

05
У-332

ISSN 0536 - 1036

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал 1'98



МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

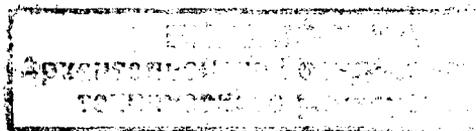
Лесной журнал

Материалы исследований
по государственной научно-технической программе
«Комплексное использование и воспроизводство древесного сырья»

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

1



1998

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

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

Ответственный секретарь **Р.В. Белякова**.

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1

Редакторы **Н.П. Бойкова**, **Л.С. Окулова**.

Перевод **Н.Т. Подражанской**.

Компьютерный набор **И.В. Сосниной**, верстка **Е.Б. Красновой**.

Техническое обеспечение **А.В. Крыжановского**.

Сдан в набор 05.01.98. Подписан в печать 31.03.98.

Форм. бум. 70x108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,48. Усл. кр.-отт. 13,48.

Уч.-изд. л. 16,37. Тираж 1000 экз. Цена свободная.

Архангельский государственный технический университет

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

Типография Архангельского государственного технического университета
163007, г. Архангельск; наб. Сев. Двины, 17

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Н. В. Ладанова, С. Н. Плюснина.</i> Анатомо-морфологические изменения разновозрастной хвой сосны обыкновенной в зоне действия Сыктывкарского лесопромышленного комплекса.....	7
<i>З. П. Мартынюк, Н. В. Торлопова.</i> Влияние выбросов целлюлозно-бумажных предприятий на содержание некоторых макроэлементов в хвое сосны.....	11
<i>О. Н. Ежов, А. В. Лебедев, Э. А. Иванова.</i> Патология деревьев сосны в разных типах леса.....	17
<i>В. И. Федюков, А. А. Колесникова, М. В. Боярский.</i> Форма семенных чешуй ели как диагностический признак резонансных свойств древесины ели на корню.....	23
<i>Ф. В. Пошарников, К. И. Чернышов.</i> Исследование областей устойчивости хода анкерного коробчатого сошника с одношарнирной подвеской.....	30

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>С. И. Морозов.</i> Удар колеса о препятствие в виде ступеньки.....	40
<i>П. Н. Гагарин, А. Н. Вихарев.</i> О волновой природе напряжения гидравлического трения в турбулентных потоках.....	47
<i>В. И. Кучерявый, В. Д. Чарков.</i> Моделирование ресурса деталей трансмиссии автолесовозов с учетом условий эксплуатации.....	52

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>В. И. Комаров, Я. В. Казаков, О. Ю. Деркачева, Д. А. Сухов.</i> Корреляция характеристик структуры стенки волокна и деформативности и прочности образцов сульфатной небеленой целлюлозы, изменяющихся в процессе размола.....	57
<i>И. Б. Филиппов, В. И. Комаров.</i> Влияние компонентов бумажной массы на деформативность и прочность книжно-журнальной бумаги для офсетного способа печати.....	66
<i>С. Н. Васильев, В. И. Роцин.</i> Фракционирование смесей природных соединений, содержащих полипrenoлы и изоабиенол, методом жидкостной экстракции. 1. Исследование процесса разделения модельной смеси полипrenoлы – изоабиенол.....	83
<i>С. Н. Васильев, В. И. Роцин, Р. Ш. Абиев.</i> Фракционирование смесей природных соединений, содержащих полипrenoлы и изоабиенол, методом жидкостной экстракции. 2. Исследование основных закономерностей процесса жидкостной экстракции смеси нейтральных соединений древесной зелени хвойных пород.....	90
<i>С. Н. Васильев, Р. Ш. Абиев, В. И. Роцин, Г. М. Островский.</i> Фракционирование смесей природных соединений, содержащих полипrenoлы и изоабиенол, методом жидкостной экстракции. 3. Исследование кинетики массообмена при экстракционном фракционировании нейтральных веществ хвойной древесной зелени в системе жидкость – жидкость.....	96
<i>В. М. Ушанова, С. В. Ушанов, С. М. Репях.</i> Влияние степени измельчения сырья на процесс экстракции.....	101

- А. Ф. Гоготов, А. Н. Заказов, В. А. Бабкин.* Кислотно-основные превращения продуктов конденсации барбитуровой кислоты с лигнином и его модельными соединениями..... 105