,8	<u>99,5</u> 207,9	<u>202,0</u> 260,1	<u>88,0</u> 97,7	
ПП № 35, Клиновский лесхоз, Красногорское лесничество													
$M \pm m_x$	<u>209,5±5,3</u> 204,4±7,5	<u>260,4±7,0</u> 229,9±0,6	18 114 14 757	<u>91,7±1,0</u> 87,1±2,3	<u>88,6±1,6</u> 86,7±2,4	<u>85,0±2,1</u> 84,1±2,3	<u>3,0±0,8</u> 2,1±0,6	<u>0,5±0,2</u> 0,4±0,2	<u>0,1</u> 0,1	<u>3,1±1,1</u> 0,4±0,2	<u>0,03</u> 0,0	<u>8,3±1,0</u> 12,9±2,3	
V, %	<u>8,8</u> 15,5	<u>9,3</u> 19,6	= -	<u>3,6</u> 11,1	<u>6,4</u> 11,6	<u>8Ж,5</u> 11,8	<u>97,2</u> 116,9	<u>124,6</u> 175,6	<u>204,1</u> 200,0	<u>124,6</u> 167,5	= 424,3	<u>39,9</u> 75,0	
ПП № 32, кв. № 14													
$M \pm m_x$	<u>38,7±1,4</u> 37,0±0,8	<u>50,6±2,0</u> 43,8±1,2	13 395 9 720	<u>91,7±0,6</u> 83,6±3,1	<u>85,2±1,6</u> 82,4±3,1	<u>82,7±2,2</u> 78,0±2,8	<u>1,9±0,6</u> 3,5±0,7	<u>0,4±0,2</u> 0,7±0,4	<u>0,2±0,1</u> 0,2±0,1	<u>6,4±1,4</u> 1,1±0,4	<u>0,1±0,1</u> 0,1	<u>8,3±0,6</u> 16,4±3,1	
V, %	<u>11,4</u> 9,2	<u>12,5</u> 11,3	= -	<u>2,1</u> 14,4	<u>6,1</u> 14,7	<u>8,2</u> 14,0	<u>97,3</u> 72,8	<u>145,6</u> 221,2	<u>164,8</u> 185,5	<u>66,8</u> 137,2	<u>312,5</u> 189,3	<u>23,1</u> 72,8	
ПП № 15 – контроль, учебно – опытный лесхоз, опытное лесничество, кв. 75													
$M \pm m_x$	<u>10</u> 12	<u>12</u> 13	18 563 4 860	<u>88,2±0,9</u> 95,5±0,9	<u>84,3±1,2</u> 95,2±0,7	<u>80,5±0,9</u> 91,0±1,2	<u>3,0±0,6</u> 3,7±1,1	<u>0,7±0,3</u> 0,4±0,2	<u>0,1</u> 0,1	<u>3,8±0,9</u> 0,3±0,2	<u>0,1</u> 0,0	<u>11,8±0,9</u> 4,5±0,8	
V, %	= -	= -	= -	<u>4,1</u> 2,3	<u>5,7</u> 2,0	<u>4,3</u> 3,8	<u>75,3</u> 84,5	<u>132,8</u> 135,5	<u>188,7</u> 194,0	<u>95,5</u> 135,7	<u>224,7</u> 181,8	<u>30,7</u> 48,1	

Примечание. В числителе приведены данные для 2000 г., в знаменателе – 2001 г.

2001 г., хотя МЭД практически одинакова. По-видимому, на жизнеспособность пыльцы, кроме ионизирующей радиации, влияют и другие экологические, в частности климатические, факторы.

Хотя жизнеспособность пыльцы в 2000 г. выше, чем в 2001 г., количество аномальных пыльцевых зерен (с одной трубкой, но с двумя-тремя и более разветвлениями; с двумя трубками) в 2000 г. больше, чем в 2001 г., в контроле – наоборот. Количество аномальных пыльцевых зерен при МЭД = 757,7 мкР/ч составило 6,6, в 2001 г. – 3,8 %; при МЭД = 260,4 мкР/ч – соответственно 6,7 и 3,0 %; при МЭД = 50,6 мкР/ч – соответственно 9,0 и 5,6 %; в контроле (10 мкР/ч) – соответственно 7,7 и 4,5 %. Эти аномалии пыльцы, особенно более 3-х разветвлений, по-видимому, можно считать маркерами генетических нарушений, вызванных радиационным и другими загрязнениями.

Количество непроросших пыльцевых зерен выше в 2001 г., (это не распространяется на контроль), при этом их вариабельность V (%) в 2001 г. выше, чем в 2000 г., и увеличивается с ростом МЭД.

В целом увеличение МЭД повышает уровень внутривидовой изменчивости (V) жизнеспособности пыльцы, в 2001 г. этот показатель выше, чем в 2000 г. Повышение уровня изменчивости признака, как правило, связано с угнетающим действием ионизирующей радиации на растения, т. е. с появлением мутационных повреждений, для которых повышенная изменчивость закономерна [2, 7, 8]. Уменьшение изменчивости признака связано с эффектом гетерозиса, который проявляется в популяциях перекрестников, так как появляются гетерозиготные особи с высокой генетической и физиологической активностью [2], при этом в популяции происходит выравнивание количественных признаков.

Анализ парной связи МЭД и общего количества проросших пыльцевых зерен, МЭД и пыльцевых зерен с различными аномалиями развития пыльцевых трубок не выявил четких закономерностей ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл}}$). Однако отмечена отрицательная тенденция связи МЭД с общим количеством проросших пыльцевых зерен ($r = -0,180$ в 2000 г., $r = -0,078$ в 2001 г.), с количеством пыльцевых зерен с двумя пыльцевыми трубками ($r = -0,224$ в 2000 г., $r = -0,242$ в 2001 г.) и с количеством пыльцевых зерен с трубками без разветвлений ($r = -0,224$ в 2000 г., $r = -0,283$ в 2001 г.). Тенденция связи МЭД с количеством пыльцевых зерен с одной сильно разветвленной (более 3-х разветвлений) трубкой ($r = 0,120$ в 2000 г., $r = 0,214$ в 2001 г.) и с количеством непроросших пыльцевых зерен ($r = 0,180$ в 2000 г., $r = 0,078$ в 2001 г.) положительна.

Таким образом, хотя в целом качество пыльцы достаточно высокое, выявлено достоверное снижение ее жизнеспособности, а также увеличение количества аномальных пыльцевых зерен, особенно, в условиях максимального радиационного загрязнения, повышение уровня внутривидовой изменчивости с ростом МЭД, что можно объяснить появлением различных мутационных нарушений. Практически все показатели 2001 г. выше, что свидетельствует о влиянии других, в частности климатических, факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артемов В.А.* Жизнеспособность пыльцы / В.А. Артемов // Экологические основы повышения продуктивности таежных лесов Европейского Севера. – Л.: Наука, 1981. – С. 135–142.
2. *Демченко С.И.* Особенности мутационной и модификационной изменчивости, вызываемой химическими мутагенами у растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / С.И. Демченко. – М., 1984. – 44 с.
3. *Козубов Г.М.* Структура радиационного поражения сосновых лесов в зоне ЧАЭС / Г.М. Козубов, В.В. Давыдчук, Ю.Д. Абатуров // Биологические и радиоэкологические аспекты последствий аварии на Чернобыльской атомной станции: тез. докл. I Междунар. конф. – М., 1990. – С. 15.
4. *Пятницкий С.С.* Практикум по лесной селекции / С.С. Пятницкий. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 271 с.
5. *Свалов Н.Н.* Вариационная статистика / Н.Н. Свалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 120 с.
6. *Снедекор Д.У.* Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии / Д.У. Снедекор. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 504 с.
7. *Brock R.D.* Quantitatively inherited variation in *Arabidopsis thaliana* induced by chemical mutagens / R.D. Brock // *Environmental and Exp. Bot.* –1976. – Vol. 16. – P. 241–253.
8. *Gaul A.* Mutationen in der Pflanzenzuchtung / A. Gaul // *Ztschr. Pflanzen Zucht.* – 1963. – Bd. 5.– S. 194–307.

Брянская государственная
инженерно-технологическая академия

Поступила 25.05.03

A.V. Scock, I.N. Glasoun, E.N. Samoshkin
**Influence of Radioactive Pollution of Scotch Pine on Pollen Viability
and Anomaly in Deciduous Forest Zone in Bryansk Region**

Decrease of pollen viability and increase of the number of anomalous pollen grains in the conditions of maximum pollution have been detected. The influence of climatic factors is observed.

УДК 630*228.7+630*161.4(571.51/.52)

Г.С. Вараксин, В.И. Поляков, М.А. Петрова, С.В. Инюшкин

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РОСТА ХВОЙНЫХ КУЛЬТУР В ЮЖНОЙ ПОДЗОНЕ ТАЙГИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Исследовано состояние и ход роста 19-летних искусственных фитоценозов, созданных на вырубках в равнинных темнохвойных лесах южной подзоны тайги Красноярского края. В качестве главных пород для облесения площадей на хорошо дренированных почвах рекомендованы сосна и лиственница.

Ключевые слова: лесные культуры, продуктивность, производительность и ход роста древостоев.

В южной подзоне тайги Средней Сибири выращивают сосну, лиственницу, ель и кедр. Предпочтение отдается частичным культурам. Одной из основных категорий лесокультурного фонда Больше-Муртинского лесхоза Красноярского края являются производные лиственные молодняки на вырубках разнотравной, крупнотравной и зеленомошной групп типов ельников и пихтачей. Они формируются из березы, осины, примеси древовидных ив и подлесочных видов при незначительном участии подроста пихты, ели и кедра в условиях жесткой конкуренции с травянистой растительностью. В горизонтальном плане такой молодняк представляет собой мозаику сомкнутых биогрупп древесных растений, кустарников и захламленных порубочными остатками задернелых прогалин. Основной фон напочвенного покрова высотой до 1,5 ... 2,0 м образуют злаки и крупнотравье.

Многие произрастающие здесь до рубки темнохвойные насаждения, по-видимому, также можно отнести к производным. В прошлом на равнинах Обь-Енисейского водораздела были распространены сложные боры с лиственницей и вторым ярусом, подростом из пихты, ели и кедра. Ареал темнохвойной тайги ограничивался склонами северных экспозиций и поймами небольших рек и ручьев. Старовозрастные крупномерные сосняки постепенно вырубали, оставив тонкомер и подрост темнохвойных пород, из которых впоследствии и сформировались полидоминантные темнохвойные насаждения, большей частью теперь тоже вырубленные.

На современном этапе лесообразования в районе преобладают молодые и средневозрастные мелколиственные насаждения с неравномерным распределением подроста и подчиненного яруса темнохвойных пород. Естественное возобновление темнохвойных на вырубках идет только через смену пород, а возобновление сосны и лиственницы, некогда коренных пород ровных и возвышенных местообитаний, и вовсе отсутствует или встречается единично по обочинам лесовозных дорог и в насаждениях береговых склонов. Лесной фонд обесценивается в направлении: сосна, лиственница → ель, пихта → береза, осина → кустарники, травы. Теперь вполне очевидно, что ориентация на естественное заращивание мест рубок в условиях южной тай-

ги себя не оправдала. Новый взгляд на проблему лесовосстановления, по нашему мнению, должен вырабатываться исходя из приоритета искусственных насаждений: лесных культур и плантаций разного целевого назначения.

Целью настоящей статьи является изучение состояния и хода роста хвойных культур на вырубках в равнинных темнохвойных лесах. Для этого обследовали два опытных участка 19-летних культур, созданных в Таловском лесничестве Большемуртинского лесхоза под методическим руководством Г.С. Вараксина и А.П. Витальева. Характеристика участков на момент закладки культур приводится ниже.

Участок 1. Культуры смешанные частичные, площадь 10 га, местоположение возвышенное ровное. Давность вырубки 5 лет, тип леса до рубки – пихтач разнотравно-зеленомошный. Захламленность превышает 50 м³/га, количество пней более 600 шт./га. Естественное возобновление – куртинами, состав 7Б2Ив1Ос, 2500 шт./га, средняя высота 2,4 м. Почва серая лесная среднесуглинистая свежая дренированная, задернение злаковой растительностью сильное. Год, сезон подготовки почвы – 1983, осень; закладки культур – 1984, весна. Расчистка полос шириной до 24 м с одновременным рыхлением почвы произведена корчевателями-собирающими (Д-513А, Д-496А, МП-2Б). Пни, порубочные остатки, дернину и кустарники сдвигали в необрабатываемые межполосные пространства шириной 8 ... 10 м. Доочистку полос с заравниванием ям и микропонижений производили ножом бульдозера (Т-100М, Т-100МГП). Способы посадки – ручной под меч Колесова и механизированный (ЛХТ-55+МЛУ-1). На полосе высаживали 6 ... 9 рядов культур, шаг посадки 0,5 ... 1,0 м. Ряды сосны чередовали с рядами кедра или лиственницы, либо на полосе высаживали только лиственницу или сосну. При посадке использовали отсортированные стандартные сеянцы, выращенные в открытом грунте: 2-летние – сосны и лиственницы, 4-летние – кедра.

Участок 2. Культуры частичные еловые, площадь 10 га, местоположение – северный склон 2°. Давность вырубки 10 лет, тип леса до рубки – пихтач зеленомошный. Захламленность превышает 50 м³/га, количество пней более 600 шт./га. Естественное возобновление – куртинами, состав 8Б1К1Ос, 5620 шт./га, средняя высота 4,0 м. Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая влажная слабо дренированная, временно переувлажняемая, задернение злаковой растительностью сильное. Год, сезон подготовки почвы – 1983, осень; закладки лесных культур – 1984, весна. Технология подготовки участка аналогичная: расчистка полос корчевателями и доочистка с заравниванием ям и микропонижений ножом бульдозера. Ширина расчищаемых полос 10 м, межполосных пространств 8 м. Способ посадки – ручной под меч Колесова. На полосе высаживали 4 ряда сеянцев через 2,0 м, шаг посадки 0,5 ... 1,0 м. Посадочный материал – 4-летние стандартные сеянцы ели, выращенные в открытом грунте.

Агротехнические уходы за культурами проводили в течение первых 3 лет. В настоящее время задернение злаковой растительностью в межпо-

лосном пространстве на обоих участках сильное, в полосах культур отсутствует или слабое.

Состояние и ход роста культур изучали на шести пробных площадях (ПП). В полосах культур заложили четыре и в межполосном пространстве – две ПП, в том числе четыре на первом участке и две на втором. На ПП в полосах, включающих 2 ... 4 ряда посадки, протаксировали 848 экземпляров культивируемых пород (по 100 ... 200 шт. каждой). Измеряли таксационный диаметр ($D_{1.3}$), высоту дерева (H) и начала живой кроны ($H_{н.к}$) с точностью до 0,1 см и 0,1 м соответственно. Деревья подразделяли на оставляемые, вырубаемые и сухостойные. Для анализа стволов взяли 13 моделей из модальных классов толщины, в том числе 3 сосны, 4 лиственницы и по 3 модели кедра и ели. На ПП в межполосном пространстве (по одной на каждом участке) произвели сплошной пересчет деревьев по породам и состоянию (растущие и сухостой) с выборочным измерением высот каждой породы и ступени толщины. На каждой ПП сплошь учли естественное возобновление. Все исходные материалы систематизировали в тематической базе данных (СУБД MS Access), что существенно облегчает доступ к ним, анализ и обработку [7]. Данные анализировали в системе STATISTICA 6. Существенность различия естественных совокупностей оценивали по критерию Р. Фишера F при $p = 0,95$ ($\alpha = 0,05$). Для аппроксимации рядов строения древостоев по толщине и высоте использовали популярную в лесоведении двухпараметрическую функцию В. Вейбулла*, точную интерпретацию параметров которой дал в свое время Н. В. Stauffer [8]. Формально функция записывается в виде

$$f(x) = c/b[(x - \theta)/b]^{c-1} e^{-[(x-\theta)/b]^c}, \text{ для } \theta < x, b > 0, c > 0, \quad (1)$$

где b – параметр масштаба распределения;

c – параметр формы, показатель степени и направления асимметрии;

θ – параметр положения (при оценке распределения древостоя по толщине θ соответствует минимальному диаметру $\theta = d_{\min}$, $\theta + b$ аппроксимирует диаметр, меньше которого расположено 68 % деревьев, при $\theta = 0$ распределение двухпараметрическое);

e – основание натурального логарифма.

В модуле Nonlinear Estimation (нелинейное оценивание) системы STATISTICA 6 для оценки параметров b и c функция задается в виде

$$y = \text{weibull}(x, b, c, 0)a, \quad (2)$$

где y – переменная, содержащая фактические относительные (%) или абсолютные (шт.) частоты признака x ;

a – коэффициент для адаптации функции с условной плотностью 1,0 к масштабу реальных величин (степеней признака x).

* Введена в лесоведение Баллеем и Делем в 1973 г. (*Bailey R. L. Quantifying diameter distribution with the Weibull function / R. L. Bailey, T. R. Dell// Forest Sci. – 1973. – Vol. 19. – P. 97–104.*)

Таблица 1

Таксационная характеристика лесных культур по элементам леса на 1 га

№ участка	№ ПП	Порода	Оставляемая часть							Вырубаемая часть				
			D, см	H, м	H _{н.к.} , м	ΣG, м ²	M, м ³	N, шт.	Полнота	D, см	H, м	ΣG, м ²	M, м ³	N, шт.
1	1	С	11,8	8,5	3,1	16,67	72	1500	0,6	5,3	6,4	0,48	2	220
		Л	7,1	8,1	1,7	5,70	24	1400	0,2	2,6	4,9	0,47	1	860
	2	С	12,3	8,1	2,4	16,09	66	1300	0,6	5,7	6,0	0,82	3	320
		К	2,9	3,2	0,5	1,11	3	1700	–	1,0	1,7	–	–	20
2	3	Л	8,4	8,2	1,3	14,93	63	2700	0,6	3,1	4,8	1,12	3	1490
	4	Е	3,4	3,8	–	4,41	14	5000	–	–	–	–	–	–

Исследуемые культуры на обоих участках переведены в категорию земель, покрытых лесной растительностью, и отнесены к культурам отличного качества. Анализ таксационных показателей свидетельствует об их хорошем состоянии. Наиболее высокие показатели роста отмечены у сосны (табл. 1).

Данные таксации представлены с выделением основной (оставляемой) и отставшей в росте (вырубаемой) частей древостоев. Древостои оставляемой части лиственницы и особенно сосны растут по I классу бонитета. Производительность кедра и ели в силу биологических и экологических свойств этих пород (теневыносливость и замедленный рост в молодости) не превышает пока IV класса бонитета. В культурах темнохвойных пород не наблюдается обособления главной и подчиненной частей древостоя. Кедр в смешении с сосной остается под ее пологом (ПП 2). Ель, выращиваемая в чистом виде (участок 2, ПП 4), развивается быстрее кедра с превышением по диаметру и высоте на 15 ... 16 %. Доля отставших в росте экземпляров сосны сравнительно невелика (13 ... 20 %). Напротив, дифференциация полога лиственницы как в чистых, так и в смешанных с сосной культурах весьма значительна. Процент отставших в росте деревьев достигает 36 ... 38 % от общего количества. Ряды строения лиственницы по диаметру и высоте более растянуты и асимметричны по сравнению с сосной, особенно по диаметру (рис. 1, табл. 2).

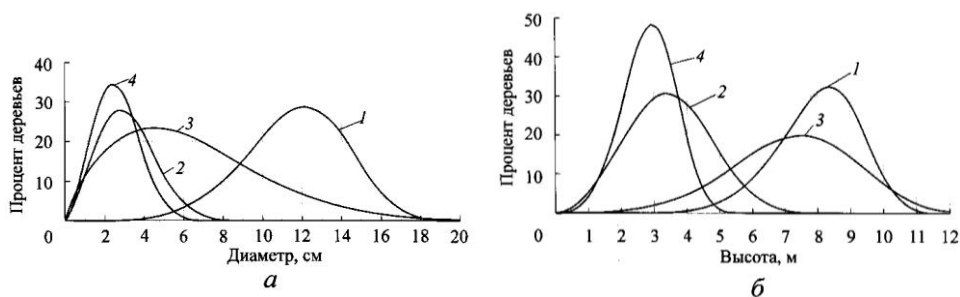


Рис. 1. Ряды строения древостоев культур по диаметру (а) и высоте (б)

Таблица 2

Параметры распределений древостоев культур по диаметру и высоте

Показатель	Порода	\bar{x}	$\pm\sigma_x$	x_{\min}	x_{\max}	b	c	a	R
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр ($D_{1,3}$)	Сосна	10,9	3,19	2,2	17,6	12,70	5,20	187	0,973
	Лиственница	5,9	3,07	0,9	14,6	7,26	1,76	213	0,943
	Кедр	2,6	1,10	0,8	6,2	2,99	2,50	102	0,977
	Ель	3,1	1,31	0,8	6,8	3,56	2,36	103	0,981
Высота (H)	Сосна	7,9	1,26	3,8	10,2	8,53	7,36	101	0,995
	Лиственница	6,8	2,07	1,2	11,0	7,96	4,42	95	0,913
	Кедр	2,9	0,72	1,6	4,7	3,16	3,99	101	0,994
	Ель	3,4	1,17	1,0	6,8	3,90	2,99	102	0,967

В графах 3, 5 и 6 табл. 2 приводятся выборочные оценки средних и экстремальных значений диаметра и высоты. Распределения (рис. 1) со значениями параметров b , c и a (см. табл. 2) представляют строение генеральных совокупностей. Высокие показатели корреляции ($R > 0,9$) обуславливают адекватность теоретических и опытных данных. Параметр b показывает верхний предел для 68 % деревьев, распределенных по анализируемому признаку. Так, у 68 % деревьев сосны диаметр меньше 12,7 см и высота ниже 8,53 м. Тот же процент деревьев лиственницы ограничивается диаметром 7,3 см и высотой 7,96 м, т. е. меньше соответственно на 43 % по диаметру и на 7 % по высоте.

У темнохвойных культур 68 % деревьев ели, считая от наименьшего, имеют диаметры на 16 % и высоты на 19 % больше, чем те же 68 % деревьев кедра. Однако в этом случае сказывается еще и разница в условиях местопроизрастания и видовом составе культур.

Анализ результатов, приведенных в табл. 1, показывает, что культуры сосны отличаются наивысшей энергией роста. При сравнении выборочных совокупностей сосны ($N_{\text{ПП1}} + N_{\text{ПП2}} = 200$ шт.) и лиственницы ($N_{\text{ПП1}} + N_{\text{ПП3}} = 326$ шт.) видим, что сосна достоверно опережает лиственницу по всем трем измеренным показателям: по D на 46 % ($D_c = 10,9$ см $>$ $D_l = 5,9$ см, $F = 325 > F_{st} = 3,84$), по H на 15 % ($H_c = 7,93$ м $>$ $H_l = 6,75$ м, $F = 53 > F_{st} = 3,84$) и по $H_{н.к}$ на 51 % ($H_{кр.с} = 2,71$ м $>$ $H_{кр.л} = 1,34$ м, $F = 627 > F_{st} = 3,84$). Если сравнивать оставляемую часть древостоев сосны и лиственницы, то достоверность различий сохраняется только по D и $H_{н.к}$. Показателями успешного роста и хорошей сохранности сосны служат также полнота (не ниже 0,6) и запас (66 ... 72 м³/га) ее древостоев. В смешанных рядами культурах сосна вытесняет сопутствующие породы. Кедр, как уже отмечалось, остался под ее пологом (ПП 2), лиственница характеризуется значительно более низкими показателями полноты (0,2 против 0,6) и запаса (24 против 72 м³/га, см. ПП 1). В чистых культурах лиственница растет лучше, чем в смешанных с сосной. Средний диаметр чистых культур лиственницы достоверно выше, чем ее примеси к сосне ($D_{л.ч} = 6,3$ см $>$ $D_{л.см} = 5,3$ см, $F = 8,29 > F_{st} = 3,84$). Различие в высотах незначительно ($H_{л.ч} = 6,79$ м \approx $H_{л.см} = 6,65$ м).

Вытесняющее воздействие сосны в смешанных культурах отмечалось в Поволжье [5, 6]. Если при создании культур преобладает лиственница и густота не превышает 5 ... 6 тыс. шт./га, отрицательное влияние сосны практически не сказывается. В чистом виде лиственница развивается лучше сосны. Рекомендуется смешение рядами, предпочтительно с елью [6]. В близких лесорастительных условиях Лено-Ангарского плато на суглинистых дерново-лесных почвах Н.В. Ковылин с соавторами [4] отмечают лучший рост лиственницы по сравнению с сосной. В 16 лет сосна имела высоту 3,5 м, а лиственница 4,5 м. Наши исследования [1, 3] показывают, что при соблюдении определенных технологических приемов выращивания светлохвойных культур на участках из-под темнохвойных лесов сосна и лиственница одинаково хорошо приживаются и растут в примерно одинаковом темпе. В чистых культурах лиственница росла с незначительным опережением по высоте, а сосна – по диаметру. В 14 лет обе породы достигли высоты 5,6 ... 5,7 м [3].

Таким образом, на дренированных возвышенных участках сосна и лиственница являются наиболее быстрорастущими породами. Сосна растет лучше при смешении рядами с лиственницей, чем с кедром. Различия по диаметру незначительны, по высоте и высоте начала живой кроны значимы ($H_{с.п.п.1} = 8,21 \text{ м} > H_{с.п.п.2} = 7,65 \text{ м}$ при $F = 10,5 > F_{st} = 3,84$ и $H_{н.к. с.п.п.1} = 3,07 \text{ м} > H_{н.к. с.п.п.2} = 2,36 \text{ м}$ при $F = 61,5 > F_{st} = 3,84$). С лиственницей сосна быстрее растет в высоту и лучше очищается от сучьев. Примесь лиственницы при смешении рядами по схеме С–Л–С благоприятна для сосны и отвечает составу естественных древостоев. В сохранившихся коренных насаждениях ровных и возвышенных местообитаний преобладает сосна, доля лиственницы обычно невелика.

На рис. 2 приведены средние линии хода роста, полученные по 3-4 модельным деревьям каждой породы 58 ... 78 рангов по толщине.

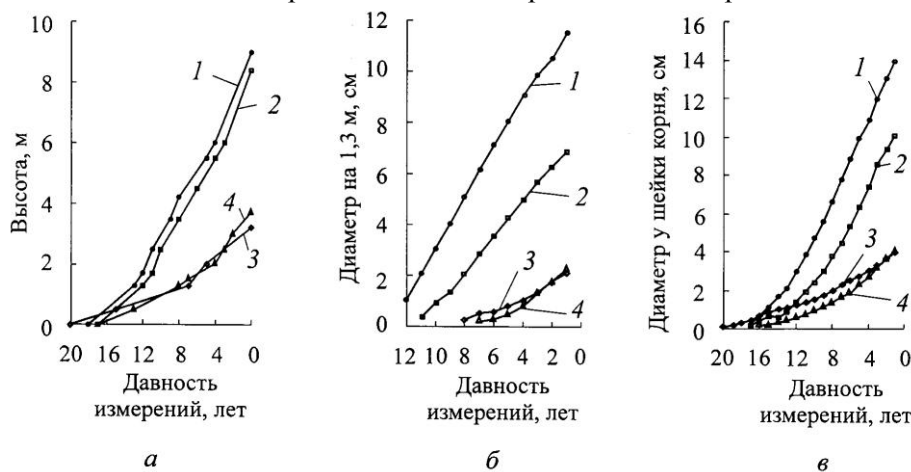


Рис. 2. Ход роста культур в высоту (а), по диаметру на высоте груди (б) и у шейки корня (в): 1 – сосна; 2 – лиственница; 3 – кедр; 4 – ель

Для сравнения ранги толщины средних деревьев оставляемой части древостоев по породам равны: $R_c = 47 \dots 51$; $R_l = 56 \dots 60$; $R_k = 61$; $R_e = 60$. Из рис. 2 видно, что модели сосны и лиственницы в высоту и по диаметру в целом росли синхронно. Сосна незначительно опережала лиственницу по высоте и в большей степени по диаметру. Высоты груди сосна достигла 12 лет назад, лиственница на год позже (в 1988 и 1989 гг.). Их рост в толщину (по $D_{1,3}$ и D_0) отличался наибольшей стабильностью. Вследствие этого разница в диаметрах между сосной и лиственницей постоянно возрастала.

Ель за последние 3-4 года увеличила прирост в высоту и по диаметру и теперь опережает кедр, который развивается медленнее других пород. По нашим данным, лучшие участки опытных культур ели в Б.-Муртинском лесхозе в 12 лет имели высоту в среднем 2,2 м, а кедра – 1,6 м [2]. Разница в числе годовых колец на высоте пня и высоте груди у взятых моделей составила: для сосны – 5, лиственницы – 4 ... 6, ели – 7 ... 10, кедра – 12 ... 14 лет.

Необходимость искусственного лесовосстановления площадей, вышедших из-под темнохвойных лесов, вытекает из анализа состава и состояния молодняков в межполосном пространстве (табл. 3).

Как уже отмечалось, зарастание вырубок протекает в условиях жесткой конкуренции между древесной и травянистой растительностью. После рубки прошло уже более 20 лет, но полнота естественных молодняков не превышает 0,6 ... 0,7, запас – 80 м³/га. В составе преобладает береза. В более богатых и влажных условиях (участок 2) возрастает доля осины. Древостои продолжают формироваться, особенно на втором участке, что подтверждает характер распределений преобладающей породы (березы) по толщине (рис. 3).

На втором участке диаметр 68 % растущих деревьев березы не превышает 3,96 см, на первом участке достигает 10,81 см. На втором участке в более густом древостое больше тонкомера и сухостоя березы. Травянистая растительность, особенно обильная в более редком древостое на первом

Таблица 3

Характеристика молодняков в межполосном пространстве на 1 га

№ участка	№ ПП	Состав, элемент леса	Растущая часть						Сухостой		
			D, см	H, м	ΣG, м ²	M, м ³	N, шт.	Полнота	ΣG, м ²	M, м ³	N, шт.
1	5	8Б2Ив, ед.Ос	–	10,2	–	77	–	0,6	–	0,3	–
		Б	10,0	10,7	12,7	61	1620	0,4	–	–	80
		Ив	6,8	8,1	3,82	16	1060	0,2	0,10	0,3	90
		Ос	6,0	6,7	0,04	0,1	20	–	–	–	–
2	6	8Б1Ос1Ив+С	–	8,5	–	69	–	0,7	–	1,4	–
		Б	5,6	8,6	12,47	56	5080	0,6	0,60	1,4	1040
		Ос	7,2	11,1	1,01	6	250	–	–	–	–
		Ив	6,2	7,3	1,13	4	370	0,1	–	–	–
		С	6,2	6,0	1,02	3	330	–	–	–	–

участке, препятствует естественному возобновлению хвойных пород, общее количество которого не превышает 360 ... 960 шт./га (табл. 4).

Естественное возобновление в полосах культур, напротив, является обильным (до 7890 шт./га). В составе подроста доминируют пихта и ель. При этом в полосах преобладает мелкий, а в межполосном пространстве крупный подрост. В первом случае возобновление продолжается, а во втором практически прекратилось.

Естественно, что из подроста в межполосном пространстве в будущем не сможет сформироваться полноценное хвойное насаждение.

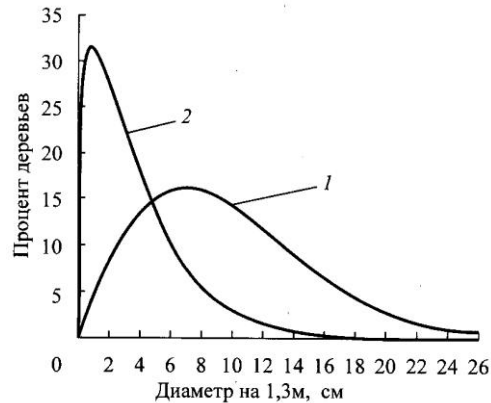


Рис. 3. Ряды строения древостоев березы по диаметру: 1 – участок 1; 2 – участок 2

Таблица 4

Таксационная характеристика естественного возобновления на 1 га

№ участка	№ ПП	Состав	Густота подроста, шт./га		Средняя высота, м
			благонадежного	усохшего	
Возобновление в полосах культур					
1	1	5П4Е1К	7890	160	0,8
	2	7Е3П+К	2640	20	1,0
	3	5П3Е2К, ед.С	5350	–	0,7
2	4	5К3Е2П	580	–	0,8
Возобновление в межполосном пространстве					
1	5	6Е4П	360	20	1,4
2	6	5К3Е2П	960	–	0,8

Таким образом, в качестве главных пород для облесения площадей, вышедших из-под равнинных темнохвойных лесов на хорошо дренированных почвах, рекомендуются сосна и лиственница.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вараксин Г.С. Рост сосновых культур в подзоне южной тайги / Г.С. Вараксин // Лесн. хоз-во. – 1987. – № 1. – С. 36–37.
2. Вараксин Г.С. Оценка состояния и роста опытных культур ели и кедра в подзоне южной тайги Средней Сибири / Г.С. Вараксин, В.И. Поляков, М.А. Петрова // Лесная таксация и лесоустройство. – Красноярск, 2001. – С. 18–23.
3. Вараксин Г.С. Оценка состояния и роста опытных культур сосны и лиственницы в подзоне южной тайги Средней Сибири / Г.С. Вараксин, В.И. Поляков, С.В. Инюшкин // Лесохоз. информ. – 2002. – № 9. – С. 23–28.

4. Ковылин Н.В. Рост лесных культур в условиях Восточной Сибири / Н.В. Ковылин, О.П. Ковылина, Н.Х. Суртаев // Лесная таксация и лесоустройство. – Красноярск, 2000. – С. 66–72.
5. Куприянов Н.В. Опыт выращивания лиственницы в Горьковской области / Н.В. Куприянов // Лесн. журн. – 1969. – № 1. – С. 39–43. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Куприянов Н.В. Выращивание лиственницы сибирской в Горьковской области / Н.В. Куприянов, С.С. Веретенников // Лесн. хоз-во. – 1989. – № 6. – С. 33–35.
7. Поляков В.И. База данных стационарных наблюдений за ходом роста опытных лесных культур / В.И. Поляков, Г.С. Вараксин // Лесная таксация и лесоустройство. – Красноярск, 2001. – С. 78–81.
8. Little S.N. Weibull diameter distributions for mixed stands of western conifers / S.N. Little // Can. J. Forest Res. – 1983. – Vol. 13, N 1. – P. 85–88.

Институт леса
им. В.Н. Сукачева СО РАН

Поступила 25.09.03

G.S. Varaksin, V.I. Polyakov, M.A. Petrova, S.V. Inyushkin

Peculiarities of Development and Growth of Coniferous Species in South Tajga of Middle Siberia Subzone

The state and growth progress of 19-year artificial phytocenoses planted on cleared space in the lowland dark coniferous forests in south tajga subzone of Krasnoyarsk territory are investigated. Pine and larch are recommended as main species for forestation of well drained soils.

УДК 630*231:385.1

Д.А. Корепанов, С.А. Корепанов

Корепанов Сергей Анатольевич родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Нижегородскую государственную сельскохозяйственную академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства НГСХА. Имеет 35 печатных работ в области гидролесомелиорации.



ЗАБОЛОЧЕННЫЕ И БОЛОТНЫЕ ЛЕСА ВОЛЖСКО-КАМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ОСВОЕНИЯ

Приведено лесоболотное районирование региона, распределение заболоченных и болотных площадей по категориям земель, определена лесоводственная эффективность их осушения.

Ключевые слова: заболоченные и болотные леса, лесоводственная эффективность осушения, лесовозобновление.

Площадь учтенных заболоченных и болотных земель Волжско-Камского междуречья занимает более 5 млн га, что составляет примерно 25 % общей площади региона. По классификации Н.Я. Каца [1], болотные массивы региона относятся в основном к Камско-Ветлужской провинции зоны эвтрофных и олиготрофных сосново-сфагновых торфяников, и только северные болотные массивы (средняя тайга) можно отнести к Печорско-Онежской провинции зоны выпуклых грядово-мочажинных торфяников. Заболоченность распределена неравномерно, характерно преобладание эвтрофных, мезотрофных и мезоолиготрофных болот над олиготрофными. Последние обычно имеют островное расположение среди господствующих эвтрофных болот и относятся в основном к сосново-сфагновому типу. В северной части региона олиготрофные торфяники становятся преобладающим типом болот.

По торфяно-болотному районированию С.Н. Тюремнова [3], регион входит в Ветлужскую и Вятско-Камскую торфяные области.

Исходя из мощности болот, их типа, характера строения залежи, размера и расположения, а также с учетом геоморфологических районов и климатических условий на территории региона выделено семь болотных районов [2]:

1) северо-западный район крупных олиготрофных и мезоолиготрофных болот по водоразделам рек бассейна Вятки и Сухоны, расположенных на моренных отложениях Северных Увалов, и более мелких низинных в местах размытой морены;

2) северный район крупных олиготрофных и мезоолиготрофных болот по водоразделам р. Камы и Вятки и более мелких низинных в пониженных элементах рельефа;

3) северо-восточный район крупных болот с преобладанием олиготрофных, приуроченных к широким речным террасам, частично заходящим на водоразделы (район крупных грядово-мочажинных комплексов с наличием аапа-болот верховий Камы);

4) район небольших эвтрофных болот на повышенных водоразделах, развивающихся на карбонатной морене или мергелях пермской системы, прикрытых сверху покровными суглинками (район Верхне-Камской возвышенности);

5) район крупных болот на широких песчаных террасах р. Вятки и Камы и их притоками. Преобладают эвтрофные, мезотрофные и мезоолиготрофные болота, среди которых в виде островков встречаются олиготрофные сосново-сфагновые болота;

6) южный комплексный район без болот на хорошо дренированных водоразделах, с мелкими низинными во впадинах эрозионного рельефа и низинными болотами среднего размера, приуроченными к долинам рек бассейна Вятки и Камы, выстланными песчаными флювиогляциальными и аллювиальными отложениями;

7) юго-западный район эвтрофных, мезотрофных и мезоолиготрофных болот, расположенных на древнеаллювиальных песках боровых террас левобережья р. Волги и ее притоков.

Первый, второй и третий районы расположены в средней, четвертый и пятый – в южной подзоне тайги, шестой и седьмой – в зоне смешанных лесов. В северной части региона преобладают крупные болотные массивы, в направлении с юга на север увеличиваются количество и площадь верховых болот и соответственно уменьшается процент низинных. Общая заболоченность Гослесфонда региона равна 4,3 млн га, что составляет 27,5 % площади. Общая заболоченность южной подзоны тайги равна 921,3 тыс. га, или 16,9 % территории; зоны смешанных лесов – 635,5 тыс. га, или 16,0 % (табл. 1). Основная часть мелиоративного фонда сосредоточена в средней подзоне тайги (44 %). На избыточно увлажненных площадях преобладают еловые, затем сосновые и березовые древостои. Большое распространение заболоченных березняков обусловлено частыми пожарами, в результате которых коренные сосновые типы леса сменяются производными.

В распределении лесопокрытой площади по типам леса и породам значительная доля приходится на ельники, сосняки и березняки долгомошниковые. Большую площадь занимают приручейниковые, травяно-болотные

Таблица 1

Распределение заболоченных и болотных площадей Гослесфонда по категориям земель, тыс. га

Область,	Заболоченные и болотные	Горфяной	Болота	Вырубки, гари,	Общая заболоченность	Общая площадь	Заболоченность, %
----------	-------------------------	----------	--------	----------------	----------------------	---------------	-------------------

республика	леса	фонд		редины			
Средняя подзона тайги							
Кировская	632,8	106,2	26,3	3,2	768,5	1474,0	52,1
Пермская	1545,8	123,7	262,5	42,2	1974,2	4757,2	41,5
Итого	2178,6	229,9	288,8	45,6	2742,7	6231,2	44,0
Южная подзона тайги							
Нижегородская	108,0	43,2	3,8	0,7	155,7	430,7	36,2
Кировская	277,1	134,2	7,7	10,6	429,6	1774,8	24,2
Пермская	152,9	2,9	15,6	4,1	175,5	1904,6	9,2
Удмуртия	145,6	10,9	2,7	1,3	160,5	1030,7	15,6
Итого	683,6	191,2	29,8	16,7	921,3	5440,8	16,9
Зона хвойно-широколиственных лесов							
Нижегородская	176,5	23,6	59,6	1,0	260,7	1296,6	20,1
Кировская	74,4	18,0	2,6	2,5	97,5	586,1	16,6
Пермская	12,1	2,7	0,6	0,3	15,7	308,4	5,1
Удмуртия	38,0	2,8	0,8	0,4	42,0	581,6	7,2
Марий Эл	155,8	30,7	16,8	19,0	222,3	1195,1	18,6
Итого	456,8	75,1	80,4	23,2	635,5	3967,8	16,0
Всего по региону	3319,0	496,2	399,0	85,3	4299,5	15639,8	27,5

Таблица 2

Распределение лесопокрытой площади по типам леса и породам, тыс. га

Тип леса	Сосна	Кедр	Ель	Береза	Ольха и пр.	Всего	
						тыс. га	%
Долгомошниковый	323,7	0,2	628,5	224,6	15,7	1192,7	35,9
Багульниковый	86,6	–	31,5	2,3	0,3	120,7	3,6
Сфагновый	426,4	0,1	94,9	31,3	0,2	522,9	16,7
Осоково-сфагновый	159,4	–	210,3	105,5	3,1	478,3	14,4
Травяно-болотный	23,8	–	172,5	192,2	58,6	447,1	13,5
Приручейниковый	5,5	–	333,7	122,3	65,8	527,3	15,9
Итого:							
тыс. га	1025,4	0,3	1471,4	678,2	143,7	3319,0	–
%	30,9	–	44,3	20,4	4,4	–	100

Таблица 3

Основные качественные показатели торфяных почв лесных болот

Вид торфяной залежи	Зольность, %		Степень разложения, %		Глубина, м	
	средняя	предел	средняя	предел	средняя	максимальная
Верховая	3,8	1,4...18,8	36,6	3...80	2,4	9,0
Переходная	8,0	3,1...23,3	41,4	10...70	1,6	5,1
Смешанная	6,6	1,5...54,2	40,6	5...80	2,0	6,0
Низинная	14,6	3,9...71,6	49,6	10...90	1,9	6,6

и осоково-сфагновые типы леса (табл. 2). Примерно такое же распределение и по типам почвенных условий. Насаждения на торфянисто-подзолистых почвах занимают 39,5 % лесопокрытой площади, на низинных торфяных – 29,4, переходных – 14,4, верховых – 16,7 %.

Эти данные, а также качественные показатели торфяных почв (табл. 3) свидетельствуют, что большинство заболоченных и болотных лесов произрастают на почвах с высоким потенциальным плодородием, перспективны для освоения и повышения их продуктивности путем гидромелиорации. Основная часть лесфонда представлена спелыми и перестойными насаждениями, их средний класс бонитета IV, 3.

Высокую лесоводственную эффективность гидромелиорации подтверждают результаты осушения лесных болот региона (табл. 4).

В регионе осушено около 300 тыс. га лесных земель. В настоящее время, кроме ремонта, лесосушительные работы не проводятся. Однако для полной лесоводственной эффективности осушение должно сопровождаться лесоводственными мероприятиями: рубками главного и промежуточного пользования, лесокультурным освоением осушаемых площадей и т. д.

Осушение не покрытых лесом площадей способствует хорошему естественному возобновлению древесных пород нужного состава на верховых и переходных болотах и лиственных на низинных (табл. 5). На верховых болотах необходимо с I–II класса возраста вносить удобрения и проводить

Таблица 4

Основные лесотаксационные показатели сосняков на осушаемых болотах

Тип болота	Возраст, лет	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Полнота	Число стволов, шт./га		Класс бонитета	Запас, м ³ /га
					сыро-растущих	сухо-стойных		
Олиготрофное	40	1,6	1,8	0,31	4230	–	Vб	2
	38	7,7	7,0	0,80	3500		IV,5	56
	105	5,6	2,8	0,10	784	=	Vб	4,0
	109	13,4	7,8	0,48	714	36	Vб	52
Мезоолиготрофное	34	5,5	6,3	0,40	3900	=	IV,6	38
	66	14,2	16,4	0,83	1760	293	III,1	217
	86	7,9	7,0	0,53	2633	56	Va	56
	118	13,1	10,7	0,82	1678	202	V,9	129
Мезотрофное	39	7,4	10,2	0,62	5150	=	III,3	108
	73	17,1	22,2	1,00	1966	517	I,7	338
	110	18,3	14,9	0,69	829	54	V,0	177
	143	25,4	24,6	0,98	479	200	III,0	280
Эвтрофное	30	7,8	6,0	0,52	2545	=	IV,2	46
	63	19,8	25,2	1,03	993	156	Ia,5	391
	150	29,0	23,0	1,36	1022	211	IV,0	484
	163	28,7	23,8	1,03	733	198	IV,0	347

Примечания. 1. В числителе данные до осушения, в знаменателе – после осушения. 2. Снижение полноты и запаса 163-летних древостоев после осушения эвтрофных болот обусловлено ветровалом деревьев вдоль трасс каналов.

Таблица 5

**Основные лесотаксационные показатели молодняков сосны
на осушаемых болотах**

Тип болота	Расстояние от канала, м	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Полнота, сомкнутость	Число стволов, шт./га	Запас, м ³ /га	Класс бонитета	Возраст, лет	Состав
Олиготрофное	10	–	0,8	0,70	15 800	–	V,2	10	10С,ед.Б
	30	–	0,5	0,90	22 200	–	Va	10	10С
	50	–	0,4	0,50	8 400	–	Va	10	10С
Мезоолиготрофное	5	2,3	2,6	0,57	8 650	15	III,0	13	4С6Б
	13	1,6	2,1	0,72	15 210	11	III,1	13	8С2Б
	22	1,5	1,8	0,41	8 750	10	IV,0	13	5С5Б
Мезотрофное	10	5,1	5,6	0,74	11 900	52	II,5	19	9С1Б
	30	4,0	4,0	0,44	10 300	28	III,2	19	10С,ед.Б
	50	3,1	3,0	0,27	7 200	15	IV,2	19	10С,ед.Б
Эвтрофное	10	6,4	11,5	1,44	15 200	140	Ia	16	10Б,ед.Е
	50	2,6	5,0	1,37	21 600	42	II,0	16	8Б2Ив
	100	2,5	4,5	1,06	19 000	34	II,5	16	7Б3Ив

рубки ухода для регулирования густоты древостоя, на переходных – рубки ухода для регулирования густоты и состава древостоя с I класса возраста, на низинных при наличии достаточного подроста хвойных пород – рубки ухода с первого десятилетия после осушения. На осушаемых низинных болотах наиболее целесообразно их лесокультурное освоение или реконструкция лиственных молодняков. С учетом высокого потенциального плодородия этих болот и острой потребности в балансовой древесине искусственное лесовосстановление должно быть направлено на создание еловых культур крупномерным посадочным материалом. Спелые насаждения, не дающие прироста, необходимо вырубать, рубки на верховых и переходных болотах оставлять под естественное зарастание, а на низинных создавать лесные культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кац Н.Я. Болота земного шара / Н.Я. Кац. – М.: Наука, 1971. – 291 с.
2. Корепанов А.А. Влияние осушения на экологию произрастания леса / А.А. Корепанов, Н.А. Дружинин. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1994. – 208 с.
3. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения / С.Н. Тюремнов. – М.: Недра, 1976. – 488 с.

Нижегородская государственная
сельскохозяйственная академия

Поступила 12.05.04

D.A. Korepanov, S.A. Korepanov

Swampy and Boggy Forests of Volga-Kama Interfluve and Prospects of their Development

Forest-boggy zoning of the region is provided, as well as the distribution of swampy and boggy areas according to land categories, forestry efficiency of their drainage is determined.

УДК 630*165.6

Р.Т. Гут, М.В. Радченко, Г.Т. Криницкий

Гут Роман Тарасович родился в 1954 г., окончил в 1977 г. Львовский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства Украинского государственного лесотехнического университета. Имеет более 50 научных трудов в области физиологии, молекулярной биологии и селекции древесных растений.



Радченко Марта Виталиевна родилась в 1980 г., окончила в 2001 г. Львовский национальный университет им. И. Франка, инженер кафедры лесоводства Украинского государственного лесотехнического университета. Имеет 4 печатные работы в области генетики и биотехнологии микроорганизмов, молекулярной биологии и селекции древесных растений.



Криницкий Григорий Томкович родился в 1944 г., окончил в 1969 г. Львовский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, проректор по научной работе, заведующий кафедрой лесоводства Украинского государственного лесотехнического университета. Имеет более 140 научных трудов в области лесоводства, физиологии и селекции древесных растений.



ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ СУММАРНОЙ ДНК ИЗ ЛИСТЬЕВ И ПОЧЕК ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА

Опробованы методы выделения суммарной ДНК из хвои сосны обыкновенной, а также почек и листьев бука лесного. Показано, что метод С.Н. Стюарта и модифицированный СТАВ-метод Дж. Дойла могут успешно применяться при изучении меж- и внутривидовой интрамолекулярной гетерогенности и полиморфизма ДНК.

Ключевые слова: древесные растения, генетический полиморфизм, выделение суммарной ДНК, ПЛП, ISSR-анализ.

Решение современных проблем лесоводства невозможно без знания генофонда основных лесобразующих пород, поскольку состав генов и частота их встречаемости – это эволюционно сложившаяся структура, которая для природных популяций и видов создавалась тысячелетиями. Генетическая структура определяет изменчивость и управляет адаптационными механизмами, позволяя каждой популяции приспосабливаться к условиям внешней среды. Нарушения сложившейся адаптивной генетической структуры и ее уровня могут привести к ухудшению состояния популяций и даже их распаду.

Развитие теории и разработка новых методов лесовосстановления и улучшения растений также связаны с познанием организации и изменчивости генетического материала. Большое значение в этом плане имеют изучение интрамолекулярной гетерогенности и анализ полиморфизма ДНК. Генотип древесных видов изучен слабо, что связано в основном с отсутствием методов, позволяющих проводить популяционно-генетические исследования. Относительно недавно открыто новое направление методологии установления специфичности геномов при помощи амплификации ДНК с олигонуклеотидными праймерами полимеразной цепной реакцией (ПЦР). Одним из таких методов является использование ISSR-маркеров (Inter-Simple-Sequence Repeat), которое не требует предварительного клонирования и секвенирования фрагментов для подбора праймеров [2, 5].

Наша работа заключалась в исследовании методов выделения суммарной ДНК древесных видов; полимеразной цепной реакции анонимных последовательностей ДНК с использованием ISSR-маркеров; методов анализа дискретных ДНК-продуктов амплификации отдельных участков геномной ДНК в целях изучения меж- и внутривидовой интрамолекулярной гетерогенности и полиморфизма ДНК.

Объектами исследования служили сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) и бук европейский (*Fagus sylvatica* L.), произрастающие на Львовском Расточье. Суммарную ДНК выделяли коммерческими наборами Qiagen DNeasy Plant Mini Kit; Nucleon PhytoPure, plant and fungal DNA extraction kit; СТАВ-методом Дж. Дойла [1] (без центрифугирования в CsCl) и методом С.Н. Стюарта [4]. Материалом для выделения суммарной ДНК сосны служила хвоя, бука – замороженные образцы листьев и почек, которые в течение года сохраняли при температуре -70°C , а также их свежие образцы. Спектрофотометрический анализ ДНК и ее расщепление рестриктазами второго класса с последующим электрофоретическим анализом в агарозном геле проводили согласно стандартным методикам [3]. Полимеразную цепную реакцию изучали с помощью прибора для амплификации Proteus (model FPROGO5H), условия прохождения ПЦР согласно [3] с использованием ISSR-праймеров CR-212 ((CT)₈TG), CR-215 ((CA)₆GT), CR-216 ((GA)₆GG), CR-217 ((GT)₆GG), CR-218 ((GA)₆CC).

На первом этапе определяли оптимальную рабочую фитомассу для выделения суммарной ДНК сосны и бука, для этого использовали образцы свежего материала массой от 0,025 до 0,125 г. Далее образцы ДНК анализировали спектрофотометрическим, рестриктным, электрофоретическим методами и ПЦР, согласно стандартным методикам [3].

Методом спектрофотометрического анализа установлено, что оптимальная фитомасса для выделения суммарной ДНК составляет приблизительно 0,075 ... 0,100 г. В этом случае концентрация суммарной ДНК сосны при A_{260} равна от 250 до 500 нг/мкл, а чистота препарата $A_{260/280} = 1,6 \dots 2,0$ в зависимости от метода выделения. Для бука концентрация суммарной ДНК при A_{260} составляет 200 ... 450 нг/мкл, а $A_{260/280} = 1,6 \dots 2,1$ (см. таблицу,

рис. 1). Образцы ДНК, выделенные Kits, чище, а концентрация их выше по

Метод выделения суммарной ДНК*	<i>Pinus sylvestris</i> L., хвоя		<i>Fagus sylvatica</i> L.			
	концентрация, нг/мкл	чистота ($A_{260/280}$)	Листья		Почки	
			концентрация, нг/мкл	чистота ($A_{260/280}$)	концентрация, нг/мкл	чистота ($A_{260/280}$)
1	300...500	1,7...1,9	230...450	1,7...1,9	250...450	1,7...1,9
2	300...500	1,7...1,9	230...430	1,7...1,9	250...450	1,7...1,9
3	250...350	1,6...2,0	150...300	1,6...2,1	200...300	1,6...2,1
4	250...330	1,6...2,0	150...250	1,6...2,1	200...250	1,6...2,1

* 1 – Qiagen DNeasy Plant Mini Kit; 2 – Nucleon PhytoPure, plant and fungal DNA extraction kit; 3 – модифицированный СТАВ-метод Дж. Дойла [1]; 4 – метод С.Н. Стюарта [4].

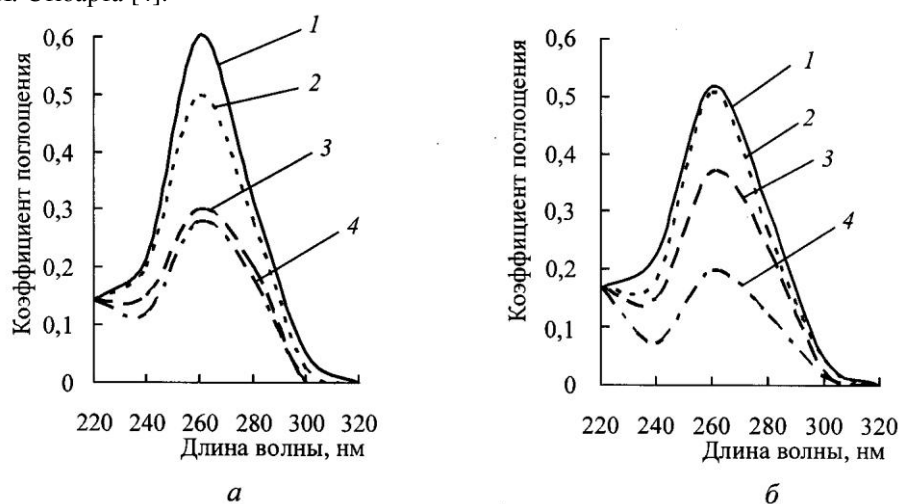


Рис. 1. Пример спектрофотометрического анализа образцов суммарной ДНК почек бука (а) и хвои сосны (б), выделенной разными методами: 1 – Qiagen DNeasy Plant Mini Kit; 2 – Nucleon PhytoPure, plant and fungal DNA extraction kit; 3 – модифицированный СТАВ-метод Дж. Дойла [1]; 4 – метод С.Н. Стюарта [4]

сравнению с результатами, полученными СТАВ-методом Дж. Дойла [1] (без центрифугирования в CsCl) и методом С.Н. Стюарта [4]. Концентрация суммарной ДНК почек бука на 5 ... 10 % выше, чем в листьях. У замороженных образцов листьев и почек этот показатель на 10 ... 15 % меньше, чем у свежих.

Для определения возможности использования суммарной ДНК при изучении генетического полиморфизма проведен ее анализ эндонуклеазами рестрикции второго класса HindIII и EcoRI. В качестве примера на рис. 2 приведены электрофореграммы рестриктв суммарной ДНК почек и хвои. Показано, что образцы ДНК, выделенные Qiagen DNeasy Plant Mini Kit и Nucleon PhytoPure, plant and fungal DNA extraction kit, расщепляются рестриктазами второго класса лучше, чем выделенные СТАВ-методом Дж. Дой-

ла [1] (без центрифугирования в CsCl) и методом С.Н. Стюарта [4]. Полученные результаты подтверждают данные спектрофотометрического анализа. Опробован также метод ПЦР с использованием ISSR-праймеров CR-212 ((CT)₈TG), CR-215 ((CA)₆GT), CR-216 ((GA)₆GG), CR-217 ((GT)₆GG), CR-218 ((GA)₆CC). Матрицами служили суммарные ДНК, выделенные указанными методами. На рис. 3 представлены продукты амплификации суммарной ДНК сосны с праймером CR-215 и суммарной ДНК бука с праймером CR-218. Они не однотипны: могут образовываться молекулы с различной молекулярной массой. Обычно размер продукта ПЦР располагается в диапазоне от 300 до 2000 пар нуклеотидов. При использовании Kits ампликоны более четкие, чем при использовании СТАВ-метода Дж. Дойла [1] (без

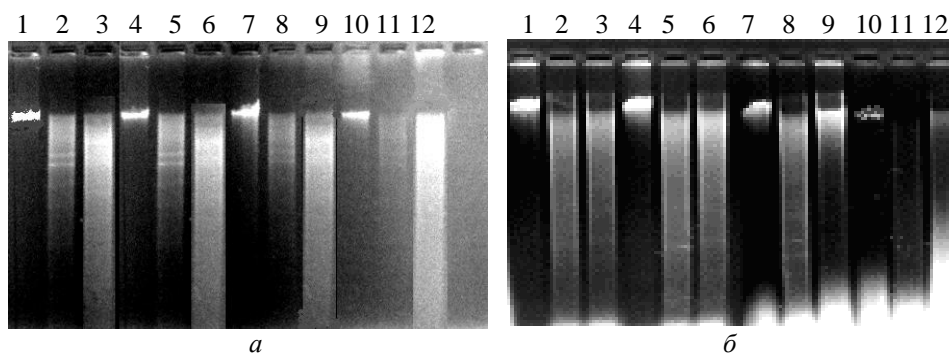


Рис. 2. Электрофореграмма суммарной ДНК почек *Fagus sylvatica* L. (а) и хвои *Pinus sylvestris* L. (б), расщепленной рестриктазами второго класса HindIII и EcoRI: 1, 4, 7, 10 – нативная суммарная ДНК, выделенная соответственно Qiagen DNeasy Plant Mini Kit; Nucleon PhytoPure, plant and fungal DNA extraction kit; модифицированным СТАВ-методом Дж. Дойла; методом С.Н. Стюарта; 2, 5, 8, 11 – соответствующие суммарные ДНК, расщепленные рестриктазой HindIII; 3, 6, 9, 12 – то же рестриктазой EcoRI

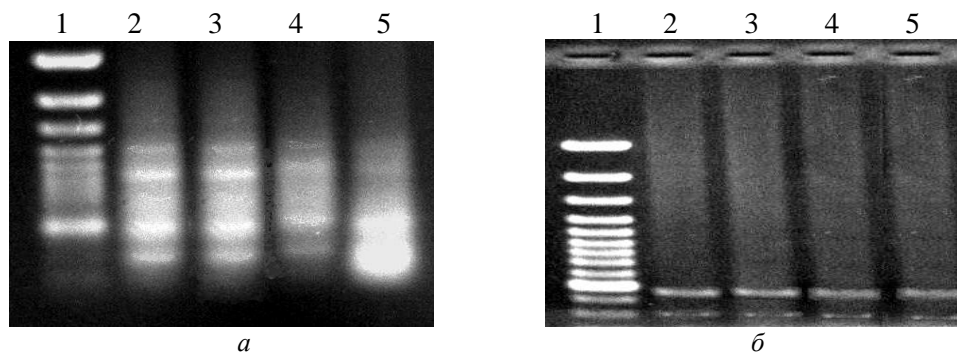


Рис. 3. Продукты амплификации суммарной ДНК *Fagus sylvatica* L. с праймером CR-218 (а) и продукты амплификации суммарной ДНК *Pinus sylvestris* L. с праймером CR-215 (б): 1 – маркер 100 пн; 2 – 5 – ПЦР продукты матричной ДНК, выделенной соответственно Qiagen DNeasy Plant Mini Kit; Nucleon PhytoPure, plant and

fungal DNA extraction kit; модифицированным СТАВ-методом Дж. Дойла; методом С.Н. Стюарта

центрифугирования в CsCl) или метода С.Н. Стюарта [4]. Однако во всех случаях можно четко идентифицировать продукты амплификации и их размер после электрофоретического анализа в 1,7 ... 2,2 %-м агарозном геле. Полученные данные позволяют утверждать, что СТАВ-метод Дж. Дойла и метод С.Н. Стюарта можно так же успешно применять в работах по изучению генетического полиморфизма, как и Kits (рис. 3). Концентрация и чистота образцов суммарной ДНК, выделенных модифицированным СТАВ-методом Дж. Дойла [1] и методом С.Н. Стюарта [4], а также затраты времени практически те же, что и при применении методов Kits. Однако в экономическом плане значительно выгоднее использовать первые два метода. Необходимо провести дополнительные исследования по подбору условий ПЦР, так как часто появляются неспецифические ПЦР-продукты, что может негативно влиять на последующие эксперименты по изучению меж- и внутривидовой гетерогенности ДНК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Doyle J.J. Isolation of plant DNA from fresh tissue / J.J. Doyle, J.L. Doyle // Focus. – 1990. – N 12. – P.13–15.
2. Fang D.Q. Identification of closely related citrus cultivar with inter-simple sequences repeat markers / D.Q. Fang, M.L. Rose // Theor. Appl. Genet. –1997. – Vol. 95. – P. 408–417.
3. Maniatis T. Molecular cloning: A Laboratory Manual / T. Maniatis, E.F. Fritsch, J. Sambrook. – NY.: Cold Spring Harbor, 1982.
4. Stewart C.N. A rapid DNA isolation technique useful for RAPD Fingerprinting and other PCR application / C.N. Stewart, L.E. Via // Bio Techniques. – 1993. – Vol. 14, N 5. – P. 748–749.
5. Tsumura Y. Diversity and inheritance of inter-simple sequence repeat polymorphisms in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and sugi (*Cryptomea japonica*) / Y. Tsumura, K. Ohba, S.H. Strauss // Theor. Appl. Genet. – 1996. –Vol. 92. – P. 40–45.

Украинский государственный
лесотехнический университет

Поступила 11.07.03

R.T. Guth, M.V. Radchenko, G.T. Krinitsky

Characteristic Features of Total DNA Extraction from Leaves and Buds of Woody Plants when Studying Genetic Polymorphism

Methods of extracting the total DNA from needles of *Pinus sylvestris* and buds and leaves of *Fagus sylvatica* have been tested. The method of S. Neal Stewart, modified

CTAB-method of Doyle and Doyle are shown to be successfully applied when studying interspecific and intraspecific intramolecular heterogeneity and polymorphism of DNA.

УДК 630*68

Романов Г.Е.

Романов Григорий Евгеньевич родился в 1953 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, доцент кафедры лесного хозяйства Петрозаводского государственного университета. Имеет более 30 печатных работ в области лесоводства, экономико-социальной политики в лесном комплексе.



РОЛЬ НЕДРЕВЕСНЫХ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ В УСТОЙЧИВОМ УПРАВЛЕНИИ ЛОКАЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИЕЙ

Показано, что повышению социальной устойчивости поселков бывших лесопунктов могут способствовать частичная переработка недревесных ресурсов, реализация полуфабрикатов и готовой продукции.

Ключевые слова: устойчивость, занятость, многоцелевое лесопользование, недревесная продукция, модельные леса.

В настоящее время признано необходимым развивать устойчивое лесное хозяйство уже на локальном уровне. Мы рассматриваем его как полную систему, состоящую из природной, экономической и социальной подсистем. Эти подсистемы находятся в тесной взаимосвязи, а процессы, проходящие в них, не должны нарушать целостность всей системы в настоящее время и в длительной перспективе при условии, что в них совершаются эффективные для общества и частных лиц пользования имеющимися ресурсами. При этом, естественно, должны быть удовлетворены интересы всех сторон, участвующих в процессе, и сохранены предпосылки для самовосстановления и развития леса.

В основе социальной подсистемы лежит проживание людей на территории, как постоянное, так и временное. Население связано между собой родственными, соседскими и иными отношениями. Устойчивость сообщества зависит и от истощения природных ресурсов, а привязанность человека к территории – от многих факторов, среди которых главный – состояние объектов жилищно-коммунального хозяйства. Локальная территория социально устойчива тогда, когда имеются предпосылки для занятости, не нарушаются связи родственные и между соседями. Поэтому рассмотрение взаимосвязей социальной устойчивости и ресурсной составляющей территории идет по пути анализа групп населения, образовавшихся на селе, и влияния лесных ресурсов (в данном случае недревесных) на жителей локальной территории.

Бывший Матросский лесопункт вблизи Петрозаводска прошел все этапы развития и угасания, характерные для многих лесных предприятий европейской части России. Он входил в состав достаточно крупного леспромпхоза, но объемы вывозки постепенно, а затем резко сократились.

Год	Объем вывозки, тыс. м ³
1940	305
1970	22
1989	3

Только выгодное расположение вблизи столицы Карелии позволило сохранить поселок. Обычно лесопункты закрывались при снижении общего запаса древесины до 40 м³ на 1 га общей площади. Матросский лесопункт должен бы быть закрыт в 1950-е гг. [3].

В настоящее время из проживающих в поселке более 30 % – пенсионеры, 70 % работающих – рабочие низкой и средней квалификации [2].

Очевиден невысокий нынешний потенциал развития поселка. В течение десятилетий более половины трудоспособного населения поселка было связано с лесом, тяжелым трудом на лесозаготовках. Сейчас в лесном комплексе работает 26 человек, в том числе в лесном хозяйстве – 1 (табл. 1). Численность всех категорий сократилась, но всегда число рабочих низкой и средней квалификации составляло около 30 % населения поселка. Эти группы, наряду с пенсионерами, формировали особую категорию людей с невысокими амбициями, которые после нескольких лет без работы теряли вкус к развитию, самосовершенствованию. Они не стремятся иметь постоянную работу. Поднять занятость в лесных поселках могут потребности (спрос), наличие ресурсов, возможность эффективно переработать и реализовать свой продукт.

Проведенные в рамках международного проекта «Тайга – модельный лес» опросы населения пос. Матросы и жителей окрестных дачных кооперативов показали, что местное население нуждается, прежде всего, в пиломатериалах, прошедших незначительную обработку. Некоторые высказывались за организацию производства по переработке недревесных ресурсов на территории учебно-опытного лесничества. В связи с невысокими потребностями в пиломатериалах и наличием более крупных частных лесопильных предприятий в районном центре организация лесопильного цеха неперспективна. Наибольший интерес представляют недревесные лесные ресурсы.

Таблица 1

Занятость населения пос. Матросы по годам, чел.

Категория населения	1958	1978	1998
Всего	1924	959	989
В том числе работающие	775	488	316
Рабочие:			
неквалифицированные	424	135	110
средней квалификации	95	76	125
высококвалифицированные	109	119	81
Работники лесного комплекса	617	187	26
В том числе лесного хозяйства	5	2	1

Таблица 2

Операции при заготовке и переработке различных видов растительного сырья

Операция	Характер операции	Инструменты, оборудование
Производства, организуемые в лесных поселках		
Заготовка	Срезка, выкапывание; сбор ручной и механизированный	Ножницы, ножи, газонокосилки, лопаты, корзины, ведра, кошелки и т.д.
Первичная обработка	Ручная переработка, удаление примесей	Посуда, крафт-бумага, холсты
Сушка	Естественная и термосушка	Продуваемые сараи, деревянные стеллажи; установки для сушки грибов, плодов, лекарственного и технического сырья
Хранение	Естественный	Сухое темное помещение, мешки из холста
Производство сборов лесных чаев	Измельчение, перемешивание, взвешивание	Дробильные и мелющие установки, применяемые в пищевом производстве
Производство, организуемое в крупных населенных пунктах		
Производство растворимых, свежих плодовых соков, напитков, варений, джемов	Тонкий помол, экстракция, выпаривание, измельчение, отжим; варка	Оборудование пищевых производств

Организация производства пищевых продуктов и лекарственных препаратов может иметь определенное социально-экономическое значение для пос. Матросы и других районов. Для обеспечения производства сырьем должны быть созданы заготовительные пункты, на которых осуществлялась бы первичная обработка. У населения принимают переработанные и непрерывно переработанные недревесные ресурсы, оно изготавливает тару, участвует в первичной обработке, транспортировке готовых продуктов и полуфабрикатов к месту реализации и глубокой переработки. В табл. 2 представлены операции по заготовке и переработке растительного сырья и необходимое оборудование. Часть этапов от сбора сырья до производства готовых продуктов позволяет занять население пос. Матросы.

На территориях интенсивных лесозаготовок древесные запасы леса истощены. Здесь становятся особо важными вопросы использования пищевых, кормовых, технических и лекарственных ресурсов леса для повышения дохода и социальной устойчивости. Наиболее распространенными видами недревесной продукции являются ягоды и грибы. Лекарственные растения имеют незначительный вес.

Для определения роли недревесных ресурсов в устойчивом развитии локальной территории использовали материалы опросов населения

Таблица 3

Место продажи и социальный статус людей, продававших ягоды, %

Место продажи	Пенсионеры	Служащие	Рабочие	Безработные	Итого
Знакомым и соседям	–	–	40	–	40
На рынке	10	20	0	30	60
Итого	10	20	40	30	100

пос. Матросы и близлежащих дачных кооперативов, проведенных в 1997–1999 гг. в рамках международного проекта «Тайга-модельный лес». Всего было опрошено около 10 % жителей.

Результаты показали, что только 2 % жителей поселка не собирали даров леса, а средний объем заготовленной продукции по всем этим дарам был выше, чем в дачных кооперативах. Местные жители и дачники собирали практически все ягоды, произрастающие в данной местности; обе группы отдают предпочтение заготовке грибов для соления, так как их легче переработать, сохранить.

Продавали ягоды только 10 % жителей пос. Матросы (в том числе на рынке – 60 %) из числа опрошенных. Пенсионеры составляли 10, безработные – 30 % (табл. 3).

Средний объем продаж невелик – от 14 до 19 кг, черники – 34 кг. Средний доход составил 552 р. в год на семью. В дачных кооперативах средний объем проданной клюквы и брусники меньше в 4–5 раз. Сказывается непостоянство урожайных лет.

Таким образом, недревесные ресурсы, реализуемые в переработанном виде, не могут существенно способствовать развитию локальных территорий, их социальной устойчивости. Ее можно повышать при реализации полуфабрикатов и готовой продукции через сеть специализированных магазинов в крупных населенных пунктах [1]. Продукцию таких заведений готовы покупать до 90 % опрошенных жителей г. Петрозаводска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проект «Тайга-модельный лес»: заключительный отчет. – Финляндия, Университет г. Йоенсуу, факультет лесных наук. – 2000. – № 115. – 162 с.
2. *Polevshchikova N.* Socio-economic changes in the settlement of Matrosy / N. Polevshchikova. – University of Joensuu, Faculty of Forestry, 2000. – N 104. – 56 p.
3. *Romanov G.E.* Multipurpose nature and its role in social sustainability of local areas – an outlook from Russia / G.E. Romanov // Social sustainability and the Taiga Model Forest. – University of Joensuu, Faculty of forestry. – 1998. – N 84. – P. 19–27.

Петрозаводский государственный
университет

Поступила 22.07.03

G.E. Romanov

Role of Non-wood Forest Resources in Sustainable Management of Local Areas

Partial processing of non-wood forest resources, sale of semi-finished and finished products are shown to promote social sustainability increase for settlements of former forest-logging enterprises.

УДК 630*24

Л.И. Майоров

Майоров Лев Ильич родился в 1919 г., окончил в 1958 г. Сибирский лесотехнический институт. Имеет более 140 печатных работ в области технологии, механизации и автоматизации лесохозяйственных, лесокультурных работ, организации и эксплуатации машинно-тракторного парка.



ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАШИНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ЕСТЕСТВЕННЫХ ЕЛОВО-ЛИСТВЕННЫХ МОЛОДНЯКАХ

На основе технических параметров экспериментального образца сменного кусторезного оборудования, установленного на поворотной колонке трактора МБТ-8,0, и лабораторно-полевой проверки дан расчет его потенциальной производительности при использовании на осветлении естественных биогрупп ели 8–15-летнего возраста.

Ключевые слова: кусторез, осветление биогрупп ели, потенциальная производительность.

Естественное лесовозобновление на концентрированных вырубках связано с необходимостью регулирования структуры молодняков. В Татарской ЛОС в течение длительного периода проводятся плановые исследования данной проблемы, в том числе возможности механизации технологического процесса осветления [8]. Особое внимание уделялось определению прироста елей в биогруппах при разной высоте срезки лиственных молодняков. Из-за отсутствия машинных средств, пригодных для условий естественных смешанных молодняков, использовались ручные и ранцевые инструменты (ножовка, секатор, адаптер к пильной шине пилы «Дружба», кусторезы).

В 1977–1979 гг. были подобраны два участка в Гуринском лесничестве Сямсинского лесхоза Удмуртии: первый в кв. 152, выд. 4 и кв. 153, выд. 6, состав молодняков 2Е1П4Б3Ос; второй в кв. 153, выд. 27, состав 2Е1П4Ос2Лп1Б и кв. 140, выд. 26, состав 2Е1П 3Б3Лп1Ос; полнота на обоих участках – 0,8. На каждом участке заложены постоянные пробные площадки размером 100 м², на которых в трехкратной повторности выполнены три варианта срезки на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м и контроль. Поскольку все варианты однородны по участию хвойной породы и пробные площадки малы по размерам, таксацию на них не проводили, а приняли средний процент елей и их возраст равнозначными для всех групп высот в каждом типе еловых молодняков. В каждом варианте опыта измеряли высоты, годовые приросты в высоту и по радиусу стволиков за последние 5–6 лет; определяли возраст

елей для каждой из семи принятых групп высот – от 0,5 до 3,5 м, с градацией через 0,5 м. Высоты и их приросты измерены с точностью ± 5 см у всех елей на пробных площадках. Прирост по радиусу изучен на спилах, взятых на высоте мутовки года осветления у трех модельных деревьев в каждой группе высот. На 170 спилах измерена ширина годовых колец под микроскопом. Результаты биометрических измерений приведены в таблице.

В 1980–1988 гг. была осуществлена плановая производственная проверка лесоводственной эффективности нового способа осветления в Кизнерском, Сюзинском и Красногорском лесхозах на площади 1 га в каждом. Осветление провели в трех повторностях с осветлением равновеликого контроля, что важно для исключения возможного влияния погодных факторов.

Группа высот, м	Процент ели	Средний возраст, лет	Среднегодичный прирост ели в высоту			Среднегодичный прирост ели по радиусу		
			на контроле, см	в опыте		на контроле, мм	в опыте	
				см	% к контролю		мм	% к контролю
Ельник липняковый								
Высота срезки 0,5 м								
≤ 0,5	39	13	1,6	2,8	175	0,2	0,5	250
0,51...1,00	25	14	4,0	6,6	165	0,3	0,7	233
1,01...1,50	14	15	7,6	10,6	139	0,3	1,0	333
1,51...2,00	8	16	7,8	13,0	167	0,7	1,5	214
2,01...2,50	4	21	7,5	19,4	259	1,0	1,9	190
2,51...3,00	3	23	9,6	25,4	265	0,5	1,9	380
3,01...3,50	7	20	16,1	25,4	158	1,7	2,2	129
Средневзвешенные значения	–	–	5,0	8,6	172	0,4	0,9	225
Высота срезки 1,0 м								
≤ 0,5	39	13	1,9	2,1	111	0,2	0,4	200
0,51...1,00	25	14	3,2	5,0	156	0,4	1,1	275
1,01...1,50	14	15	4,8	9,3	193	0,8	1,0	125
1,51...2,00	8	16	3,7	8,5	229	1,3	1,3	100
2,01...2,50	4	21	6,0	20,2	336	1,1	1,6	146
2,51...3,00	3	23	8,3	14,7	177	1,4	1,9	136
3,01...3,50	7	20	14,8	25,8	174	1,2	2,3	192
Средневзвешенные значения	–	–	4,0	7,1	177	0,6	1,0	166

Окончание табл.

Группа высот, м	Процент ели	Средний возраст, лет	Среднегодичный прирост ели в высоту			Среднегодичный прирост ели по радиусу		
			на контроле, см	в опыте		на контроле, мм	в опыте	
				см	% к контролю		мм	% к контролю
Высота срезки 1,5 м								
≤ 0,5	39	13	1,0	–	–	0,4	0,5	125

0,51...1,00	25	14	3,7	5,4	146	0,5	0,7	140
1,01...1,50	14	15	3,0	8,6	287	0,3	1,5	500
1,51...2,00	8	16	4,0	11,2	280	0,6	1,7	283
2,01...2,50	4	21	6,9	18,1	262	0,9	1,7	189
2,51...3,00	3	23	4,1	23,7	578	0,5	2,3	460
3,01...3,50	7	20	13,0	31,3	241	0,7	2,3	329
Средневзвешенные значения	–	–	3,4	11,6	341	0,5	1,0	200
Ельник черничниковый								
Высота срезки 0,5 м								
≤ 0,5	24	13	–	2,4	–	0,2	0,4	200
0,51...1,00	21	15	5,6	5,4	96	0,3	0,5	167
1,01...1,50	17	18	7,4	8,0	108	0,4	0,8	200
1,51...2,00	14	20	9,9	13,6	137	0,7	0,8	114
2,01...2,50	8	20	7,9	14,9	189	0,5	1,0	200
2,51...3,00	6	23	12,1	18,4	152	0,6	1,9	317
3,01...3,50	10	24	15,2	24,5	161	0,9	1,7	189
Средневзвешенные значения	–	–	8,8	9,7	110	0,4	0,8	200
Высота срезки 1,0 м								
≤ 0,5	24	13	2,6	2,2	85	0,1	0,4	400
0,51...1,00	21	15	4,1	5,3	129	0,2	0,5	250
1,01...1,50	17	18	5,7	5,2	91	0,3	0,7	233
1,51...2,00	14	20	7,5	8,4	112	0,5	0,9	180
2,01...2,50	8	20	7,2	15,3	213	0,6	0,8	133
2,51...3,00	6	23	9,8	19,6	200	0,1	1,6	160
3,01...3,50	10	24	18,0	21,2	118	0,9	1,8	200
Средневзвешенные значения	–	–	6,5	8,2	126	0,3	0,9	222
Высота срезки 1,5 м								
≤ 0,5	24	13	–	3,3	–	0,4	0,9	225
0,51...1,00	21	15	3,9	5,6	144	0,2	0,7	350
1,01...1,50	17	18	5,0	7,9	158	0,5	1,0	200
1,51...2,00	14	20	8,1	10,4	128	0,8	1,0	125
2,01...2,50	8	20	7,9	15,7	199	0,9	1,9	211
2,51...3,00	6	23	11,9	21,1	177	1,1	2,1	191
3,01...3,50	10	24	17,1	25,4	149	1,9	1,7	89
Средневзвешенные значения	–	–	7,7	9,8	127	0,7	1,1	157

Через 5 лет были выполнены биометрические измерения и взяты спилы у модельных деревьев [2].

Одновременно с осветлением проведены выборочные хронометражные наблюдения за работой ранцевых и ручных мотоинструментов [4]. Полученные данные использованы для сравнения с паспортной сменной производительностью кустореза «Сектор-3», принятого при технико-экономическом обосновании новой технологии в качестве базового вариан-

та средств техники (по данным ВНИИЛМ, 0,05 га за 1 ч сменного времени), что близко к результатам хронометража.

В Татарской ЛОС проведен ряд лабораторных и полевых испытаний трех видов срезающего инструмента. Затем на основании договора о научно-техническом сотрудничестве с ЛитНИИЛХом в лабораторию механизации был отправлен дисково-зубовый инструмент (диск с зубьями ПЦУ-30Б, закрепленными по обе его стороны в чередующемся порядке). В блоке с гидромотором типа 210 он смонтирован на конце телескопического трелевочного манипулятора МТТ-12 конструкции ЛитНИИЛХ, который установлен на поворотной колонке трактора МБТ-8,0 [6] (рис. 1). Лабораторно-полевую проверку провели в Дубравной ЛОС ЛитНИИЛХа на сплошной срезке кулис из лиственных молодняков в междурядьях культур шириной 4 м.

Срезку вели веерным способом с дискретных позиций трактора, последовательно выдвигая звенья стрелы на величину диаметра инструмента и перемещая его по дуге с хордой, близкой к ширине междурядий.

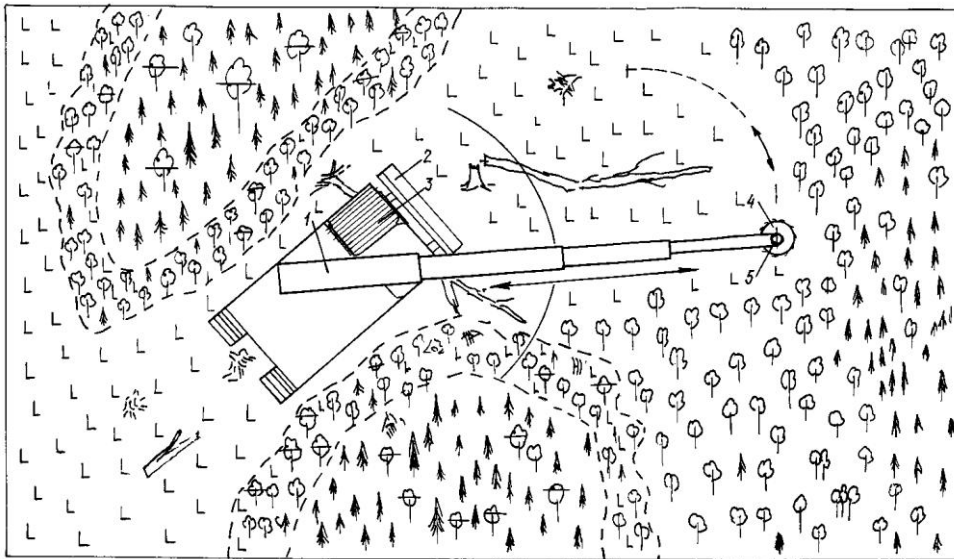


Рис. 1. Схема осветленных биогрупп и лесопромышленного трактора в интервале между ними: 1 – телескопическая стрела; 2 – отвал; 3 – ограждение кабины; 4 – срезающий инструмент; 5 – гидромотор

Манипулятор МТТ-12 может быть укомплектован также другими сменными рабочими органами: управляемым клешневым захватом для подборки и трелевки деревьев, хлыстов; грейфером для сыпучих материалов; фрезой для подготовки дискретных посадочных мест по предварительные культуры [1].

Представляет практический интерес определение расчетной потенциальной эффективности сменного кусторезного оборудования для лесных тракторов, имеющих поворотную колонку.

Ряд исследователей ВПМ [3, 9, 10] установили, что скорость перемещения гусеничной машины в лесу между рабочими позициями составляет 0,3 ... 0,7 м/с в зависимости от технологического процесса и состава операций. Масса сменного кусторезного оборудования экспериментального образца равна 700 ... 800 кг, а кратковременные изгибающие нагрузки на плоскость диска срезающего инструмента, при срезании лиственных молодняков диаметром до 15 см не превышают 550 Н [5], что облегчает перемещение и маневрирование машины по площади с био группами ели 8–15-летнего возраста.

Суммарная площадь, занимаемая био группами на 1 га, в ельнике черничниковом составляет 48, а в липняковом только 29 % [8], поэтому определяют время, необходимое для срезки лиственных молодняков на площадях 0,5 и 0,7 га соответственно. Оставление защитных полос по периферии био групп [7], в свою очередь, способствует снижению объема работ. Срезке в био группах и защитных полосах подлежат только вершины отдельных господствующих деревьев лиственных молодняков (осветление сверху), причем в липняковом типе оно также невелико.

Схема машинного осветления био групп ели дана на рис. 2.

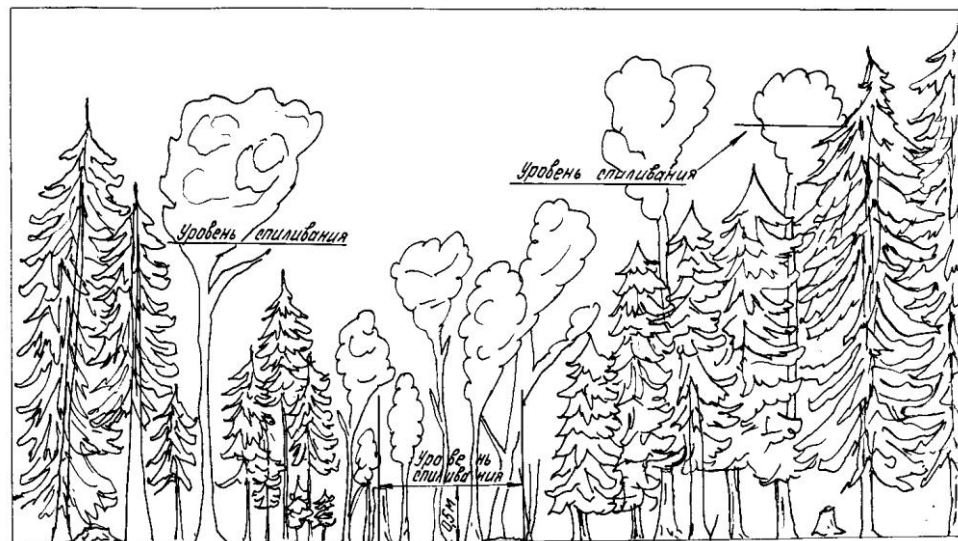


Рис. 2. Примерный поперечный профиль осветленных лиственных молодняков в фрагментах двух био групп и интервале между ними

Многочисленные картограммы горизонтальной структуры обследованных молодняков позволяют сделать вывод, что в отличие от био групп в интервалах между ними произрастает очень мало деревьев ели, поэтому в большинстве случаев они проходимы для тракторов [8].

Площади елово-лиственных молодняков увеличиваются с каждым годом в регионах основных промышленных рубок. Самым распространенным энергонесущим средством пока остается трактор ТДТ-55 в различных модификациях, именно к нему предлагается сменное кусторезное оборудо-

вание. Нами выполнен расчет потенциальной эффективности новой технологии. Приняты следующие технические данные манипулятора МТТ-12: минимальный вылет стрелы – 3,85, максимальный – 12,0 м; угол поворота стрелы при работе по фронту – 180 °, время поворота – 6,7 с, угловая скорость – 0,34 рад/с; диаметр срезающего инструмента – 500 мм, его окружная скорость 31,4 м/с при ширине реза 26 мм; скорость подачи звеньев стрелы – 1 м/с, за счет движения трактора – 0,8 м/с; ширина полосы срезания с одной позиции машины при последовательном выдвигании звеньев стрелы на 0,5 м – 8,15 м.

Рассмотрим нетипичный вариант работы кустореза – сплошную срезку листовых молодых на площади 1 га. Рабочий орган перемещается по дуге 180 ° с непрерывной подачей инструмента, относительно продольной оси трактора, со скоростью 0,8 м/с без холостых проходов, так как срезание осуществляется и при возвратном перемещении инструмента по дуге. Машина сделает 10 проходов по полосам шириной 10 м и длиной 100 м. Затраты времени составят 8000 с плюс 315 с на девять разворотов в конце полос, в общей сложности 2 ч 18 мин. Если к этому добавить время на управление рабочим органом – 12 мин, то всего потребуется 2,5 ч. Но в связи с мозаичностью размещения биогрупп по площади оператор машины будет, естественно, менять скорость трактора при перемещении по участку и повышать оперативность управления рабочим органом как при срезании с одной позиции за счет подачи звеньев стрелы, так и при перемещении трактора. С учетом изложенного в течение 8-часового рабочего дня с помощью нового кустореза можно провести осветление биогрупп, независимо от типа смешанных молодых ели, в среднем на площади 5-6 га.

При использовании сменного кусторезного оборудования с трактором ТБ-1 трудозатраты на 1 га снизились на 18 чел.-ч. При небольшой конструктивной доработке узла применительно к поворотным колонкам других тракторов, оснащенных шарнирными манипуляторами, применение новой технологии можно расширить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 1831985 РФ, МКИ⁵ А 01 С 5/00. Машина для подготовки посадочных площадок / В.А. Егорова, Л.И. Майоров, М.М. Махмутов, Р.П. Раманаускас (РФ). – № 4869163/15; заявл. 27.09.90; опубл. 07.08.93. – Бюл. № 29. – С. 4.
2. Кузнецов Н.А. Формирование елово-лиственных молодых рубками ухода по новому способу / Н.А. Кузнецов, Л.И. Майоров // Совершенствование способов рубок и лесовосстановительные мероприятия: сб. науч. тр. – М.: ВНИИЛМ, 1988. – С. 51–56.
3. Кушляев В.Ф. Обзор исследований процесса работы лесозаготовительных машин / В.Ф. Кушляев // Лесн. хоз-во. – 1979. – № 8. – С. 49.
4. Майоров Л.И. Рекомендации по использованию средств механизации при уходе за лесом / Л.И. Майоров. – МЛХ УАССР. Удмурт. обл. НТО Дом техники. – 1980. – С. 25–29.

5. *Майоров Л.И.* Обоснование новой технологии и некоторых параметров машины для ухода за естественными елово-лиственными молодняками / Л.И. Майоров // Рубки и восстановление леса в Среднем Поволжье: сб. науч. тр. – М.: ВНИИЛМ, 1986. – С. 132–140.

6. *Майоров Л.И.* Новая машина для осветления биогрупп в естественных смешанных молодняках / Л.И. Майоров, Р.П. Раманаскас // Информ. листок. – Казань: ЦНТИ, 1988. – № 305.

7. *Майоров Л.И.* Машинная технология осветления, включающая в себя экологозащитную операцию процесса: тез. докл. / Л.И. Майоров // II Всесоюз. конф. «Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов» – Ч. 3 (Гос. ком. по народ. образованию). – М.: МЛТИ, 1991. – С. 129–130.

8. *Майоров Л.И.* Горизонтальная структура естественных елово-лиственных молодняков как фактор механизации их осветления / Л.И. Майоров // Лесн. журн. – 1999. – № 1. – С. 16–21. – (Изв. высш. учеб. заведений).

9. *Меньшиков В.Н.* Влияние вылета манипулятора валочно-пакетирующей машины на ее производительность / В.Н. Меньшиков // Лесн. журн. – 1981. – № 3. – С. 46. – (Изв. высш. учеб. заведений).

10. *Ширнин Ю.А.* Метод оптимизации вылета манипулятора фланговой ВПМ / Ю.А. Ширнин // Лесн. журн. – 1989. – № 5. – С. 132–134. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Татарская ЛОС ВНИИЛМ

Поступила 13.06.2002

L.I. Majorov

Potential Efficiency of Mechanical Cleaning in Natural Spruce-and-deciduous Young Stands

The calculation of the potential productivity of a replaceable bush-cutter facility is provided for the use in cleaning natural bio-groups of spruce within the age of 8-15 based on technical parameters of the experimental sample installed on the tractor rotary column MBT-8.0 and its laboratory-field testing.



УДК 630*86.002.8:691.535

Е.П. Кулагин, В.С. Исаев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЛЕСОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВОК В ЦЕМЕНТНЫЕ СМЕСИ

Установлено, что отходы и некоторые попутные продукты лесохимических производств по пластифицирующим и воздухововлекающим свойствам находятся на одном уровне с промышленными добавками СДО, СНВ-К-О, ЦНИПС-1 в бетоны и растворы.

Ключевые слова: продукты, отходы, лесохимия, добавки, цементные смеси.

Нами в Нижегородском государственном архитектурно-строительном университете изучена возможность использования некоторых попутных продуктов и отходов лесохимических производств в качестве добавок в бетоны и растворы. Исследовано около 20 веществ, ниже представлены лучшие из них. Перед использованием лесохимические вещества омыляли 40 %-м раствором едкого натра при нагревании до температуры 80 °С с непрерывным перемешиванием.

Пластифицирующий и воздухововлекающий эффекты сравнивали с действием известных добавок СНВ-К-О, СДО, ЦНИПС-1. Для приготовления бетонных смесей использовали портландцемент марки 400 и речной кварцевый песок. Испытания строительных смесей проводили по ГОСТ 5802–66, ГОСТ 310.4–81, ГОСТ 310.3–76, ГОСТ 310.1–76. Степень подвижности смесей определяли по расплыву конуса на встряхивающем столике.

Из этих смесей готовили образцы размером 0,04 × 0,04 × 0,16 м, которые твердели при нормальных условиях. Испытание их на растяжение и сжатие проводили через 7, 14 и 28 сут. В табл. 1 и 2 приведены состав и результаты исследований влияния лесохимических добавок на цементные смеси.

Исследовано влияние указанных продуктов на свойства цементных растворов при массовом соотношении цемента и песка 1:3, воды и цемента 0,45.

Таблица 1

Состав и характеристика лесохимических добавок

Добавка	Смоляные кислоты	Жирные кислоты	Нейтральные вещества	Окисленные вещества	Углеводы	Фенолы	Кислоты (в пересчете на уксусную)	Массовое содержание сухого остатка, %	Плотность, кг/м ³	Пенообразующая способность, %
	%									
Канифоль талловая из паровой фазы нижней части ректификационной колонны	85...88	5...8	5...7	0,5...1,0	...	...	...	68,5	1010	≥ 80
Кубовые остатки от дистилляции экстракционной канифоли	32...45	6...10	48...52	10...11	...	...	...	59,4	1010	≥ 80
Талловое масло деревьев хвойных пород	31...34	50...52	3...12	...	...	...	...	60,0	1005	≥ 90
50 % таллового масла + 50 % канифоли	...	...	...	...	...	...	...	59,0	1007	≥ 90
50 % таллового масла + 50 % кубовых остатков	...	...	...	...	...	...	...	59,0	1007	≥ 90
Полимеры от ректификации флотоасла	35...46	8...12	45...50	10...13	...	...	...	58,9	950	≥ 85
Древесносмоляные масла	...	...	50...55	...	10...30	16...27	10...11	90,0	1011	≥ 88
Кубовый остаток от дистилляции древесного пирооконденсата	...	...	26...33	...	6...13	52...55	6...12	80,0	1030	≥ 95

Таблица 2

Свойства цементных растворов

Добавка	Расход добавки, % от массы цемента	Массовая доля вовлеченного воздуха при перемешивании	Нормальная густота теста	Пластифицирующий эффект*	Предел прочности, МПа					
					на изгиб через, сут			на сжатие через, сут		
					7	14	28	7	14	28
Без добавки	–	1,2	30,0	...	1,0	1,4	3,07	8,9	10,5	12,1
СНВ-К-О	0,10	11,6	27,9	8,0	1,4	2,4	3,90	11,3	13,4	17,9
ЦНИПС-1	0,20	9,2	28,0	7,9	1,2	2,3	3,85	10,8	12,7	16,6
СДО	0,10	4,5	27,5	8,3	1,7	2,8	3,97	11,5	14,8	19,4
Кубовые остатки от дистилляции экстракционной канифоли	0,10	8,5	28,0	8,1	1,0	2,0	3,62	10,1	11,7	15,6
50 % таллового масла + 50 % канифоли	0,01	11,2	27,2	6,2	1,3	2,4	3,90	11,2	13,2	17,5
Полимеры от ректификации флотомасла	0,10	2,5	28,9	8,4	1,3	2,4	3,85	11,0	13,5	17,8
Древесносмоляные масла	0,40	2,3	27,9	8,2	2,0	3,6	4,71	10,9	16,8	21,0
Кубовый остаток от дистилляции древесного пироконденсата	0,10	1,0	28,0	6,7	2,1	3,0	4,18	10,2	16,0	20,4

* При определении пластифицирующего эффекта расход добавок составлял 0,25 % от массы цемента.

Результаты экспериментов показали, что все исследованные продукты пластифицируют цементные растворы. Оптимальная концентрация их по этому показателю равна 0,1 ... 0,2 % от массы цемента.

По воздухововлекающей способности лесохимические вещества находятся на одном уровне с одними из наиболее эффективных промышленных добавок СДО, СНВ-К-О, ЦНИПС-1 (табл. 2).

Результаты исследований отходов и попутных продуктов лесохимических производств дают основание рекомендовать их для применения в качестве равноценных и доступных заменителей традиционных дефицитных и дорогостоящих воздухововлекающих добавок, а также пластификаторов растворных и бетонных смесей. В частности, кубовые остатки от дистилляции экстракционной канифоли, ранее являвшиеся отходами производства и отвезившиеся на свалку или сжигание, могут заменить дорогостоящую и дефицитную экстракционную канифоль при получении пластификатора бетона, особенно в смеси с талловыми маслами хвойных пород. Стоимость пластификатора может быть значительно снижена, что расширит сферу его использования.

Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет

Поступила 02.10.03

E.P. Kulagin, V.S. Isaev

Use of Wastes of Wood-chemical Production as Additives to Cement Mixes

Wastes and some other by-products of forest-chemical production are found to be at the same level with industrial additives SDO, SNV-K-O, CNIPS-1 according to their plasticizing and air-entraining properties.

УДК 630*377.44

Н.А. Иванов, Е.А. Мясников

Иванов Николай Алексеевич родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Хабаровского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области транспорта лесных предприятий.



Мясников Евгений Анатольевич родился в 1967 г., окончил в 1989 г. Дальневосточный государственный университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Хабаровского государственного технического университета. Имеет около 10 печатных работ в области математического анализа.



ОЦЕНКА ПРОХОДИМОСТИ ТРЕХКОЛЕСНОГО ВЕЗДЕХОДА ПО ЛЕСИСТОЙ МЕСТНОСТИ

Представлены результаты теоретических исследований вероятности преодоления лесистой местности легким трехколесным вездеходом на пневматиках низкого давления.

Ключевые слова: вездеход, проходимость, вероятность, деревья.

1. Общая постановка задачи и предпосылки ее решения

В общем виде задачу можно сформулировать так: определить вероятность продвижения вездехода на расстояние L , м, если известны число деревьев N , шт., на пробной площади S_0 , м², средний радиус дерева $R_0 \geq 0$ и ширина колеи вездехода b , м.

С практической точки зрения представляет интерес также решение обратной задачи, когда по известной вероятности преодоления лесистой местности определяется ширина колеи вездехода.

Деревья, произрастающие в лесу, относятся к непреодолимым препятствиям, вездеход их может только объехать. Поэтому состояние вездехода характеризуется понятиями «движение возможно» или «движение невозможно». Оценочным параметром проходимости является вероятность преодоления участка лесистой местности определенной длины.

Составление математических моделей исследуемых процессов предполагает определенную степень формализации или принятие некоторых допущений. Решим данную задачу при следующих допущениях:

1) вездеход изображаем в виде правильного треугольника. Это один из частных случаев формы трехколесного вездехода, принятый для более точного математического описания процесса его передвижения;

2) в любой момент при отсутствии препятствий возможны движение прямо вперед и повороты относительно точек касания задних колес с поверхностью. Поворот вокруг одного из задних колес осуществим при наличии в ведущем мосту симметричного конического дифференциала;

3) деревья расположены независимо друг от друга;

4) вероятность появления деревьев определяется только плотностью их размещения, но не формой участка.

Поскольку при поворотах точки вездехода перемещаются на разные расстояния, то учитываем движение середины задней оси (точка O , рис. 1).

Задача допускает две постановки:

1) движение происходит «вслепую», т. е. при первой же невозможности хода вперед или поворота вездеход останавливается;

2) путь водитель выбирает заранее в пределах обзора местности. В поисках пути вездеход может возвращаться назад. В этом случае учитывают расстояние от начальной до самой дальней достигнутой точки, а не общий пробег.

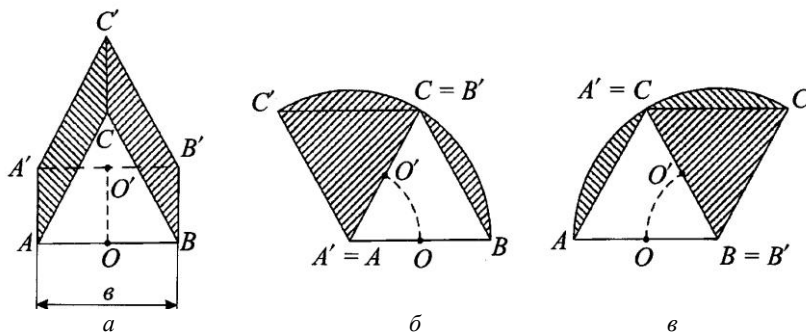


Рис. 1. Возможные перемещения вездехода на шаг $0,5b$ вперед: a – движение прямо; b – движение влево при повороте вокруг точки A ; v – движение вправо при повороте вокруг точки B

Приведем решение для двух условий:

1) шаг вездехода составляет $0,5b$, где b – ширина колеи вездехода;

2) шаг можно сделать сколь угодно малым.

Первое условие упрощает вычисления, второе же максимально повышает маневренность и, как следствие, вероятность продвижения.

Решение задачи основано на том, что вероятность отсутствия точеч-

ных препятствий или деревьев на площади S составляет $e^{-\rho S}$, где $\rho = \frac{N}{S_0}$ –

плотность размещения деревьев на участке. Если $R_0 > 0$, но $R_0 \ll b$, задачу можно свести к случаю, когда $R_0 = 0$, считая ширину колеи вездехода равной $b_0 = b + 2R_0$.

Обоснованность данного предположения вытекает из следующих соображений.

Пусть на участке площадью S_0 разбросано случайно N деревьев. Необходимо найти вероятность того, что на участке $S_1 < S_0$ нет ни одного дерева (или есть 1, 2, 3 ... дерева). Разделим S_0 на малые участки ΔS , их число будет $\frac{S_0}{\Delta S}$ шт. Значение ΔS стремится к нулю, поэтому появление более чем одного дерева на ΔS считаем невозможным. Тогда вероятность появления более одного дерева на участке ΔS составляет $\frac{\Delta S}{S_0} N$, а вероятность отсутствия деревьев на ΔS , очевидно, равна $(1 - \frac{\Delta S}{S_0} N)$.

Назовем проверку участка ΔS испытанием, а появление дерева на ΔS – событием. Проверка участка S_1 состоит из $\frac{S_1}{\Delta S}$ испытаний, причем вероятность события в отдельном испытании стремится к нулю. Испытания независимы, так как появление дерева на одном ΔS никак не влияет на появление другого дерева на другом ΔS . Считая $\frac{S_1}{\Delta S}$ целым числом n , получаем по формуле Бернулли вероятность P_{S_1} того, что на участке S_1 будет в точности k деревьев:

$$P_{S_1}(k) = C_n^k \left(\frac{\Delta S}{S_0} N \right)^k \left(1 - \frac{\Delta S}{S_0} N \right)^{n-k}.$$

В частном случае при $k = 0$ получим вероятность отсутствия деревьев на участке S_1 :

$$P_{S_1}(0) = C_n^0 \left(\frac{\Delta S}{S_0} N \right)^0 \left(1 - \frac{\Delta S}{S_0} N \right)^n = \left(1 - \frac{\Delta S}{S_0} N \right)^n,$$

т. е.

$$P_{S_1}(0) = \left(1 - \frac{\Delta S}{S_0} N \right)^{\frac{S_1}{\Delta S}}.$$

Сделаем $\Delta S \rightarrow 0$, тогда по второму замечательному пределу

$$\lim_{\Delta S \rightarrow 0} \left(1 - \frac{\Delta S}{S_0} N \right)^{\frac{S_1}{\Delta S}} = e^{-\frac{NS_1}{S_0}}.$$

Но $\frac{N}{S_0}$ – плотность размещения деревьев на участке, поэтому окончательно получаем формулу для определения вероятности отсутствия деревьев на участке S_1 в следующем виде:

$$P_{S_1}(0) = e^{-\rho S_1}, \quad (1)$$

где ρ – плотность размещения деревьев на единице площади;

S_1 – площадь участка.

Этот вывод и положен в основу решения задачи.

2. Проходимость при ограничении маневренности

Ограничение маневренности вездехода заключается в том, что он может передвигаться только вперед без предварительной оценки местности и выбора маршрута, т. е. движение вездехода происходит «вслепую». Маневренность вездехода ограничивается также отсутствием передачи заднего хода в его силовой передаче. При первой же невозможности движения вперед или поворота вездеход останавливается.

Перемещения на $0,5b$ можно достичь тремя способами (рис. 1): движение вперед на $0,5b$; поворот влево или вправо на 60° относительно заднего левого или заднего правого колеса.

На рис. 1 $\triangle ABC$ – исходное, $\triangle A'B'C'$ – новое положение вездехода. Движение вездехода возможно, если на заштрихованных площадях нет центров препятствий. Пунктиром показано фактическое перемещение вездехода $\Delta L = 0,5b$.

Площади заштрихованных частей составляют:
при перемещении вперед

$$S_{\text{вп}} = 2 \frac{b}{2} \frac{b_0}{2} = \frac{bb_0}{2};$$

влево и вправо

$$S_{\text{л}} = S_{\text{пр}} = \frac{1}{2} b_0^2 \frac{2\pi}{3} - \frac{b^2 \sqrt{3}}{4} \approx 1,0472 b_0^2 - 0,433 b^2.$$

Соответственно, вероятность сдвига на $0,5b$ вперед, влево и вправо равна вероятности отсутствия деревьев на соответствующих площадях:

$$P(\text{вп}) = e^{-0,5bb_0\rho};$$

$$P(\text{л}) = P(\text{пр}) = e^{-1,0472b_0^2\rho + 0,433b^2\rho}.$$

Для вычисления вероятности сдвига хотя бы в одном из направлений необходимо знать вероятность сдвига в двух и всех трех направлениях. Площади, на которых должны отсутствовать препятствия, показаны на рис. 2.

Движение влево и вправо (рис. 2, а) возможно, если свободна площадь

$$S_{\text{л,пр}} = 2S_{\text{сект}} = 2 \left(\frac{1}{2} b_0^2 \frac{\pi}{3} \right) = \frac{\pi}{3} b_0^2 \approx 1,0472 b_0^2.$$

Движение вправо и вперед (рис. 2, б) возможно, если свободна площадь

$$\begin{aligned} S_{\text{пр,вп}} &= S_{\text{пар}} + S'_{\Delta} + S_{\text{сект}} = \frac{b}{2} \frac{b_0}{2} + \frac{1}{2} b_0^2 \frac{\pi}{3} + \frac{1}{2} \frac{b}{2} \sin 30^\circ \frac{b}{2} \cos 30^\circ = \\ &= 0,25bb_0 + \frac{\pi}{6} b_0^2 + \frac{\sqrt{3}}{32} b^2 \approx 0,25bb_0 + 0,5236 b_0^2 + 0,0541 b^2. \end{aligned}$$

Такая же площадь должна быть свободна для движения влево и вперед (криволинейностью одной из сторон малого треугольника можно пренебречь).

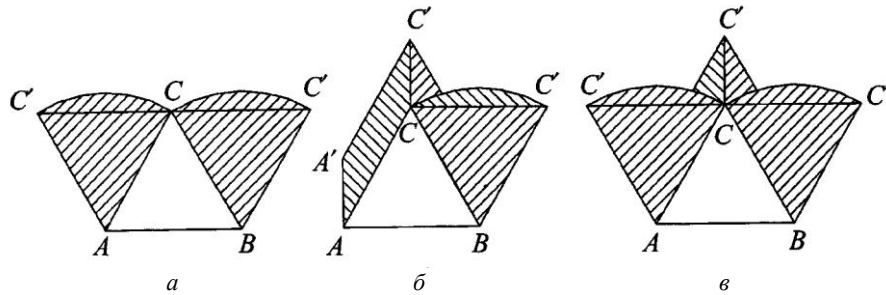


Рис. 2. Площади, на которых должны отсутствовать препятствия при сочетании движений: а – при движении влево и вправо; б – при движении вправо и вперед (влево и вперед); в – при движении влево, вправо и вперед

Движение в любом направлении (рис. 2, в) возможно, если свободна площадь

4

$$S_{\text{общ}} = 2 S_{\text{сект}} + S_{\Delta} = 2 \left(\frac{b_0^2 \pi}{6} + \frac{\sqrt{3}}{32} b^2 \right) \approx 1,0472 b_0^2 + 0,1082 b^2.$$

По формуле вероятности суммы совместных событий

$P(\Delta L = 0,5b) = P(\text{вп}) + P(\text{л}) + P(\text{пр}) - [P(\text{л, пр}) + P(\text{вп, пр}) + P(\text{вп, л})] + P_{\text{общ}}$, т. е., исходя из формулы (1),

$$P(\Delta L = 0,5b) = e^{-0,5b_0 \rho} + 2e^{-1,0472 b_0^2 \rho + 0,433 b^2 \rho} + e^{-1,0472 b_0^2 \rho - 0,1082 b^2 \rho} - e^{-1,0472 b_0^2 \rho} - 2e^{-0,25b_0 \rho - 0,523 b_0^2 \rho - 0,054 b^2 \rho}. \quad (2)$$

Если $R_0 = 0$, то ширина колеи b совпадает с увеличенной шириной b_0 и формула (2) упрощается:

$$P(\Delta L = 0,5b) = e^{-0,5b^2 \rho} + 2 \left(e^{-0,6142 b^2 \rho} - e^{-0,8277 b^2 \rho} \right) + e^{-1,1554 b^2 \rho} - e^{-1,0472 b^2 \rho}. \quad (3)$$

Введем $C = e^{-b^2 \rho}$, тогда

$$P(\Delta L = 0,5b) = C^{0,5} + 2 \left(C^{0,6142} - C^{0,8277} \right) + C^{1,1554} - C^{1,0472}.$$

Для продвижения на расстояние L необходимо сделать $n = \frac{L}{\Delta L} = \frac{2L}{b}$

таких шагов. Вероятность того, что ни на одном шаге движение не будет остановлено, равна:

$$P(\Delta L = L) = \left[P(\Delta L = 0,5b) \right]^{2L/b}. \quad (4)$$

Как показывают расчеты, эта вероятность очень мала даже при небольших плотностях из-за больших значений степени $2L/b$.

Заметим, что при малых значениях $b^2 \rho$ (фактически менее 0,1) вычисление вероятности $P(\Delta L = 0,5b)$ можно упростить, воспользовавшись приближенной формулой

$$e^{-x} \approx 1 - x + 0,5x^2 \text{ или } e^{-x} \approx 1 - x.$$

Тогда

$$P(\Delta L = 0,5b) \approx 1 - (0,5 + 2 \cdot 0,6142 - 2 \cdot 0,8277 + 1,1554 - 1,0472)b^2\rho + \\ + 0,5(0,5^2 + 2 \cdot 0,6142^2 - 2 \cdot 0,8277^2 + 1,1554^2 - 1,0472^2)b^4\rho^2 = 1 - 0,1812b^2\rho - \\ - 0,0637b^4\rho^2$$

или

$$P(\Delta L = 0,5b) \approx 1 - 0,1812b^2\rho.$$

Поскольку $1 - 0,1812b^2\rho \approx e^{-0,1812b^2\rho}$, получаем дальнейшее упрощение:

$$P(\Delta L = L) = \left(e^{-0,1812b^2\rho} \right)^{2L/b} \approx e^{-0,3624\rho bL}. \quad (5)$$

Возможность использования формулы для приближенных вычислений покажем на конкретных примерах.

Пример 1. При $\rho = 0,1$; $b = 2$ м; $L = 50$ м ($b^2\rho = 0,4$) получаем: непосредственным вычислением по формулам (3), (4) $P_0 = 0,015$; приближенным вычислением по формуле (5) $e^{-0,3624 \cdot 10} = e^{-3,624} \approx e^{-3,6} e^{-0,024} \approx 0,0273 \cdot (1 - 0,024 + 0,000288) \approx 0,0273 \cdot 0,97629 \approx 0,026$. Как видим, при данной плотности размещения деревьев вычисление вероятности по приближенной формуле дает завышенный результат. Расхождение возникло из-за накопления погрешностей при возведении в большую степень.

Пример 2. При $\rho = 0,01$; $b = 2$ м; $L = 50$ м ($b^2\rho = 0,04$) получаем: непосредственным вычислением $P_0 = 0,692$; приближенным вычислением $e^{-0,3624} = e^{-0,3} e^{-0,0624} \approx 0,7408 \cdot 0,9395 = 0,696$. В данном случае результат практически не зависит от методики вычислений.

3. Проходимость при минимизации шага передвижения

Методика решения данной задачи та же, что и для предыдущей. Пусть α – угол поворота вездехода относительно заднего колеса (рис. 3, б), причем $\alpha \approx 0$, поэтому $\sin \alpha \approx \alpha$ (в радианной мере). При этом шаг передвижения будет $\Delta L = 0,5b\alpha$.

Минимизация шага передвижения вездехода повышает его маневренность и поэтому создает предпосылки для повышения вероятности преодоления им лесистой местности.

Для движения вперед на расстояние $0,5b\alpha$ (рис.3, а) необходимо иметь следующую свободную площадь:

$$2S_{AA'C'C} = 2 \frac{b\alpha}{2} \frac{b_0}{2} = \frac{bb_0\alpha}{2}.$$

При повороте влево или вправо на α рад (рис. 3, б, в) площадь, на которой не должно быть деревьев:

$$S_{пр} = S_{лев} \approx S_{\Delta BCC'} + S_{\Delta AA'E} = \frac{b_0^2\alpha}{2} + (b_0\alpha)^2 \left(\frac{\sqrt{3} + 2\alpha}{1 + \alpha\sqrt{3}} \right) =$$

$$= b_0^2 \alpha \left(\frac{1}{2} + \frac{\alpha(\sqrt{3} + 2\alpha)}{1 + \alpha\sqrt{3}} \right) \approx \frac{b_0^2 \alpha}{2} \left(\frac{1 + 3\alpha\sqrt{3}}{1 + \alpha\sqrt{3}} \right).$$

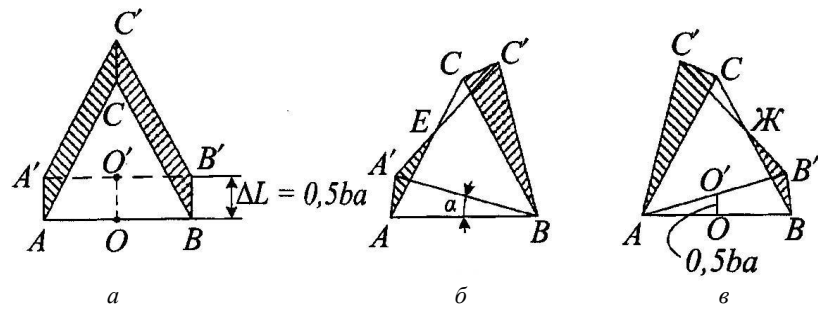


Рис. 3. Возможные перемещения вездехода при минимизации шага:
 а – движение прямо; б – движение вправо при повороте вокруг точки В;
 в – движение влево при повороте вокруг точки А

Для возможности движения как влево, так и вправо (рис.4, а) свободная площадь должна быть:

4*

$$2(S_{\Delta ACC'} + 2S_{\Delta AA'H}) = 2 \left(\frac{b_0^2 \alpha}{2} + 2(b_0 \alpha)^2 \frac{\sqrt{3}}{8} \right) = b_0^2 \alpha \left(1 + \frac{\alpha\sqrt{3}}{2} \right).$$

Для движения вправо и вперед (рис.4, б) необходимо с незначительной погрешностью отсутствие деревьев на площади:

$$S_{AA'C'C} + (S_{OBDC'} - S_{OBC}) = \frac{b}{2} \frac{b_0 \alpha}{2} + \left(\frac{b_0 \sqrt{3} + b\alpha}{4} \right) \left(b_0 - \frac{(b_0 \sqrt{3} + b\alpha) - \alpha\sqrt{3}}{2(\sqrt{3} + \alpha)} \right).$$

Данную площадь можно приближенно определить по формуле

$$\frac{bb_0 \alpha}{2} + \frac{\alpha}{2} \left(b_0 + \frac{b\alpha}{2} \right)^2 \approx bb_0 \alpha \left(1 + \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha^2}{8} \right).$$

Такая же площадь необходима для движения влево и вперед.

Для движения в любую сторону (рис.4, в) необходима следующая свободная площадь:

$$2S_{BCC'D} = 2bb_0 \alpha \left(1 + \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha^2}{8} \right).$$

По формуле вероятности суммы совместных событий:

$$P(\Delta L = 0,5b\alpha) = P(\text{вп}) + P(\text{л}) + P(\text{пр}) - [P(\text{л, пр}) + P(\text{вп, пр}) + P(\text{вп, л})] + P_{\text{общ}}$$

или по формуле (1)

$$P(\Delta L = 0,5b\alpha) = 2e^{-0,5b_0^2\alpha\left(\frac{1+3\alpha\sqrt{3}}{1+\alpha\sqrt{3}}\right)\rho} + e^{-0,5bb_0\alpha\rho} + e^{-2bb_0\alpha\left(1+\frac{\alpha}{2}+\frac{\alpha^2}{8}\right)\rho} - 2e^{-bb_0\alpha\rho\left(1,25+\frac{\alpha}{2}+\frac{\alpha^2}{8}\right)} - e^{-b_0^2\alpha\left(1+\frac{\alpha\sqrt{3}}{2}\right)\rho} \quad (6)$$

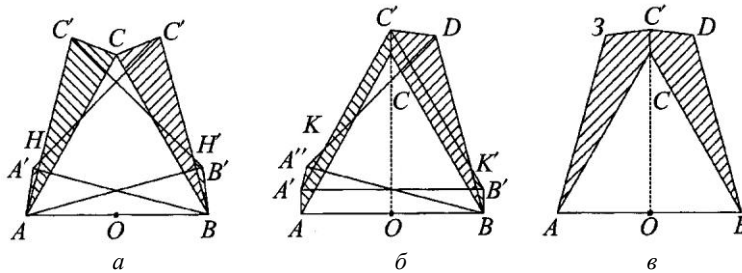


Рис. 4. Площади, на которых должны отсутствовать препятствия при минимизации шага и сочетании движений: а – при движении влево и вправо; б – при движении вправо и вперед (или

влево и вперед); в – при движении вправо, влево и вперед

Обозначив $d = e^{-bb_0\alpha\rho}$, получим более кратко:

$$P(\Delta L = 0,5b\alpha) = 2d^{\frac{0,5b_0}{b}\left(\frac{1+3\alpha\sqrt{3}}{1+\alpha\sqrt{3}}\right)} + d^{0,5} + d^{2+\alpha+0,25\alpha^2} - 2d^{1,25+0,5\alpha+0,125\alpha^2} - d^{\frac{b_0}{b}\left(1+\frac{\alpha\sqrt{3}}{2}\right)}$$

Для перемещения на $\Delta L = L$ необходимо сделать $n = \frac{L}{0,5b\alpha} = \frac{2L}{b\alpha}$ шагов.

Вероятность, что на каждом шаге движение возможно:

$$P_0(\Delta L = L) = \prod_{i=1}^n P(\Delta L = 0,5b\alpha) \quad (7)$$

При малых значениях $\rho = \frac{N}{S_0}$ также справедлива формула для при-

ближенного вычисления вероятности продвижения на $0,5b\alpha$, однако возведение в большую степень опасно накоплением погрешности.

Пример 3. Пусть $b = b_0 = 2$ м, $L = 50$ м, $\alpha = 0,1 \approx 5,7^\circ$. Тогда $bb_0\alpha\rho = 0,04$ при плотности $\rho = 0,1$.

$$P(\Delta L = 0,1 \text{ м}) = 2e^{-0,02 \cdot 1,2953} + e^{-0,04 \cdot 0,5} + e^{-0,04 \cdot 2,1025} - 2e^{-0,04 \cdot 1,3013} - e^{-0,04 \cdot 1,0866} = 2e^{-0,025906} + e^{-0,02} + e^{-0,0841} - 2e^{-0,052052} - e^{-0,043464} \approx$$

$$\approx 1 - (2 \cdot 0,0259 + 0,02 + 0,0841 - 2 \cdot 0,052 - 0,0435) + 0,5 \cdot (2 \cdot 0,0259^2 + 0,02^2 + 0,0841^2 - 2 \cdot 0,052^2 - 0,0435^2) \approx 1 - 0,0084 + 0,00076 \approx 0,9924.$$

Тогда $P(\Delta L = 50 \text{ м}) \approx (0,9924)^{500} \approx e^{-0,0076 \cdot 500} = e^{-3,8} \approx 0,0224$.

При шаге $0,5b$ вероятность составляет 0,015 (пример 1), следовательно, с уменьшением шага вероятность преодоления лесистой местности

хотя и повышается, но ее абсолютное значение недостаточно, чтобы рекомендовать такой способ преодоления препятствия.

Хабаровский государственный
технический университет

Поступила 26.05.03

N.A. Ivanov, E.A. Myasnikov

**Maneuverability Assessment of Three-wheeled Landrover
in Woodland**

The results of theoretical research are presented regarding the probability of overcoming woodland by light three-wheeled landrover on low-pressure tires.



УДК [630* 53 + 630* 377.42].001.24

Л.В. Коротяев

Коротяев Леонид Васильевич родился в 1916 г., окончил в 1941 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук. Имеет свыше 60 печатных работ в области исследования параметров деревьев и хлыстов как объектов лесозаготовок и технологических факторов повышения производительности трелевочных машин.



УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЪЕМА ПАЧКИ ДЕРЕВЬЕВ ПРИ ТРЕЛЕВКЕ

Установлены значения коэффициентов, учитывающих массу кроны в пачке трелеваемых деревьев для ели, сосны и березы и отпад сучьев в процессе валки и формирования пачки и позволяющих правильно определить ее объем.

Ключевые слова: масса кроны, дерева, масса пачки и крон в ней, объем пачки.

В технической литературе и учебниках [6] констатировано, что масса кроны $M_{кр}$ обычно составляет 0,13 ... 0,30 массы трелеваемой пачки деревьев (рейсовой нагрузки на трелевочную машину M) без учета породы деревьев, их крупности и отпада сучьев с хвоей (листьями) в процессе валки деревьев и формирования пачки на лесосеке. К примеру, в пачке деревьев массой 6 т масса их кроны (без отпада сучьев) должна быть 0,8 или 1,8 т. Тогда объем древесины стволов в пачке (объем пачки) при плотности древесины 0,8 т/м³ будет отличаться более чем на 1 м³, или на 25 %. Остается неясным, какими должны быть коэффициент и масса кроны в пачке деревьев, чтобы определить ее объем. Целью настоящей статьи является решение этого вопроса.

Наши исследования показали [1, 2], что масса кроны деревьев зависит от их породы, таксационного диаметра d (на высоте 1,3 м от шейки корня) и разряда высот. Поэтому правильнее и точнее в расчете объема трелеваемой пачки деревьев принимать массу кроны среднего дерева в пачке, на разрабатываемой делянке или лесосеке, основного разряда высот, преобладающей породы с учетом отпада элементов кроны в процессе валки деревьев и формирования пачки, и находить его через массу целого дерева.

Для практического использования в статье приведены сведения, выравненные по уравнениям связи значения массы кроны и массы целых деревьев основных лесопромышленных пород Севера – ели, сосны и березы по опытным данным автора.

В табл. 1 приведено распределение массы кроны деревьев этих пород по разрядам высот и 4-сантиметровым ступеням толщины d .

Поскольку среднее дерево на лесосеке, в пачке может иметь любой диаметр d и разряд высот, то массу его кроны можно определить путем интерполяции, пользуясь табл. 1, а для ели среднего разряда высот,

Отношение массы кроны к массе дерева $t_{кр}/t$ или массы кроны всех деревьев в пачке $M_{кр}$ к ее массе M дает точное значение коэффициента $k_{кр}$, учитывающего массу кроны в пачке. Значения $k_{кр}$ приведены в табл. 3.

Интерполируя значения $k_{кр}$, можно выбрать нужное для местных условий лесозаготовки и ввести в расчет объема трелюемой пачки деревьев и производительности трелевочных машин. Масса кроны в пачке деревьев без учета отпада сучьев составит

$$M_{кр} = k_{кр}M, \quad (1)$$

где M – масса пачки деревьев (определяется тяговыми расчетами), кг.

Для ельников Севера коэффициент $k_{кр}$ в зоне средних размеров дерева составляет 0,23 ... 0,24, для сосняков 0,11 ... 0,13, для березняков 0,15 ... 0,16. Значения $k_{кр} > 0,3$ относятся только к маломерным деревьям ($d \leq 16$ см) и не представляют практического интереса для расчета объема пачки, так как средний диаметр эксплуатационных древостоев выше.

По нашим данным [7], значительная часть сучьев сосны, ели и осины в процессе валки деревьев и сбора их в пачку на лесосеке обламывается и отпадает, особенно в зимнее время. Чем ниже температура окружающей среды, тем отпад больше. В табл. 4 приведен отпад сучьев с хвоей для ели и сосны в процентах от массы кроны дерева в зависимости от температуры воздуха t .

У березы отпад элементов кроны незначителен (1 ... 2 %), у осины, как и у сосны, существенен.

Долю отпада элементов кроны выражают в расчетах коэффициентом отпада $k_o = p/100 = 0,01p$.

Таблица 3

Порода	Разряд высот	Значение коэффициента $k_{кр}$ по ступеням толщины деревьев, см											
		8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
Е	II	...	0,29	0,21	0,17	...	...	...	...	...	...	...	...
	III	0,36	0,25	0,23	0,22	0,22	0,18	...	...	...	...	...	...
	IV	0,40	0,25	0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	...	...	...	...	...
	V	0,45	0,34	0,28	0,24	0,22	0,21	0,20	...	...	...	...	...
	IV,2*	0,42	0,27	0,23	0,24	0,23	0,23	0,23	...	...	...	...	...
С	V	...	...	0,33	0,25	0,20	0,16	0,14	0,12	0,11	...	...	...
	VI	...	...	...	...	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10
	VIII	...	...	...	...	0,12	0,13	0,11	...	...	...	...	...
	V,8*	...	...	0,28	0,22	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
Б	IV	...	0,35	0,21	0,16	0,15	0,14	...	...	...	...	...	...

Таблица 4

Порода	Отпад элементов кроны p , %, при валке деревьев и сборе их в пачку при t , °С						
	≥ 0	- 5	- 10	- 15	- 20	- 25	- 30
Е	8	20	32	44	56	68	80
С	70	75	80	85	90	95	≈ 100

При треловке еловых деревьев в летнее время $k_o = 0,08$, сосновых $k_o = 0,70$, березовых $k_o = 0$. При треловке зимой еловых деревьев $k_o = 0,08 - 0,024t$, сосновых $k_o = 0,70 - 0,01t$ (здесь t – отрицательная температура воздуха, °С), березовых $k_o = 0$. С учетом k_o коэффициент $k_{кр}$ примет еще меньшее значение.

Без отпавших элементов кроны ее масса в пачке деревьев

$$M_{кр} = (1 - k_o) k_{кр} M.$$

Тогда объем стволовой древесины в пачке деревьев (объем пачки) V составит

$$V = (M - M_{кр}) / \rho,$$

или

$$V = [1 - (1 - k_o) k_{кр}] M / \rho,$$

где ρ – плотность свежесрубленной древесины, кг/м^3 (принимается для среднего объема хлыста по данным [4]).

Для примера рассмотрим расчет объема пачки для Корниловского лесоучастка АО «Двинлес» Архангельской области, в котором преобладают ельники V разряда высот со средним диаметром дерева $d = 20$ см. Масса кроны такого дерева $m_{кр} = 64$ кг (табл. 1), масса всего дерева $m = 263$ кг (табл. 2). Коэффициент $k_{кр} = m_{кр}/m = 0,24$ (табл. 3), коэффициент отпада элементов кроны $k_o = 0,08$ летом и $k_o = 0,80$ зимой при морозе -30 °С. При массе пачки (условно) $M = 6000$ кг масса кроны деревьев в ней без отпада сучьев по формуле (1) $M_{кр} = 1440$ кг, с учетом отпада летом 1320 кг, а зимой при $t = -30$ °С $M_{кр} = 288$ кг. Тогда при плотности древесины $\rho = 800$ кг/м^3 [4] объем пачки составит: летом $V = (6000 - 1320) / 800 = 4680 / 800 = 5,85$ м^3 , а зимой $V = (6000 - 288) / 800 = 5712 / 800 = 7,13$ м^3 , более чем на $1,3$ м^3 .

Изложенный материал убедительно свидетельствует о целесообразности применения данной методики для расчета объема трелюемой пачки деревьев и выработки трелюющих машин.

Если известна масса пачки M (из тяговых расчетов) и масса среднего дерева в ней или в лесосеке m с учетом отпада элементов кроны, то можно найти число деревьев в пачке n , а зная объем ствола среднего диаметра V_c и плотность его древесины [4], определить объем пачки:

$$m = (1 - k_o) m_{кр} + V_c \rho, \quad (2)$$

$$n = M/m, \quad (3)$$

$$V = V_c n. \quad (4)$$

Объем V трелюемой пачки деревьев можно вычислить также, исходя из линейной зависимости массы кроны дерева от объема ствола. Опытные данные [4] этой функции представлены в табл. 5.

Зная массу пачки и принимая массу кроны для нужного (среднего) объема ствола из табл. 1, с учетом коэффициента k_o находим массу дерева по формуле (2), а затем число деревьев в пачке по (3) и ее объем по (4).

Таблица 5

По- рода	Разряд высот	Масса кроны $m_{кр}$, кг, при объеме ствола, м ³												
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	3,0
Е	IV	29	52	76	100	125	149	173	197	221	245	...	...	...
	IV,2*	29	52	76	99	122	145	168	191	214	236	...	...	...
С	VI	24	35	45	55	64	73	81	89	96	104	142	170	252
	V,9*	36	49	59	66	74	81	88	95	102	109	145	181	252
Б	IV	38	44	51	57	64	71	70	86	93	100	...	...	...

Предложенную методику расчета объема трелеваемой пачки деревьев, по всей видимости, необходимо включить в учебники и учебные пособия по технологии лесосечных работ для средних и высших учебных заведений с тем, чтобы студенты – будущие техники и инженеры-лесотехнологи, а также экономисты могли правильно рассчитывать производительность трелевочных машин и решать вопросы нормирования трелевочных работ. Рекомендуется пользоваться этой методикой и инженерно-техническому составу лесозаготовительных предприятий.

В учебники по технологии и машинам лесосечных работ в порядке их обновления уместно вводить раздел «Объекты лесозаготовок» с математическим описанием природных характеристик деревьев и хлыстов, таких как размеры, центр тяжести, плотность, масса и моменты инерции ствола, кроны и дерева в целом, прогиб, жесткость и параметры собственных колебаний ствола, параметры сучьев и др. [3, 4], а в раздел по трелевке леса – технологические факторы повышения производительности трелевочных машин [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коротяев Л.В.* Вес кроны еловых деревьев в лесонасаждениях Севера / Л.В. Коротяев // Лесн. журн. – 1959. – № 5. – С. 91–97. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Коротяев Л.В.* Вес кроны деревьев основных промышленных пород Севера / Л.В. Коротяев, А.В. Ростовцев // Лесн. журн. – 1972. – № 5. – С. 56–60. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Коротяев Л.В.* Параметры деревьев и хлыстов как объектов лесозаготовительного производства: учеб. пособие / Л.В. Коротяев. – Л., 1982. – 80 с.
4. *Коротяев Л.В.* Природные характеристики деревьев и хлыстов: справочные материалы / Л.В. Коротяев. – Архангельск: ИПП «Правда Севера», 1998. – 100 с.
5. *Коротяев Л.В.* Технологические факторы повышения производительности трелевочных машин / Л.В. Коротяев. – Архангельск: ИПП «Правда Севера», 1998. – 113 с.
6. *Кочегаров В.Г.* Технология и машины лесосечных работ: учеб. для вузов / В.Г. Кочегаров, Ю.А. Бит, В.Н. Меньшиков. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 392 с.
7. *Ростовцев А.В.* Отпад элементов кроны деревьев при валке и формировании трелевочного воя в зависимости от температуры воздуха / А.В. Ростовцев, Л.В. Коротяев // Лесн. журн. – 1973. – № 1. – С. 57–59. – (Изв. высш. учеб. заведений)

г. Архангельск

Поступила 31.01.03

*L.V. Korotyaev***Revised Procedure for Estimating Tree Bundle Volume at Skidding**

The coefficient values are set taking into account tree tops mass in skidded tree bundles for spruce, pine and birch and branch fall-off in the process of felling and bundle forming, also allowing to determine its volume.



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.933.02

Н.В. Лобанов, И.С. Лобанова, В.И. Малыгин

Лобанов Николай Владимирович родился в 1966 г., окончил в 1988 г. Севмашвузу, кандидат технических наук, доцент кафедры подъемно-транспортного и технологического оборудования Севмашвуза. Имеет более 15 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании, прикладной механики и лесопильного оборудования.



Лобанова Ирина Станиславовна родилась в 1970 г., окончила в 1993 г. Севмашвузу, старший преподаватель кафедры математики Севмашвуза, аспирант кафедры прикладной механики и основ конструирования АГТУ. Имеет около 10 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании, прикладной механики и лесопильного оборудования.



Малыгин Владимир Иванович родился в 1952 г., окончил в 1979 г. Университет Дружбы народов им. П. Лумумбы, доктор технических наук, профессор, действительный член АИН РФ, проректор по научной работе Севмашвуза – филиала СПбГМТУ. Имеет более 100 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании.



РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ ПОЛОСОВЫХ ПИЛ

Представлена общая методика расчета статической жесткости нагруженных полосовых пил на основе теории жестких пластин, учитывающая большее количество параметров и позволяющая оценить точность и пределы применимости существующих стержневых моделей.

Ключевые слова: пила, стержень, пластина, жесткость, сила натяжения, вальцевание, эксцентриситет.

Жесткость полосовых (ленточных и рамных) пил является существенным фактором повышения производительности и качества пиления бревен. Существует много методов расчета начальной (в ненагруженном со-

стоянии) жесткости и устойчивости натянутых полосовых пил. В большинстве из них [1, 7, 6 и др.] рассматривают полосовую пилу как стержень тонкого прямоугольного сечения, хотя реальные соотношения размеров (ширины пилы к расстоянию между опорами или направляющими) полосовых, особенно ленточных, пил не соответствуют классическому определению стержня. Такой подход приводит к завышению расчетной жесткости, тонких пил и пил с малым соотношением длины и ширины. В большинстве работ граничные условия выбирают из соображений удобства решения задачи, а не из их соответствия реальным способам. В отдельных исследованиях полосовую пилу рассматривают как пластину. Например, в работе [7] начальную жесткость натянутой рамной пилы вычисляют энергетическим методом, а ее собственную жесткость находят с помощью метода конечных элементов. Однако это относится к частным случаям закрепления и нагружения пилы.

Цель данного исследования – разработать общую методику расчета статической жесткости полосовых пил и определить точность и пределы применимости существующих методик расчета.

Расчетная схема пилы с выбранной системой координат представлена на рис. 1.

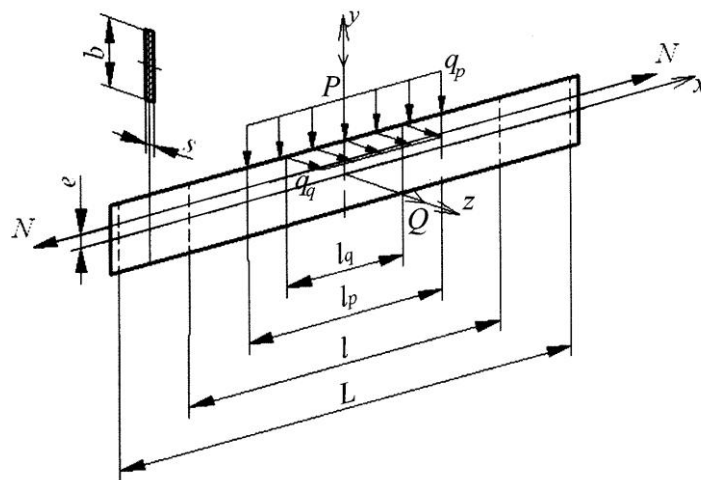


Рис. 1

Здесь обозначено:

- L – расстояние между опорами;
- l – расстояние между направляющими;
- P – поперечная сила;
- q_p – интенсивность нормальной силы P на участке l_p ;
- Q – боковая сила;
- q_q – интенсивность боковой силы Q на участке l_q ;
- s и b – толщина и ширина пилы;
- N – растягивающая сила;
- e – эксцентриситет от растягивающей силы N .

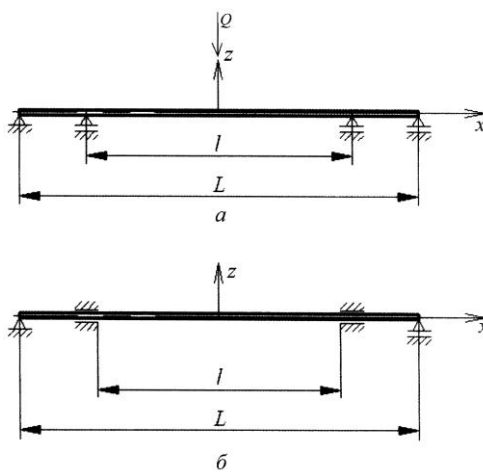


Рис. 2

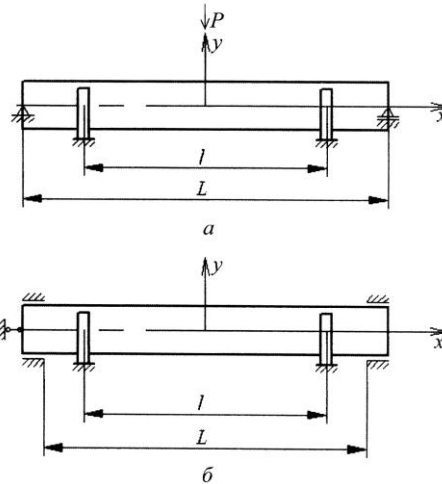


Рис. 3

На рис. 2 даны два варианта закрепления пилы в плоскости наименьшей жесткости: *a* – шарнирное закрепление, соответствует случаю односторонних отжимных направляющих; *б* – защемление, соответствует случаю двухсторонних направляющих, поставленных без зазора или с очень малым зазором. (Предполагается, что отрыв от контактных направляющих при нагружении отсутствует; условия обеспечения контакта рассмотрены в [3]). На рис. 3 приведены два варианта закрепления пилы в плоскости наибольшей жесткости: *a* – шарнирное закрепление; *б* – жесткая заделка. (Вариант двухсторонних направляющих с зазором является особым случаем, в данном исследовании он не рассматривался, методика решения такой задачи предложена в [4]).

Для определения функции прогибов пилы $\omega(x, y)$ использовали энергетический метод. Согласно [8], приращение полной энергии при нагружении пилы боковой силой Q :

$$\Delta \mathcal{E} = U - W - V,$$

где U – потенциальная энергия изгиба пилы;

W – работа напряжений, действующих в плоскости пилы до изгиба;

V – работа силы Q .

В силу симметрии задачи ее полную энергию достаточно вычислить для половины длины пилы $x \geq L/2$.

В случае защемления пилы в плоскости xOz (см. рис. 2, б) имеем:

$$U = \frac{1}{2} D \int_0^{l_p/2} \int_{-b/2}^{b/2} \left\{ \nabla^2 \omega^2 - 2(1 - \mu) \left[\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \right\} dx dy;$$

$$W = -\frac{s}{2} \int_0^{l_p/2} \int_{-b/2}^{b/2} \left[\sigma_x \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 + \sigma_y \left(\frac{\partial \omega}{\partial y} \right)^2 + 2\tau_{xy} \frac{\partial \omega}{\partial x} \cdot \frac{\partial \omega}{\partial y} \right] dx dy; \quad (1)$$

$$V = \int_0^{b/2} q_q \omega(x, b/2) dx.$$

Здесь обозначено:

$$D - \text{цилиндрическая жесткость пилы, } D = \frac{Es^3}{12(1-\nu^2)};$$

ν – коэффициент Пуассона;

E – модуль Юнга;

$\sigma_x(x, y)$ – напряжения вдоль оси стержня, $\sigma_x(x, y) = \sigma_b(x, y) + \sigma_N(x, y) + \sigma_{II}(x, y)$;

σ_b – напряжение вальцевания,

$$\sigma_b(x, y) = \begin{cases} \sigma_c c / (b - c) + y \frac{\sigma_c c y_c b s}{(b - c) J_z} & \text{при } -\frac{b}{2} \leq y \leq y_c - \frac{c}{2} \\ -\sigma_c + y \frac{\sigma_c c y_c b s}{(b - c) J_z} & \text{при } y_c - \frac{c}{2} < y < y_c + \frac{c}{2} \\ \sigma_c c / (b - c) + y \frac{\sigma_c c y_c b s}{(b - c) J_z} & \text{при } y_c + \frac{c}{2} \leq y \leq \frac{b}{2} \end{cases};$$

$\sigma_N(x, y)$ – напряжения от растягивающей силы N , приложенной с эксцентриситетом e , $\sigma_N(x, y) = \frac{N}{bs} + \alpha \frac{Ne}{J_z} x$;

$\sigma_{II}(x, y)$ – нормальные напряжения изгиба пилы в плоскости xOy , вызванные действием поперечной силы P , $\sigma_{II}(x, y) = \alpha \frac{M(x)}{J_z} y$;

$J_z = b^3 s / 12$ – момент инерции поперечного сечения пилы относительно оси z ;

c – ширина следа вальцевания;

y_c – расстояние от оси пилы до оси следа вальцевания;

σ_c – величина напряжений сжатия в следе вальцевания;

$M(x)$ – изгибающий момент от силы P ;

α – параметр продольного изгиба.

Изменение изгибающего момента по длине стержня находим по формулам:

$$\begin{cases} M(x) = q_p x^2 / 2 - M_{\max} & \text{при } 0 \leq x \leq l_p / 2 \\ M(x) = q_p l_p (x - l_p / 4) / 2 - M_{\max} & \text{при } l_p / 2 \leq x \leq L / 2 \end{cases}.$$

Здесь M_{\max} – изгибающий момент в среднем сечении пилы.

Для шарнирного закрепления концов пилы в плоскости xOy (рис. 3, а) имеем

$$M_{\max} = (q_p l_p^3 / (24L) - q_p l_p^2 / 8 + q_p l_p L / 8);$$

для жесткой заделки (рис. 3, б):

$$M_{\max} = q_p l_p L / 4 - q_p l_p^2 / 8.$$

Параметр α приближенно учитывает влияние растягивающей силы на напряжения и деформации изгиба. Согласно [9],

$$\alpha = 1 / (1 + N / N_3),$$

где $N_3 = \pi^2 EJ_z / (\mu L)^2$ – эйлерова сила;

μ – коэффициент приведения длины, учитывающий способ закрепления пилы: $\mu = 1$ – для шарнирного закрепления концов пилы (рис. 3, а), $\mu = 0,5$ – для жесткой заделки концов пилы (рис. 3, б).

Напряжения $\sigma_y(x, y)$ вдоль оси y от действия распределенной нагрузки q_p [2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_y(x, y) = -\frac{q_p}{sb^3} \left[b^3 - 3b \left(\frac{b}{2} - y \right)^2 + 2 \left(\frac{b}{2} - y \right)^3 \right] \quad \text{при } -\frac{l_p}{2} \leq x \leq \frac{l_p}{2} \\ \sigma_y(x, y) = 0 \quad \text{при } x \geq \frac{l_p}{2} \quad \text{и} \quad x \leq -\frac{l_p}{2} \end{array} \right\}.$$

Распределение касательных напряжений в поперечном сечении пилы определяют по формуле Журавского $\tau = \frac{QS}{J_z b}$. С учетом изменения пере-
резающей силы имеем:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_{xy}(x, y) = \frac{3 q_p x}{2 bs} \left(1 - 4 \frac{y^2}{b^2} \right) \quad \text{при } -\frac{l_p}{2} \leq x \leq \frac{l_p}{2} \\ \tau_{xy}(x, y) = \frac{3 q_p l_p}{4 bs} \left(1 - 4 \frac{y^2}{b^2} \right) \quad \text{при } x \geq \frac{l_p}{2} \quad \text{и} \quad x \leq -\frac{l_p}{2} \end{array} \right\}.$$

При шарнирном закреплении пилы в плоскости xOz (см. рис. 2, а) под действием боковой силы деформируется вся пила. Влияние части пилы между направляющими и опорами на деформацию части пилы между направляющими относительно невелико, угловая жесткость может быть учтена как упругое защемление сечения пилы на направляющих:

$$j_\phi = \frac{k^2 l_1 EJ_y}{kl_1 \coth(kl_1) - 1},$$

где j_ϕ – угловая жесткость;
 $k = \sqrt{N / EJ_y}$;

$l_1 = (L - l) / 2$ – расстояние между направляющей и опорой;

$J_y = b^3 s / 12$ – момент инерции поперечного сечения пилы относительно оси y .

Выражение для составляющих полной энергии будет отличаться от (1) наличием дополнительного слагаемого в выражении потенциальной энергии:

$$U = \frac{1}{2} D \int_0^{l_p/2} \int_{-b/2}^{b/2} \left\{ \nabla^2 \omega - 2(1-\mu) \left[\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] \right\} dx dy + j_\phi \left(\frac{d\omega(0,0)}{dx} \right)^2.$$

Функция прогибов пилы:

$$\omega(x, y) = \sum_{i=1}^n (a_{0i} + a_{1i}y + a_{2i}y^2 + a_{3i}y^3 + \dots + a_{ki}y^k) \Phi_i(x),$$

где $\Phi_i(x)$ – полином, удовлетворяющий кинематическим граничным условиям.

В случае шарнирного закрепления пилы в плоскости xOz (рис. 2, а):

$$\frac{\partial \omega(0, y)}{\partial x} = 0; \quad \omega(l/2, y) = 0.$$

$$\text{Тогда } \Phi_i(x) = \left(\frac{2x}{l} \right)^{i+1} - 1.$$

При защемлении пилы в плоскости xOz (рис. 2, б):

$$\frac{\partial \omega(0, y)}{\partial x} = 0; \quad \omega(l/2, y) = 0; \quad \frac{\partial \omega(l/2, y)}{\partial x} = 0.$$

$$\text{Тогда } \Phi_i(x) = \left(\frac{2x}{l} \right)^{i+2} - \left(\frac{i+2}{2} \right) \left(\frac{2x}{l} \right)^2 + \frac{i}{2}.$$

При $k = 1$ получим стержневую модель пилы. Это позволяет в рамках единой методики оценить точность и применимость упрощенных моделей. Такая методика реализована в математическом пакете MapleV 6.

Сравнением результатов тестовых расчетов с расчетами, выполненными по методу конечных элементов, установлено, что при выборе $\omega(x, y)$ в виде ограниченного ряда с $k = 5$, $i = 8$ погрешность в определении максимального прогиба пилы по данной методике не превышает 6,5 % в широком интервале варьирования параметров модели: $b = 60 \dots 220$ мм; $s = 1,0 \dots 2,5$ мм; $L = 1000 \dots 3500$ мм; $l = 300 \dots 900$ мм; $\sigma_p = N/b_s = 50 \dots 150$ МПа; $e = (0 \dots 0,2)b$; $q_p l_p = (0 \dots 0,7)(q_p l_p)_{кр}$.

Анализ расчетов статической жесткости, выполненный по стержневой и пластинчатой моделями, позволил сделать следующие выводы:

1) Относительная погрешность расчетной жесткости полосовых пил по стержневой модели растет с уменьшением толщины пилы и зависит от длины l_q , по которой распределена боковая сила Q . Наибольшая погрешность получена при сосредоточенной боковой силе. В табл. 1 представлены расчеты жесткости для ненагруженной ленточной пилы с параметрами $b = 160$ мм, $L = 2500$ мм, $l = 600$ мм, $e = 0$, опертой на отжимные направляющие и в плоскости наибольшей жесткости закрепленной по схеме рис. 3, а, для разных толщин s (напряжение натяжения $\sigma_p = N/b_s = 100$ МПа). Рассмотрены два варианта распределения боковой силы Q по длине: $l_q = 100$ мм (в числителе) и $l_q = 300$ мм (в знаменателе).

2) Относительная погрешность расчетной жесткости полосовых пил по стержневой модели растет с увеличением натяжения пилы. В табл. 2

Таблица 1

Показатель	Значение показателя для пилы толщиной, мм					
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Жесткость по модели, Н/мм:						
стержневой	<u>32,19</u> 39,04	<u>40,18</u> 48,61	<u>48,97</u> 59,07	<u>58,65</u> 70,57	<u>69,27</u> 83,10	<u>80,92</u> 96,82
пластинчатой	<u>25,22</u> 32,40	<u>33,07</u> 42,11	<u>41,72</u> 52,70	<u>51,23</u> 64,27	<u>61,67</u> 76,92	<u>73,13</u> 90,68
Относительная погрешность, %	<u>27,64</u> 20,49	<u>21,50</u> 15,44	<u>17,38</u> 12,09	<u>14,48</u> 9,80	<u>12,32</u> 8,03	<u>10,65</u> 6,77

Таблица 2

Показатель	Значение показателя для силы натяжения пилы N , Н (напряжения, МПа)				
	11 520 (60)	15 360 (80)	19 200 (100)	23 040 (120)	28 800 (150)
Жесткость по модели, Н/мм:					
стержневой	<u>26,08</u> 31,39	<u>33,15</u> 40,02	<u>40,18</u> 48,61	<u>47,20</u> 57,18	<u>57,72</u> 70,03
пластинчатой	<u>22,64</u> 28,45	<u>27,98</u> 35,43	<u>33,07</u> 42,11	<u>37,95</u> 48,55	<u>44,96</u> 57,81
Относительная погрешность, %	<u>15,19</u> 10,33	<u>18,48</u> 12,96	<u>21,50</u> 15,22	<u>24,37</u> 17,78	<u>28,38</u> 21,14

представлены расчеты жесткости для ненагруженной ленточной пилы с параметрами $s = 1,2$ мм, $b = 160$ мм, $L = 2500$ мм, $l = 600$ мм, $e = 0$, опертой на отжимные направляющие и в плоскости наибольшей жесткости закрепленной по схеме рис. 3, а, для разных усилий натяжения N . (Как и в табл. 1, рассмотрены два варианта распределения боковой силы Q).

3) Относительная погрешность расчетной жесткости полосовых пил по стержневой модели растет с увеличением отношения b/l . В табл. 3 представлены расчеты жесткости для ненагруженной ленточной пилы с параметрами $s = 1,2$ мм, $b = 160$ мм, $L = 2500$ мм, $l = 600$ мм, опертой на отжимные направляющие и закрепленной в плоскости наибольшей жесткости,

Таблица 3

Показатель	Значение показателя для пилы шириной b , мм (l/b)				
	100 (6,00)	130 (4,60)	160 (3,75)	190 (3,16)	220 (2,73)
Жесткость по модели, Н/мм:					
стержневой	<u>33,59</u> 40,72	<u>40,18</u> 48,68	<u>47,20</u> 57,18	<u>54,51</u> 66,01	<u>61,99</u> 75,06
пластинчатой	<u>31,57</u> 39,42	<u>35,32</u> 44,71	<u>37,95</u> 48,55	<u>39,45</u> 50,76	<u>40,16</u> 51,77
Относительная погрешность, %	<u>6,40</u> 3,29	<u>13,76</u> 8,88	<u>24,37</u> 17,78	<u>38,17</u> 30,04	<u>54,35</u> 44,99

Таблица 4

Показатель	Значение показателя при $P = q_p l_p$, Н				
	0	300	500	700	900
Жесткость по модели, Н/мм:					
стержневой	66,01	58,92	54,11	49,28	44,42
пластинчатой	50,76	43,85	39,22	34,57	29,92
Относительная погрешность, %	30,04	34,37	37,97	42,55	48,48

Таблица 5

Показатель	Значение показателя при $P = q_p l_p$, Н				
	0	100	200	300	400
Жесткость пилы на направляющих, Н/мм:					
отжимных	44,13	38,54	32,90	27,25	21,53
двухсторонних	48,66	42,80	36,87	30,89	24,83
Относительная увеличение жесткости, %	10,26	11,05	12,07	13,36	15,33

по схеме рис. 3, а, при разных отношениях l/b . (Как и в табл. 1, 2, рассмотрены два варианта распределения боковой силы Q).

Как видно из табл. 3, в стержневой модели с увеличением ширины пилы в 2,2 раза жесткость возрастает на 85 %, а в пластинчатой – на 31 %.

4) Относительная погрешность расчетной жесткости полосовых пил по стержневой модели растет с увеличением поперечной силы. В табл. 4 представлены расчеты жесткости для ленточной пилы с параметрами $s = 1,2$ мм, $b = 190$ мм, $L = 2500$ мм, $l = 600$ мм, $l_p = l_q = 300$ мм, $N = 27360$ Н ($\sigma_p = N/b_s = 120$ МПа), $e = 0$, опертой на отжимные направляющие и закрепленной в плоскости наибольшей жесткости по схеме рис. 3, а, для различных значений поперечной силы $P = q_p l_p$.

5) Способ закрепления пилы в плоскости наименьшей жесткости оказывает гораздо меньшее влияние на ее статическую жесткость, чем следует из расчетов по стержневой модели. В табл. 5 приведены результаты расчетов двух ленточных пил по пластинчатой модели с параметрами $s = 1,2$ мм, $b = 110$ мм, $L = 2500$ мм, $l = 400$ мм, $N = 10560$ Н ($\sigma_p = N/b_s = 80$ МПа), $l_p = l_q = 200$ мм, $e = 0$, опертой на отжимные и двухсторонние направляющие, для различных значений поперечной силы $P = q_p l_p$.

Увеличение жесткости в рассмотренном случае, полученное в расчете по стержневой модели, значительно больше и составляет 25 %.

6) Разработанная модель позволяет более детально оценить влияние вальцевания и эксцентриситета силы натяжения N на статическую жесткость полосовых пил. На рис. 4, а представлены прогибы среднего сечения ленточной пилы, опертой на отжимные направляющие и нагруженной поперечной $P = q_p l_p = 500$ Н и боковой $Q = q_p l_p = 30$ Н силами,

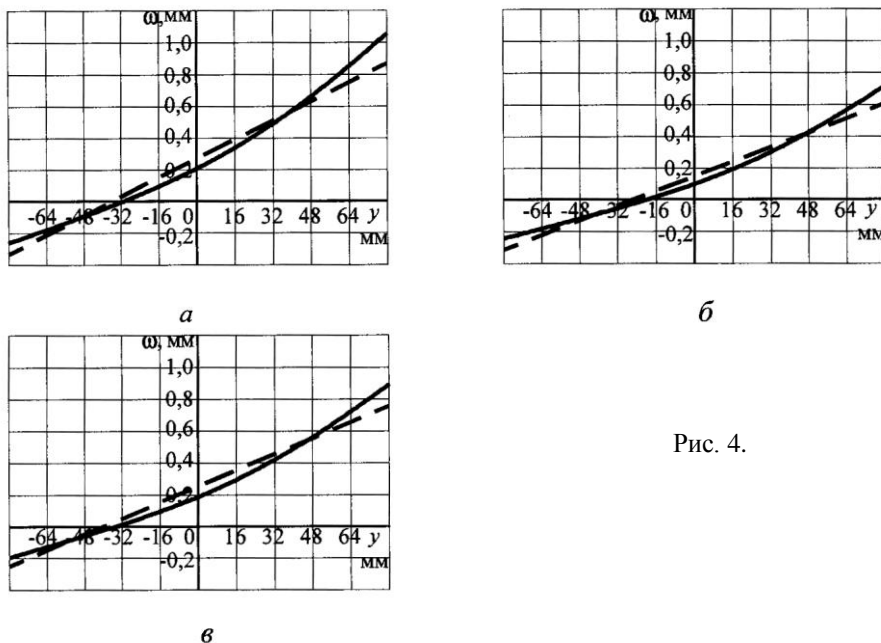


Рис. 4.

распределенными по длине (высота пропила) $l_p = l_q = 300$ мм. Параметры пилы: $s = 1,2$ мм, $b = 160$ мм, $L = 2500$ мм, $l = 600$ мм, $N = 19200$ Н ($\sigma_p = N/b_s = 80$ МПа). На рис. 4, б представлены прогибы среднего сечения для той же пилы, растянутой с эксцентриситетом $e = 20$ мм. На рис. 4, в представлены прогибы среднего сечения для той же пилы, симметрично вальцованной по одному следу шириной $c = 10$ мм с напряжениями вальцевания на кромках $\sigma_p = 18,75$ МПа (на рис. 4 сплошная линия – прогибы сечения, рассчитанные по пластинчатой модели, пунктирная – по стержневой). Анализ рис. 4 показал, что прогибы пилы (рис. 4, а), вычисленные по стержневой модели, в 1,21 раза, а углы поворота сечения на режущей кромке в 1,72 раза меньше, чем в расчетах по пластинчатой модели. Угол поворота режущей кромки может опосредованно влиять на деформации пилы через изменение составляющих силы пиления.

Влияние эксцентриситета силы натяжения на жесткость примерно одинаково: по стержневой модели максимальный прогиб режущей кромки уменьшился в 1,44 раза, по пластинчатой модели – в 1,48 раза. Угол поворота режущей кромки за счет эксцентриситета по стержневой модели уменьшился в 1,30 раза, по пластинчатой – в 1,36 раза.

Влияние вальцевания на жесткость пилы примерно одинаково: по стержневой модели максимальный прогиб режущей кромки вальцованной пилы снизился в 1,15 раза, по пластинчатой модели – в 1,18 раза. Угол поворота режущей кромки вальцованной пилы за счет эксцентриситета уменьшился в 1,19 раза как по стержневой, так и по пластинчатой модели.

Таким образом, применение стержневой модели при расчете жесткости, особенно с увеличением толщины пилы, уменьшением расстояния ме-

жду направляющими, напряжения натяжения и ширины пилы и увеличением нормальной силы, может приводить к погрешности 50 % и более.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брюквин А.В. Динамическая модель колебаний дереворежущих ленточных пил: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В. Брюквин. – МГУЛ, 1994. – 44 с.
2. Доннелл Л.Г. Балки, пластины и оболочки / Л.Г. Доннелл. – М.: Наука, 1982. – 538 с.
3. Лобанов Н.В. Жесткость ленточных пил с учетом отжимных направляющих / Н.В. Лобанов, Г.Ф. Прокофьев, И.С. Лобанова // Лесн. журн. – 2003. – № 6. – С. 62–67. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Прокофьев Г.Ф. Исследование начальной жесткости полосовых пил / Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин, Н.И. Дундин // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 88–95 – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Прокофьев Г.Ф. Начальная жесткость полосовых пил / Г.Ф. Прокофьев, Б.А. Ходерян, С.В. Ершов. – Архангельск: ЦНИИМОД, 1985. – 23 с. – Деп. в ВНИИПИЭЛеспром 17.06.85, № 1589 л.б.
6. Прокофьев Г.Ф. Теоретические исследования начальной жесткости ленточных и рамных пил / Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. науч. тр. АГТУ. – 1997. – Вып. 3. – С. 20–24.
7. Прокофьев Г.Ф. Точность пиления древесины рамными и ленточными пилами / Г.Ф. Прокофьев // Лесн. журн. – 1996. – № 6. – С. 74–80. – (Изв. высш. учеб. заведений).
8. Прочность, устойчивость, колебания. Т.3 / под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1968. – 568 с.
9. Тимошенко С.П. Сопроотивление материалов / С.П. Тимошенко. – Т. 2. – М.: Наука, 1965. – 480 с.

Севмашвтуз

Поступила 9.12.03

N.V. Lobanov, I.S. Lobanova, V.I. Malygin
Stiffness Analysis of Strip Saws

The general technique of calculating static stiffness of loaded strip saws based on the rigid plate's theory is presented, taking into account big number of parameters and allowing to assess accuracy and application limit of the current core models.

УДК 674.093

*В.Г. Уласовец***СРАВНЕНИЕ ОБЪЕМОВ НЕОБРЕЗНЫХ ДОСОК
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ РАСПИЛКИ БРЕВЕН**

Рассмотрено влияние способов распиловки бревен (параллельно продольной оси и параллельно боковой образующей) на объемный выход необрезных досок.

Ключевые слова: распиловка бревен, способ раскря, необрезные доски, объем необрезных досок, относительная разность объемов.

Деревообрабатывающие производства используют на участках первичного раскря значительные объемы необрезных пиломатериалов. Выход из них прямоугольных заготовок зависит не только от качества, но и от формы раскраиваемых необрезных досок, которую определяет форма ствола бревна и способ его продольного раскря. Основными формами стволов пиловочных бревен в лесной таксации принято считать усеченные параболоид и конус [1].

В зависимости от технологического процесса и применяемого в лесопилении оборудования бревна распиливают параллельно их продольной оси (рис. 1, а) или параллельно боковой образующей (рис. 1, б).

Цель нашей работы – определить влияние способов раскря бревен на объем выпиленных необрезных досок.

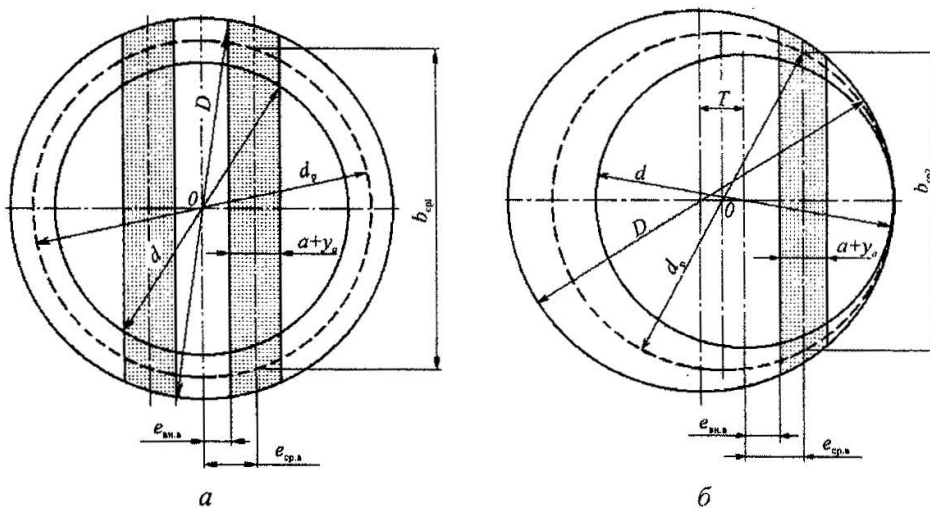


Рис. 1. Раскря бревна параллельно продольной оси (а) и его боковой образующей (б)

Обозначения, принятые на рис. 1:

b_{cp1} – средняя ширина необрезной доски, выпиливаемой из бревна при раскросе параллельно продольной оси;

b_{cp2} – средняя ширина необрезной доски, выпиливаемой из бревна при его раскросе параллельно боковой образующей;

$d = 2r$ – диаметр распиливаемого бревна в вершине;

$D = 2rK$ – диаметр распиливаемого бревна в комле;

K – коэффициент сбега распиливаемого бревна;

d_p – расчетный диаметр бревна на середине его длины;

$e_{вн.в}$ – расстояние от центра вершинного торца бревна до внутренней пласти выпиливаемой доски;

$e_{cp.в}$ – расстояние от центра вершинного торца бревна до середины толщины выпиливаемой доски;

$T = 2r(K - 1)$ – величина смещения геометрического центра комлевого диаметра бревна относительно центра вершинного торца при распиловке параллельно образующей;

$a + y_a$ – толщина выпиливаемой доски с припуском на усушку по толщине, примем $(a + y_a) / 2r = N$.

Если при известной величине $e_{вн.в}$ толщины выпиливаемых досок одинаковы, а их длины равны длине бревна, то в сравниваемых способах раскроса среднюю ширину необрезных досок можно вычислить следующим образом:

ствол в виде усеченного параболоида

$$b_{cp1п} = 2\sqrt{0,5r^2 \left(K^2 + 1 \right) - \left(e_{вн.в} + Nr \right)^2}; \quad (1)$$

$$b_{cp2п} = 2\sqrt{0,5r^2 \left(K^2 + 1 \right) - \left[e_{вн.в} + \sqrt{0,5 \left(K^2 + 1 \right) - r + rN} \right]^2}; \quad (2)$$

ствол в виде усеченного конуса

$$b_{cp1к} = 2\sqrt{\left[0,5r \left(K + 1 \right) \right]^2 - \left(e_{вн.в} + Nr \right)^2}; \quad (3)$$

$$b_{cp2к} = 2\sqrt{\left[0,5r \left(K + 1 \right) \right]^2 - \left[e_{вн.в} + 0,5r \left(K - 1 \right) + Nr \right]^2} \quad (4)$$

или

$$b_{cp2к} = 2\sqrt{\left[0,5r \left(K + 1 \right) \right]^2 - \left[e_{вн.в} + 0,5r \left(K + 1 \right) + r + Nr \right]^2}. \quad (5)$$

Если задано расстояние от центра вершинного торца бревна до середины выпиливаемой доски $e_{cp.в}$, то среднюю ширину необрезных досок вычисляют следующим образом:

ствол в виде усеченного параболоида

$$b_{cp1п} = 2\sqrt{0,5r^2 \left(K^2 + 1 \right) - e_{cp.в}^2}; \quad (6)$$

$$b_{cp2п} = 2\sqrt{0,5r^2 \left(K^2 + 1 \right) - \left[e_{cp.в} + r\sqrt{0,5 \left(K^2 + 1 \right) - r} \right]^2}; \quad (7)$$

ствол в виде усеченного конуса

$$b_{\text{ср1к}} = 2\sqrt{[0,5r(K+1)]^2 - e^2_{\text{ср.в}}}; \quad (8)$$

$$b_{\text{ср2к}} = 2\sqrt{[0,5r(K+1)]^2 - [e_{\text{ср.в}} + 0,5r(K+1)]^2} \quad (9)$$

или

$$b_{\text{ср2к}} = 2\sqrt{[0,5r(K+1)]^2 - [e_{\text{ср.в}} + 0,5r(K-1)]^2}. \quad (10)$$

Установим величину относительного превышения $P_{\%}$ объема необрезных досок, выпиленных параллельно оси бревна, над объемом досок таких же толщин и длин, выпиленных параллельно образующей:

ствол в виде усеченного параболоида

$$P_{\% \text{п}} = \frac{V_{1\text{п}} - V_{2\text{п}}}{V_{1\text{п}}} 100\% = \frac{b_{\text{ср1п}} - b_{\text{ср2п}}}{b_{\text{ср1п}}} 100\%; \quad (11)$$

ствол в виде усеченного конуса

$$P_{\% \text{к}} = \frac{V_{1\text{к}} - V_{2\text{к}}}{V_{1\text{к}}} 100\% = \frac{b_{\text{ср1к}} - b_{\text{ср2к}}}{b_{\text{ср1к}}} 100\%. \quad (12)$$

По уравнению (11) для бревен, форма ствола которых принята за усеченный параболоид, построены графики (рис. 2 а, б), отражающие характер изменения относительной разности $P_{\% \text{п}}$ объемов необрезных досок различных толщин, выпиленных параллельно оси бревна, и объемов необрезных досок, выпиленных параллельно образующей, от величин коэффициентов сбега бревен K и расстояния от центра вершинного торца бревна до внутренней пласти выпиленной доски $e_{\text{вн.в}}$.

Проанализировав уравнения (11) и (12) и построенные по ним графики (рис. 2 а, б) для $K = 1,05 \dots 1,50$ при известной величине $e_{\text{вн.в}}$, установили, что для бревен, имеющих форму ствола в виде усеченных параболоида и конуса, относительная разность сравниваемых объемов необрезных досок $P_{\% \text{п}}$ и $P_{\% \text{к}}$, выпиленных параллельно оси бревна и параллельно образующей, можно сделать следующие выводы.

1. С увеличением расстояния от центра вершинного торца бревна до внутренней пласти выпиленной доски относительная разность сравниваемых объемов необрезных досок увеличивается. Например, при выпиливании доски толщиной $0,2d$ из бревна, имеющего $K = 1,3$, и изменении $e_{\text{вн.в}}$ от $0,05r$ до $0,50r$ относительная разность $P_{\% \text{п}}$ сравниваемых объемов необрезных досок варьируется от 4,2 до 15,8 %, а $P_{\% \text{к}}$ – от 3,9 до 15,1 %.

2. С увеличением коэффициентов сбега бревен относительная разность сравниваемых объемов необрезных досок увеличивается. Например, при выпиливании досок толщиной $0,3d$ на расстоянии $e_{\text{вн.в}} = 0,25r$ и при изменении $K = 1,05 \dots 1,50$ относительная разность $P_{\% \text{п}}$ сравниваемых объемов необрезных досок изменяется от 1,9 до 15,5 %, а $P_{\% \text{к}}$ – от 1,9 до 14,4 %.

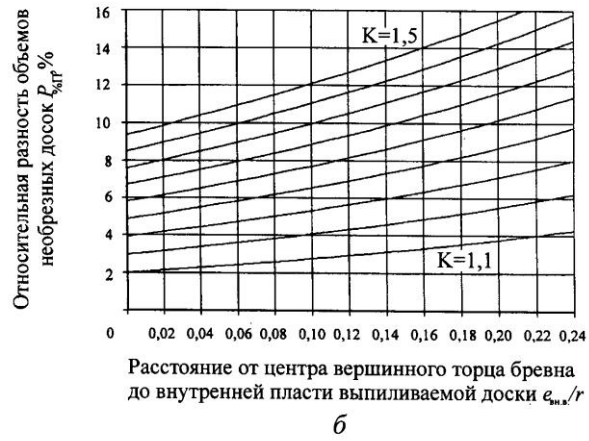
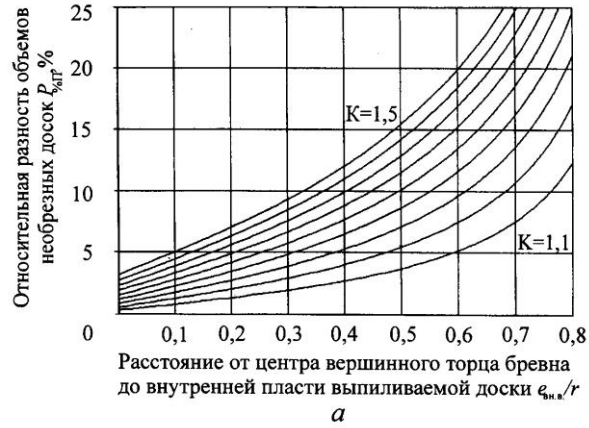


Рис. 2. Изменение относительной разности объемов необрезных досок $P_{гр}$ толщиной $0,05d$ (*a*) и $0,35d$ (*б*) в зависимости от способа распиловки бревен: *a*, *б* – до внутренней пласти доски; *в* – до середины толщины доски

3. С увеличением толщин выпиленных пиломатериалов относительная разность сравниваемых объемов необрезных досок увеличивается. Например, при выпиливании необрезных досок толщиной $0,05d$ и $0,35d$ на расстоянии $e_{\text{вн.в}} = 0,2r$ и при $K = 1,2$ относительная разность $P_{\%п}$ сравниваемых объемов соответственно составит 2,8 и 7,1 %, а относительная разность $P_{\%к} - 2,6$ и 6,8 %.

4. Проанализировав выражения (11) и (12) и построенные по ним графики (рис. 2, в) для $K = 1,05 \dots 1,50$ при известной величине $e_{\text{ср.в}}$, выявили, что способ распиловки бревен оказывает значительное влияние на объемный выход необрезных досок, а относительная разность сравниваемых объемов необрезных досок $P_{\%п}$ и $P_{\%к}$, выпиленных параллельно оси бревна и параллельно образующей, не зависит от толщины досок и изменяется следующим образом:

для необрезных досок, середина толщин которых находится от центра вершинного торца бревна на расстоянии $0,6r$, при изменении K от 1,1 до 1,4 значения $P_{\%п}$ варьируются от 4,4 до 14,8 %, а $P_{\%к} -$ от 4,3 до 13,9 %;

при увеличении $e_{\text{ср.в}}$ относительная разность возрастает, например, для бревен с $K = 1,25$, имеющих форму ствола в виде усеченного параболоида, с увеличением $e_{\text{ср.в}}$ от $0,05r$ до $0,75r$ относительная разность $P_{\%п}$ изменяется от 1,2 до 16,3 %, а для бревен с формой ствола в виде усеченного конуса $P_{\%к} -$ от 1,1 до 15,7 %.

5. Влияние способа раскроя на объемный выход необрезных пиломатериалов из бревен с формой ствола в виде усеченного конуса несколько меньше, чем из бревен с формой ствола в виде усеченного параболоида, что объясняется большим объемом сбеговой зоны в последнем случае. Как установлено ранее [2], в обоих способах распиловки необрезные доски одинаковой толщины при расположении их на равном расстоянии от центра вершинного торца бревна имеют одинаковые размеры пропиленных пластей в вершинном диаметре, но разные в комлевом. Коэффициент сбega необрезных досок, выпиленных параллельно продольной оси, будет больше, а выработанные из них обрезные прямоугольные пиломатериалы будут одинаковыми по размерам и объему, но будут отличаться по объемному выходу (в процентах) от необрезных досок.

Значительная относительная разность объемов необрезных досок, выпиленных при раскрое бревен исследуемыми способами, указывает на преимущество раскроя пиловочника параллельно образующей, а также на необходимость приоритетной переработки таких досок на участках первичного раскроя деревообрабатывающих цехов. Это будет способствовать повышению выхода длинномерных заготовок и деталей, уменьшению количества кусковых отходов, рациональному использованию сырьевых ресурсов и улучшению общих показателей баланса раскроя древесины.

Следует отметить, что при распиловке бревен параллельно образующей уменьшаются площади пропиленных пластей необрезных досок, объем опилок и расход мощности бревнопильного оборудования. Такие доски более однородны по качеству и влажности, следовательно, при сушке

будут меньше коробиться; у них в меньшей мере перерезаны годовичные слои, что должно повысить их прочность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анучин Н.П.* Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 530 с.
2. *Уласовец В.Г.* Рациональный раскрой пиловочника / В.Г. Уласовец. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. – 278 с.

Уральский государственный
лесотехнический университет

Поступила 10.02.04

V.G. Ulasovets

Comparison of Unedged Boards Volumes under Different Methods of Log Sawing

The influence of logs sawing methods (parallel to longitudinal axis and parallel to generatrix) on the volume recovery of unedged boards is analyzed.



УДК 630*174.754:630*18

Н.Е. Косиченко, С.Н. Снегирева

Косиченко Николай Ефимович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой древесиноведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 90 печатных работ в области анатомии коры и древесины.



Снегирева Светлана Николаевна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию. Имеет 6 печатных работ в области экологии и древесиноведения.



ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ КАШТАНА ПОСЕВНОГО И ЕЕ СВЯЗЬ С МАКРОСТРУКТУРОЙ ГОДИЧНОГО СЛОЯ

Рассмотрено влияние вертикальной зональности на структуру и плотность древесины каштана посевного.

Ключевые слова: плотность древесины, годичный слой, вертикальная зональность.

Плотность, тесно связанная с большинством физических и механических свойств древесины, является основным показателем ее качественных характеристик [3]. Этот показатель универсален, так как пределы прочности древесины с увеличением ее плотности также возрастают. Следовательно, плотность превосходит большинство показателей макроструктуры, в том числе и ширину годичного слоя, потому, что их связь с прочностью древесины неоднозначна. Например, у хвойных пород с уменьшением ширины годичного слоя в онтогенезе плотность древесины увеличивается, а у кольцесосудистых пород наблюдается противоположная закономерность: с уменьшением ширины годичного слоя плотность древесины снижается [2].

Прямое определение плотности древесины представляет собой длительный и трудоемкий процесс, в связи с чем представляется важным установление функциональных связей между основными признаками макроструктуры и ее плотностью.

Для исследования были отобраны деревья представителя кольцесосудистых пород – каштана посевного, имеющие возраст 115 ... 120 лет и произрастающие в Пишишском лесхозе Краснодарского края в различных условиях по вертикальной зональности (высота 500, 900 и 1200 м над уровнем моря) [4].

Базисную плотность древесины определяли способом измерения выталкивающей силы, действующей на насыщенный водой образец [5]. Измеряли плотность каждого годичного слоя, фиксируя календарный год образования его и порядковый номер от сердцевины. Для этого выкалывали микрообразцы древесины, толщина которых равнялась ширине годичного слоя, а ширина и длина составляли 5 ... 7 мм [1]. Результаты обрабатывали с помощью программ Fox Pro 2.6 и Excel.

На рис. 1 представлена связь между плотностью древесины каштана посевного в онтогенезе с учетом вертикальной зональности произрастания

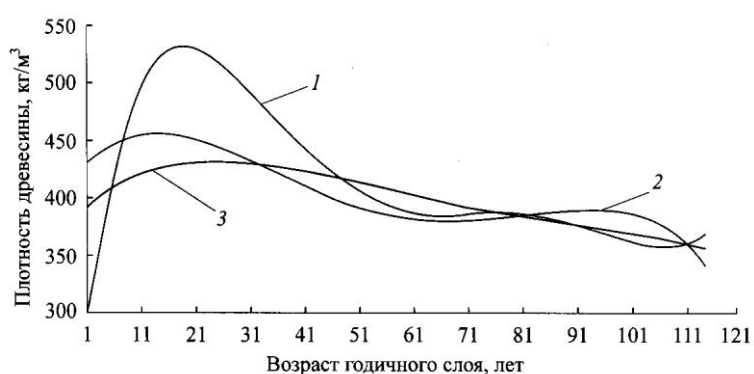
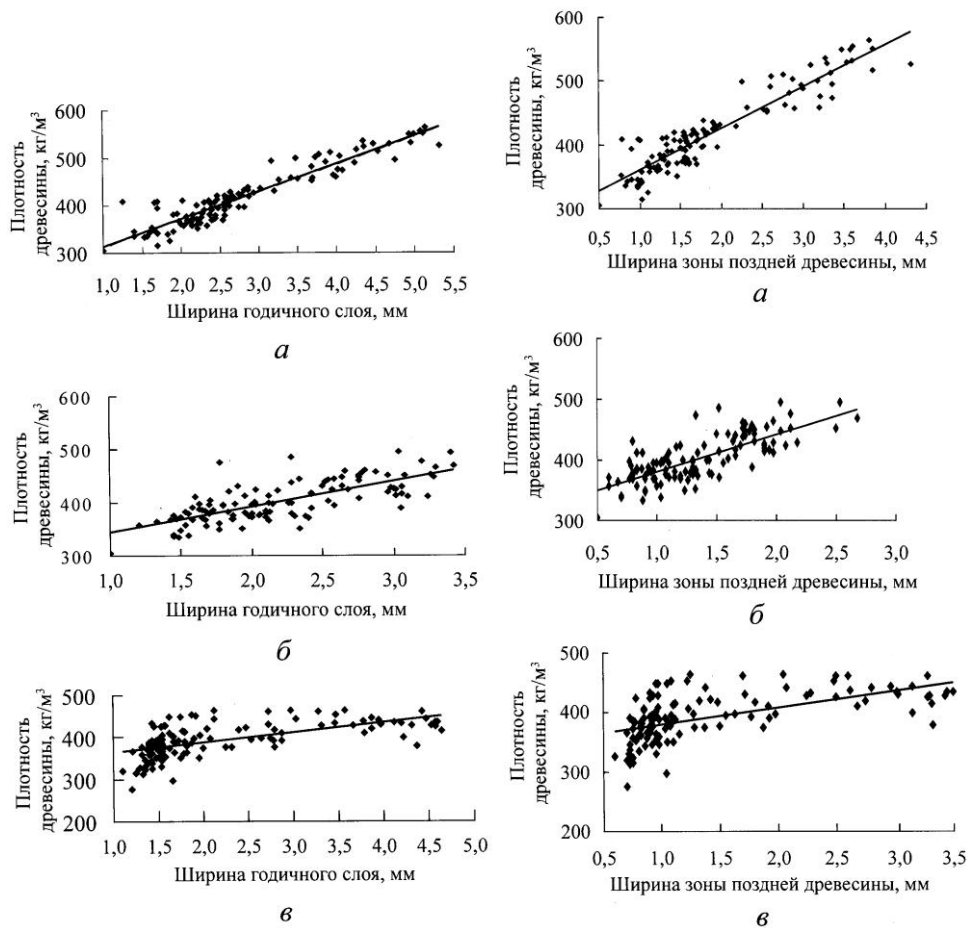


Рис. 1. Изменение плотности древесины каштана посевного в онтогенезе при высоте произрастания над уровнем моря: 1 – 500 м; 2 – 900 м; 3 – 1200 м



насаждений. Как видно из рис. 1, в раннем возрасте плотность древесины увеличивается, достигая максимума к двадцати годам, в последующем она постепенно уменьшается.

Наиболее плотная древесина (563 кг/м^3) формируется на высоте 500 м над уровнем моря. С увеличением высоты произрастания насаждений до 1200 м плотность древесины снижается на 20 %.

На рис. 2 представлена связь плотности древесины и ширины годичного слоя, на рис. 3 – плотности древесины и ширины зоны поздней древесины. Она характеризуется прямо пропорциональной зависимостью вида $y = ax + b$, где значения постоянного коэффициента a и

Рис. 2. Зависимость плотности древесины каштана посевного от ширины годичного слоя (см. обозначения на рис. 1)

Рис. 3. Зависимость плотности древесины каштана посевного от ширины зоны поздней древесины (см. обозначения на рис. 1)

Высота	Ширина годичного	Ширина зоны	Процент поздней
--------	------------------	-------------	-----------------

прирастания над уровнем моря, м	слоя, мм			поздней древесины, мм			древесины		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i>
500	57,9	255,7	0,95	65,4	294,9	0,94	5,7	56,2	0,69
900	48,4	295,8	0,73	60,9	320,2	0,76	2,8	236,1	0,55
1200	23,6	341,4	0,59	28,4	353,0	0,57	3,4	186,7	0,57

свободного члена *b* зависят от высоты над уровнем моря (см. таблицу). Так, на высоте 500 м над уровнем моря максимальные значения плотности молодых годовичных слоев древесины варьируют около 550 кг/м³, на высоте 900 м над уровнем моря – 460 кг/м³, а на высоте 1200 м – 430 кг/м³, т.е. чем выше, тем эти значения ниже, следовательно, и плотность меньше.

Аналогично общей ширине годовичного слоя для ширины зоны поздней древесины с увеличением высоты над уровнем моря значения постоянного коэффициента *a* уменьшаются, а свободного члена *b* увеличиваются. Максимальной ширины (4,3 мм) зона поздней древесины каштана посевного достигает в благоприятных условиях роста – на высоте 500 м над уровнем моря. При этом плотность древесины составляет 575 кг/м³. На высоте 1200 м над уровнем моря максимальная ширина зоны поздней древесины составляет 3,5 мм, что соответствует плотности древесины 450 кг/м³. Коэффициенты корреляции *R* между шириной зоны поздней древесины и ее плотностью такие же, как и в случае с общей шириной годовичного слоя.

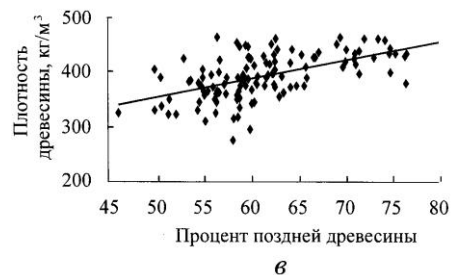
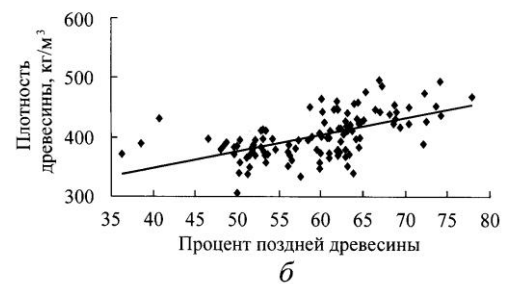
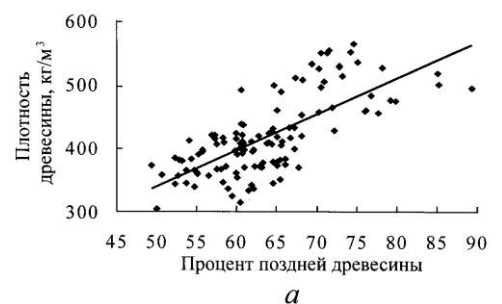


Рис. 4. Зависимость плотности древесины каштана посевного от процента поздней древесины (см. обозначения на рис. 1)

Представленная на рис. 4 степень связи плотности с процентом поздней древесины каштана посевного, вопреки общеизвестному факту [3, 6], снижается по сравнению со степенью связи с шириной годовичного слоя.

Как показывает совместный анализ зависимостей на рис. 2 – 4, наиболее высокими значениями коэффициента корреляции характеризуется связь между плотностью и шириной годичного слоя, плотностью и шириной зоны поздней древесины (0,95; 0,75 и 0,58 при высотах произрастания соответственно 500, 900 и 1200 м над уровнем моря). Данное обстоятельство объясняется малой изменчивостью в онтогенезе ширины зоны ранней древесины [4] и высокой степенью ее корреляции с плотностью.

Выводы

1. Наиболее высокие значения плотности древесины каштана посевного – представителя группы кольцесосудистых пород – отмечены в молодом возрасте (максимум в 20 лет). В дальнейшем с уменьшением ширины годичного слоя плотность древесины постепенно снижается.

2. Установлена прямолинейная зависимость между плотностью древесины и шириной годичного слоя, шириной зоны поздней древесины, процентом поздней древесины. Наиболее высокие коэффициенты корреляции характерны для первых двух показателей макроструктуры годичного кольца. Более низкой степенью связи характеризуются плотность и процент поздней древесины. Объяснить это можно характером развития различных частей годичного слоя древесины кольцесосудистых пород в онтогенезе.

3. Фактор вертикальной зональности накладывает существенный отпечаток на формирование плотности древесины каштана: с увеличением высоты произрастания насаждений плотность древесины значительно уменьшается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Косиченко Н.Е.* Модифицированный способ определения плотности микрообразцов древесины / Н.Е. Косиченко // Современные методы лесной генетики и селекции: сб. науч. тр. – Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1984. – С. 123–128.

2. *Косиченко Н.Е.* Формирование структуры и плотности древесины в онтогенезе / Н.Е. Косиченко // Строение, свойства и качество древесины 2000: материалы III Межд. симп. 11-14 сент. 2000 г. – Петрозаводск, Ин-т леса КарНЦ РАН, 2000. – С. 58–61.

3. *Полубояринов О.М.* Плотность древесины / О.М. Полубояринов. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 160 с.

4. *Снегирева С.Н.* Влияние экологических и генотипических факторов на формирование древесины каштана посевного в условиях Пшишского лесхоза / С.Н. Снегирева // Лесн. наука. Молодежь ВГЛТА – 2002: сб. материалов по итогам науч.-исслед. работы молодых ученых ВГЛТА за 2001/02 гг. – Воронеж, 2002. – С. 323–326.

5. *Столяров Д.П.* Использование кернов древесины в лесоводственных исследованиях: метод. рекомендации / Д.П. Столяров и [др.]. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1988. – 44 с.

6. *Уголев Б.Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения / Б.Н. Уголев. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

Поступила 20.11.03

N.E. Kosichenko, S.N. Snegireva

Wood Density of Sweet Chestnut and its Relation with Macrostructure of Annual Ring

The influence of the vertical zoning on the wood structure and density of sweet chestnut is examined.



УДК 621.935

Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин, А.А. Банников

Прокофьев Геннадий Федорович родился в 1940 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики Архангельского государственного технического университета, действительный член РАЕН. Имеет более 200 печатных работ в области прикладной механики и интенсификации переработки древесины путем совершенствования лесопильного оборудования и дереворежущего инструмента.



Иванкин Илья Игоревич родился в 1971 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования лесного комплекса Архангельского государственного технического университета. Имеет более 30 печатных работ в области совершенствования лесопильного оборудования и инструмента.



Банников Анатолий Анатольевич родился в 1971 г., окончил в 1996 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант кафедры прикладной механики и основ конструирования Архангельского государственного технического университета. Имеет 5 печатных работ в области совершенствования лесопильного оборудования и инструмента.



**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОР**

Рассмотрены пути совершенствования ленточнопильных станков за счет установки аэростатических опор; показана эффективность данного направления.

Ключевые слова: ленточнопильный станок, аэростатические опоры, направляющие.

Широкое применение ленточнопильных станков в промышленности сдерживается малой точностью пиления при больших скоростях подачи и недостаточной долговечностью пил. Большие габариты и металлоемкость ленточнопильных станков затрудняют создание на их основе гибких автоматизированных лесопильных линий (ГАЛЛ).

Точность пиления зависит от сил, действующих на пилу в процессе пиления, и способности пилы противодействовать этим силам. Следовательно, необходимо выполнить мероприятия, направленные на повышение

жесткости и устойчивости пил и снижение сил сопротивления резанию [3], действующих на пилу.

Для повышения жесткости и устойчивости ленточной пилы применяют направляющие, которые уменьшают свободную длину пилы l в плоскости ее наименьшей жесткости. Направляющие могут быть двухсторонние (удерживающие), установленные с зазором δ с двух сторон пилы (рис. 1, *а*), или односторонние (неудерживающие) контактные, отклоняющие пилу на определенную величину (рис. 1, *б*). Двухсторонние направляющие просты по конструкции и для их изготовления не требуются теплоустойчивые и износостойкие материалы. Однако при установке направляющих с зазором устойчивость пил не меняется, а жесткость возрастает незначительно. Направляющие такого типа выполняют в основном роль ограничителей предельных отклонений пилы.

Более эффективны односторонние отжимные направляющие. Они уменьшают свободную длину пилы l в плоскости наименьшей жесткости и за счет этого увеличивают ее жесткость и устойчивость, повышают точность

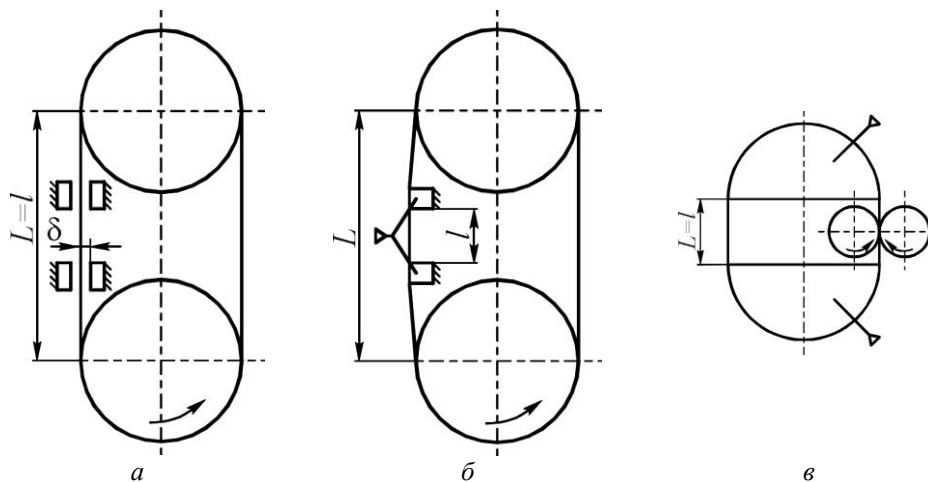


Рис. 1. Принципиальные схемы ленточнопильных станков: *а* – традиционная конструкция (с ограничителями предельных отклонений пилы); *б* – с отжимными аэростатическими направляющими; *в* – с криволинейными аэростатическими опорами

движения пилы в зоне резания, устраняют колебания пилы. Такой тип направляющих находит все большее применение в ленточнопильных станках.

Можно значительно снизить трение пилы о направляющие, если их рабочие поверхности выполнить в виде аэростатических опор. Достоинства отжимных аэростатических направляющих состоят в том, что максимально снижается трение пилы о направляющие, происходит охлаждение пилы воздухом, отсутствует износ направляющих, не требуются дорогие теплоустойчивые и износостойкие материалы.

В работе [6] выполнены теоретические исследования начальной жесткости ленточных и рамных пил. Расчеты начальной жесткости показали, что установка отжимных направляющих в 4 раза повышает жесткость ленточной пилы по сравнению со случаем, когда направляющие отсутствуют. Если вместо отжимных направляющих использовать двухсторонние направляющие, установленные с зазором 0,3 мм, жесткость ленточной пилы снижается в 2 раза [3].

Устойчивость пилы характеризуется величиной критической силы $P_{кр}$. Выполненные расчеты критической силы по формулам, приведенным в работе [4], показывают, что установка отжимных направляющих позволяет повысить устойчивость пилы на 39 ... 44 %.

Для дальнейшего повышения устойчивости пилы необходимо вести работы по уменьшению свободной длины пилы в плоскости наибольшей жесткости L . Это может быть достигнуто при использовании ленточнопильного станка с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим* [3]. У станка такого типа свободная длина пилы l уменьшается в 4–6 раз и значительно повышается ее устойчивость.

На рис. 1, в приведена принципиальная схема ленточнопильного станка с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим опорам, а на рис. 2 – общий вид ленточнопильного станка нового типа.

Созданы опытные образцы ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими [3, 5]. Испытания их подтвердили перспективность выбранного направления совершенствования ленточнопильных станков. Ленточнопильный станок с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим, относится к ресурсосберегающему лесопильному оборудованию, так как при его использовании повышается объемный выход пиломатериалов на 1 ... 3 %, снижаются энергозатраты на 10 ... 15 %, уменьшаются габариты и металлоемкость оборудования на 30 ... 50 %, повышается долговечность пил в 15–20 раз, открывается возможность использовать ленточные пилы с твердым сплавом, упрощается технология изготовления станка, устраняется такой источник шума, как пильные шкивы.

* Конструкция ленточнопильного станка с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим, предложена, научно обоснована и технически проработана проф. Г.Ф. Прокофьевым.

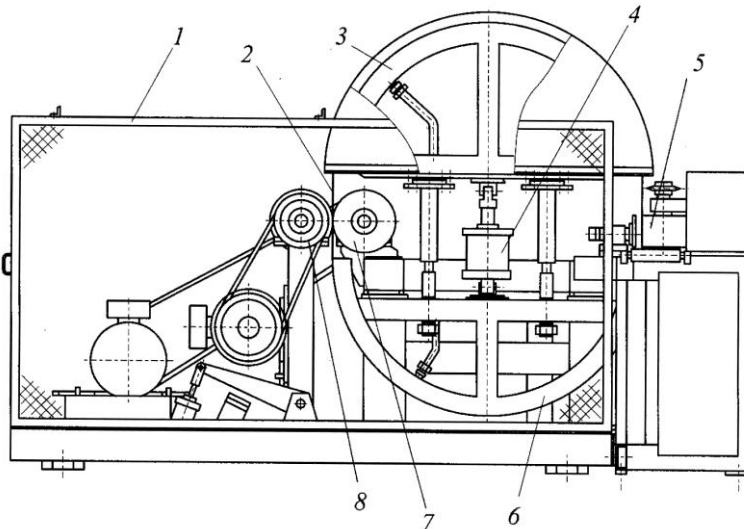


Рис. 2. Ленточнопильный станок с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим: 1 – ограждение; 2 – пила; 3, 6 – верхняя и нижняя криволинейные аэростатические направляющие; 4 – механизм натяжения пилы; 5 – механизм подачи; 7, 8 – приводные фрикционные колеса

Высокая долговечность пил ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими обеспечивается: за счет увеличения радиуса криволинейных направляющих (уменьшения напряжения изгиба), при этом свободная длина L остается постоянной; за счет уменьшения силы натяжения пилы, так как имеется большой резерв по устойчивости из-за сокращения свободной длины пилы L в несколько раз; за счет исключения инерционности и биения шкивов. Расчеты долговечности ленточных пил ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими и их проверка приведены в работе [2].

Боковая составляющая силы резания зависит от силы резания, а также от точности подготовки, установки, движения пилы и точности подачи распиливаемого материала. Точность движения пил зависит от того, насколько точно изготовлен и выверен узел резания. Установка отжимных аэростатических направляющих для пил позволяет повысить точность движения пил.

Большое влияние на точность подачи оказывает конструкция механизма подачи. В делительных ленточнопильных станках наибольшую точность подачи можно достичь при использовании механизма подачи с приводной подающей лентой, движущейся по направляющей линейке, рабочая поверхность которой выполнена в виде аэростатической опоры [1]. Схема механизма подачи приведена на рис. 3. Применение предложенной конструкции обеспечивает надежную и точную подачу обрабатываемого материала.

Значительно повысить эффективность лесопильного производства можно при создании ГАЛЛ на базе ленточнопильных станков. С помощью

этих линий решаются вопросы не только получения пиломатериалов высокого качества при минимальном расходе пиловочного сырья и энергии, но упрощаются и удешевляются работы на складах сырья и пиломатериалов.

ГАЛЛ представляет сложную систему лесопильного и фрезерного оборудования, состоящего из модулей с устройствами их позиционирования; вспомогательного технологического оборудования; устройств для определения размерно-качественных характеристик поступающего сырья, ориентирования и подачи его к обрабатывающему оборудованию; автоматизированных систем оценки качества получаемых пиломатериалов и систем управления элементами линии.

Для быстрого позиционирования ленточных модулей в зависимо-

раскроя сырья, определяемой его размерно-качественными характеристиками, могут быть использованы аэростатические опоры. Схема многопильного ленточнопильного станка приведена на рис. 4.

Сжатый воздух подводится от компрессора к рабочим поверхностям ползунков ленточнопильного модуля, образуя аэростатические опоры. Минимальное трение ползунков о направляющие позволяет значительно снизить

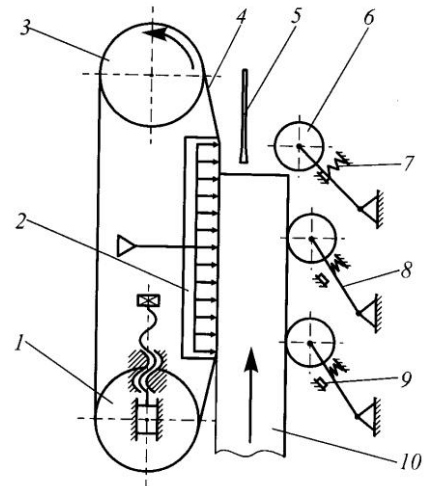


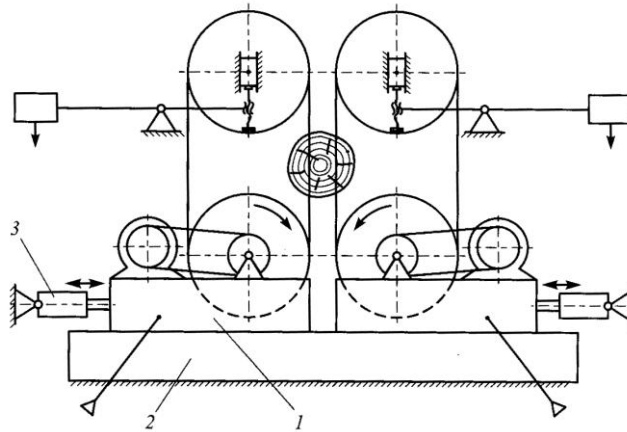
Рис. 3. Механизм подачи делительного ленточнопильного станка:

1, 3 – ведомый и ведущий шкивы; 2 – направляющая линейка, рабочая поверхность которой выполнена в виде аэростатической опоры; 4 – приводная подающая лента; 5 – пила; 6 – прижимные ролики; 7 – пружины; 8 – стойки; 9 – упоры; 10 – распиливаемый материал

и точного позиционирования ленточнопильных

станков от схемы

Рис. 4. Схема многопильного ленточнопильного станка с однопильными модулями, позиционируемыми по аэростатическим направляющим: 1 – ленточнопильный модуль с ползунами, рабочие поверхности которых выполнены в виде аэростатических опор; 2 – станина ленточнопильного станка с направляющими ползун модулей; 3 – позиционер



6* энергозатраты на перемещение ленточнопильного модуля и повысить точность позиционирования.

Для выбора рациональной конструкции аэростатических опор выполнены теоретические и экспериментальные исследования. Результаты исследований и рекомендации по использованию аэростатических опор в технике приведены в работе [5].

Выводы

1. Применение отжимных направляющих для ленточных пил позволяет в несколько раз повысить жесткость пил и частично повысить их устойчивость. Рабочие поверхности направляющих целесообразно выполнить в виде аэростатических опор. Это является важным направлением модернизации действующих ленточнопильных станков.

2. При использовании ленточнопильных станков с криволинейными аэростатическими направляющими можно достичь наибольшего эффекта в повышении долговечности, жесткости и устойчивости пил. Это перспективное направление создания ленточнопильных станков нового типа.

3. С целью повышения точности подачи распиливаемого материала в делительном ленточнопильном станке целесообразно использовать механизм подачи с подающей лентой, движущейся по аэростатической направляющей линейке.

4. Для снижения энергозатрат и повышения точности позиционирования ленточнопильных модулей в гибких автоматизированных лесопильных линиях в кинематической паре ползун–направляющая целесообразно использовать аэростатические опоры.

5. Выполненные теоретические и экспериментальные исследования аэростатических опор могут быть использованы при совершенствовании ленточнопильных станков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2141397 РФ, МКИ В 27 В 25/04, 25/00, 27/10. Механизм подачи деревообрабатывающего станка / Г.Ф. Прокофьев, А.А. Банников, Н.И. Дундин. – Оpubл. 20.11.99, Бюл. № 32. – 3 с.
2. Прокофьев Г.Ф. Долговечность пилы ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими / Г.Ф. Прокофьев // Деревообработ. пром-сть. – 1991. – № 5. – С. 8–10.
3. Прокофьев Г.Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами / Г.Ф. Прокофьев. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 240 с.
4. Прокофьев Г.Ф. Исследование устойчивости пилы ленточнопильного станка с отжимными контактными направляющими / Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин, А.А. Банников // Лесн. журн. – 2002. – № 5. – С. 59–67. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Прокофьев Г.Ф. Применение опор с газовой смазкой в технике: учеб. пособие. / Г.Ф. Прокофьев, Н.И. Дундин, И.И. Иванкин. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 65 с.
6. Прокофьев Г.Ф. Теоретические исследования начальной жесткости ленточных и рамных пил / Г.Ф. Прокофьев, И.И. Иванкин // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. науч. тр. – Вып. 3. – 1997. – С. 20–24.
7. Прокофьев Г.Ф. Точность пиления древесины рамными и ленточными пилами / Г.Ф. Прокофьев // Лесн. журн. – 1996. – № 6. – С. 74–80. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 13.09.05

G.F. Prokofjev, I.I. Ivankin, A.A. Bannikov

Upgrading of Contour Band Saws by Using Aerostatic Bearings

The ways of upgrading contour band saws by using aerostatic bearings are considered. The efficiency of this development is demonstrated.





ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 547.458.8

***Л.С. Кочева, О.В. Броварова, Н.А. Секушин, А.П. Карманов,
Д.В. Кузьмин***

Кочева Людмила Сергеевна – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физикохимии лигнина Института химии Коми НЦ УрО РАН. Имеет более 120 печатных работ в области физикохимии полимеров, химии лигнина, целлюлозы, недревесного растительного сырья, структурной организации биополимеров.



Броварова Ольга Владиславовна – младший научный сотрудник лаборатории физикохимии лигнина Института химии Коми НЦ УрО РАН. Имеет более 10 печатных работ в области химии целлюлозы, лигнина, сорбционных материалов.



Секушин Николай Александрович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института химии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 65 публикаций в области физико-химических методов исследования, ИК-спектроскопии, рентгеноструктурного анализа, степени кристалличности целлюлозы.



Карманов Анатолий Петрович родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Куйбышевский политехнический институт, доктор химических наук, заведующий кафедрой общей и прикладной экологии Сыктывкарского лесного института. Имеет более 250 печатных работ в области физикохимии полимеров, химии лигнина, самоорганизации и фракталов, нелинейной динамики.



СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ*

Дана структурно-химическая характеристика образцов целлюлозы, выделенной из соломы однолетних злаковых растений – овса, ржи и пшеницы. Для получения численной информации применен новый подход, основанный на количественном анализе формы элементарных пиков рентгенограмм образцов целлюлозы.

Ключевые слова: целлюлоза, однолетние злаковые растения, компонентный состав, степень полимеризации, жесткость целлюлозы, ИК-спектроскопия, рентгеноструктурный анализ.

Из всех способов химической переработки древесины главным на сегодняшний день остается варка целлюлозы. По оценочным данным среднегодовой прирост производства волокнистых полуфабрикатов равен примерно 4 ... 5 млн т, а общий годовой объем производства ЦБП в мире составляет около 300 млн т, из них в России – 6,2 млн т [11]. Все возрастающий дефицит ресурсов хвойной древесины, которая наряду с древесиной лиственных пород является основным видом сырья для производства технической целлюлозы в России, создает проблему расширения сырьевой базы ЦБП за счет вовлечения в переработку быстрорастущих лиственных пород, низкокачественной древесины, отходов лесозаготовок и деревообрабатывающих производств, вторичных ресурсов, а также однолетних растений [6]. В настоящее время используется лишь около 1,5 % общих запасов недревесного растительного сырья. Включение в переработку только 10 % однолетних растений и растительных отходов сельского хозяйства позволит получить более 125 млн т в год полуфабрикатов для производства бумаги и картона. Волокнистые полуфабрикаты из недревесного растительного сырья, в частности из однолетних растений и сельскохозяйственных отходов, перспективны в производстве писчей, печатной, сигаретной, упаковочной, фильтровальной, специальных сортов бумаги, коробочного, тарного картона и бумаги для гофрирования [12]. Тенденция на использование недревесного растительного сырья положительная – за последние 10 лет ежегодный прирост целлюлозно-бумажной продукции из этого сырьевого источника составил 10,0 %, а из древесины – 5,5 %. Однако целлюлоза из однолетних растений изучена недостаточно, поскольку основным объектом структурно-химических исследований в химии древесины традиционно является древесная целлюлоза, из травянистых наиболее изучена хлопковая целлюлоза. Ежегодная возобновляемость, экологическая чистота, невысокая стоимость однолетних растений делают их неисчерпаемым сырьевым источником для производства не только продукции ЦБП, но и для нужд медицины, пищевой промышленности, косметологии, ветеринарии.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 04-04-96022 и № 04-03-96029) и программы президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине».

В настоящей работе представлены результаты исследования структурно-химических особенностей целлюлозы из однолетних злаковых растений. В качестве исходного сырья использовали стебли (солома) овса *Avena sativa*, ржи *Secale sp.* и пшеницы *Triticum sp.*, заготовленных в конце вегетационного периода на территории Сысольской сортоиспытательной станции (Республика Коми). По общепринятым в химии древесины методикам [9] определен компонентный состав растительной ткани овса, ржи и пшеницы, %: целлюлоза Кюршнера – соответственно 44,7; 49,0; 48,7; лигнин Комарова – 22,5; 20,0; 21,4; легкогидролизуемые полисахариды – 21,0; 17,4; 20,5; трудногидролизуемые полисахариды – 39,2; 43,3; 33,9; общее содержание полисахаридов – 60,2; 60,7; 54,5; водорастворимые вещества – 14,6; 9,4; 14,3; экстрактивные вещества – 4,2; 3,1; 5,6; зола – 5,0; 2,6; 3,1. Погрешность составила ± 3 %. Варку целлюлозы из однолетних злаковых растений проводили в автоклаве в течение 3 ч при температуре 150 °С, давлении 6 атм с использованием смеси из этилового спирта и воды (50 : 50) с добавлением гидроксида натрия (40 г на 1 л смеси) в качестве катализатора. В табл. 1 дана характеристика образцов целлюлозы, полученных из однолетних злаковых растений. Средняя степень полимеризации образцов целлюлозы (по вязкости их растворов в фосфорной кислоте) колеблется в пределах 3000 ... 3100. О высокой эффективности делигнификации свидетельствуют результаты определения жесткости целлюлозы и содержания остаточного лигнина.

На рис. 1 представлены ИК-спектры образцов целлюлозы, выделенных водно-этанольной варкой из соломы злаковых растений. Спектры получены на спектрометре «Specord-M80» в области частот 4000 ... 400 см⁻¹ (таблетки KBr). Количественную обработку ИК-спектров проводили по известной методике [7] с применением метода базисной линии и нормирования по внутреннему стандарту – полосы ~2900 см⁻¹ (ОН-, СН- и СН₂-валентные колебания). Среднеквадратичная ошибка составляла ± 5 %. В спектрах всех исходных образцов отмечены характерные полосы целлюлозы [3].

В области валентных колебаний ОН-групп присутствует широкая полоса около 3400 см⁻¹. Значительную интенсивность имеет также полоса ~2900 см⁻¹ (ОН-, СН- и СН₂-валентные колебания). В области 1653 см⁻¹ наблюдается поглощение молекул адсорбированной воды. В области 900 ... 1500 см⁻¹ расположены полосы поглощения сложной конфигурации с

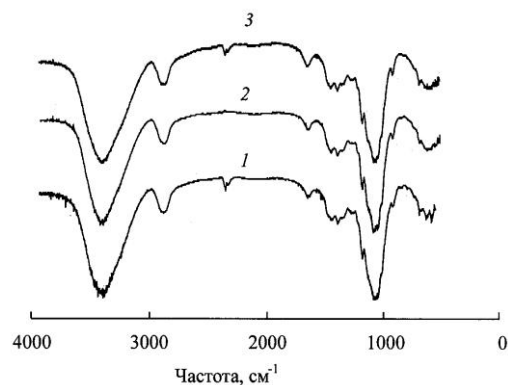
Таблица 1

Характеристика образцов целлюлозы из недревесного растительного сырья

Образец	Степень полимеризации	Жесткость целлюлозы, п.ед.	Содержание лигнина Комарова, %
Ц-О	3100	60,2	1,4
Ц-Р	3100	46,5	1,3
Ц-П	3000	72,8	1,6

Примечание. Ц-О – целлюлоза, выделенная из стеблей овса; Ц-Р – ржи; Ц-П – пшеницы.

Рис. 1. ИК-спектры образцов целлюлозы из однолетних злаковых растений: 1 – Ц-О; 2 – Ц-Р; 3 – Ц-П



несколькими максимумами. Здесь проявляются валентные колебания С–О, С–С ($\sim 1060, 1163 \text{ см}^{-1}$), связанные колебания СН-, CH_2 - и ОН-групп ($1150 \dots 1500 \text{ см}^{-1}$), а также «дыхательные» колебания кольца ($\sim 900 \text{ см}^{-1}$) и валентные колебания С–О в аморфных областях целлюлозы. В этой же области проявляются частоты деформационных колебаний О–Н, СН-, CH_2 - и С–ОН.

В табл. 2 представлены отнесение основных полос поглощения и значения относительной оптической плотности (ООП). В низкочастотной области

ИК-спектроскопические характеристики образцов целлюлозы

Отнесение	Характеристики образцов		
	Ц-О	Ц-Р	Ц-П
ВК ОН-групп (вовлеченные в водородную связь)	3452/3,05	3412/3,60	3452/1,46
ВК СН-групп в метильных и метиленовых группировках	2904/1,00	2904/1,00	2908/1,00
ДК Н-О-Н (кристаллизационной воды)	1640/0,58	1640/0,44	1634/0,17
Плоскостные ДК ОН-групп	1437/0,88	1437/1,04	1439/0,90
»	1340/0,94	1348/1,04	1348/0,43
»	1327/0,96	1327/1,04	1330/0,41
ДК СН-групп	1375/1,00	1379/1,12	1379/0,46
»	1271/0,95	1269/0,76	1269/0,34
»	1244/0,70	1244/0,76	1246/0,33
ВК СО-групп, ДК ОН- и СОН-групп	1163/1,82	1164/2,16	1163/0,90
ВК СО-связи в C_3H -ОН-группе	1055/4,98	1067/4,32	1067/1,70
ВК СО-групп в первичной спиртовой группе	1028/3,05	1017/4,04	1017/1,55
Асимметричные колебания кольца в противофазе и колебания C_1 в гликозидной структуре	899/0,57	893/0,56	893/0,25
Колебания пиранозного кольца	665/0,70	667/0,76	669/0,30
Внеплоскостные ДК ОН-групп	596/0,88	580/1,00	580/0,41
»	503/0,82	484/0,68	490/0,37

Примечание. 1. ДК и ВК – деформационные и валентные колебания.
2. В числителе приведены значения λ (см^{-1}), в знаменателе – ООП_{2904} .

400...700 см^{-1} , которая показана на рис. 1, расположены диффузные структурно-чувствительные полосы с несколькими нечетко выраженными максимумами, которые полностью исчезают лишь в случае разрушения кристаллической структуры целлюлозы.

Установлено, что в природных волокнах целлюлозы практически все гидроксилы включены в водородную связь, причем низкочастотная область полосы 3400 см^{-1} характеризует гидроксилы, включенные в более сильную водородную связь, а высокочастотная – в более слабую водородную связь [10]. В табл. 3 приведен индекс асимметрии для полосы поглощения валентных колебаний ОН-групп, который рассчитывали как отношение высокочастотной части полуширины полосы $\sim 3400 \text{ см}^{-1}$ к низкочастотной ее части [7]. Наименьший индекс (0,57) имеет образец Ц-П, что свидетельствует о наличии плотной сетки прочных водородных связей, наибольший – образец Ц-О. Это позволяет предположить, что целлюлоза из овсяной соломы характеризуется

достаточно рыхлой сеткой водородных связей. Указанные особенности могут влиять на показатели механической прочности недревесной целлюлозы и тем самым предопределять направления их практического использования.

Полученные образцы целлюлозы, кроме основного компонента, могут содержать остаточные количества гемицеллюлоз и лигнин. Присутствие этих соединений приводит к появлению дополнительного поглощения: для гемицеллюлоз (уроновые кислоты) – 1730 см^{-1} (ВК С=О в сложноэфирной группе); для лигнина – скелетные колебания бензольного кольца 1595, 1495 и 1515 см^{-1} , а также характеристической полосы 1460 см^{-1} (ДК С-Н) [1]. Как следует из анализа ИК-спектров, данные полосы поглощения отсутствуют, что является дополнительным свидетельством возможности получения целлюлозы высокой чистоты из однолетних злаковых растений при использовании варки в водно-этанольной среде.

На рис. 2, а–в и в табл. 4 представлены результаты рентгеноструктурного анализа образцов целлюлозы, который был выполнен с помощью дифрактометра ДРОН-3М. Использовано $K\alpha$ -излучение меди, выделенное никелевым фильтром. Длина волны $\lambda = (1,542 \pm 0,002) \text{ \AA}$. Рабочее напряжение 30 кВ, сила анодного тока 20 мА. Уровень фона отражен на рентгенограммах в виде горизонтальной линии.

Дифрактограммы имеют характерные для кристаллической структурной модификации целлюлозы I рефлексы с индексами Миллера 002 и 00 $\bar{1}$. Количественный рентгеноструктурный анализ образцов целлюлозы позволяет определять степень кристалличности, размеры зерен (кристаллических блоков), внутренние напряжения, деформации [4, 5]. По рентгенограммам можно на-

Таблица 3
Характеристика полосы поглощения ОН-групп ($\sim 3400 \text{ см}^{-1}$) образцов целлюлозы

Образец	Индекс асимметрии
Ц-О	0,64
Ц-Р	0,61
Ц-П	0,57

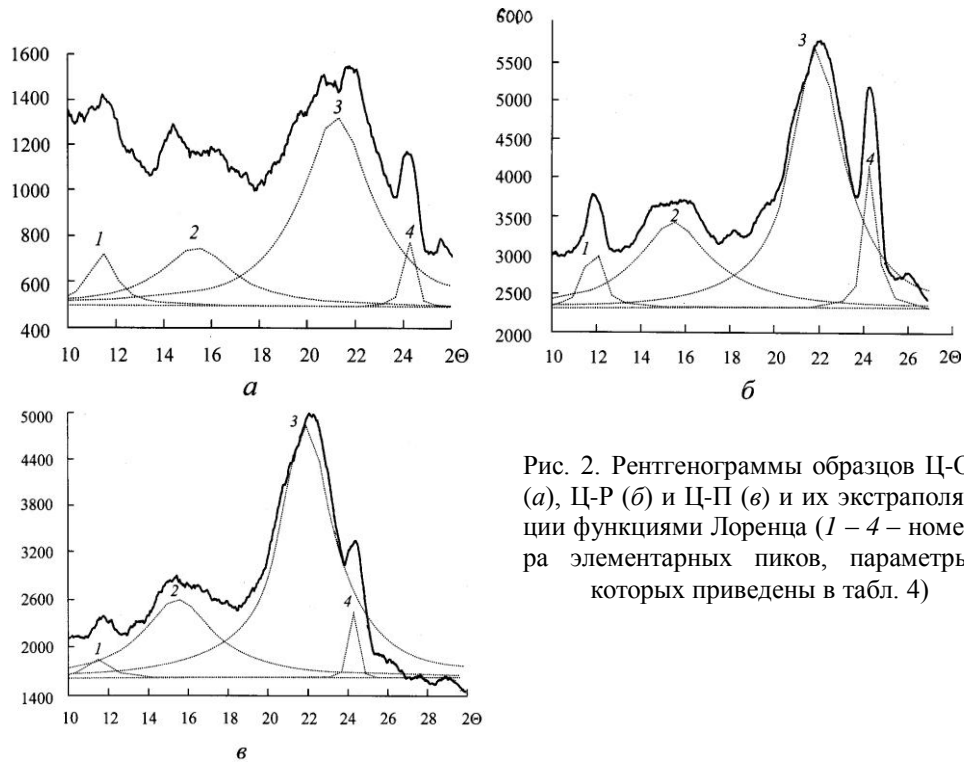


Рис. 2. Рентгенограммы образцов Ц-О (а), Ц-Р (б) и Ц-П (в) и их экстраполяции функциями Лоренца (1 – 4 – номера элементарных пиков, параметры которых приведены в табл. 4)

Таблица 4

Параметры элементарных пиков рентгенограмм образцов целлюлозы

Образец	Порядковый номер пика	$S \cdot 10^{-3}$, у.е.	$2\Theta_{\max}$, град	a , град	$H \cdot 10^{-3}$, у.е.
Ц-О	1	0,44	11,4	1,3	0,23
	2	1,14	15,4	3,7	0,25
	3	4,48	21,2	3,4	0,83
	4	0,21	24,2	0,4	0,34
Ц-Р	1	1,14	11,8	0,8	0,91
	2	6,84	15,5	3,9	1,11
	3	14,62	22,0	2,7	3,40
	4	1,85	24,5	0,5	2,22
Ц-П	1	0,49	11,5	1,4	0,23
	2	6,35	15,5	4,3	0,94
	3	15,47	21,9	3,2	3,07
	4	0,41	24,2	0,3	0,91

Примечание. S – площадь; $2\Theta_{\max}$ – положение максимума; a – полуширина; H – высота.

блюдать переход одной структурной модификации в другую, что проявляется в смещении рентгеновских пиков.

Характер дифрактограмм подтверждает сохранение структурной модификации нативной целлюлозы после проведения процесса варки. Полученные данные в целом согласуются с литературными данными для природной целлюлозы [2].

Разложение кривых (рис. 2) на элементарные пики Лоренца осуществляли по программе ORIGIN–6. Точность экстраполяции 3 %. Как показали расчеты, разложение рентгенограмм на кривые Гаусса в 2 раза менее точно. Пики 2 и 3 являются типичными для целлюлозы любого ботанического происхождения и относятся соответственно к отражениям от плоскостей $00\bar{1}$ и 002. В пользу их одинаковой природы говорит то, что отношение их площадей, высот и ширины практически одинаково для всех образцов. На рентгенограммах исследуемых образцов недревесной целлюлозы имеется четкий узкий пик 4 в области $2\Theta = 24,2 \dots 24,4$ град, отсутствующий на рентгенограммах древесной и хлопковой целлюлозы. Как показывает анализ рентгенограмм (табл. 4), относительная интенсивность этого сигнала (по отношению к интенсивности основного сигнала 3) зависит от происхождения целлюлозы. В порядке увеличения интенсивности пика 4 образцы целлюлозы образуют ряд: Ц-П < Ц-О < Ц-Р. По нашему мнению, наличие сигналов при $2\Theta = 24,2 \dots 24,4$ град и $2\Theta = 11,4 \dots 11,8$ град свидетельствует о возможности существования в недревесной целлюлозе нескольких разновидностей структурно-упорядоченных (кристаллических) элементов.

Как известно, ширина сигнала на рентгенограммах при $2\Theta = 22$ град характеризует степень кристалличности целлюлозы. Наиболее узкий пик дает образец Ц-Р, соответственно можно предположить, что целлюлоза, выделенная из соломы ржи, обладает наиболее высокой степенью кристалличности. В порядке уменьшения степени кристалличности образцы целлюлозы образуют ряд: Ц-Р > Ц-П > Ц-О. Этот вывод может служить косвенным подтверждением того факта, что более предпочтительна для промышленной переработки солома пшеницы и ржи, поскольку из этого вида сырья получают целлюлозу, бумага и картон с наиболее высокими показателями механической прочности [8].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Л. Беллами. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 590 с.
2. Богомолов Б.Д. Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений / Б.Д. Богомолов. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 400 с.
3. Жбанков Р.Г. Инфракрасные спектры целлюлозы и ее производных. / Р.Г. Жбанков. – Минск: Наука и техника, 1964. – 338 с.
4. Иоелович В.Я. Изучение размеров и дефектности кристаллических областей целлюлозы / В.Я. Иоелович, Г.П. Веверис // Химия древесины. – 1985. – № 6. – С. 30–34.

5. *Иоелович В.Я.* Определение степени кристалличности целлюлозы рентгенографическими методами / В.Я. Иоелович, Г.П. Веверис // *Химия древесины*. – 1987. – № 5. – С. 72–80.

6. *Ковернинский И.Н.* Комплексная химическая переработка древесины: учеб. для вузов / И.Н. Ковернинский [и др.]; под ред. И.Н. Ковернинского. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. – 347 с.

7. *Ледвик И.Ю.* Исследование химического состава, молекулярной и надмолекулярной структуры целлюлозных материалов методом ИК-спектроскопии / И.Ю. Ледвик // *Методы исследования целлюлозы*. – Рига: Зинатне, 1981. – С. 32–43.

8. *Москалева В.Е.* Диагностические признаки недревесных растительных и химических волокон / В.Е. Москалева [и др.]; под ред. Н.П. Зотовой-Спановской. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 129 с.

9. *Обленская А.В.* Практические работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Обленская [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 411 с.

10. *Петропавловский Г.А.* Микрористаллическая целлюлоза (Обзор) / Г.А. Петропавловский // *Химия древесины*. – 1979. – № 6. – С. 3–21.

11. *Смушкин З.Д.* В конце XX века / З.Д. Смушкин // *Целлюлоза. Бумага. Картон*. – 2001. – № 1. – С. 8–11.

12. *Judt M.* Zellstoffe aus Einjahrespflanzen und Nichtholzfaserstoffen / M. Judt // *Papirwirt.* – 2001. – N 10. – P. 41–44.

Институт химии Коми НЦ УрО РАН
Сыктывкарский лесной институт

Поступила 20.05.05

*L.S.Kocheva, O.V. Brovarova, N.A. Sekushin,
A.P. Karmanov, D.V. Kuzmin*

Structural-and-chemical Characteristic of Non-wood Pulp Types

Structural-and-chemical characteristic of pulp specimens isolated from annual cereals straw – oats, rye and wheat is provided. New approach for producing numerical information is used based on the quantitative analysis of elementary peaks form of X-ray photographs for pulp specimen.



УДК 631.572.004.8

О.В. Иогансон, С.Г. Ермаков, Ф.Х. Хакимова

Иогансон Ольга Владимировна родилась в 1978 г., окончила в 2000 г. Пермский государственный технический университет, аспирант кафедры технологии ЦБП ПГТУ. Имеет 4 печатные работы в области комплексного использования древесного сырья.



Ермаков Станислав Глебович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Пермский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии ЦБП ПГТУ. Имеет более 30 печатных трудов в области комплексного использования древесного сырья.



Хакимова Фирдавес Харисовна родилась в 1938 г., окончила в 1965 г. Уральский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии ЦБП Пермского государственного технического университета, заслуженный работник высшей школы РФ. Имеет 150 научных трудов в области теории и технологии целлюлозы.



**К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ
ОКОРКИ ДРЕВЕСИНЫ**

Предложен эффективный вариант интенсификации процессов экстрагирования дубильных веществ и получения волокнистого полуфабриката из лубяной части отходов окорки древесины ели, отличающийся от разработанных ранее меньшими продолжительностью и энергозатратами.

Ключевые слова: отходы окорки, комплексная утилизация, экстракция, дубильный экстракт, горячий размол, лубяной волокнистый полуфабрикат, интенсификация, эффективность.

В настоящее время отходы окорки древесины используют в основном в качестве топлива, однако объем такого использования невелик. В ЦБП многотоннажные не утилизируемые отходы окорки древесины вывозят в отвалы, тогда как кора, особенно ее лубяной слой, содержит большое количество весьма ценных компонентов, служащих потенциальным источником получения важных для народного хозяйства продуктов. Кроме того, при хранении в отвалах отходы окорки представляют определенную пожарную

и экологическую опасность, так как происходит их частичное разложение и загрязнение окружающей среды.

Нами разработан оптимальный вариант комплексного использования отходов окорки древесины на целлюлозно-бумажных предприятиях [2], который включает разделение отходов окорки древесины на корково-древесную и лубяную части (с примесью небольшого количества древесины); использование корково-древесной части (влажность которой значительно ниже, чем лубяной) в качестве топлива; использование лубяной части для производства дубильных экстрактов и лубяного волокнистого полуфабриката (ЛВП) путем гидротермической обработки без применения химических реагентов (для производства оберточной бумаги и картона); использование образующегося при получении ЛВП гидролизата для выращивания кормовых дрожжей. Таким образом, вся физическая масса коры утилизируется.

Цель данной работы – интенсификация процессов экстракции дубильных веществ из твердой фазы и получения лубяного волокнистого полуфабриката.

Известно [9], что процесс выделения водорастворимых веществ из коры ели и сосны при водной и сернокислотной обработках протекает по механизму последовательных сопряженных реакций первого порядка. Причем в начальной стадии преобладает физико-химический процесс экстрагирования таннидов, свободных сахаров и других водорастворимых веществ; при дальнейшей обработке протекают более энергоемкие химические превращения (гидролиз) с накоплением редуцирующих веществ и органических кислот.

Нами изучены кинетические зависимости изотермического процесса водной обработки лубяной части отходов окорки древесины при температуре 20, 40, 60, 80 и 95 °С в течение 0,5 ... 6,0 ч. При проведении обработки свыше 6 ч наблюдалось незначительное увеличение выхода водорастворимых веществ в экстракте, а содержание дубильных веществ (таннидов) иногда даже уменьшалось, вероятно, вследствие разрушения легкогидролизуемых таннидов под влиянием продолжительного действия температуры.

Экспериментальные данные водной экстракции лубяной части отходов окорки еловой древесины представлены на рис. 1. Среднеквадратичное отклонение показателя в каждой точке не превышает 2,5 % по отношению к средней (из 7-8 параллельных определений) величине.

Из полученных данных видно, что основное (80 ... 90 %) накопление в экстрактах дубильных и водорастворимых веществ происходит в первые 2...3 ч. В зависимости от температуры процесса максимальный выход таннидов колеблется от 2,8 до 6,3 % от абс. сухой массы луба, а количество извлекаемых общих водорастворимых веществ – от 7,5 до 23,8 % от абс. сухой массы луба.

Для удовлетворительного описания гетерогенных процессов, происходящих с древесным веществом, подходит дифференциальное уравнение первого порядка, предложенное Аррениусом [4]:

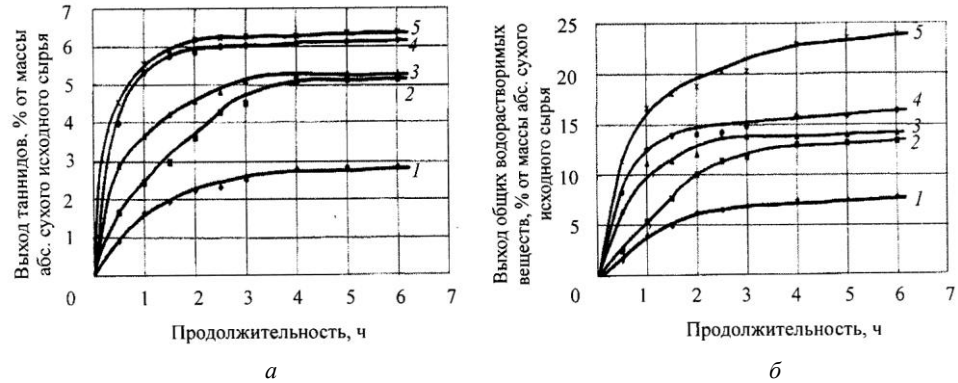


Рис. 1. Кинетика выделения таннидов (а) и общих водорастворимых веществ (б) из лубяной части отходов окорки древесины в процессе водной обработки при различных температурах: 1 – 20 °С; 2 – 40; 3 – 60; 4 – 80; 5 – 95 °С

$$\frac{dx}{d\tau} = -kx, \quad (1)$$

где k – константа скорости реакции;
 x – выход древесного остатка, %.

Зависимость константы скорости реакции от температуры описывается законом Аррениуса:

$$k = z_0 \cdot \exp\left(\frac{-E}{RT}\right), \quad (2)$$

где z_0 – предэкспоненциальный множитель (число столкновений атомов в единицу времени), с^{-1} ;

E – энергия активации (энергия, необходимая для преодоления потенциального барьера отталкивания электронных оболочек атомов), Дж/моль;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);

T – температура в зоне реакции, К.

По величине энергии активации можно определять область протекания процесса. Для кинетической области $E = 75\,000 \dots 135\,000$ Дж/моль, для переходной – $41\,900 \dots 75\,000$ Дж/моль, для диффузионной – $8\,380 \dots 17\,000$ Дж/моль.

Проинтегрировав уравнение (1), получим:

$$\ln \frac{100}{x} = k\tau - C, \quad (3)$$

где C – постоянная интегрирования.

Пользуясь интегральной формой (3) уравнения (1), можно определить константу скорости реакции как тангенс угла наклона аппроксимирующей прямой в координатах

$$\ln\left(\frac{100}{100-G}\right) = f(\tau) \quad \text{и} \quad \ln\left(\frac{100}{100-ДВ}\right) = f(\tau),$$

где G и ДВ – соответственно содержание общих водорастворимых (сухих) веществ и таннидов в полученных водных экстрактах в момент времени τ , %.

Отношение $\frac{100}{100-G}$ или $\frac{100}{100-ДВ}$ можно охарактеризовать как величину,

обратную степени незавершенности изотермического процесса экстрагирования [8].

Произведенные расчеты указанных величин и полученные графики аппроксимирующих прямых в координатах $\ln\left(\frac{100}{100-G}\right) = f(\tau)$ позволяют оп-

ределить константы скорости процессов накопления в экстрактах сухих и дубильных веществ. Полученные кинетические кривые содержат два практически прямолинейных участка. Первый, сравнительно короткий участок ($\tau \leq 2,5$ ч), соответствует более быстрой стадии 1, где наблюдается наиболее интенсивный прирост выхода экстрагируемых веществ. На медленной стадии 2 ($\tau \geq 2,5$ ч) в экстрактах продолжается накопление водорастворимых веществ, причем при повышенных температурах значительное влияние в процесс накопления экстрактивных веществ, вероятно, вносит частичный гидролиз полисахаридов луба коры под каталитическим воздействием уксусной кислоты, образующейся при отщеплении ацетильных групп гемицеллюлоз. Обе стадии процесса экстрагирования взаимно перекрываются и осложнены конденсацией и полимеризации флоботаннидов, особенно при продолжительной обработке и повышенной температуре, что приводит к некоторому снижению содержания дубильных веществ [9].

На основании найденных констант скоростей при различных значениях температуры можно определить энергию активации процесса экстрагирования, а также предэкспоненциальный множитель z_0 в уравнении (2). Для этого необходимо представить опытные данные констант скоростей и температуры в логарифмической анаморфозе уравнения Аррениуса (2):

$$\ln k = \ln \left[z_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \right].$$

В результате преобразований значение E/R можно определить как тангенс угла наклона аппроксимирующей прямой в координатах $-\ln k = f(1/T)$, а $-\ln z_0$ – как отрезок оси ординат, отсекаемый аппроксимирующей прямой.

Найденные опытные значения констант скоростей (k_1, k_2) для каждой стадии, а также рассчитанные значения энергии активации E процессов выделения водорастворимых веществ и таннидов приведены в табл. 1 и на рис. 2 ($a : 1 - y = 1916,0 x + 2,1307; 2 - y = 2100,0 x + 4,8965; b : 1 - y = 1610,4 x + 1,7011; 2 - y = 1923,4 x + 3,0658$).

Найденные сравнительно невысокие экспериментальные значения энергии активации свидетельствуют о преобладании диффузионного характера водного экстрагирования дубильных веществ из лубяной части отходов окорки древесины ели.

Таблица 1

Экспериментальные значения констант скоростей и энергии активации процессов накопления в экстракте водорастворимых веществ и таннидов

$t, ^\circ\text{C}$	T, K	$(1/T) \cdot 10^3$	Общие водорастворимые вещества				Танниды			
			Стадия 1		Стадия 2		Стадия 1		Стадия 2	
			k_1	$E, \text{Дж}$	k_2	$E, \text{Дж}$	k_1	$E, \text{Дж}$	k_2	$E, \text{Дж}$
20	293	3,4	0,6567		0,6833		1,6273		0,5556	
40	313	3,2	1,2450		1,2917		3,2127		0,8333	
60	333	3,0	1,3972	13379,10	0,9404	15983,45	2,6222	15921,96	1,6389	17451,00
80	353	2,8	2,3889		1,5912		7,4444		2,2369	
95	368	2,7	1,8472		3,6117		5,6111		2,0436	

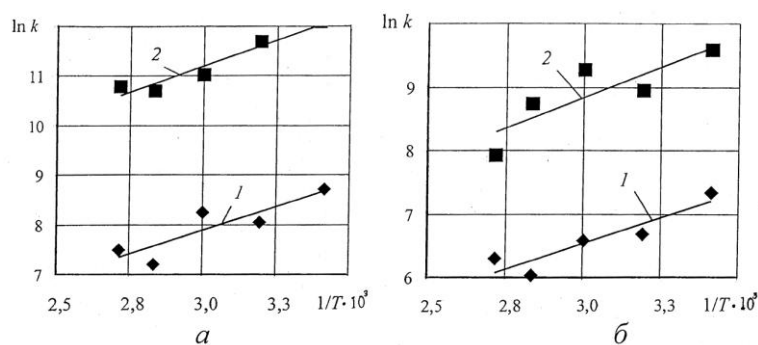


Рис. 2. Графическое представление зависимости $-\ln k = f(1/T)$ для таннидов (а) и общих водорастворимых (б) веществ на стадиях 1 (1) и 2 (2)

Следовательно, интенсивность протекания процесса водной экстракции будет зависеть во многом от диффузии экстрагента (воды) во внутреннюю структуру древесного вещества (луба), т.е. пропитки; скорости растворения дубильных и водорастворимых веществ; диффузии растворенных веществ на границе раздела фаз и др.

Таким образом, для интенсификации процесса водной экстракции отходов окорки древесины можно использовать следующее: увеличить интенсивность перемешивания гетерогенной системы, активной поверхности твердой фазы, температуры процесса, уменьшить геометрические размеры твердой фазы.

Указанные условия достаточно полно могут быть реализованы при совмещении процесса экстракции и диспергирования частиц луба в поле механических пульсаций. При этом происходит частичное разрушение стенок волокон в лубе и обеспечивается быстрый и легкий доступ к внутренней структуре волокон, а пульсация среды в значительной мере интенсифицирует протекание массообменных и диффузионных процессов.

В наших исследованиях в качестве аппарата для экстракции использован лабораторный дезинтегратор с лопастями ротора, обеспечивающими кавитационное, пульсационное, ударное воздействия на суспензию и гидродинамическое межслоевое трение.

Таблица 2

**Характеристика дубильных экстрактов из лубяной части
отходов сухой окорки древесины ели**

Способ экстрагирования	Массовая доля веществ в экстракте		Доброкачество, %
	танинов	водорастворимых	
4-кратная водная экстракция (температура 90 °С, гидромодуль 7, продолжительность цикла 90 мин)	4,93 1,88	10,70 4,10	46,10
4-кратная водная экстракция в гидродинамическом аппарате (температура 90 °С, гидромодуль 8, продолжительность цикла 5 мин)	5,02 1,72	10,80 3,80	46,50

Примечание. В числителе приведены данные в процентах от абс. сухого сырья, в знаменателе – в граммах на литр.

В результате проведенных исследований с использованием статистических методов планирования эксперимента [7] получены математические модели процесса экстрагирования дубильных веществ в гидродинамическом аппарате, выявлены закономерности влияния различных факторов на результаты экстракции, рассчитан оптимальный режим экстракции [3, 5].

В табл. 2 представлены данные, характеризующие дубильные экстракты из лубяной части отходов сухой окорки древесины ели, полученные четырехкратной водной экстракцией: по разработанному ранее [2] оптимальному режиму для традиционного статического экстрактно-диффузионного метода; по предлагаемой нами методике, совмещающей экстракцию с диспергированием в гидродинамическом аппарате.

Как видно из данных табл. 2, предлагаемая методика позволяет получать экстракты с характеристиками не ниже, чем у экстрактов традиционного метода (выход дубильных веществ и доброкачество примерно одинаковы). Однако предлагаемый способ существенно экономит время (продолжительность цикла экстракции всего 5 мин против 90 мин при традиционном способе) и электроэнергию (по предварительной оценке расход электроэнергии на производство дубильного экстракта в гидродинамическом аппарате в 2,5–3 раза ниже, чем при традиционном способе).

Предварительные исследования [2] по изучению химического состава компонентов отходов окорки древесины ели показали, что в лубе содержание целлюлозы и лигнина меньше, чем в древесине, однако легкогидролизуемых полисахаридов в лубе в 1,7 раза выше, чем в древесине. Луб отличается от древесины также более высоким содержанием в нем экстрактивных и пектиновых веществ, золы. Кроме этого, лубяные волокна и клетки луба связаны между собой не лигнином, а гемицеллюлозами и пектиновыми веществами. Поэтому частичное удаление их в процессе обработки водой при повышенной температуре позволяет легко распушить луб на отдельные

волокна, т. е. получить волокнистый полуфабрикат без применения химикатов [1]. Ранее разработанный и оптимизированный способ получения лубяного волокнистого полуфабриката (ЛВП) [2] отличается высокой температурой обработки (145 °С) и большой продолжительностью (3 ч).

С целью более эффективного использования одубины (остатка лубяной части после экстракции дубильных веществ) и для решения задачи усовершенствования способа получения ЛВП предложено лубяную часть отходов окорки древесины обрабатывать водой при температуре 90 °С в течение 20 мин (4 цикла по 5 мин) в гидродинамическом аппарате с целью извлечения ценного продукта – дубильных веществ; либо лубяную часть обрабатывать паром при температуре 90 ... 95 °С. В результате действия высокой температуры и диспергирования частично разрушаются или ослабляются связи между волокнами луба, полученная таким образом лубяная масса подвергается горячему размолу до лубяного волокнистого полуфабриката [6], который характеризуется сравнительно высокими выходом (около 63 %), средней длиной волокна и физико-механическими показателями.

В табл. 3 приведено изменение физико-механических показателей ЛВП в зависимости от степени помола.

Из представленных данных видно, что в процессе размолу развитие физико-механических показателей ЛВП происходит наиболее интенсивно до степени помола 40 ... 45 °ШР; при этих же степенях помола ЛВП обладает довольно хорошими характеристиками поведения на сеточном столе (обезвоживаемость, водоудержание, средняя длина волокна). Это говорит о целесообразности использования его в композиции бумаги и картона при степени помола 40 ... 45 °ШР.

Таблица 3

Зависимость физико-механических показателей ЛВП, полученного горячим размолем, от степени помола

Показатель	Значения показателя для степени помола, °ШР				
	16	24	33	40	60
Продолжительность размолу в ЦРА, мин	2	4	6	8	10
Обезвоживаемость, с	9	23	27	40	94
Разрывная длина, м	1000	2350	3200	4150	5300
Нулевая разрывная длина, м	1700	2800	3800	4750	5600
Соппротивление:					
изгибу на 90 °	81	97	162	146	140
продавливанию, кПа	40	60	78	80	144
раздиранию, мН	53	63	171	196	142
Водоудержание, %	230	245	253	278	296
Средневзвешенная длина волокна, мм	–	2,90	2,55	2,03	0,95
Силы связи между волокнами, Н/мм ²	0,20	0,26	0,32	0,35	0,53
Удельный объем субмикроскопических капилляров, см ³ /г	0,42	1,16	1,63	1,74	2,20

Сравнение полученного волокнистого полуфабриката с ЛВП от гидротермической обработки [2] и изучение химического состава этих образцов показало, что в ЛВП от горячего размола в большей степени сохраняются исходные легкогидролизуемые полисахариды по сравнению с ЛВП от гидротермической обработки, что благоприятно сказывается на его бумагообразующих свойствах. ЛВП от горячего размола обладает также более развитой структурой субмикроскопических капилляров по сравнению с ЛВП от гидротермической обработки, что говорит о лучшей реализации его основных бумагообразующих свойств.

Предлагаемый вариант получения ЛВП методом горячего размола обеспечивает высокий (60 ... 63 против 48 ... 50 % у ЛВП от гидротермической обработки) выход волокнистого полуфабриката, обладающего не худшими, а в некоторых случаях и лучшими, прочностными характеристиками при меньших затратах времени и электроэнергии.

Таким образом, предлагаемый вариант интенсификации процессов получения дубильного экстракта и лубяного волокнистого полуфабриката позволяет внести существенные изменения в технологию комплексной утилизации отходов окорки древесины с заменой металлоемких аппаратов-реакторов на компактные аппараты интенсивного массообмена. Следует отметить, что предлагаемые усовершенствования являются частью разработки новой эффективной технологии комплексного использования отходов окорки древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 558996 СССР. Способ получения волокнистого полуфабриката / И.С. Гелес // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки. – 1977. – № 19.
2. Ермаков С.Г. Разработка технологии комплексной утилизации отходов окорки древесины (часть 1 и 2) / С.Г. Ермаков, Ф.Х. Хакимова // Лесн. журн. – 2002. – № 5; 2003. – № 1. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Леконцева О.В. Интенсификация процесса экстрагирования дубильных веществ из отходов окорки древесины ели / О.В. Леконцева, С.Г. Ермаков // Молодежная наука Прикамья-2002: науч. конф. молодых ученых, 6-9 дек. 2002 г., Россия, Пермь. – С. 17–23.
4. Непенин Н.Н. Технология целлюлозы. Т. 1. Производство сульфитной целлюлозы / Н.Н. Непенин. – Изд. 2-е, перераб.; под ред. Ю.Н. Непенина. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 624 с.
5. Пат. 2220206 RU, МКИ С 14 С 3/10, 3/12. Способ получения дубильного экстракта / Ермаков С.Г., Хакимова Ф.Х., Носкова О.А., Леконцева О.В. – № 2003108151/12; заяв. 24.03.2003; опубл. 27.12.2003, Бюл. № 36. – 1 с.
6. Пат. 2220244 RU, МКИ D 21 В 1/04, 1/30, D 21 С 1/00, 1/02. Способ получения волокнистого полуфабриката. / Ермаков С.Г., Хакимова Ф.Х., Носкова О.А., Леконцева О.В. – № 2003108149/12; заяв. 24.03.2003; опубл. 27.12.2003, Бюл. № 36. – 1 с.

7. Пен Р.З. Статистические методы моделирования и оптимизации процессов целлюлозно-бумажного производства: учеб. пособие / Р.З. Пен. – Красноярск: Изд-во КГУ, 1982. – 192 с.

8. Холькин Ю.И. Кинетический анализ реакции гидролиза гемицеллюлоз / Ю.И. Холькин, Е.В. Школьников, В.А. Елкин // Химия древесины. – 1989. – № 2. – С. 21–24

9. Школьников Е.В. Кинетика выделения водорастворимых веществ из коры ели и сосны при водной и сернокислотной обработках / Е.В. Школьников, Г.Ф. Ананьева, Г.Н. Мальцева // Лесн. журн. – 1996. – № 1–2. – С. 186–194. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Пермский государственный
технический университет

Поступила 7.04.04

O.V. Johanson, S.G. Ermakov, F.Kh. Khakimova

Efficiency Increase for Utilization of Debarking Wastes

The efficient variant for processes intensification of extracting tannin and producing fibrous semi-finished product from fiber part of spruce debarking wastes is offered being different from the one developed before in less duration and power inputs.

УДК 678.4

С.С. Глазков, Е.В. Снычева, В.С. Мурзин

Глазков Сергей Сергеевич родился в 1961 г., окончил Воронежский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры химии Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 50 печатных работ в области древеснополимерных композиций.



Снычева Елена Васильевна родилась в 1979 г., окончила в 2002 г. Воронежский государственный университет. Аспирант кафедры химии Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 2 печатные работы в области органической химии.



Мурзин Виктор Сергеевич родился в 1937 г., окончил в 1959 г. Воронежский инженерно-строительный институт, кандидат технических наук, профессор, первый проректор Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 80 научных работ в области технологии клееных материалов и плит.



**ОЛИФА ДЛЯ ДЕРЕВООБРАБОТКИ
НА ОСНОВЕ КУБОВЫХ ОСТАТКОВ НЕФТЕХИМИИ**

Установлена возможность получения высокоэффективной олифы на основе кубовых остатков производства синтетического каучука. Показано взаимодействие модельных систем целлюлозы и синтезированной олифы с образованием структурированных систем, обладающих повышенными физико-механическими показателями.

Ключевые слова: олифа, синтез, структурирование, сиккатив, целлюлоза.

Известно [3], что при полимеризации бутадиена в присутствии металлокомплексных катализаторов в качестве побочных продуктов образуются олигомеры бутадиена. Так, в производстве бутадиенового каучука образуются кубовые остатки ректификации возвратного растворителя, которые содержат: 4-винилциклогексен-1 (ВЦГ), циклододекатриен-1,5,9 (ЦДТ), *n*-додекатетраен-2,4,6,10 (НДТ), растворитель – толуол (КОРТ). Основными компонентами являются КОРТ и ВЦГ.

Установлена возможность получения на основе данных кубовых остатков стиролсодержащих сополимеров, нашедших эффективное применение

ние в качестве компонента композиционной олифы. Однако полимерные материалы, полученные методом радикальной сополимеризации олигомеров бутадиена со стиролом, отличаются низкой конформационной свободой и отсутствием реакционноспособных функциональных групп. Отмеченные обстоятельства снижают эффективность взаимодействия с древесиной, что отражается на качестве древесных изделий [4].

Поэтому поиск более эффективных мономеров для сополимеризации с компонентами КОРТ, способных дать низкомолекулярные сополимеры с реакционноспособными функциональными группами, имеет научный и практический интерес. Отдельно рассматривалась возможность протекания процесса сополимеризации ВЦГ в силу его низкой реакционной способности, снижающей эффективное использование КОРТ для получения пленкообразующих веществ.

Рассчитанные величины резонансной стабилизации ($Q = 0,22$) и полярного фактора ($e = -0,18$) указывают на наличие у ВЦГ электронодонорных свойств. Наличие данных свойств послужило основой для изучения его сополимеризации с акриловыми мономерами, в частности с метилметакрилатом (ММА) [1] и малеиновым ангидридом (МАН).

Установлена следующая закономерность: способность сомономеров к радикальному взаимодействию с ВЦГ повышается с ростом фактора e и снижением Q . Для МАН получены наиболее благоприятные значения: $e = 2,25$ и $Q = 0,23$ [5], что послужило основанием для экспериментального исследования процесса сополимеризации ВЦГ с этим сомономером.

Сополимеризация ВЦГ с МАН представляла интерес с точки зрения введения в состав низкомолекулярного полимера полярных ангидридных групп, способных в присутствии влаги переходить в карбоксильные функ-

Таблица 1

Свойства сополимеров ВЦГ с МАН

Соотношение ВЦГ:МАН, моль	Выход олигомера, %	Конверсия ВЦГ, %	Содержание связанного МАН, %	Молекулярная масса M_n , а.е.м.
1 : 0,10	24,0	15,0	3,4	600
1 : 0,25	35,3	26,8	6,3	1200
1 : 0,50	57,4	34,2	14,2	1500
1 : 1,00	70,2	42,5	21,3	1800

циональные группы, обладающие высокой реакционной способностью к взаимодействию с компонентами древесины в присутствии сиккативного комплекса [7].

Процесс проводили в растворе толуола при температуре 145 °С в присутствии радикального инициатора – гипериза, взятого в количестве 3,0 % от общей массы мономеров.

Свойства полимерных материалов на основе ВЦГ и МАН в зависимости от соотношения мономеров приведены в табл. 1, данные которой сви-

детельствуют о том, что выход соолигомера и конверсия ВЦГ увеличиваются с ростом соотношения сомономеров.

Установлено, что при содержании МАН в полимере выше 7 % соолигомер плохо растворяется в органических растворителях (толуол, ксилол).

На основе КОРТ был получен опытный образец олифы для деревообработки – сополимер олигомеров бутадиена с МАН (ОБМАН-6), содержащий 6 % ангидридных групп или около 12 % карбоксильных. В качестве сравнения были рассмотрены натуральные (смесь полимеризованных глицеридов льняного масла и сиккатива 64 Б) и комбинированные олифы, имеющие следующий состав, % мас.: полидиен – 28,0.; деполимеризованный каучук СКД ЛПР – 24,0.; сиккатив 64 Б – 3,0; растворитель (уайт-спирит, бензин «калоша», ксилол и др.) – остальное.

В табл. 2 приведены физико-химические свойства традиционных и синтезированной нами олиф. Кислотное число выражает количество карбоксильных групп. Оно показывает, сколько миллиграммов едкого кали было затрачено на этерификацию 1 г вещества. Степень неопределенности исследуемого соединения выражается бромным числом, которое равно числу граммов брома, присоединившихся к 100 г неопределенного соединения [2].

Согласно данным табл. 2, количество карбоксильных групп и двойных связей в ОБМАН-6 увеличилось по сравнению с натуральной олифой. Сочетание высокополярных карбоксильных групп с двойными связями циклогексеновых групп, на наш взгляд, обеспечивает более высокую активность кислорода воздуха в структурных процессах, которые протекают с участием двойных связей.

Данные химического анализа полимера были подтверждены методом ИК-спектроскопии. Для исследования модельных систем целлюлозы с опытной олифой были сняты ИК-спектры образцов целлюлозы,

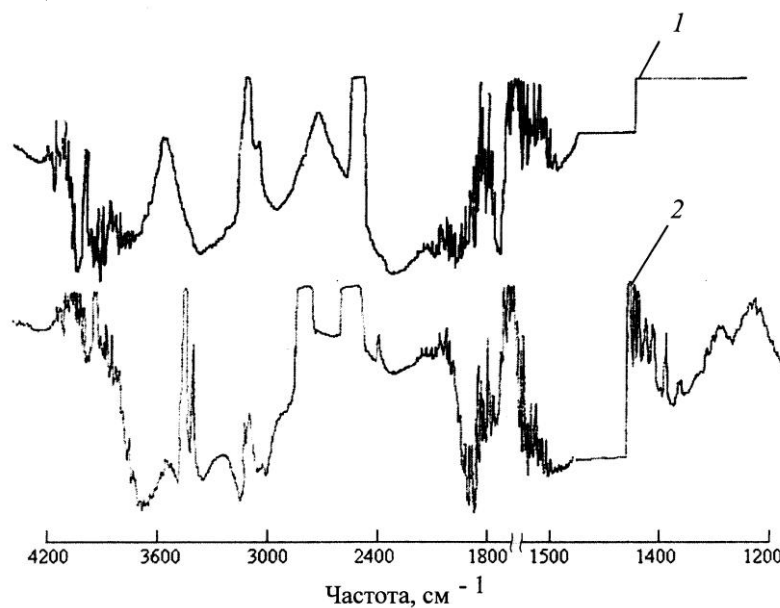
Таблица 2

Физико-химические свойства олиф [4]

Показатель	Значение показателя для олифы		
	натуральной	комбинированной	ОБМАН-6
Плотность, кг/м ³	935...945	–	990
Кислотное число, мг КОН/г, не более	7	10	12
Эфирное число, мг КОН/г, не менее	185	–	–
Бромное число, г Br ₂ /100 г, не менее	160	–	213
Условная вязкость по ВЗ-4 при 20 °С, с	19...25	22...42	18...25
<i>M_n</i> , а.е.м.	1800...3600	–	900...1200

пропитанной составом на основе этой олифы. Тонкие образцы целлюлозы после пропитки испытуемой олифой подвергали сушке по методике для древесных образцов. Сравнение полученных спектров пропитанной целлю-

лозы со спектром исходной целлюлозы (см. рисунок) показало, что после пропитки и термообработки целлюлозы наблюдается появление полосы поглощения с частотой 1733 см^{-1} , которая характеризует появление сложноэфирной группы [6]. Наличие полосы поглощения в этой области может свидетельствовать об образовании данных связей между компонентами олифы и целлюлозой.



ИК-спектры целлюлозы: 1 – контроль; 2 – модифицированная опытной олифой

Таблица 3

Прочность фильтровальной бумаги, пропитанной растворами низкомолекулярных полимерных продуктов

Олифа	Предел прочности при разрыве, МПа			
	без сиккатива		с сиккативом	
	X	σ	X	σ
Контроль	14	1	–	–
ОБМАН-6	22	5	46	5
Натуральная олифа	–	–	16	1
Композиционная олифа	–	–	29	3

Также были изучены прочностные характеристики фильтровальной бумаги, пропитанной опытной олифой. Прочность может косвенно свидетельствовать о возможном характере взаимодействия между олигомерным комплексом и целлюлозой, возникающего в процессе пропитки и термообработки (табл. 3).

Как следует из данных табл. 3, прочность пропитанной бумаги существенно выше, чем в контроле (без пропитки). Эффективность взаимодействия определяется в основном влиянием молекулярной массы олигомеров и присутствием сиккатива. Функциональность олифы проявляется за счет содержащихся 6 % ангидридных групп или около 12 % карбоксильных, которые в присутствии сиккатива обеспечивают рост прочности вследствие способности структурироваться по выше предлагаемой схеме.

Таким образом, олифа на основе кубовых остатков может достойно конкурировать с традиционными материалами для деревообработки, расширяя ассортимент олиф и обеспечивая квалифицированную утилизацию кубовых остатков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазков С.С. Радиальная сополимеризация олигомеров бутадиена с метилметакрилатом / С.С. Глазков, С.С. Никулин // Производство и использование эластомеров. – 1997. – № 5. – С. 6–9.
2. Губен-Вейль. Методы органической химии. Методы анализа / Губен-Вейль. – 2-е изд., стереотип. – М.: Химия, 1967. – Т. 2. – 1032 с.
3. Литвин О.Б. Основы технологии синтеза каучуков / О.Б. Литвин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1972. – 526 с.
4. Никулин С.С. Радиальная сополимеризация олигомеров бутадиена со стиролом / С.С. Никулин [и др.] // Промышленность СК, шин и РТИ: НТИС. – 1985. – № 10. – С. 3–5.
5. Хэм Дж. Е. Соплимеризация / Дж. Е. Хэм [и др.]. – М.: Химия, 1971. – 651 с.
6. Тарутина Л.И. Спектральный анализ полимеров / Л.И. Тарутина, Ф.О. Позднякова. – Л.: Химия, 1986. – 248 с.
7. Энциклопедия полимеров. – М.: Сов. энциклопедия, 1972. – Т. 1. – 1043 с.

Воронежская государственная
лесотехническая академия

Поступила 10.03.2004

S.S. Glazkov, E.V. Snycheva, V.S. Mursin

Drying Oil for Woodworking on Basis of Petrochemistry Stillage Bottoms

The possibility of producing high-performance drying oil on basis of stillage bottoms of synthetic rubber production is established. The interaction of model cellulose systems and synthetic drying oil resulting in formation of structured systems with increased physico-mechanical characteristics is demonstrated.

УДК 676.16

Ю.В. Севастьянова, Л.А. Миловидова, Г.В. Комарова, Т.А. Королева

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



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



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



ВЛИЯНИЕ СУЛЬФИДНОСТИ БЕЛОГО ЩЕЛОКА НА ВЫХОД И СВОЙСТВА ЛИСТВЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Приведены данные о выходе, свойствах и белимости целлюлозы, полученной при различной сульфидности щелока.

Ключевые слова: лиственная сульфатная целлюлоза, сульфидность белого щелока, остаточный лигнин, группы гексенурановой кислоты, способность к отбеливанию.

Одним из основных факторов сульфатной варки, влияющих на скорость делигнификации древесины, выход и свойства целлюлозы, является сульфидность варочного щелока. Присутствие сульфида в варочном щелоке облегчает делигнификацию, ускоряет переход лигнина в раствор, в то время как скорость растворения углеводной части древесины практически не изменяется. В результате этого продолжительность варки до определенной степени провара сокращается, выход увеличивается, а свойства целлюлозы улучшаются.

Установлено, что при варке еловой щепы увеличение сульфидности от 0 до 16 % ускоряет процесс равноценно повышению температуры варки на 7 ... 8 °С в интервале от 150 до 170 °С. Полученная в этих условиях целлюлоза содержит в 1,5 раза меньше лигнина, чем полученная при температуре более 170 °С (при одинаковом выходе). Дальнейшее повышение сульфидности до 31 % не приводит к ускорению варки и улучшению делигнификации в этом интервале температур. При повышении температуры варки еловой щепы до 175 °С и сульфидности до 33 % была получена целлюлоза с максимальным выходом, которая имела светло-коричневую окраску и высокие показатели механической прочности. Дальнейшее повышение сульфидности до 40 % не сопровождалось снижением механической прочности волокна, но целлюлоза приобретала более темный цвет [2].

В результате других исследований [2] было установлено, что благоприятное влияние сульфидности в отношении ускорения делигнификации и повышения содержания α -целлюлозы в процессе варки хвойной древесины наблюдается при увеличении сульфидности от 0 до 20 %.

При варке березовой древесины растворение остаточного лигнина также улучшается с ростом сульфидности белого щелока [1]. Результаты исследования варки осиновой древесины показали, что увеличение сульфидности щелока от 10 до 30 % вызывает повышение степени провара (снижение числа Каппа с 17 до 12 ед.) и механической прочности целлюлозы. В то же время увеличение сульфидности усиливает корродирующее действие щелока и дурной запах вследствие выделения большого количества летучих метилсернистых соединений.

Оптимальной сульфидностью при варке лиственной древесины считается интервал 15 ... 20 %, а для – хвойной 25 ... 35 % [1]. Возможность снижения сульфидности белого щелока при варке лиственной древесины объясняется особенностями химического строения лигнина и его более низкой молекулярной массой. Однако исследования по влиянию сульфидности белого щелока на качество лиственной целлюлозы ограничивались собственно процессом варки и оценкой показателей небеленой целлюлозы.

Цель нашего исследования – изучить влияние сульфидности белого щелока на химический состав небеленой лиственной сульфатной целлюлозы, ее белимость и расход химикатов при отбелке.

Для этого были проведены варки щепы (соотношение березовой и осиновой древесины 1:1) по следующему режиму: гидромодуль – 4, температура – 165 °С, расход щелочи – 18 и 21 % (в ед. Na_2O), продолжительность подъема температуры от 70 до 160 °С – 120 мин, продолжительность стоянки на конечной температуре – 60 и 90 мин, сульфидность белого щелока – 15 ... 35 % (табл. 1).

При варках с низкой начальной концентрацией активной щелочи (45,0 г/л) повышение сульфидности до 37 % приводит к увеличению числа Каппа и снижению выхода сортированной целлюлозы, что свидетельствует о замедлении варки. При более высокой концентрации активной щелочи

(52,5 г/л) увеличение сульфидности в меньшей степени влияет на скорость варки. Минимальное значение числа Каппа в этой серии варок было достигнуто при сульфидности 20 %, при дальнейшем увеличении этого показателя можно отметить некоторое замедление процесса делигнификации. В полученных пробах непровар отсутствовал.

Проведенный химический анализ полученной целлюлозы (табл. 2) показал, что изменение сульфидности от 15 до 35 % не повлияло на содержание экстрактивных веществ, как и повышение концентрации активной щелочи. Некоторый рост содержания экстрактивных веществ можно отметить только для варки с низкой концентрацией активной щелочи (45,0 г/л) при сульфидности 35 %. В то же время при повышении сульфидности от 15 до 20 ... 25 %, содержание групп гексенурановой кислоты

Таблица 1

**Результаты варок щепы
при различной сульфидности белого щелока**

Расход щелочи (начальная концентрация акт. щелочи), % (г/л)	Сульфид- ность щелока, %	Показатели целлюлозы			Концентрация остаточной активной щелочи, г/л
		Выход, %		Число Каппа, ед	
		общий	сортированной целлюлозы		
18(45,0)	17	50,3	50,3	18,7	12,3
	20	53,0	52,5	17,4	17,0
	25	53,3	52,2	17,2	14,0
	30	49,3	49,3	17,2	16,0
	37	52,0	50,9	21,0	10,6
21(52,5)	15	50,5	50,3	15,4	18,2
	20	51,0	51,0	14,8	13,3
	25	51,3	50,4	15,8	16,6
	30	52,5	52,5	16,8	17,9
	35	51,8	51,8	16,3	17,0

Таблица 2

**Результаты химического анализа образцов целлюлозы, полученных
при различной сульфидности белого щелока**

Расход щелочи (начальная концентрация акт. щелочи), % (г/л)	Сульфид- ность щелока, %	Число Каппа, ед.	Содержание в целлюлозе		
			экстрактивных веществ, %	групп НехА, ммоль/г	остаточного лигнина, %
18(45,0)	15	18,7	1,00	29,70	2,09
	20	17,2	1,09	25,90	1,63
	25	14,0	1,04	27,51	1,85
	30	16,5	1,09	18,00	1,83
	35	22,0	1,53	44,70	2,22
21(52,5)	15	15,4	0,94	32,40	1,53
	20	15,0	1,06	30,25	1,72
	25	17,0	1,00	20,35	1,79
	30	17,4	1,04	24,90	1,86

35	16,0	0,94	28,71	1,37
----	------	------	-------	------

Таблица 3

**Влияние сульфидности белого щелока на показатели
лиственной небеленой сульфатной целлюлозы**

Сульфидность щелока, %	Показатели целлюлозы						Концентрация остаточной активной щелочи, г/л	
	Выход, %		Число Каппа, ед.	Содержание				Вязкость, мл/г
	общий	сортированной целлюлозы		экстрактивных веществ, %	групп НехА, ммоль/г	остаточного лигнина, %		
15	52,2	52,1	12,6	0,92	25,9	1,45	950	20,8
20	52,7	52,7	12,2	0,90	25,9	1,19	980	16,0
25	52,9	52,9	10,9	0,93	22,0	1,03	980	17,6
30	53,8	53,6	11,8	0,94	18,1	1,18	1020	18,6
35	53,9	53,9	11,3	1,29	10,9	1,22	950	19,2

(НехА) снижается. Дальнейший рост сульфидности приводит к увеличению содержания групп НехА, по-видимому, вследствие снижения концентрации эффективной щелочи. Влияние сульфидности на содержание лигнина также в большей степени проявляется при пониженной концентрации активной щелочи.

Дополнительно были проведены варки лиственной щепы с белым щелоком различной сульфидности по тому же температурному графику, но с более низким гидромодулем 3 (табл. 3). Концентрация активной щелочи составляла 56,6 г/л, расход Na_2O – 17 %, температура варки была снижена до 160 °С в соответствии с ранее полученными нами результатами.

В этой серии варок были получены более мягкие образцы целлюлозы (число Каппа 10,0 ... 12,5 ед.). Как следует из представленных данных, повышение сульфидности белого щелока от 15 до 25 % приводит к ускорению делигнификации, что проявляется в снижении числа Каппа. Дальнейшее повышение сульфидности привело к некоторому повышению числа Каппа, но общий уровень значений этого показателя для всего интервала сульфидности был близким. Также незначительно изменялось содержание лигнина и экстрактивных веществ. В этой серии опытов с увеличением сульфидности белого щелока во всем исследованном интервале наблюдалось снижение содержания групп НехА, что обусловлено более высокой концентрацией как активной, так и эффективной щелочи. Рост сульфидности белого щелока также приводит к повышению выхода и вязкости целлюлозы, скорее всего, в результате замедления реакции пилинга.

В ходе дальнейших исследований проведена отбелка образцов целлюлозы, полученных при варке с различной сульфидностью белого щелока и температуре 165 °С (расход активной щелочи – 21 %, гидромодуль – 4), по схеме Д₀ЩДЩД с расходом активного хлора 3 кг на ед. Каппа, фактор Каппа на ступени Д₀ – 0,17 (табл. 4). Повышение сульфидности более 25 % оказало отрицательное влияние на белимость лиственной сульфатной целлюло-

зы. В то же время в рассмотренном интервале сульфидности проявилось положительное влияние исследуемого показателя на вязкость целлюлозы.

При отбелке образцов целлюлозы, полученных при варке с гидромодулем 3 (табл. 5), отрицательное влияние повышения сульфидности проявилось в значительно меньшей степени, хотя также можно отметить

Таблица 4

Результаты отбелки образцов целлюлозы, полученной при варке с различной сульфидностью белого щелока

Сульфидность щелока, %	Продолжительность стоянки, мин	Число Каппа, ед.	Белизна целлюлозы, %	Вязкость бленой целлюлозы, мл/г
15	60	17,3	89,2	920
	90	16,6	88,8	900
20	60	15,3	90,4	890
	90	14,8	89,9	890
25	60	16,8	88,3	870
	90	14,0	87,0	900
35	60	17,1	86,6	1030
	90	16,3	85,8	910

Таблица 5

Влияние сульфидности белого щелока на белизность лиственной сульфатной целлюлозы

Сульфидность щелока, %	Число Каппа, ед.	Показатели бленой целлюлозы	
		Белизна, %	Вязкость, мл/г
15,0	12,6	86,9	770
20,0	12,2	86,5	840
25,0	10,9	86,8	810
30,0	11,8	86,4	880
35,0	11,3	86,4	850

тенденцию к снижению белизны и повышению вязкости бленой целлюлозы при увеличении сульфидности.

Выводы

1. Увеличение сульфидности белого щелока от 15 до 35 % при варке лиственной целлюлозы приводит к замедлению варки тем в большей степени, чем ниже концентрация активной щелочи, что проявляется в повышении числа Каппа и содержания остаточного лигнина в целлюлозе; при постоянных расходе и начальной концентрации активной щелочи снижается белизность лиственной целлюлозы.

2. Увеличение сульфидности от 15 до 20 ... 25 % снижает содержание групп гексенуроновой кислоты тем в большей степени, чем выше концентрация активной, а следовательно, и эффективной щелочи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бобров А.И.* Производство волокнистых полуфабрикатов из лиственной древесины / А.И. Бобров [и др.]. – М.: Лесн. пром-ть, 1984. – 248 с.

2. *Лендъел П.* Химия и технология целлюлозного производства / П. Лендъел, Ш. Морваи. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 542 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 29.10.04

Yu. V. Sevast'yanova, L. A. Milovidova, G. V. Komarova, T. A. Koroleva

**Influence of White Liquor Sulfidity on Yield and Properties
of Hardwood Sulphate Pulp**

The data regarding yield, properties and brightness of pulp produced at different liquor sulfidity are provided.

УДК 676.27 / .28

В.И. Белоглазов, В.И. Комаров, А.В. Гурьев

Белоглазов Владимир Иванович, родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, генеральный директор ОАО «Архангельский ЦБК», почетный работник лесной промышленности РФ.



Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 300 печатных работ в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



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



АНИЗОТРОПИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ КРАФТ-ЛАЙНЕРА

Обсуждены три способа расчета коэффициента анизотропии; приведены данные эффективности их использования при оценке качества крафт-лайнера. Показано, что значение прочностной и деформационной анизотропии различны: анизотропия, оцениваемая характеристиками прочности, имеет большее значение.

Ключевые слова: анизотропия, крафт-лайнер, коэффициент анизотропии, деформативность, прочность.

Существующая технология обуславливает анизотропию свойств бумаги и картона. Анизотропия в значительной степени определяется ориентацией волокон в структуре, которая является своего рода связующим звеном между технологией и величиной характеристик картона. Кроме того, достаточно высокая неоднородность свойств связана с неоднородностью распределения в объеме, во-первых, структурных элементов, различающихся природой, геометрическими размерами, степенью обработки, и, во-вторых, межволоконных сил связи.

Наиболее простой количественной мерой неоднородности служит так называемый коэффициент анизотропии K . Существует несколько вариантов его расчета [1–4].

Коэффициент анизотропии в данном случае может быть рассчитан следующими способами:

1) как отношение величины характеристики, определенной в заданном направлении (MD или под заданным углом к MD), к величине характеристики в направлении CD:

$$K^I = Y_i / Y_{CD}, \quad (1)$$

где Y – заданная характеристика;

i – угол по отношению к направлению MD, под которым вырезан образец;

MD – машинное направление;

CD – поперечное к машинному направлению;

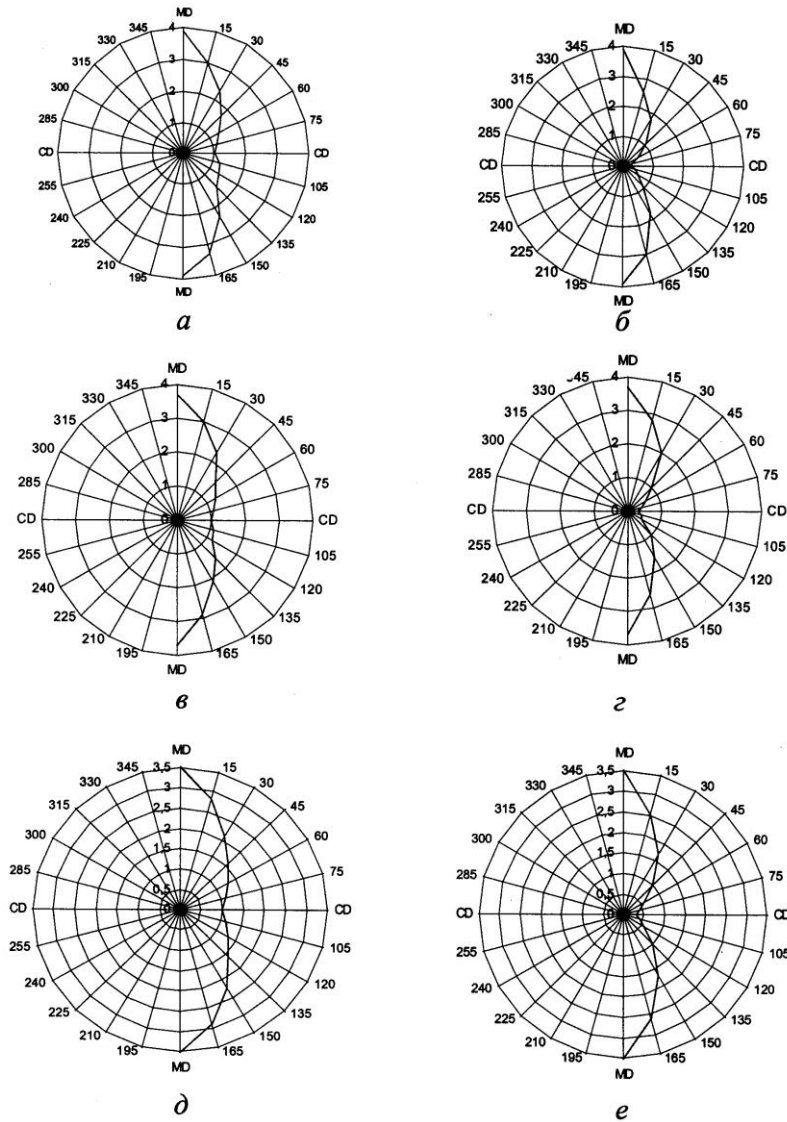


Рис. 1. Коэффициенты прочностной анизотропии K_{II}^I (а, в, д) и K_{II}^{II} (б, г, е) kraft-лайнера массой 1 м^2 , г: а, б – 125; в, г – 150; д, е – 175

2) как отношение величины характеристики, определенной в заданном направлении (MD или под заданным углом к MD), к величине трансверсальной характеристики по отношению к заданному направлению:

$$K_{II} = \frac{Y_i}{Y_{(i+90^\circ)}}, \quad (2)$$

где $i + 90^\circ$ – направление испытания трансверсального образца;

3) для полимерных материалов предложено уравнение, связывающее начальный модуль упругости лабораторного $E_{1(\text{лаб})}$, т.е. неориентированного

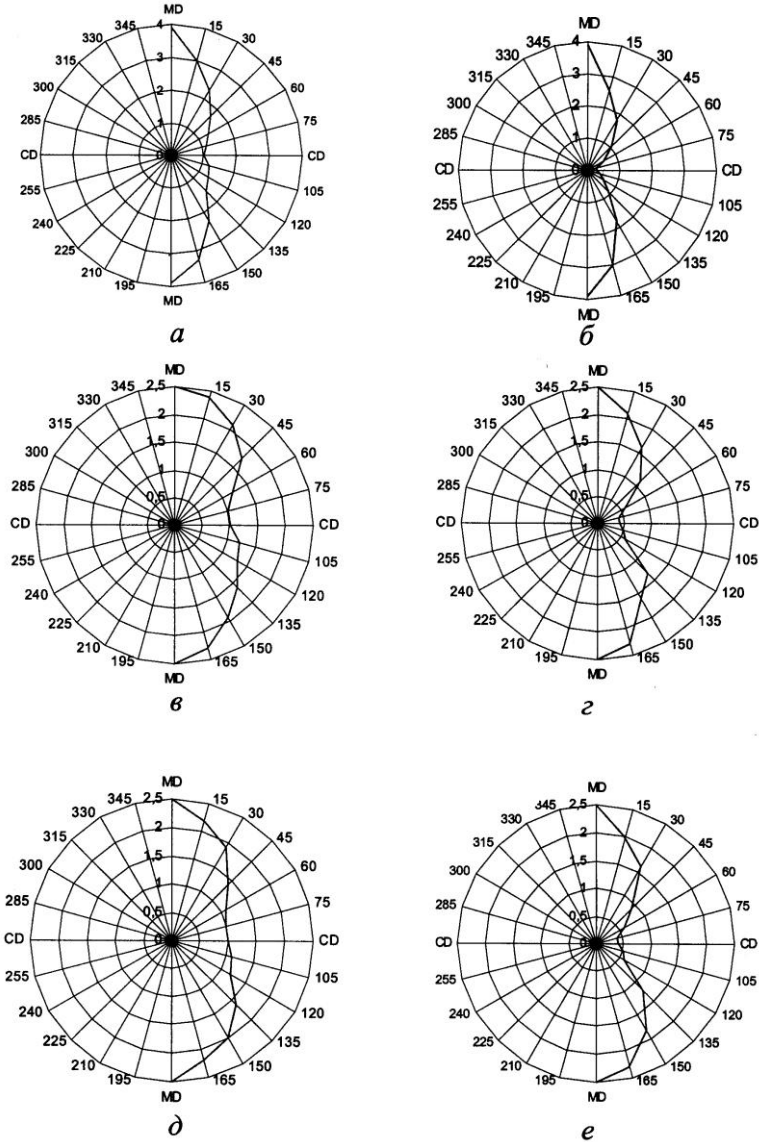


Рис. 2. Коэффициенты деформационной анизотропии $K_{д}^I(a, в, д)$ и $K_{д}^{II}(\б, г, e)$ крафт-лайнера массой $1 \text{ м}^2/\text{г}$: $a, б - 125$; $в, г - 150$; $д, e - 175$

образца, и модуль упругости образца $E_{1(i)}$, вырезанного под заданным углом; определяют так называемый коэффициент ориентации структуры:

$$K^* = 1 - \frac{E_{1(\text{лаб})}}{E_{1(i)}}. \quad (3)$$

Необходимо отметить, что для расчета коэффициентов K^I и K^{II} могут быть выбраны как прочностные (нижний индекс «п»), так и деформационные («д») характеристики. До настоящего времени при испытании волокни-

Влияние угла вырезки образцов картона на разрушающее усилие и начальный модуль упругости при одноосном статическом растяжении картона

Масса 1 м ² , г	Угол вырезки образца по отношению к машинному направлению, град											
	MD	15	30	45	60	75	CD	105	120	135	150	165
Разрушающее усилие, Н												
125	244	188	144	104	82	67	62	73	80	94	144	206
150	284	228	179	120	99	86	77	83	91	126	162	221
175	297	237	182	134	110	97	85	94	110	136	184	250
Начальный модуль упругости, МПа												
125	5388	5003	4109	2733	2514	1862	1799	2258	2837	3295	3822	5277
150	5131	4942	4224	3484	2460	2060	2051	2390	2616	3240	3877	4747
175	5044	4444	3846	2790	2227	1967	1998	2213	2386	3235	4016	4465

стых целлюлозно-бумажных материалов в лабораторных условиях для оценки анизотропии, как правило, коэффициент K_{II}^I определяют с помощью статических методов испытаний.

В настоящее время для оценки анизотропии все чаще используют тестер L and W TSO (TSO – Tensile Stiffness Orientation), определяющий модуль упругости с помощью ультразвуковых измерений [3].

В связи с вышеизложенным была поставлена задача оценить анизотропию крафт-лайнера с помощью коэффициентов анизотропии (K_{II}^I , K_{II}^{II} , K_{II}^I , K_{II}^{II} и K^*).

Для определения коэффициентов анизотропии испытывали образцы крафт-лайнера с массой 1 м² 125, 150 и 175 г, вырезанные под разными углами, относительно машинного направления полотна (интервал угла между соседними сериями образцов 15°). Изменение коэффициентов прочностной и деформационной анизотропии структуры представлено на рис. 1, 2. В таблице показано изменение величин разрушающего усилия P и начального модуля упругости E_1 картона при растяжении в зависимости от величины коэффициентов анизотропии K_{II}^I и K_{II}^{II} .

На рис. 3 приведено изменение деформационной E_1 и прочностной P характеристик в зависимости от степени анизотропии картона (K_{II}^I , K_{II}^{II}).

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

несимметричность эпюр как деформационной, так и прочностной анизотропии свидетельствует о необходимости регулирования параметров процесса напуска бумажной массы на сетку по ширине картоноделательной машины и позволяет конкретизировать данную задачу;

более чувствительным к вариациям свойств структуры крафт-лайнера является коэффициент K_{II}^I ;

коэффициент анизотропии зависит от физической природы характеристики, используемой для расчета, т.е. тонкая настройка процесса должна осуществляться в соответствии с задачей получения прочностной и жесткой тары и учетом основной характеристики картона, определяющей его потребительские свойства;

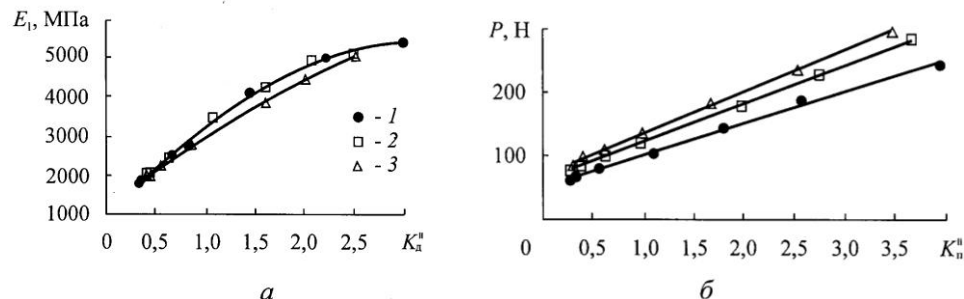


Рис. 3. Зависимость характеристик $E_1(a)$ и $P(b)$ от коэффициентов анизотропии: 1 – масса образца 125 г/м^2 ; 2 – 150 ; 3 – 175 г/м^2

степень прочностной анизотропии снижается с увеличением массы 1 м^2 картона в большей степени, чем степень деформационной анизотропии; попытка использовать для оценки анизотропии коэффициент K^* , широко применяемый для полимеров, в данном случае оказалась неудачной; по-видимому, для успешного использования этой характеристики применительно к целлюлозно-бумажным материалам требуются дополнительные исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сташкявичус Ю.-А.Ю. Анизотропия прочности бумаги и методы ее оценки: дисс. ... докт. техн. наук / Ю.-А.Ю. Сташкявичус. – Л., 1984. – 210 с.
2. Шустов А.Д. Процессы деформации бумажного полотна / А.Д. Шустов. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 200 с.
3. Lindblad G. The Ultrasonic Measuring Technology / G. Lindblad, T. Furst. – Sweden, Elanders Tofters AB, 2001. – 198 p.
4. Niskanen K. Papermaking Science and Technology / K. Niskanen // Paper Physics. – Book 16. – Printed by Gummerus Printing, Jyvaskyla, Finland, 1998. – 324 p.

Архангельский
целлюлозно-бумажный комбинат

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 12.09.05

V.I. Beloglazov, V.I. Komarov, A.V. Gurjev

Anisotropy of Deformational and Strength Characteristics of Kraft-liner

Three ways of calculating anisotropy coefficient are discussed; data on their use efficiency in assessing the kraft-liner quality are provided. The value of strengths and deformation anisotropy is shown to be different: anisotropy assessed by strength characteristics has higher value.



ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*624(470.22)

В.И. Саковец, Г.Е. Романов

Саковец Владимир Иванович родился в 1947 г., окончил в 1970 г. Белорусский технологический институт, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией лесоведения и лесоводства Института леса Карельского НЦ РАН. Имеет 122 печатные работы в области лесоводства, гидро-лесомелиорации, лесной экологии.

**ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В КАРЕЛИИ**

Показано, что в лесном хозяйстве Карелии можно достичь устойчивости природной подсистемы, однако весьма трудно добиться экономической и социальной устойчивости. Высказаны рекомендации по ее улучшению.

Ключевые слова: устойчивость, управление лесами, система, подсистема, социальная сфера.

Вопросам устойчивого управления лесами уделяется большое внимание во всем мире. Можно считать общепризнанным, что устойчивое лесное хозяйство – это система, состоящая из природной, социальной и экономической подсистем. В Карелии настала пора пересмотра нормативных материалов по ряду лесохозяйственных мероприятий с учетом критериев устойчивого управления лесами.

В Институте леса Карельского НЦ РАН имеются объекты, на которых более 50 лет проводятся основные мероприятия. Исследования позволили разработать региональные нормативы, направленные на повышение продуктивности лесов, часть из них может служить основой для обоснования природной (экологической) устойчивости. В связи с требованиями времени возникли новые проблемы, связанные с сохранением биоразнообразия, депонированием углерода, повышением социальной и экономической устойчивости. Именно они представляют собой предмет наших исследований.

Для условий Карелии выявлены закономерности роста и развития староосушенных (60 лет и более) сосняков и ельников. В них в течение 50 ... 60 лет после осушения наблюдается увеличение всех таксационных показателей. По истечении этого периода отмечено снижение относительной полноты и текущего прироста, интенсификация процессов отпада, который все же не превышает прироста, благодаря чему древостои сохраняют относительную устойчивость.

Оценка состояния культур ели при реконструкции малоценных березовых насаждений позволила выявить оптимальные методы лесоводственного ухода (в частности первый уход – в возрасте 15 ... 25 лет); культуры сосны на осушенных переходных болотах имели прирост в высоту и по диаметру, соответствующий соснякам II–III классов бонитета.

Результаты наблюдений за насаждениями, пройденными несплошными рубками главного пользования, показали, что древостои после первого приема устойчивы. Отпад, вызванный ветровалом, происходит в течение 3 ... 5 лет после рубки; в дальнейшем он незначителен за счет выпадения усохших деревьев. Для уменьшения потерь от ветровала необходимо устраивать закрытую систему технологических транспортных коридоров и оставлять ветрозащитные опушки. В насаждениях с толстым слоем лесной подстилки и мохово-лишайниковым покровом для ускорения лесовозобновительного процесса после первого приема несплошной рубки следует проводить минерализацию почвы.

Результаты исследований влияния различной техники и технологии механизированных проходных рубок на рост древостоев показали, что большинство механизмов и технологических схем обеспечивают реальную возможность проведения разреживания различных древостоев с соблюдением действующих лесоводственных требований. Насаждения, пройденные рубками ухода, устойчивы к изменениям условий внешней среды; отпад в большинстве случаев незначителен и вызван применением конкретных механизмов.

Сорокалетние наблюдения за динамикой развития смешанных молодняков, в которых применялись различные схемы коридорного ухода, позволили сделать вывод о низком лесоводственном эффекте однократного ухода в лиственно-еловых молодняках. Успешный рост ели обеспечивается только в коридорах шириной не менее 8 м; положительный эффект может быть получен лишь при полном удалении лиственных пород в коридорах, где сосна через 7 ... 10 лет занимает господствующее положение и не требует повторного ухода.

В настоящее время в центре нашего исследования находятся сохранение растительного разнообразия и оценка депонирования углерода в естественных и антропогенных лесных экосистемах. Изучение углеродного баланса под влиянием гидролесомелиорации показало, что при дополнительном приросте древесины 1,25 м³/га годовое изменение углерода в экосистеме равно нулю. При большем приросте лесоболотная система является местом стока атмосферного углерода, играя положительную биосферную роль; при меньшем наблюдается обратное явление [6].

Устойчивое управление лесами требует учета интересов всех составных частей системы: природной, социальной, экономической и др. Когда оценка уровня ведения лесного хозяйства опирается только на отдельные нормативы, даже экологически обоснованные, выявляются противоречивые результаты. Так, в Карелии некоторые экологи и фонд WWF настаивают на сохранении старовозрастных лесов, указывая на оскудение естественного

биоразнообразия. Однако при сохранении старовозрастных и эксплуатации молодых лесов значительно снижается депонирование углерода и ухудшается социально-экономическое положение в районах, что противоречит принципам устойчивого управления лесами [7].

Социальная подсистема – в данном случае территориальное сообщество людей, связанных родственными и соседскими отношениями; она функционирует одновременно с освоением природных ресурсов, зависит от состояния жилья и других непроектных объектов. Локальная территория социально устойчива тогда, когда на ней обеспечивается занятость местного населения, поддерживаются связи между жителями [5].

Экономическую устойчивость у нас все еще характеризуют лишь получением дохода от продажи древесины. Международные критерии по устойчивому управлению лесами акцентируют на достижении экономической устойчивости при переработке древесины и реализации готовой продукции [7]. Карелия же, особенно в последние годы, экспортирует преимущественно необработанную древесину (табл. 1).

В 1970–1980 гг. в республике при леспромпхозах и лесхозах функционировали цеха по переработке лесосечных отходов и низкокачественной древесины, недревесных ресурсов леса. Так, технологическую щепу выпускали 50 цехов [1]. Производили тару, заливную клепку, товары ширпотреба, заготавливали пневый осмол и пни для канифольно-экстракционного завода.

В настоящее время лесные предприятия продают только круглые лесоматериалы, игнорируя все другие ресурсы. По данным В/О «Леспроект», недревесные ресурсы местным населением используются менее чем на 10 % от эксплуатационного запаса; рекреационным использованием занимаются частные предприниматели [5].

Социальную устойчивость характеризуют виды занятости, оценка местного жителя как потребителя, состояние жилого фонда поселков и т. п. [4, 5]. В настоящее время сформировались группы людей, различные по их роли в жизни лесных поселков. Руководители и ведущие специалисты, на долю которых приходится около 15 %, не определяют лица поселков. Когда

Таблица 1

Объемные показатели ЛПК Карелии, млн м³

Показатели	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Вывозка древесины	10,1	9,1	7,8	6,4	5,2	5,3	4,4	4,4	4,4
Производство деловой древесины	10,0	8,3	6,9	5,6	4,4	4,6	4,0	3,8	3,9
Экспорт необработанных лесоматериалов	0,8	0,6	0,4	0,4	1,6	1,8	2,0	2,4	3,0
Экспорт необработанных лесоматериалов, % от производства деловой древесины	7,5	6,8	5,7	7,7	37,2	38,2	51,3	62,1	77,7

разговор идет о социальной устойчивости локальной территории, наибольшую озабоченность вызывают представители среднего и низшего звеньев управления, безработные, пенсионеры. К среднему и низшему звеньям относят около 40 % трудоспособного населения. Ныне не все они востребованы, часть пополняет армию безработных. Именно поэтому многие лесопункты Карелии нельзя считать устойчивыми сообществами, они не развиваются, имеют тенденцию к распаду.

Положение с занятостью местного населения заметно осложнилось с приходом на лесозаготовки новых технологий. Переориентация на сортиментную заготовку древесины с поставкой во двор потребителя без нижних складов обострила проблему безработицы в лесных поселках, достигающую 70 % в некоторых районах Карелии. Кстати, такая же картина наблюдается и в Финляндии [8].

Состояние жилого фонда лесных поселков как бы соединяет социальные и экономические проблемы. В 1960–1980 гг. в большинстве лесопунктов Севера жилой фонд состоял преимущественно из щитовых домов, срок службы которых не превышал 25 лет. Это было время «кочующих предприятий», которые закрывались после исчерпания сырьевой базы с ликвидацией жилья [4]. В настоящее время это жилье выбывает (табл. 2), у местного населения нет средств ни для ремонта имеющихся, ни для строительства новых домов.

Для повышения социально-экономической устойчивости следует вернуться к опыту 1970–1980 гг. по комплексному использованию древесного и недревесного сырья. Относительно новый вид природопользования – рекреация. Она актуальна в районах, где лесозаготовительное производство сворачивается, изменяются направления и ассортимент потоков товарной продукции. Рекреационное пользование территориями требует иных подходов к организации дела: нужны люди, готовые услужить, поэтому работника и человека придется всесторонне перевоспитывать.

По нашему мнению, имеющиеся разработанные технологии основных лесохозяйственных работ позволяют достичь устойчивости природной подсистемы. Но занятость в лесных поселках, состояние жилого фонда, многоресурсность лесных предприятий, их низкая доходность не позволяют говорить об устойчивости социальной и экономической подсистемы. Поэтому неустойчива полная система.

Таблица 2

**Динамика выбытия жилого фонда на примере пос. Матросы
Учебно-опытного лесничества ПетрГУ**

Период	Общая площадь, м ²	Число квартир	Период	Общая площадь, м ²	Число квартир
1960–1975	474	6	2020–2040	1140	13
1985–2005	3153	81	2045 и далее	750	4
2010–2020	1468	47			

Устойчивое лесное хозяйство не может не быть многоцелевым. Лесные предприятия обязаны вести комплексную переработку древесины, отходов, недревесных ресурсов, организовывать рекреационную деятельность, экспортировать готовую продукцию, полнее используя мощности по переработке древесины.

В дискуссии о платежах за лесопользование [2, 3 и др.] экономическую доступность лесных ресурсов предлагается оценивать на основе ренты. На наш взгляд, в устойчивом ведении лесного хозяйства должны участвовать и крупные потребители – переработчики древесного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белятко А.Н.* От корней до кроны / А.Н. Белятко. – Петрозаводск, 1978. – 72 с.
2. *Моисеев А.Н.* Проблемы лесов России и пользования ими на пороге III тысячелетия / А.Н. Моисеев, В.С. Чуенков // Многоцелевое лесопользование на рубеже XXI века. – Пушкино: ВНИИЛМ, 1999. – С. 5–14.
3. *Петров А.П.* Лесные отношения: революция или эволюция / А.П. Петров // Природно-ресурсные ведомости. – 2002. – № 17.
4. *Романов Е.С.* Динамика жилого фонда и ее взаимосвязь с объемами производства леспромхозов / Е.С. Романов, Т.И. Новгородова // Лесн. журн. – 1973. – № 2. – С. 147–153. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Саастамойнен О.* Социальная устойчивость и лесное хозяйство / О. Саастамойнен, Г.Е. Романов, М. Мутка, Ю. Окса // Тайга – модельный лес: заключит. отчет. – Финляндия, Йоэнсуу: Изд-во университета Йоэнсуу, 2000. – Вып. 155. – С. 85–111.
6. *Саковец В.И.* Лесоводственно-экологическая оценка гидроресомелиорации в условиях Северо-Запада таежной зоны России (на примере Карелии): автореф. ... д-ра с.-х. наук. – СПб., 2001. – 46 с.
7. Экономика устойчивого лесопользования. Примеры: Проект рабочей группы по устойчивому лесопользованию Фонда Джона Д. и Катрин Т. Макартуров. – М.: Социально-экономический союз, 1999. – 102 с.
8. *Rannikko P.* Village development and social sustainability / P. Rannikko // Social sustainability and the Taiga Model Forest. – University of Joensuu, Faculty of Forestry. – 1998. – N 84. – P. 9–10.

Институт леса Карельского НЦ РАН

Петрозаводский государственный университет

Поступила 27.10.03

V.I. Sakovets, G.E. Romanov

Sustainable Forest Management in Karelia

To achieve sustainability of nature subsystems in forestry of Karelia is shown to be possible, whereas to achieve economic and social sustainability is rather difficult. Recommendations aimed at its improvement are formulated.



КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ УЧЕБНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 658.274

Б.Г. Мартынов

Мартынов Борис Григорьевич родился в 1950 г., окончил в 1967 г. Ленинградский институт точной механики и оптики, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии лесозаготовительных производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 50 научных трудов в области разработок методов и средств технической диагностики машин.



ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРА ИЗМЕНЕНИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ВЫБОР СТРАТЕГИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МАШИНЫ

Приведен класс аналитических функций моделей диагностики, использующийся для определения стратегии эффективной эксплуатации лесных машин.

Ключевые слова: аналитические функции моделей, стратегия эффективной эксплуатации, лесные машины.

Ранее нами [1] был сформулирован выбор стратегии эффективной эксплуатации машин по результатам диагностирования. Для этой цели введено понятие относительной вероятности $r(t)$, которая равна разности между вероятностью безотказной работы и вероятностью отказа и изменяется от +1 до -1. Тем самым обеспечивается представление аддитивной системы на множестве чисел от +1 до -1, в отличие от просто вероятности. Далее, на кривой относительной вероятности по результатам текущего технического состояния агрегатов машины рассчитаны характерные точки (кванты), определяющие необходимые воздействия на машину для ее эффективной эксплуатации.

В настоящей работе рассмотрен вопрос выбора класса аналитических моделей диагностики, наилучшим образом влияющих на определение стратегии эффективной эксплуатации машины.

Рассмотрим решение данной задачи на примере диагностирования двигателей внутреннего сгорания в простейшем случае, когда плотность распределения структурного параметра подчиняется нормальному закону. При этом диагностический параметр связан со структурным линейной зависимостью, например вида $y = ax \pm b$.

Согласно закона распределения монотонной функции случайного аргумента [1], функция распределения диагностического параметра будет выглядеть следующим образом:

$$g(y) = f(\varphi(y)) \cdot \varphi'(y). \quad (1)$$

Так как случайная величина структурного параметра подчинена нормальному закону распределения, то

$$f(x) = \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение случайной величины x ;

m – математическое ожидание случайной величины x .

Величину структурного параметра x выразим через диагностический параметр y , тогда

$$x = (y - b)/a, \quad (3)$$

где y – значение диагностического параметра;

a, b – коэффициенты линейной зависимости.

Для того, чтобы найти $\varphi'(y)$ необходимо взять производную по y функции (3):

$$\varphi'(y) = 1/a. \quad (4)$$

Функцию $f(\varphi(y))$ получают из $f(x)$ путем подстановки величины x из уравнения (3).

Таким образом, функция распределения диагностического параметра

$$g(y) = \frac{1}{a\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-b-m)^2}{2\sigma^2}}. \quad (5)$$

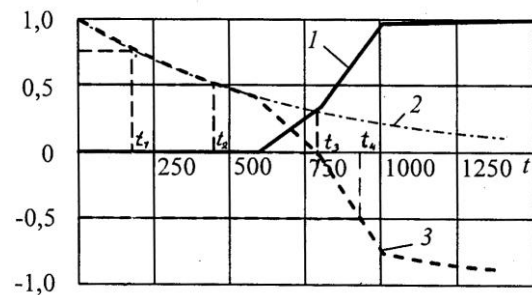
Тогда вероятность отказа в интервале $0 - t$

$$P(t) = \int_0^t g(y) dy = \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{(t - ma - b)}{a\sigma} \right] + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{(ma + b)}{a\sigma} \right]. \quad (6)$$

Удобнее всего данную задачу решать графическим методом.

На рис. 1 для дизеля ЯМЗ–238 приведены зависимости вероятности отказов $P(t)$ по результатам диагностирования общего технического состояния, вероятности безотказной работы $Q(t)$ по статистическим данным и относительной вероятности $r(t)$.

Рис. 1. Изменение вероятностей дизеля ЯМЗ-238: 1 – вероятность отказов $P(t)$; 2 – вероятность безотказной работы $Q(t)$; 3 – относительная вероятность



Из рис. 1 следует, что время первого диагностирования t_1 соответствует 190 моточасам, время второго диагностирования t_2 – 480 моточасам; диапазон от t_2 до t_4 (480 ... 845 моточасов) – область обслуживания двигателя; оптимальное время текущего обслуживания и ремонта t_3 составляет 780 моточасов.

Анализируя зависимости, представленные на рис. 1 и формулу 6, можно сделать следующие выводы:

увеличение значения среднеквадратического отклонения влечет за собой изменение формы кривой вероятности отказов $P(t)$ на более плавную, что в свою очередь увеличивает вероятность отказов;

если в квантовой точке t_1 значение вероятности отказов $P(t) > 1/2$ и значение вероятности безотказной работы $Q(t) > 1/2$, то данный параметр не является информативным для целей выбора времени профилактики. Это происходит, когда значения математического ожидания и среднеквадратического отклонения мало отличаются от коэффициентов уравнения связи диагностического и структурного параметров, т.е. $a \approx b \approx m \approx \sigma$.

Рассмотрим случай, когда плотность распределения структурного параметра подчиняется закону Релея. Диагностический параметр связан со структурным *линейной зависимостью* $y = ax \pm b$.

Тогда

$$f(x) = \left(\frac{x}{\sigma^2} \right) \exp \left(- \frac{x^2}{2\sigma^2} \right), \quad (7)$$

где x – значение структурного параметра, например зазора в ЦПГ;

σ – среднее квадратическое отклонение случайного параметра x .

Применив уравнение (1), получим выражение для функции распределения диагностического параметра

$$g(y) = \frac{y-b}{a\sigma^2} \exp \left[- \frac{(y-b)^2}{2a^2\sigma^2} \right]. \quad (8)$$

Вероятность отказов в этом случае

$$P(t) = \int_0^t g(y) dy = a \exp \left(- \frac{b^2}{2a^2\sigma^2} \right) - a \exp \left[- \frac{(b-t)^2}{2a^2\sigma^2} \right]. \quad (9)$$

На рис. 2, a представлены кривые $Q(t)$, $P(t)$ и $r(t)$ для данного характера изменения структурного и диагностического параметров.

Анализируя данные зависимости можно сделать вывод, что квантовая точка t_1 равна 60 моточасам, а точка t_2 – 170 моточасам. Вероятность отказов при этом составляет 0,79, что говорит о невозможности использовать данный параметр для целей выбора стратегии. Кроме этого, из уравнения (9) следует, что при таком характере изменения параметров корреляция между диагностическим и структурным параметрами должна быть высока, так как величина среднеквадратического отклонения диагностического па-

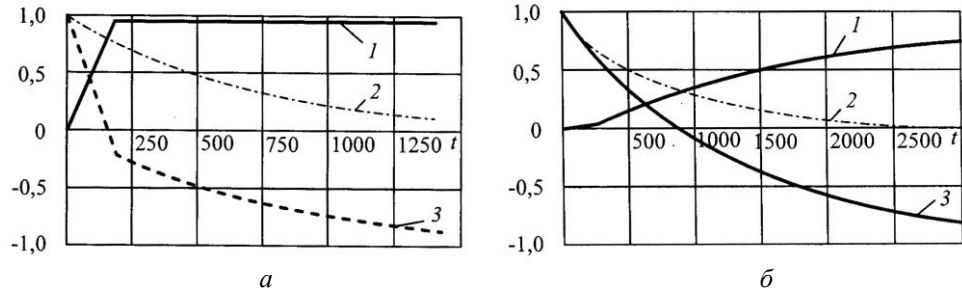


Рис. 2. Изменение кривых вероятностей (см. обозначения на рис. 1):
 а – линейная зависимость; б – степенная зависимость

раметра не должна превышать значения 2,3, иначе уравнение (9) становится бессмысленным.

Представим, что плотность распределения структурного параметра подчиняется закону Релея. Диагностический параметр связан со структурным степенной зависимостью вида $y = ax^2 + cx + b$.

Функция плотности распределения диагностического параметра будет иметь следующий вид:

$$g(y) = \left[\frac{\sqrt{c^2 - 4a(b-y)} - c}{2a^2\sigma^2\sqrt{c^2 - 4ab + 4ay}} \right] \exp \left[-\frac{\left[\sqrt{c^2 - 4a(b-y)} - c \right]^2}{8a^2\sigma^2} \right]. \quad (10)$$

Вероятность отказов по результатам диагностирования

$$P(t) = \int_0^t g(y)d(y) = \exp \left[-\frac{(c^2 - \sqrt{c^2 - 4ab})^2}{8a^2\sigma^2} \right] - \exp \left[-\frac{(\sqrt{c^2 - 4ab + 4at} - c)^2}{8a^2\sigma^2} \right]. \quad (11)$$

На рис. 2, б представлены кривые вероятностей с данным характером изменения параметров.

Из анализа зависимостей, представленных на рис. 2, б и уравнения (11), следует что если диагностический параметр связан со структурным данным вида зависимостью, то он является информативным для определения квантовых точек эффективной эксплуатации; квантовая точка t_1 равна 90 моточасам, t_2 – 353 моточасам, оптимальное время текущего обслуживания и ремонта t_3 – 870 моточасам, квантовая точка t_4 , соответствующая значению $r(t) = -1/2$, – 1750 моточасам (при этом вероятность отказов $P(t)$ не превышает 0,55).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базаров С.М. Обоснование индивидуальной стратегии эффективной эксплуатации лесных машин по результатам диагностирования / С.М. Базаров, Б.Г. Мартынов // Изв. СПб ГЛТА. – 2005. – Вып. 172.

2. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 564 с.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 11.01.05

B.G. Martynov

Influence of Character for Controlled Parameters Change on Selecting Strategy for Efficient Operation of Individual Machine

A class of analytical functions of diagnostic models to be used for setting strategy of efficient operation of forest machines is provided.

УДК 65.015.13: 674.01

М.П. Худяков

Худяков Михаил Павлович родился в 1965 г., окончил в 1987 г. Севмашвуз, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов и технических систем машиностроения Севмашвуза. Имеет более 20 научных работ в области технологии автоматизированного производства.



АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СТРУКТУР В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И СИСТЕМАМИ

Рассмотрены способы представления информации, используемые при проектировании и управлении технологическими процессами. На базе энтропийного подхода получены зависимости для их оценки по степени понижения объема информации.

Ключевые слова: представление информации, информационная база, энтропия.

Проектирование и управление технологическими процессами современных производств осуществляется на основе их информационных моделей. Особенно это характерно для комплексных, распределенных, многопрофильных и многономенклатурных производств, к которым можно отнести лесоперерабатывающие и деревообрабатывающие предприятия. Общий объем информации, генерируемой при проектировании подобных технологических процессов и управлении ими, составляет по укрупненным оценкам от нескольких тысяч до сотен тысяч документов. Управление подобным объемом данных – это существенная проблема, которая на сегодняшний день полностью не решена. В этих условиях поиск способов повышения управляемости информационной базы проектирования и оценка их эффективности является актуальной задачей.

Анализ различных технологических процессов показал, что рост общего объема информации при ее изготовлении описывается кривой 1, интенсивность роста этого показателя – кривой 2, изменение количества актуальной информации – кривой 3 (рис. 1).

Из приведенных на рис. 1 кривых видно, что при сильной неравномерности

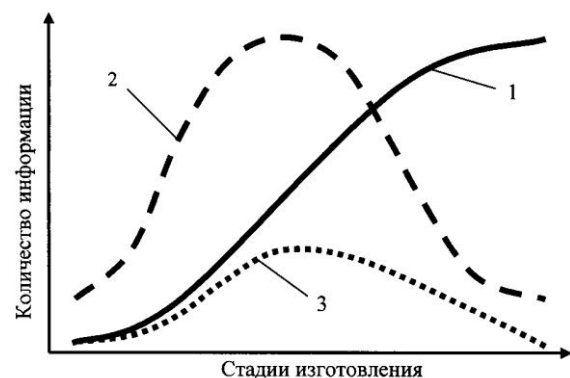


Рис. 1

прироста общей технологической информации количество актуальной в текущий момент времени информации значительно меньше ее общего объема. Следовательно, с одной стороны, задача управляемости информационной базой технологического проектирования состоит в поддержании высокого уровня актуальности технологической информации, с другой – в снижении объема и неравномерности ее прироста. Первая задача решается обычно средствами TDM/EDM/PDM-систем и в данной статье не обсуждается. Рассмотрим методы решения второй задачи.

Любой метод повышения управляемости информационного фонда предусматривает количественный и структурный аспекты. Соответственно критериальные оценки эффективности метода должны предусматривать совместную оценку.

Обозначим за N некоторое общее количество информации, потенциально генерируемое при описании процесса изготовления изделия:

$$N = AS, \quad (1)$$

где A – количество элементов описания реальных объектов (состояния изделия, средства технологического оснащения, операции, процессы и т.д.);

S – число потенциально возможных состояний элементов описания, отражаемых записями p фиксированного размера r (количество полей в записи).

С точки зрения информатики количество возможных состояний некоторого элемента описания (сообщения) определяют по формуле

$$H = k \log_2 m, \quad (2)$$

где H – шенноновская энтропия или мера неопределенности состояния объекта или некоторой ситуации с конечным числом исходов [2];

k – число знаков в сообщении;

m – число знаков в алфавите.

Если сопоставить понятие знака в сообщении и понятие поля записи в описании состояния объекта, понятие числа знаков в алфавите и понятие числа значений поля [1], получим

$$N = A_j p_j \log_2 r_j, \quad (3)$$

где j — количество однотипных элементов описания.

Из формулы (3) следует, что снижение общего объема N информации возможно за счет уменьшения количества элементов описания A , записей p , используемых для записей полей r .

Формула (3) напрямую применима к системам описания лингвистического характера, использующим для этой цели проблемно ориентированные языки. В этом случае в качестве p_j выступает количество необходимых для полного описания j -го объекта записей, а в качестве r_j – количество выраженных лингвистической формулой характеристических признаков j -го объекта описания. Так же применяют формулу (3) и к системам кодирования информации.

Рассмотрим уменьшение количества объектов описания A за счет их типизации. Для этой цели чаще всего применяют различные методы классификации реальных объектов. При их группировке по тем или иным признакам объем описательной информации уменьшается в n раз (степень понижения информационного объема):

$$n = N/N_i = N / \sum (p_i \log_2 r_i + 1) i, \tag{4}$$

где i – количество классификационных групп;

p_i – количество записей в группе;

r_i – количество полей в записях группы.

Для технологий без использования классификаторов $n = 1$.

Для типовой технологии

$$n = A_j p_j \log_2 r_j / (p_j \log_2 r_j + 1) = A_j - A_j / (p_j \log_2 r_j + 1). \tag{5}$$

Для групповых технологий с различными концепциями классификации n соответственно составляет промежуточную величину по отношению к рассмотренным случаям. Чтобы избежать потерь информации в несовпадающих полях и записях для существенно различных объектов описания, объединенных в группы, при составлении группы требуется введение дополнительных полей и записей.

Тогда

$$n = A_j p_j \log_2 r_j / \{ (p_i^{\max} \log_2 r_i^{\max} + 1) i \}, \tag{6}$$

где p_i^{\max} – максимальное количество записей в группе;

r_i^{\max} – максимальное количество полей в записи группы.

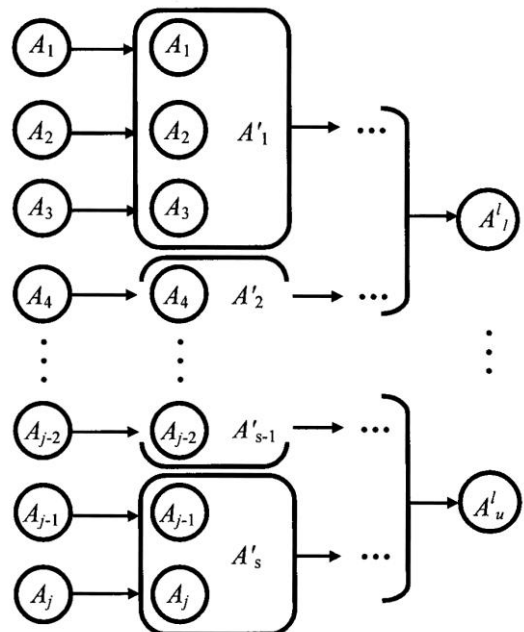
В этом случае максимум n достигается не обязательно при минимуме количества классификационных групп. Таким образом, для заданной совокупности объектов описания существует оптимальный с информационной точки зрения способ классификации с максимальным значением n .

В общем случае процедуру классификации выполняют на нескольких уровнях, что соответствует построению иерархической системы классификации. На каждом уровне степень понижения информационного объема составляет n_q , общая степень понижения информационного объема

$$n = \prod_{q=1}^l n_q, \tag{7}$$

где l – количество уровней иерархии классификационной системы.

Представив произвольную l -уровневую систему классификации в виде графа (рис. 2), получим очевидное равенство



$$N = N_1 N_2 \times \dots \times N_n, \quad (8)$$

из которого следует, что при одинаковой n больший эффект дают системы с наименьшим количеством уровней. Рис. 2

Так как количество уровней классификации зависит от степени понижения размерности информации на начальных уровнях, более информационно эффективны системы с максимальной n на начальных уровнях.

Классификационные системы не являются единственным механизмом сокращения количества элементов описания. Один из альтернативных механизмов – системы искусственного интеллекта, чаще всего реализуемые в форме экспертных систем (ЭС) как совокупность баз данных и знаний, дополненных интерпретатором. Для ЭС продукционного типа число решений для «дерева» произвольного вида

$$N = 2^z \{1 + \sum [(y_v - b_v)/(k_v + s_v)]_{v=1, z}\} = 2^z \{1 + \sum [(y_v - b_v)/2^v]_{v=1, z}\}, \quad (9)$$

где z – суммарное количество шагов вывода;

v – номер шага;

k_v – количество логических связей v -го уровня типа «если x , то y »;

s_v – количество логических связей v -го уровня типа «иначе»;

$k_v = s_v = 1$;

y_v – количество связей v -го уровня типа «или»;

b_v – количество связей v -го уровня типа «и».

Степень понижения информационного объема на v -м шаге вывода

$$n_v = 2 + (y_v - b_v)/n_{v-1}, \quad (10)$$

где n_{v-1} – степень понижения информационного объема на $(v-1)$ -м шаге вывода.

Количество элементов массива данных, необходимых для вывода, для дерева решений произвольного вида определим по формуле

$$N = n_0(1 + n_1(1 + n_2(1 + \dots + (n_v)\dots)). \quad (11)$$

Из формулы (11) видно, что с точки зрения размера информационного массива более выгодно задавать структуру дерева решений с максимальной степенью понижения в шагах с большими номерами.

Дерево решений в ЭС рассматриваемого типа может быть приведено к эквивалентному бинарному дереву решений путем добавления вершин и ребер. Для него количество элементов массива данных, необходимых для вывода, определим по формуле

$$N' = N + y - b, \quad (12)$$

где N – количество вершин исходного дерева;

y – общее на дерево количество связей типа «или»;

b – общее на дерево количество связей типа «и».

Следовательно, при прочих равных условиях ЭС с преобладанием дизъюнктивных операций более эффективна в смысле объема хранимой информации, чем ЭС с конъюнкцией или ЭС на бинарных деревьях.

Для ЭС фреймового типа соотношения (9) – (12) сохраняются, если вместо количества шагов подставить количество уровней вложенности исходного и всех ссылочных фреймов, а выражение $(y_v - b_v)$ заменить на $(f_v + d_v - 2)$, где f_v – количество атрибутов исходного фрейма, d_v – количество атрибутов всех ссылочных фреймов.

Для ЭС в виде простой семантической сети

$$N = ae, \quad (13)$$

где a – общее число понятий сети;

e – общее число отношений между понятиями.

В семантической сети, вершины (понятия) которой представлены фреймами или продукциями, в формуле (13) следует вместо a подставить выражения, соответствующие зависимостям (9) – (12).

Необходимо отметить, что представленная на рис. 2 система классификации отражает хотя и наиболее распространенный, но частный случай, когда группы не включают общих записей и полей. При использовании общих записей и полей зависимость (6) преобразуют к виду

$$n = A p_j \log_2 r_j \{ (p_i^{\max} \log_2 r_i^{\max} + 1 - p_i^{\text{com}} \log_2 r_i^{\text{com}}) i \}, \quad (14)$$

где p_i^{com} – количество общих записей в группе;

r_i^{com} – количество общих полей в записи группы.

Очевидно, что при некотором усложнении структуры взаимосвязей между элементами описания общие поля и записи позволяют еще в большей степени понизить объем информации. Методы, основанные на разделении общих данных, широко применяют в объектных моделях.

Для объектно-реляционных моделей вполне применима зависимость (13), где для a выполняется (14). Аналогично для других комбинированных моделей в силу мультипликативности получены формулы для определения размерности их описания.

9*

Таким образом, получены формулы для оценки различных методов повышения управляемости информационного фонда в технологических процессах и производственных системах, которые могут быть использованы при анализе, синтезе и управлении большими информационными массивами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дмитриев В.* Прикладная теория информации / В. Дмитриев. – М.: Высш. шк., 1989.

2. *Шеннон К.* Математическая теория связи / К. Шеннон // Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Иностран. лит-ра, 1963.

Севмашвтуз

Поступила 16.02.04

M.P. Khudyakov

Analysis of Presentation Technique Efficiency for Informational Structures in Technological Process and System Control

Information presentation modes used for designing and control over technological processes are analyzed. Dependences for their assessment according to the degree of information volume reduction are obtained based on the entropy approach.

УДК 62.529

И.А. Бойченко, В.Г. Сарайкин

ИНТЕГРИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ПОЛИТИК БЕЗОПАСНОСТИ В СУБД

Для обеспечения санкционированного доступа пользователей СУБД к информационным объектам предложена интегрированная модель политик безопасности.

Ключевые слова: СУБД, отраслевые информационно-аналитические системы, модели, метки безопасности.

Современный этап развития лесопромышленного комплекса характеризуется его информатизацией, социально-экономические последствия которой определяют приоритетные направления научных исследований в области разработки информационно-аналитических и торговых систем. Эти направления ориентированы на создание эффективного инструментария, способного помочь пользователю в принятии корректных управленческих и регулирующих решений любой сложности и уровня, в различных сферах деятельности, локального и глобального масштабов. Основой такого инструментария служит «коллективный разум», или коллективные знания, хранящиеся в распределенных компьютерных системах и поддерживаемые современными системами управления базами данных (СУБД) и базами знаний.

Ярким примером отраслевой информационно-аналитической системы является глобальная информационно-аналитическая торговая система лесопромышленного комплекса (ГИАТС), разработанная при участии специалистов ОАО «Рослеспром», Государственного научного центра лесопромышленного комплекса, авторов данной статьи и др.

Защита ресурсов указанной информационной системы, как и других аналогичных систем, является недостаточно изученной и крайне сложной задачей. Традиционно технологии безопасности баз данных всегда отстают от других областей, таких, как сети и телекоммуникации.

С целью восполнения указанного пробела для обеспечения санкционированного доступа пользователей СУБД к информационным объектам нами предложены интегрированная модель политик безопасности на основе моделей HRU (Харрисон-Руззо-Ульман) и BLP (Белла-Ла Падула) и их модификаций и организация меток безопасности объектов, соответствующие дискреционным и мандатным моделям контроля доступа, действующим совместно. Приоритет указанных предложений подтвержден патентом РФ.

Для подобного класса систем использована модель $Q(CMS) = \{(E, R, V, D)\}$ – информационная система с контролируемым пространством памяти, определяемая следующими составляющими.

Элементы доверенной среды:

конечные наборы исходных субъектов $S_0 = \{s_1, \dots, s_N\}$ и объектов $O_0 = \{o_1, \dots, o_M\}$, где $S_0 \subseteq O_0$;
 набор типов объектов $V = \{v_1, \dots, v_g\}$;
 конечный набор прав доступа $R_l = [r_{ij}^l]$ – матрицы прав i -й сущности по отношению к j -й сущности для l -го действия, где $l = 1, \dots, K$; $i = 1, \dots, M$; $j = 1, \dots, N$;

исходная матрица R , содержащая права доступа субъектов к объектам, и ее начальное состояние R_0 ;

конечный набор команд $F = \{f(e_1 : v_1, \dots, e_s : v_s)\}$, включающий условия выполнения команд и их интерпретацию в терминах элементарных операций;

множество действий над сущностями $D = \{d_1, \dots, d_K\}$.

Функции изменения состояния:

функция уровней безопасности $G : SUO \rightarrow L$ (ставит в соответствие каждому объекту и субъекту уровень безопасности из множества L);

функция управления уровнями $G : SUO \rightarrow P(S)$ (где $P(S)$ – множество всех подмножеств субъектов S , которым позволено изменять уровень безопасности для заданного объекта или субъекта);

функция перехода $T : (Q \times D) \rightarrow Q$, которая в ходе выполнения действия переводит систему из одного состояния в другое (система, находящаяся в состоянии $q \in Q$, при получении запроса $d \in D$ переходит в следующее состояние $q^* = T(q, d)$).

Модель системы $F(q_0, D, T)$ состоит из начального состояния q_0 , множества действий D и функции перехода T .

Производные составляющие доверенной среды для групповых субъектов:

групповые субъекты – множество непустых подмножеств S , которое обозначим $\check{S} = P(S) \setminus \{\emptyset\}$;

права групповых субъектов \check{R} ;

функции уровня безопасности объектов $G : SUO \rightarrow L$, для групповых субъектов получим $\check{G}^L : \check{S} \rightarrow L$ ($\check{G}^L(\check{s})$ – наибольшая нижняя граница множества $\text{Max}L\{G(s) \mid s \in \check{s}\}$) и $\check{G}^H : \check{S} \rightarrow L$ ($\check{G}^H(\check{s})$ – наименьшая верхняя граница множества $\text{Min}H\{G(s) \mid s \in \check{s}\}$);

функция перехода, которая определяет следующее состояние системы после выполнения определенным субъектом некоторого запроса, как $\check{T} : (Q \times D) \rightarrow Q$, где $\check{T}(q, d) = q^*$; при этом в описании состояния $q = ((G, \check{G}^H, \check{G}^L), \check{R})$ и $q^* = (G^*, \check{G}^{*H}, \check{G}^{*L}), \check{R}^*$ участвуют три функции уровня безопасности: G – для объектов, \check{G}^H и \check{G}^L – наименьшая верхняя и наибольшая нижняя границы для групповых субъектов.

Обеспечиваемый критерий безопасности для совместного доступа мандатной модели формулируется следующим образом.

Система $F(q_0, D, \check{T})$ безопасна тогда и только тогда, когда:

– начальное состояние q_0 безопасно;
 – функция перехода \check{T} такова, что для любого состояния q , достижимого из q_0 путем применения конечной последовательности действий из D , таких, что $\check{T}(q, d) = q^*$, $q = ((G, \check{G}^H, \check{G}^L), \check{R})$ и $q^* = (G^*, \check{G}^{*H}, \check{G}^{*L})^*, \check{R}^*$ для каждого $\forall \check{s} \in \check{S}, \forall o \in O$ выполняются следующие условия:

если $d(\text{read}) \in \check{R}^*[\check{s}, o]$ и $d(\text{read}) \notin \check{R}^*[\check{s}, o]$, то $\check{G}^{*L}(\check{s}) \geq G^*(o)$;

если $d(\text{read}) \in \check{R}[\check{s}, o]$ и $\check{G}^{*L}(\check{s}) < G^*(o)$, то $d(\text{read}) \notin \check{R}^*[\check{s}, o]$;

если $d(\text{write}) \in \check{R}^*[\check{s}, o]$ и $d(\text{write}) \notin \check{R}[\check{s}, o]$, то $G^*(o) \geq \check{G}^{*H}(\check{s})$;

если $d(\text{write}) \in \check{R}[\check{s}, o]$ и $G^*(o) < \check{G}^{*H}(\check{s})$, то $d(\text{write}) \notin \check{R}^*[\check{s}, o]$.

В классической дискреционной модели используют следующие базовые элементарные операции, определяющие переход из одного состояния в другое, отличающееся от исходного, по крайней мере, одним компонентом.

1) Создание права M -й сущности по отношению к N -й сущности для K -го действия:

$$r_{MN}^K = p_1(s \in S, o \in O); \quad O' = O; \quad S' = S; \quad v'(o) = v(o) \quad (o \in O);$$

$$R_l'[r_{ij}^l] = R_l[r_{ij}^l] \quad (i \neq M) \quad \forall (j \neq N) \quad \forall (l \neq K); \quad R_l'[r_{ij}] = R_l[r_{ij}] \cup \{r_{MN}^K\}.$$

2) Удаление права у M -й сущности по отношению к N -й сущности для K -го действия:

$$r_{MN}^K = p_2(s \in S, o \in O); \quad O' = O; \quad S' = S; \quad v'(o) = v(o) \quad (o \in O);$$

$$R_l'[r_{ij}^l] = R_l[r_{ij}^l] \quad (i \neq M) \quad \forall (j \neq N) \quad \forall (l \neq K); \quad R_l'[r_{ij}] = R_l[r_{ij}] \setminus \{r_{MN}^K\}.$$

3) Создание M -й сущности – субъекта типа $v_g(s \notin S)$:

$$O' = O \cup \{s_M\}; \quad S' = S \cup \{s_M\}; \quad v'(o) = v(o) \quad (o \in O); \quad v'(s) = v_g;$$

$$R_l'[r_{ij}^l] = R_l[r_{ij}^l] \quad (o, s) \in S \times O; \quad R_l'[r_{Mj}] = p_4.$$

4) Удаление M -й сущности – субъекта ($s \in S$):

$$O' = O \setminus \{s_M\}; \quad S' = S \setminus \{s_M\}; \quad v'(o) = v(o) \quad (o \in O); \quad v'(s) \text{ – не определено};$$

$$R_l'[r_{ij}^l] = R_l[r_{ij}^l] \quad (o, s) \in S' \times O; \quad R_l'[r_{Mj}] = p_4.$$

5) Создание M -й сущности – объекта типа $v_g(o \notin O)$:

$$O' = O \cup \{s_M\}; \quad S' = S \cup \{s_M\}; \quad v'(o) = v(o) \quad (o \in O'); \quad v'(o) = v_g;$$

$$R_l'[r_{ij}^l] = R_l[r_{ij}^l] \quad (o, s) \in S \times O; \quad R_l'[r_{Mj}] = p_4.$$

6) Удаление M -й сущности – объекта ($o \in O \setminus S$):

$$O' = O \setminus \{o_M\}; \quad S' = S; \quad v'(o) = v(o) \quad (o \in O'); \quad v'(o) \text{ – не определено};$$

$$R_l'[r_{ij}^l] = R_l[r_{ij}^l] \quad (o, s) \in S' \times O'; \quad R_l'[r_{Mj}] = p_4.$$

Сформулируем критерий безопасности данной дискреционной модели.

Для заданной системы начальное состояние $F_0 = (S_0, O_0, V_0, R_0)$ является безопасным относительно права r , если не существует применимой к F_0

последовательности команд, в результате которой право r будет занесено в ячейку матрицы R , в которой оно отсутствовало в состоянии F_0 .

Указанная задача является разрешимой в следующих случаях:

команды $f(e_1 : v_1, \dots, e_s : v_s)$ являются монооперационными, т.е. состоят не более чем из одной элементарной операции;

команды $f(e_1 : v_1, \dots, e_s : v_s)$ являются ациклическими и монотонными, т.е. граф создания сущностей не содержит циклов и операций удаления (2, 4, 6);

команды $f(e_1 : v_1, \dots, e_s : v_s)$ не содержат операций создания (3, 5).

Состояние системы изменяется с помощью команд из множества F , состоящего из набора условий и операций, составляющих команду. Команды имеют формат:

command $f(e_1 : v_1, \dots, e_s : v_s)$

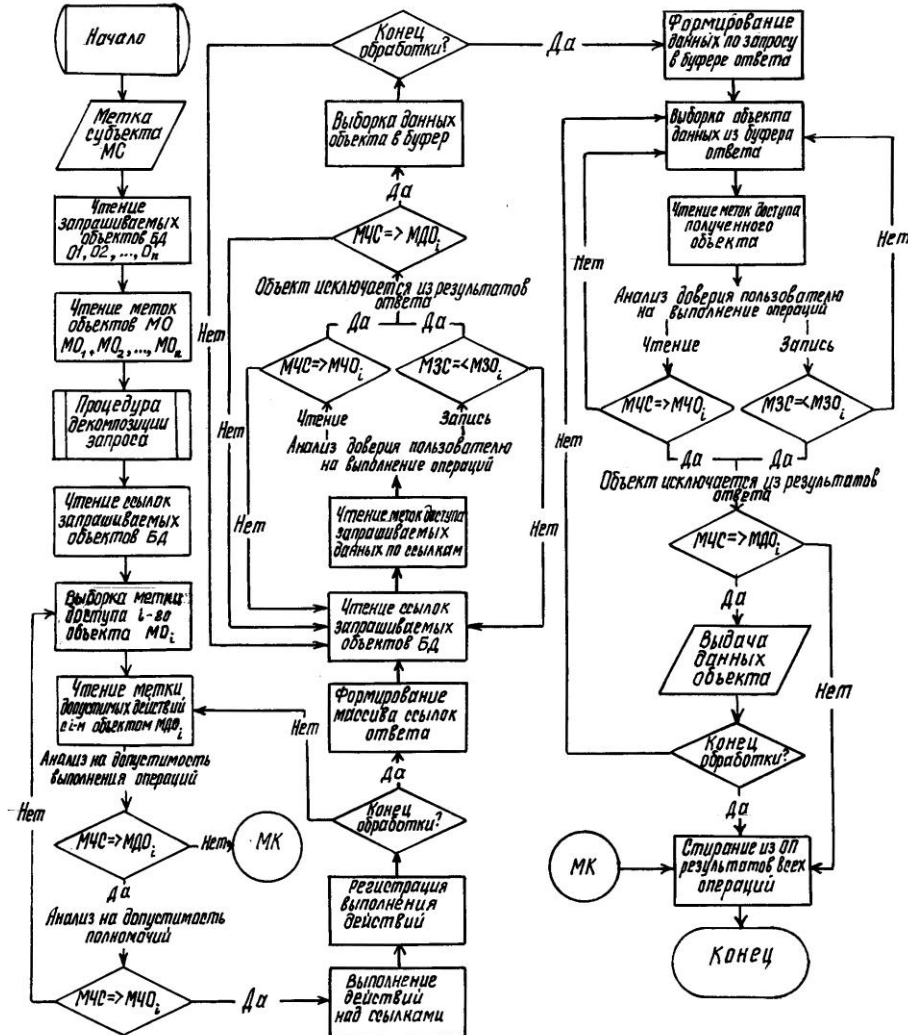
if p_1 in $R_1[r_{ij}]$ and (условия выполнения команды)

then

c_1, c_2, \dots, c_G , (операции, составляющие команду), где всем параметрам приписывается определенный тип.

Перед выполнением команды происходит проверка типов фактических параметров, если они не совпадают с указанными в определении, команда не выполняется. Фактически, введение контроля типов для параметров команд приводит к неявному введению дополнительных условий, так как команды могут быть осуществлены только при совпадении типов параметров.

Для обеспечения санкционированного доступа пользователя СУБД к информационным объектам автоматизированной системы предложен способ организации меток объектов, соответствующий модели мандатной политики безопасности. На рисунке приведен укрупненный алгоритм процедуры контроля и управления доступом (процедура МАСО).



Укрупненный алгоритм процедуры контроля и управления доступом (Метка объекта МО включает: группу субъекта, который внес данный объект; уровень доступа на чтение – МЧО; уровень доступа на запись – МЗО. Метка субъекта МО включает: группу, к которой принадлежит субъект; максимальный уровень доступной субъекту информации – МЧС; минимальный уровень объекта, который может быть создан данным субъектом – МЗС

Предложен способ дополнительного структурирования пользователей с введением группы доступа (группы субъекта); иерархии по уровням доступа (десять уровней от 1 до 10); иерархии по уровням доверия (десять уровней от 1 до 10).

Группа субъекта (допущенного до работы пользователя) указывает на его принадлежность к группе субъектов по доступу (принадлежность к группе людей, объединенных одними функциями). Группа назначается субъекту в со-

ответствии с правилами политики безопасности, при этом возможно перемещение субъекта из одной группы в другую.

Введена возможность организации до 250 индексированных групп с номерами от 1 до 250.

Данным (объектам) присваивается метка группы пользователей (субъектов), которые их сформировали. Данные, принадлежащие одной группе пользователей, не доступны пользователям другой группы.

Однако группа может доверить другой группе работу со своими данными.

Уровень доступа субъекта задается при его создании (администратором безопасности) или изменяется позже. Он определяет: какие данные (по уровню конфиденциальности) доступны субъекту, а какие нет. Все данные с уровнем конфиденциальности более высоким, чем уровень доступа конкретного субъекта, скрываются.

Уровень доверия субъекта определяется в соответствии с правилами действующей политики безопасности и обозначает важность (т.е. конфиденциальность) данных, вносимых субъектом. СУБД не должна позволять субъекту вносить информацию в объект с низким (чем уровень доверия субъекта) уровнем конфиденциальности.

Этот уровень призван защитить пользователей с высоким уровнем доверия от случайного (или намеренного) присвоения секретным данным низкого уровня конфиденциальности. Любая вносимая (изменяемая) этим субъектом информация уже будет иметь минимальный «гриф» или уровень конфиденциальности. Его информация может быть только более (не менее) защищенной.

В доверенной среде СУБД «ЛИНТЕР» обеспечена возможность совместной реализации дискреционной и мандатной политик безопасности.

При этом действуют два глобальных правила:

доступ к объектам, поддерживаемым и дискреционной, и мандатной политиками безопасности, должен быть санкционирован ими обеими;

субъект не может ни получить доступ к объекту, к которому применены две политики безопасности, ни управлять доступом к этому объекту, если он не имеет доступа к нему в одной из политик безопасности.

В этом отношении среди пользователей выделяется только уполномоченный администратор безопасности, который может изменять метки доступа пользователей (но не данные и их метки).

В дискреционном контроле доступа для каждой пары субъект–объект можно задать явное и недвусмысленное перечисление возможных действий субъекта:

SELECT – чтение данных объекта;

INSERT – добавление новых данных в объект;

DELETE – удаление некоторых/всех данных объекта;

UPDATE – изменение данных объекта;

ALTER – изменение физической / логической структуры базовой таблицы;

INDEX – создание/удаление индексов на столбцы базовой таблицы;

ALL – все возможные действия, т.е. все предыдущие действия вместе взятые.

В профессиональных базах данных (БД), где много (тысячи) субъектов и объектов, очень сложно определять возможности (или права) каждого субъекта при работе с каждым объектом. Для упрощения этой процедуры реализуется аппарат ролей. С помощью аппарата ролей можно строить не только иерархические взаимоотношения пользователей (старший – подчиненный), но и вообще произвольную структуру доступа. Предусмотрена следующая схема построения ролей:

создать роль (значит стать ее владельцем) может только субъект Дба-категории (администратор БД);

назначить/изъять роль может только ее владелец/создатель.

Таким образом, могут присутствовать две схемы передачи прав: прямая и косвенная, через аппарат ролей. Причем обе эти схемы можно использовать в совокупности.

В мандатном методе контроля управление доступом строится на основе меток конфиденциальности или меток безопасности. Эти метки хранятся вместе с объектом и играют важную роль при разрешении (допуске) субъектов к информации помеченного объекта.

В результате применения меток безопасности объектов получается гибкая система разделения полномочий субъектов при администрировании данных и прав доступа в СУБД. Для этого в автоматизированной системе присутствуют две независимые категории администраторов – администратор БД и администратор прав доступа. С помощью комбинированных средств и методов контроля, разделенных во времени и пространстве независимых процедур установки параметров безопасности, обеспечивается эффективная защита данных.

ДальНИИЛХ

Поступила 15.12.02

I.A. Boichenko. V.G. Sarajkin

Integrated Model of Security Policy in Database Management System

An integrated security policy model has been proposed for ensuring an authorized access of database management system users to the informational objects.

УДК 681.3

А.Т. Гурьев

Гурьев Александр Тимофеевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, проректор по информационным технологиям и директор Института информационных технологий АГТУ. Имеет более 80 работ в области исследования процессов лесного комплекса.



ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Построены математические модели процессов эксплуатации изделий лесного машиностроения. Предложен метод интеграции функциональных и математических моделей ремонта техники.

Ключевые слова: ИПИ-технологии, жизненный цикл изделия, негативное воздействие внешней среды, полихроматические множества и графы, технология IDEF0.

Жизненный цикл (ЖЦ) любого изделия машиностроения состоит из следующих основных этапов: проектирование – производство – эксплуатация – утилизация (рис. 1). Каждый из этапов нуждается в анализе и информационной поддержке. В настоящее время существует множество работ (и даже программных комплексов), посвященных поддержке первых двух этапов. Этап эксплуатации ЖЦ изделий машиностроения изучен недостаточно глубоко.

В процессе эксплуатации каждое изделие претерпевает изменения своего состояния, которое обусловлено воздействием внешней среды. Все воздействия можно разделить на три типа: позитивные, негативные и нейтральные. Выводу системы из работоспособного состояния обычно предшествуют негативные воздействия.

Перед изучением вариантов возможных негативных воздействий и способов выхода из нерабочего состояния необходимо разработать специальную математическую модель.



Рис. 1. Этапы ЖЦ изделия

Рассмотрим структуру модели для погрузчика леса манипуляторного типа СФ-65С.

Анализ возможных отказов манипулятора позволил выделить основные элементы, выход из строя которых выводит или частично выводит из рабочего состояния всю систему (табл. 1). Категории и уровни критичности, согласно стандарту на проведение АВО, представлены в табл. 2.

Таблица 1

Возможные отказы элементов манипулятора

Вершина в модели	Узел (деталь)	Уровень критичности
A_1^1	Основание	1
A_2^1	Стойка	1
a_4^3	Гидроцилиндр нижней части стойки	
A_3^1	Стрела	2
A_9^2	Гидроцилиндры стрелы	
A_4^1	Рукоять	2
a_{11}^2	Гидроцилиндры рукояти	
A_5^1	Аутригер	3
A_6^1	Гидросистема	1
a_{21}^2	Гидрораспределитель гидросистемы	
a_{22}^2	Гидромотор гидросистемы	
a_{13}^3	Главный клапан предохранительного клапана гидросистемы	
a_{14}^3	Секционный клапан предохранительного клапана гидросистемы	
A_7^1	Пульт управления	2
a_8^1	Маслобак	2
a_9^1	Ротатор	2

Таблица 2

Категории и уровни критичности

Индекс категории критичности	Уровень критичности
1	Дальнейшая эксплуатация невозможна
2	Возможна непродолжительная эксплуатация
3	Возможна эксплуатация с некоторыми ограничениями

Таблица 3

Свойства элементов системы

	F_{19}	F_{20}	F_{21}	F_{22}	F_{23}	F_{24}	F_{25}	F_{26}	F_{27}	F_{28}	F_{29}	F_{30}	F_{31}	F_{32}	F_{33}	F_{34}	F_{35}	F_{36}
A_1^1	•					•												
A_2^1	•					•												
a_4^3							•											
A_3^1		•																
A_9^2								•	•		•	•	•					
A_4^1		•																
a_{11}^2																		
A_5^1			•												•			
A_6^1	•																	
a_{21}^2						•												
a_{22}^2				•														
a_{13}^3				•														
a_{14}^3				•	•					•								•
A_7^1		•														•		
a_8^1		•															•	
a_9^1		•												•				

Булева матрица свойств элементов системы приведена в табл. 3, где отражены только те свойства, которые понадобятся для концептуального анализа работоспособности.

Все свойства элементов модели можно разделить на следующие группы.

1. Свойства, описывающие значения параметров, характеризующих узлы изделия и условия их функционирования:

F_1 – длина изделия;

F_2 – материал;

F_3 – рабочее давление;

F_4 – рабочая температура;

F_5 – гладкая оболочка;

F_6 – оболочка с оттиском на текстильном бандаже;

F_7 – наружный диаметр;

- F_8 – внутренний диаметр;
 F_9 – диаметр входного отверстия;
 F_{10} – диаметр выходного отверстия;
 F_{11} – количество оборотов;
 F_{12} – пропускная способность;
 F_{14} – материал сетки;
 F_{15} – фирма-производитель;
 F_{16} – максимальное допустимое давление;
 F_{17} – место установки;
 F_{18} – скорость ограничения.

2. Свойства, определяющие степень критичности отказа:

- F_{19} – 1-й уровень критичности;
 F_{20} – 2-й уровень критичности;
 F_{21} – 3-й уровень критичности.

3. Свойства, задающие функциональную неисправность:

- F_{22} – манипулятор не развивает заданной грузоподъемности;
 F_{23} – манипулятор не удерживает поднятый груз;
 F_{24} – не поворачивается стойка;
 F_{25} – не поднимается (не опускается) стрела;
 F_{26} – не сгибается стрела;
 F_{27} – стрела не слушается управления;
 F_{28} – удлинитель самопроизвольно выдвигается;
 F_{29} – не сгибается;
 F_{30} – не удлиняется;
 F_{31} – рукоять не слушается управления;
 F_{32} – неэффективное отклонение;
 F_{33} – отсутствует устойчивость системы;
 F_{34} – отсутствует управление манипулятором, неверное выполнение команд;
 F_{35} – масло не поступает в систему;
 F_{36} – гидроцилиндры работают медленно или не работают.

Проведем анализ выделенных свойств. Рассмотрим свойства вершин, перечисленных в табл. 2.

A_1^1 – основание манипулятора:

$$F(A_1^1) = (F_{19}, F_{24}).$$

A_2^1 – стойка манипулятора:

$$\text{так как } a_4^3 \subset A_2^1, \text{ а } F(a_4^3) = (F_{25}), \text{ то } F(A_2^1) = (F_{19}, F_{24}, F_{25}).$$

A_3^1 – стрела манипулятора:

$$\text{так как } A_9^2 \subset A_3^1, \text{ а } F(A_9^2) = (F_{26}, F_{27}, F_{29}, F_{30}, F_{31}),$$

то $F(A_3^1) = (F_{20}, F_{26}, F_{27}, F_{29}, F_{30}, F_{31})$.

A_5^1 – аутригер манипулятора:

$$F(A_5^1) = (F_{21}, F_{33}).$$

A_6^1 – гидросистема манипулятора:

так как $a_{21}^2 \subset A_6^1$ и $a_{22}^2 \subset A_6^1$ и $a_{13}^3 \subset A_6^1$ и $a_{14}^3 \subset A_6^1$,

а $F(a_{21}^2) = (F_{23})$, $F(a_{22}^2) = (F_{22})$, $F(a_{13}^3) = (F_{22})$, $F(a_{14}^3) = (F_{22}, F_{23}, F_{28}, F_{36})$,

то $F(A_6^1) = (F_{19}, F_{22}, F_{23}, F_{28}, F_{36})$.

A_7^1 – пульт управления манипулятора:

$$F(A_7^1) = (F_{20}, F_{34}).$$

a_8^1 – маслобак манипулятора:

$$F(a_8^1) = (F_{20}, F_{35}).$$

a_9^1 – ротатор манипулятора:

$$F(a_9^1) = (F_{20}, F_{32}).$$

Введем в модель еще четыре свойства, которые характерны выделенным элементам и описывают текущее состояние системы (группа 4):

F_{37} – возможна эксплуатация без ограничений;

F_{38} – возможна эксплуатация с некоторыми ограничениями (3-й уровень критичности);

F_{39} – возможна непродолжительная эксплуатация (2-й уровень критичности);

F_{40} – эксплуатация невозможна (1-й уровень критичности).

Истинность свойств возможна только при выполнении следующих условий:

$$F_{37} = 1, \text{ если } F(A) = \overline{F_{22} \wedge F_{23} \wedge F_{24} \wedge F_{25} \wedge F_{26} \wedge F_{27} \wedge F_{28} \wedge F_{29} \wedge F_{30} \wedge F_{31} \wedge F_{32} \wedge F_{33} \wedge F_{34} \wedge F_{35} \wedge F_{36}};$$

$$F_{38} = 1, \text{ если } F(A) = \overline{F_{33}};$$

$$F_{39} = 1, \text{ если } F(A) = \overline{F_{26} \wedge F_{27} \wedge F_{29} \wedge F_{30} \wedge F_{31} \wedge F_{32} \wedge F_{34} \wedge F_{35}};$$

$$F_{40} = 1, \text{ если } F(A) = \overline{F_{22} \wedge F_{23} \wedge F_{24} \wedge F_{25} \wedge F_{28} \wedge F_{36}}.$$

Свойства $F_{19} \dots 40$ будут унитарными: их существование зависит от существования других свойств. Истинность свойств $F_{19} \dots 21$ зависит от численных значений свойств $F_1 \dots 18$. Взаимосвязи между ними определяют структуру базы данных для сбора информации об отказах элементов изделия. При дальнейшем анализе данная информация будет исходной для определения надежности данных узлов.

Задача обеспечения надежности техники может быть решена с помощью функционального моделирования и математического аппарата полихроматических множеств и графов*.

Описание процесса ремонта изделий по стандартам CALS выполняется, используя технологии IDEF0. Анализ созданных функциональных диаграмм позволяет выявить «узкие» места устранения неисправностей и пути повышения эффективности ремонтных работ. При составлении функциональных диаграмм ремонта изделий возникают трудности с содержанием отдельных операций и детализацией диаграмм. Это связано с неопределенностью вариантов выполнения ремонта и отсутствием информации о возможных оптимальных реализациях этих операций. Поскольку этапы ремонта, как правило, являются взаимосвязанными, то дальнейшее составление диаграмм либо становится невозможным, либо развивается по одному из вариантов, который не всегда является рациональным (рис. 2).

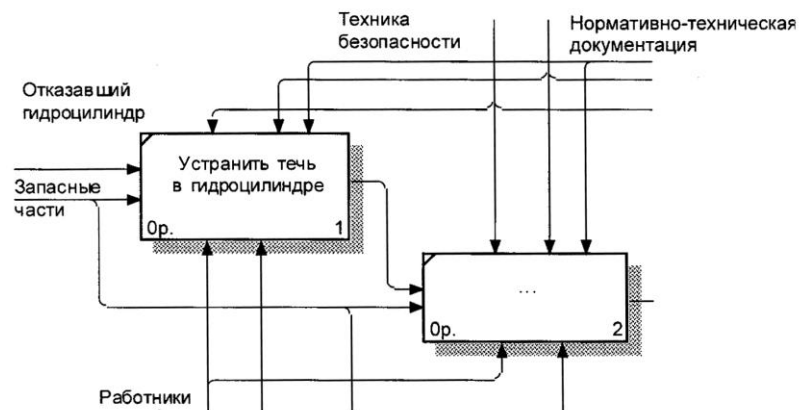


Рис. 2. Фрагмент функциональной диаграммы ремонта гидроцилиндра манипулятора СФ-65С

Выбрать оптимальное решение для проведения ремонта позволяет математический аппарат теории полихроматических множеств и графов, соответствующий международным стандартам в области CALS-технологий.

Математическая модель устранения неисправностей изделий состоит из моделей материалов (деталей) и операций, выполняемых над ними.

Модель материалов $S(M)$ представляется в виде полихроматического множества

$$\Pi^{\vee} S_M = (M, F(M), [M \times F(M)]), \quad (1)$$

где M – множество материалов (комплектующих), используемых для устранения неисправности изделий;

* Павлов В.В. CALS-технологии в машиностроении (математические модели) / В.В. Павлов; под ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: ИЦ МГТУ СТАНКИН, 2002. – 328 с.

$F(M)$ – состав свойств, характеризующих материалы: характеристики применяемых материалов (технические и экономические), их универсальность, доступность и т.д.;

$[M \times F(M)]$ – булева матрица свойств конкретных материалов (деталей) для ремонта изделий.

Модель операций $S(O)$ представляют в виде полихроматического множества

$$\Pi^{\vee} S_O = (O, F(O), [O \times F(O)]), \quad (2)$$

где O – множество операций, используемых для устранения неисправности изделий;

$F(O)$ – состав свойств, характеризующих операции: характеристики применяемых средств (оборудования), экономические и временные показатели ремонта, квалификация персонала и т.д.;

$[O \times F(O)]$ – булева матрица свойств конкретных операций по ремонту изделий.

Полихроматический граф, объединяющий модели $S(M)$ и $S(O)$, используют для выбора оптимального решения при проведении ремонта:

$$\Pi G_{M,O} = (G, F(G), \Pi^{\vee} S_M, \Pi^{\vee} S_O), \quad (3)$$

где $G = (M, O)$ – граф, вершинами которого являются элементы множества материалов (деталей) M , а дугами – элементы множества операций O ;

$F(G)$ – свойства графа;

$\Pi^{\vee} S_M$ – полихроматическое множество, характеризующее свойства вершин графа;

$\Pi^{\vee} S_O$ – полихроматическое множество, характеризующее свойства дуг графа.

Если материал (деталь) p_k рассматривается как возможный элемент в ремонте изделия A с требуемым составом свойств $F(A)$, то производственные возможности этого материала (детали) характеризуются следующими группами свойств.

1. Нереализованные в $F(A)_{k-1}$ свойства, которые могут быть реализованы элементом p_k :

$$F(A)_k^I = \bar{F}(A)_{k-1} \wedge F(p_k) \wedge F(A), \quad (4)$$

где $\bar{F}(A)_{k-1}$ – результат инверсии вектора $F(A)_{k-1}$.

2. Нереализованные в $F(A)_{k-1}$ свойства, которые не могут быть реализованы элементом p_k .

$$F(A)_k^{II} = \bar{F}(A)_{k-1} \wedge \bar{F}(p_k) \wedge F(A), \quad (5)$$

где $\bar{F}(p_k)$ – результат инверсии вектора $F(p_k)$.

3. Реализованные в $F(A)_{k-1}$ свойства, которые могли бы быть реализованы элементом p_k :

$$F(A)_k^{III} = F(A)_{k-1} \wedge F(p_k). \quad (6)$$

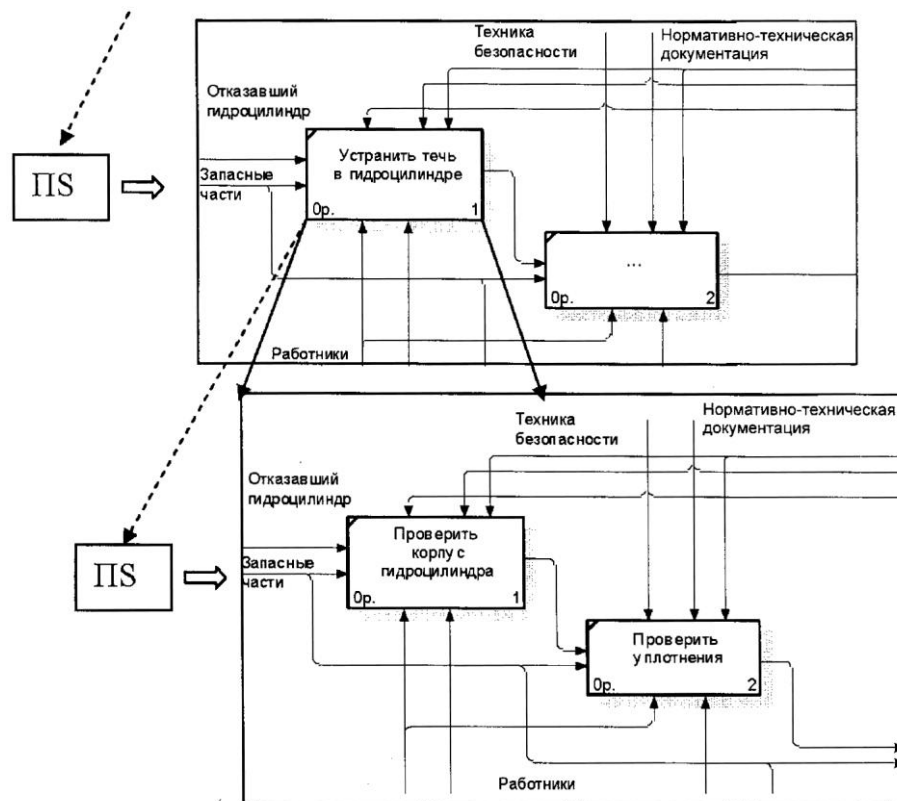


Рис. 3. Интеграция технологий IDEF0 и ПИС

4. Реализованные в $F(A)_{k-1}$ свойства, которые не могли бы быть реализованы элементом p_k :

$$F(A)_k^{IV} = F(A)_{k-1} \wedge \bar{F}(p_k). \quad (7)$$

Модель операций $S(O)$ анализируют по группам свойств аналогично модели $S(M)$.

Интеграция методологии функционального моделирования с математическим аппаратом полихроматических множеств и графов позволяет добиться эффективного проведения ремонтных работ в соответствии с международными стандартами.

При составлении функциональных диаграмм для выбора оптимального решения по выполнению ремонта обращаются к полихроматическому графу. На основе информации, предоставленной полихроматическим графом, происходит заполнение функциональной модели. Для каждого элемента функциональной диаграммы могут быть созданы и использованы свои математические модели, количество которых зависит от уровня декомпозиции функциональной модели и числа элементов (рис. 3).

Выводы

1. Использование системы моделирования с интеграцией методологии функционального моделирования IDEF0 и аппарата полихроматических множеств и графов позволяет повысить эффективность проведения ремонтных мероприятий в соответствии с международными стандартами.

2. Автоматизация выбора оптимального решения при проведении ремонта изделий позволит сократить время на поиск и анализ статистической информации по характеристикам материалов и комплектующих и выполняемым операциям.

3. Использование единого математического аппарата для формализации процессов системы моделирования восстановления работоспособности изделия обеспечит создание единой интегрированной среды взаимодействия участников ЖЦ изделий лесного машиностроения.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 23.06.05

A.T. Gurjev

Formalization of Repair and Exploitation Processes for Machinery

Mathematical models for processes of exploitation of forest machines are developed. Method for integration of functional and mathematical models of machinery repair is offered



ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630* 232 (075. 8)

*Г.И. Редько***ЛИСИНСКОМУ УЧЕБНО-ОПЫТНОМУ ЛЕСХОЗУ 200 ЛЕТ**

История Лисинского учебно-опытного лесхоза уходит в глубь веков. Он возник на территории с обилием болот, топей и озер среди незначительных перелесков, около которых ютились поселки с русскими названиями Лисино, Каменка, Игнатово, Тимофей и др., основанные, вероятно, новгородскими выходцами еще в те времена, когда Ингерманландия, до завоевания ее шведами (до Столбовского мира 1617 г.), находилась в составе русской державы [1]. Впервые сельцо Лисино упоминается в оброчной книге за 1500 г. Подробная географическая карта Ингерманландии, составленная в 1676 г. шведскими топографами, довольно ясно обозначала места, входившие тогда в Лисинский погост и занятые сегодня Лисинским учебно-опытным лесхозом. На ней были обозначены речки Лустовка, Сердце, ручьи Лабус, Лосколо, а также несколько пограничных деревьев. Леса в то время, очевидно, представляли собой не сплошные массивы, а отдельные перелески и рощи. Это доказывается существованием отмеченных на карте 1676 г. дер. Лентака, Гексельсаари и Каллиали на участках сплошного лесного массива уже в 1846 г.

Анонимный автор статьи «Взгляд на Лисинскую дачу в лесохозяйственном отношении» (Лесн. журн. – 1846. – № 12) считал, что густые отличные насаждения, покрывавшие нивы и луга бывшей дер. Лентака, появление болотистых мест и довольно топких болот на пространствах, где за 150 лет до того находились, по показанию шведских топографов, селения Гексельсаари и Каллиали, и, наконец, превращение большого озера в Рамболовское болото дают представление о резких переворотах, изменивших местность этого края в течение двух предшествовавших столетий.

Рупрехт установил, что превращение озер в болота к северу от Лисинской дачи (Рамболовское) и к юго-западу от старого Лисино (Кауштинское), вероятно, «воспоследовало в течение 300 лет, хотя этого и нельзя доказать по всей строгости; с достоверностью можно сказать только, что для этого растительного процесса потребно было более 180 лет... При этом случае оказалось, что из 20 деревень тогдашнего Лисинского погоста Копорского лена, означенных на картах 1676 г., лежащих при озерах, ныне нет ни одной, носящей прежнее имя, и что уже во время второй шведской ревизии 1685 г. таких деревень оставалось не более шести, между тем как в девятилетний промежуток времени между двумя ревизиями прибыло 24 новых селения, из числа которых в наше время остается не более 5, а именно: Пери, Перекюло, Шумба (Sompa), Кайвалово (Kaibala) и Куньголово (Kunigala). Это может быть объяснено только тем, что прежние селения существуют и донныне, но названия их уже изменились» (ЖМГИ. – 1863. – Дек. – С. 213).

С 1805 г. лесной массив именовался как Лисинская казенная дача, с 1834 г. – учебное или учебно-опытное лесничество, с 1888 г. по 1922 г. – Лисинское казенное лесничество, с 1923 г. по 1929 г. – Лисинское учебно-опытное лесничество, с 1930 г. по 1935 г. – Лисинский учебно-опытный леспромхоз, с 1936 г. – Лисинский учебно-опытный лесхоз, сокращенно именуемый в кругу лесоводов как «Лисино». Так называлась в различное время основная учебная и опытная база старейшего и крупнейшего в России и мире лесного вуза – С.-Петербургской государственной лесотехнической академии [2].

Десятки поколений лесоводов прошли здесь профессиональную подготовку во время учебной и производственной практики. Здесь же с 1834 г. готовит кадры сначала низшего, а потом и среднего звена старейший в стране Лисинский лесной техникум-колледж.

Практической подготовкой студентов, выполнявших, как правило, большую часть лесохозяйственных и лесокультурных работ, руководили выдающиеся деятели отечественного лесоводства, профессора Ф.К. Арнольд, И.Г. Войнюков, А.А. Длатовский, Н.В. Шелгунов, М.К. Турский, Д.М. Кравчинский, А.Н. Соболев, В.Д. и В.В. Огиевские, Г.Ф. Морозов, В.Н. Сукачев, М.М. Орлов, Н.П. Кобранов, Н.В. Третьяков, А.А. Байтин и др. Геоботаническим описанием Лисинского учебного лесничества начинал свою деятельность в 1841 г. В.Е. фон Графф, основатель Великоанадольского образцового степного лесничества. Его преемник по Великоанадолю Л.Г. Барк в 1882 г. заведовал Лисинским учебным лесничеством. В 20-е гг. XX в. здесь начинал свою деятельность в качестве лесничего ставший впоследствии академиком ВАСХНИЛ Н.П. Анучин. В те же годы здесь работал и будущий крупнейший лесотиполог, профессор Д.В. Воробьев [2].

Длительное время Лисино служило местом высочайших императорских охот. Александр II охотился в Лисино со свитой 84 раза. По его приглашению, как свидетельствовал А.А. Крюденер (1939), здесь охотился на медведя и рейхсканцлер Германии О. Бисмарк. В лисинских лесах неоднократно бывали страстные охотники и любители русской природы писатели Н.А. Некрасов и А.К. Толстой. По проектам архитектора Н.Л. Бенуа в Лисино были воздвигнуты Охотничий дворец, здание лесного училища и православная церковь.

Зимой 1703 г. по указу Петра I для описания и поиска корабельных лесов по р. Тосне были посланы князь Р. Мещерский и «иноземец», корабельный мастер Васильев с Кореляны. По их описанию «... декабря 30» значилось: «Шлиссельбургского уезда от деревни Мерклы и Тимоша расстояние 5 верст, явилось вниз по реке Тосне на левой стороне в урочище Каменное поле доброго соснового лесу, который угоден на корабельное строение, длиннику на 3 версты, поперечнику на 2 версты». Было велено леса те рубить и возить в С.-Петербург на Адмиралтейский двор. По произведенным в 1764–1765 гг. описаниям лесов по р. Тосне уже не оказалось ни дуба, ни мачтовых сосен.

Генеральным межеванием 1787 г. часть Тосненского лесного массива под названием Лисинской дачи была отделена от окружавших ее частновладельческих лесов. По произведенной тогда съемке общая площадь дачи была равна 28502 га, что очень близко к сегодняшней площади Лисинского учебно-опытного лесхоза.

В 1805 г. Лисинская дача из Управления уделов (императорские земли) была передана в ведение Лесного департамента Министерства финансов, произведена новая ее съемка и закрепление границ, образовано казенное лесничество, учреждена и местная администрация. Этот год следует считать началом лесного хозяйства в Лисинской даче. До 1834 г. Лисинское казенное лесничество по установленному сервигуту (наряду) поставляло дворцовому управлению ежегодно 13,5 тыс. м³ дров. Первым лесничим в 1805–1807 гг. был форстмейстер Н. Ефимов. По таксации с закладкой пробных десятин под руководством С.-Петербургского обер-форстмейстера И.П. Балле в Лисинской даче вместе с пустошами Келейной и Михалевой на площади 27750 десятин было найдено «разного сорта 88366724 дерев да 381863 сажень дров».

В том же 1805 г. в Лисино впервые на практику приехали студенты Царско-сельского лесного института. В 1811 и 1815 гг. профессор лесных культур Стефани со студентами старших курсов проводил съемку и таксацию Лисинской дачи.

7 декабря 1834 г. по инициативе министра финансов Е.Ф. Канкрин «для заведения образцового, в большом виде, правильного лесного хозяйства и для наставления выпускаемых из Лесного института воспитанников практическим приемам по лесной части» высочайше утверждено устройство Лисинского учебного лесничества и при нем

– первой низшей лесной школы – Егерского училища «для комплектования лесной стражи специально образованными низшими чинами и для доставления возможности владельцам иметь сведущих лесничих». Лесничество исключено из ведения С.-Петербургской казенной палаты и передано С.-Петербургскому лесному институту. Первым управляющим Лисинского учебного лесничества был бывший воронежский губернский лесничий, выпускник Лесного института 1815 г. Б.Б. Фрейрейс.

Уже к 1841 г. в Лисино была укомплектована лесная стража, упорядочена рубка, предпринято создание на значительных площадях вырубок лесных культур, начаты осушительные работы, осуществлено строительство дорог и необходимых зданий. Был оборудован лесотехнический завод по производству смолы, дегтя, сажи, поташа, скипидара, канифоли и древесного угля простейшими и улучшенными способами [3].

В 1841 г. выполнено первое в России полное лесоустройство Лисинского лесничества под руководством Е.А. Петерсона «по правилам науки по специальной инструкции». Первое геоботаническое описание лисинских лесов выполнил прапорщик В.Е. фон Графф – будущий основатель степного лесоразведения в России. Собранный им обширный гербарий растений сохранился до наших дней на кафедре ботаники и дендрологии С.-Петербургской лесотехнической академии и в Ботаническом саду РАН [2]. С тех пор в Лисинском лесничестве – учебно-опытном лесхозе проведено 16 ревизий лесоустройства под руководством профессоров института – академии, в том числе последняя в 2004–2005 гг.

По результатам ревизии лесоустройства 1851 г. министр государственных имуществ П. Киселев распорядился: «Внушить г. Бекману (директору Лисинского учебного лесничества – Г.Р.) ожидаемое от его познаний и усердия полное и рациональное лесоустройство Лисинского заведения, которое быв образцовым, должно влиянием своим прямо действовать на устройство лесной части в России. Практиканты, видев беспорядки в учреждении главного нашего практического заведения, вынесут с собой неправильное понятие о требованиях начальства и будут более вредны, чем полезны в исполнении своих обязанностей. Я надеюсь и ожидаю, что все замеченные неустройства будут исправлены и что мы будем иметь право радоваться и гордиться этим важным учреждением» [2]. Так высоко оценивались роль и значение Лисинского учебного лесничества в лесном хозяйстве России.

В течение 200 лет Лисино в целом дважды пройдено сплошными рубками. Здесь разрабатывались и испытывались все виды рубок главного пользования и рубок ухода. Лисино является родиной постепенных рубок Д.М. Кравчинского, М.М. Орлова и др. Различными методами и приемами создано около 5 тыс. га лесных культур сосны, ели, лиственницы, дуба, липы, кедра, пихты [4]. Вся европейская Россия посылала в Лисинское лесничество семена. Именно в Лисино испытывались и отработывались все агротехнические приемы искусственного лесовосстановления, общепринятые сегодня для таежной зоны: десятки приемов обработки почвы местами и площадками различных размеров, полосами и сплошь, посев и посадка разной густоты, сеянцами и саженцами разного возраста, на вырубках и под пологом леса, на торфяниках и осушенных болотах. Даже сохранившиеся на сегодня 60 % этих культур являются бесценным фондом лесокультурного дела не только для учебных целей, но и для науки.

С 1847 г. в Лисино существует и поддерживается дендропарк, дендрофлора которого насчитывает сегодня 156 видов и форм, а в целом флору составляют 673 высших сосудистых растения, относящихся к 329 родам и 98 семействам. С 1834 г. лесные питомники обеспечивают потребности Лисино в лесокультурном посадочном материале.

На более чем 100 постоянных пробных площадях изучается динамика роста таксационных показателей. Только в Лисинском учебно-опытном лесхозе имеется 160-летний опыт осушения заболоченных лесных земель и болот, опыт выращивания на них леса. Лесоведам не только всей России, но и Европы известен 150-летний лес естественного и искусственного происхождения на бывшем болоте «Суланда» с запасом древесины 500 ... 700 м³/га. Протяженность осушительных канав превышает 940 км [5].

Многие учебные, опытные объекты в Лисино носят имена прославленных профессоров Лесного института – Лесотехнической академии: культуры Ф.К. Арнольда, И.Г. Войнукова, Д.М. Кравчинского, П.И. Давыдова, Н.И. Рубцова, А.В. Преображенского, А.Ф. Чмыра и др. Одна из просек в Лисино названа в честь профессоров Н.В. Третьякова и П.Н. Горского. Леса, имеющие научное и историческое значение, составляют в Лисино 10 тыс. га, или 30 % территории лесхоза.

Большинство учебных и научных объектов в Лисинском учебно-опытном лесхозе по методической, теоретической и практической ценности являются уникальными образцами блестящего разрешения ряда проблем лесного хозяйства – лесной типологии, рубок леса и мелиорации земель, механизации лесохозяйственных работ, биологии роста и развития лесных насаждений и др. По материалам исследований в Лисино защищены десятки кандидатских и несколько докторских диссертаций. Библиография опубликованных работ превышает 200 наименований.

Учебные и научные опытные объекты в Лисино позволяют и сегодня ежегодно проводить комплексные экскурсии и учебные практики студентов под руководством нового поколения профессоров академии: Б.В. Бабикова, Д.М. Киреева, А.В. Любимова, Е.Н. и А.Н. Мартыновых, И.И. Минкевича, Г.И. Редько, С.Н. Сеннова, С.П. Смирнова, В.А. Соловьева и др.

Неотъемлемая часть С.-Петербургской государственной лесотехнической академии – Лисинский учебно-опытный лесхоз – и сегодня принимает для практического совершенствования в лесохозяйственных знаниях очередное поколение будущих лесоводов и является своеобразной Меккой для лесоводов России и зарубежных стран.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гомилевский В.* Практическая научная экскурсия членов Лесного общества в Лисинское лесничество / В. Гомилевский // Земледельческая газета. – 1901. – 25 июля. – С. 8–15.
2. 200 лет лесному учебному и опытному делу в Лисинском учебно-опытном лесхозе: учеб. пособие / под общ. ред. Г.И. Редько. – С.-Петербург: ЛТА, 1997. – 356 с.
3. *Преображенский А.В.* Вековой опыт ведения хозяйства в Лисинском и Охтенском лесхозах / А.В. Преображенский. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1953. – 116 с.
4. *Редько Г.И.* Лесные культуры: учеб. пособие / Г.И. Редько, М.Л. Брановицкий, Н.А. Бабич, В.Д. Иванников. – Л.: ЛТА, 1980. – 100 с.
5. 150 лет учебно-опытного Лисинского лесхоза // Тр. ЛТА. – Л. – 1956. – Вып. 73. – 230 с.

Санкт-Петербургская государственная
лесотехническая академия

G.I. Redko

Lisino Model Forest Area is 200 Years



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 630*232:674.032.475.3

*В.А. Соловьев***ИНТЕРЕСНАЯ КНИГА***

Линдуловская лиственничная роща – знаменитый лесоводственный объект, старейшая лесная культура в Европе, находящаяся под эгидой ЮНЕСКО.

Рецензируемая книга, посвященная этому объекту, написана по результатам архивных и литературных поисков и неоднократных обследований, в том числе выполненных авторами. Книга богато иллюстрирована рисунками, современными и архивными фотографиями, издана в суперобложке и может служить подарочным изданием для лесоводов.

В предисловии авторы рассматривают древесину лиственницы как строительный материал, лиственничные древостои как устойчивые и высокопродуктивные объекты, оценивают лесохозяйственную деятельность Ф.Г. Фокеля – инициатора и руководителя работ по созданию Линдуловской рощи. В начале книги излагаются история и агротехника выращивания лесных культур Линдуловской рощи, начиная с 1738 г.; далее характеризуются природные условия. В трех последующих разделах описывается рост и продуктивность древостоев по данным различных авторов с конца XIX столетия до настоящего времени, современное состояние древостоев и естественное возобновление лиственницы. В последнем разделе рассматриваются использование древесины из лиственничной рощи и получение семян для лесокультурного дела в основном на Северо-Западе России. Завершают книгу краткое заключение и список литературы из 46 наименований.

Особую ценность книги имеет исторический аспект, так как конечный результат создания культур проявляется спустя десятилетия и даже столетия, и лесные культуры можно рассматривать как длительный экологический эксперимент. Кроме того, появляется возможность сопоставить современные концепции в лесоводстве с накопленными знаниями и опытом прошлого.

Авторы настолько бережно относятся к результатам предыдущих исследований, что в большинстве случаев не «осовременивают» терминологию, используя устаревшие термины: «фаут», «сердцевинная» и «поверхностная» гниль вместо «ядровой» и «заболонной». Однако описание гнилей лиственницы, вызываемых корневой губкой и трутовиком Швейнитца, далеко от действительности. Плодовые тела трутовика Швейнитца бурые или коричневые только в старости (или в высушенном виде), в растущем же состоянии они желто-ржавые с желтым гименофором. Очевидно, авторы используют старое описание.

В книге собран очень ценный для лесоводов материал, но в заключении он не проанализирован и не обобщен. Этот недостаток можно исправить либо при переиздании книги, либо в специальной статье. Но и в том виде, в котором книга издана, она представляет собой значительное событие в нашей лесохозяйственной науке.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

V.A. Solovjev
Interesting Book

* *Редько Г.И.* Линдуловская лиственничная роща / Г.И. Редько, Э. Мяккенен. – Хельсинки: НИИ леса Финляндии, 2003. – 90 с.: ил.



ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

СЛОВО О ДРУГЕ

Доктору сельскохозяйственных наук, профессору кафедры лесных культур С.-Петербургской лесотехнической академии, академику РАЕН и Лесоводственной АН Украины, заслуженному деятелю науки РФ, лауреату премии и медали им. М.В. Ломоносова за 1994 г. Георгию Ивановичу Редько 25 ноября 2005 г. исполняется 75 лет. Уже сама дата заслуживает внимания и уважения, тем более если юбилей полон творческих сил, энергии и огромного стремления к любимой работе. О жизни и деятельности Георгия Ивановича очень много написано, его биографию хорошо знают лесоводы нашей страны, ближнего и дальнего зарубежья.

Вспоминаются проведенные вместе студенческие годы, когда Георгий Иванович еще и не подозревал, что станет таким знаменитым. В первые послевоенные годы у молодежи обострилась тяга к учебе, особенно в техникумах, многие выпускники которых, особенно с красными дипломами, поступали в вузы. Техникумовцы, а их на нашем курсе было довольно много, в том числе и Г.И. Редько, сразу потянулись друг к другу, так как выбор профессии и будущий жизненный путь был у них более осозанным, чем у вчерашних десятиклассников. Г.И. Редько отличался не только большим стремлением к знаниям, но и удивительной настойчивостью, упорством, трудолюбием. Эти качества он несет через всю свою жизнь.

Особого уважения заслуживает его удивительная работоспособность. За полвека научной деятельности им опубликовано более 270 научных трудов. Крупный ученый в области лесокультурного производства, он издал три учебника по лесным культурам, составил рекомендации по выращиванию тополей, разработал технологию создания лесных культур дуба в Тульских засеках, на основе законов взаимодействия древесных и кустарниковых пород предложил многочисленные рациональные типы смешанных лесных культур.

Его труды явились не только отличными пособиями для студентов вузов и техникумов, но и стали настольными книгами для производственников. Мне, много лет проработавшему на лесохозяйственном производстве, доподлинно известно, что инженеры лесхозов при составлении проектов лесных культур неизменно пользовались наставлениями и рекомендациями проф. Г.И. Редько.

Трудно переоценить его научные труды по истории лесного хозяйства, среди которых особо следует выделить монографию «Полковник корпуса лесничих» о жизни и деятельности пионера степного лесоразведения В.Е. фон Граффа и исторические очерки о деятельности Петра I, автора более 200 указов и распоряжений по сбережению и рациональному использованию лесов России. А кому посчастливилось стать обладателем ценнейшей монографии «Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия», изданной к ее 200-летию, тот знает, что более половины этой огромной книги (814 с.) написал неутомимый Георгий Иванович.

Большую работу Георгий Иванович проводит по подготовке научных кадров для лесохозяйственной науки. Он щедро делится своими знаниями и опытом. Под его руководством подготовлены 34 кандидата, среди которых есть представители Германии, Сирии, Египта, Вьетнама, Китая, Судана, и 5 докторов наук.

Скромный от природы человек, он среди друзей, знакомых, учеников никогда не упоминает о своих успехах и научных достижениях. За него говорят его научные труды.

Многие из нас, кто случайно или по делам оказываются в стенах Лесотехнической академии, считают своим долгом посетить кабинет кафедры лесных культур и пообщаться с его гостеприимным хозяином, узнать лесные новости, которые стекаются сюда со всей России и из бывших советских республик. И мне очень приятно, бывая здесь, видеть и свои экспонаты из Калининградской области.

А сколько благодарных слов в адрес юбиляра сказано его сокурсниками, которые признательны ему за организацию обязательных 5-летних встреч на протяжении 50 лет после окончания академии. Он является главным застрельщиком этих встреч с юностью, для каждого находит добрые, теплые слова, находясь в центре торжеств. А чего стоила поездка в Линдуловскую рощу! Георгий Иванович и здесь раскрывал еще одну из своих черт – талант незаурядного рассказчика. С какой любовью и страстью он говорил о людях, сотворивших это рукотворное чудо природы! Слушатели на какое-то время становились как бы наследниками этого замечательного прошлого, прикоснувшись к чему-то великому и сокровенному. За это ему отдельное огромное спасибо!

Мне довелось учиться, работать и дружить с такими выдающимися деятелями лесной науки, как академики Г.И. Редько, Н.А. Моисеев, А.С. Исаев, Е.С. Мурахтанов, профессора В.А. Алексеев, С.Н. Сеннов, И.И. Минкевич, Н.Е. Булыгин, каждый из которых оставил добрый след в моей душе. Но особую роль в моей жизни сыграл Георгий Иванович. После окончания Ленинградской лесотехнической академии в 1954 г. я по распределению был направлен работать в только что организованную Калининградскую область. Более 20 лет проработал там лесничим, директором лесхоза, директором леспромпхоза, главным лесничим и главным инженером областного управления лесного хозяйства. Хоть и небольшая карьера, но состоялась. Казалось бы, ничто не предвещало изменений в устоявшемся жизненном пути, любимой работе, если бы не один случай...

В 1978 г. в Калининграде проводился республиканский семинар по интродукции быстрорастущих древесных пород. В процессе подготовки к семинару выяснилось, что в бывшей Восточной Пруссии было организовано несколько опытных лесничеств Прусской лесной опытной станции под руководством знаменитого проф. А. Швапахы по интродукции быстрорастущих древесных пород, главным образом североамериканского происхождения, в том числе псевдотсуги, сосны веймутовой, туи гигантской, дуба красного и др. К моменту обследования эти лесные культуры достигли возраста 80 ... 100 лет и показали высокую устойчивость к климатическим условиям, болезням и вредителям. Но самая большая их ценность состоит в быстром росте и высокой продуктивности. Одновозрастные лесные культуры этих пород по сравнению с местными их замещающими накопили в 1,5–2,0 раза больше древесины на единицу площади.

Уникальность и ценность опытных культур интродуцентов настолько поразили и удивили Георгия Ивановича, что он предложил мне изучить этот опыт и сделать его достоянием лесной науки и практики. Так я стал заочным аспирантом ЛТА и через два года под руководством Г.И. Редько защитил кандидатскую диссертацию.

Результатами опытных работ Прусской лесной опытной станции заинтересовался бывший Гослесхоз СССР и в составе Центрального научно-исследовательского института лесной генетики и селекции организовал Калининградскую лесную интродукционную лабораторию, которая не только изучила ценный опыт интродукции, но и разработала ряд рекомендаций по его внедрению в производство.

С тех пор Георгий Иванович много раз бывал в Калининградской области, и я еще раз убедился, что он не только выдающийся ученый, но и неутомимый полевой исследователь. Во время одной из таких поездок я открыл в своем друге и учителе еще одну страсть: он оказался заядлым грибником. Так, обследуя уникальную растительность знаменитой во всем мире Куршской косы, в конце работы мы выкроили несколько свободных часов и решили пособирать грибы, урожая которых там бывают отменными. Когда мы расходились в разные стороны, Георгий Иванович заметил: «Ну, давай посмотрим, кто на что в этом деле способен». Я в шутку ему ответил, что цену его науч-

ные заслуги, но в отношении сбора грибов, да еще в родном лесу, профессором все-таки буду я. Каково же было мое изумление, когда возвратившись в назначенное время к машине, он принес не только доверху наполненную грибами большую корзину, но и ворох грибов, завернутых в новый светлый плащ. Во что превратился этот плащ, знает только Дина Александровна, жена лесника, у которого мы остановились на ночлег. Она всю ночь «химичила» над ним, чтобы уважаемый профессор мог в более или менее приличном виде вернуться на следующий день в Ленинград.

Нельзя не сказать еще об одном достоинстве Георгия Ивановича – он прекрасный семьянин. В любви и согласии живет он с верной подругой Галиной Федоровной, скоро они будут отмечать золотую свадьбу. Они вырастили и воспитали замечательных детей: сын Сергей – доктор технических наук, профессор; дочь Нина пошла по стопам отца – она лесовод, кандидат сельскохозяйственных наук. Честь и хвала таким родителям!

В дни славного юбилея хочу от всей души пожелать Георгию Ивановичу крепкого здоровья и больших творческих успехов на ниве лесной науки. Так держать, дорогой друг, до следующих круглых юбилейных дат!

Е.А. Федоров
г. Калининград

E.A. Fedorov
Word about Friend

УДК 06.091

ЮБИЛЕЙ М.Я. ЗАРУБИНА

10 декабря исполняется 75 лет со дня рождения доктора химических наук, профессора С.-Петербургской государственной лесотехнической академии Михаила Яковлевича Зарубина.

М.Я. Зарубин родился в д. Кулемиха Ветлужского района Горьковской области. После окончания средней школы поступил на химико-технологический факультет Ленинградской лесотехнической академии (ЛТА), которую окончил с отличием в 1954 г. Будучи студентом 2-го курса под руководством проф. Д.В.Тищенко принимал активное участие в научно-исследовательской работе на кафедре органической химии, с которой связана вся его последующая плодотворная деятельность. С 1954 г. по 1957 г. М.Я. Зарубин – аспирант кафедры, с 1957 г. по 1962 г. – сначала младший, а затем старший научный сотрудник, а с февраля 1962 г. – доцент кафедры органической химии. В 1967–1971 гг. он находился на преподавательской работе в Институте нефти и газа в Алжире. В июне 1972 г. был избран по конкурсу заведующим кафедрой органической химии, которую возглавляет по настоящее время. По результатам проведенных исследований в 1977 г. М.Я. Зарубин защитил докторскую диссертацию на тему «Реакции лигнина при сольволизе растворами кислот и оснований». С 1980 г. по 1985 г. М.Я. Зарубин – декан химико-технологического факультета, а с мая 1985 г. по январь 1996 г. – проректор по учебной работе ЛТА.

С 1989 г. он действительный член Международной академии лесных наук, с 1990 г. – председатель Совета экспертов по химии растительных ресурсов при ЮНЕСКО, с 1994 г. – Соросовский профессор, с 1995 г. – академик РАЕН, в настоящее время – директор Департамента леса Всемирного технологического университета.

Более 20 лет М.Я. Зарубин – председатель Специализированного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций. Был членом редколлегии журнала «Химия древесины».

Михаила Яковлевича отличает исключительное трудолюбие, настойчивость, целеустремленность и добросовестность при выполнении любой работы. Доброжелательное отношение к коллегам, личный пример позволили ему создать работоспособный творческий коллектив преподавателей и научных сотрудников.

Научной общественности хорошо известны достижения М.Я. Зарубина в области химии лигнина, которые опубликованы в более чем 300 статьях и представлены на многочисленных отечественных и международных конференциях и симпозиумах по различным проблемам химии древесины. Выдвинутые им научные идеи и концепции успешно развиваются его многочисленными учениками. Под руководством М.Я. Зарубина подготовлено 4 доктора и более 20 кандидатов наук. Созданная им научная школа хорошо известна не только в России, но и за рубежом, ее представители успешно работают в США, Канаде, Португалии. Замечательный педагог М.Я. Зарубин неоднократно приглашался для чтения лекций в зарубежные страны.

М.Я. Зарубин внес большой вклад в установление и развитие международного сотрудничества с учеными Франции, Финляндии, Австралии и других стран, совместные исследования с учеными этих стран в настоящее время выполняются на руководимой им кафедре.

Особенно ярко черты характера Михаила Яковлевича как гражданина, ученого и педагога проявились в последнее, трудное для отечественной высшей школы, время. Его многогранная педагогическая и научная деятельность и сейчас направлена на под-

держание научного потенциала российских вузов и воспитание молодых кадров научной и технической интеллигенции.

М.Я. Зарубину присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки РФ» (1997 г.), он награжден памятной медалью Международной академии наук о природе и обществе «За заслуги в деле возрождения науки и экономики в России» (2001 г.).

Друзья, коллеги и ученики поздравляют М.Я. Зарубина с юбилеем и желают ему дальнейших успехов в работе и творческого долголетия.

**Ректорат и коллектив С.-Петербургской государственной
лесотехнической академии**

Administration and Employees of Saint-Petersburg State

Forest Technical Academy

Jubilee of M.Ya. Zarubin
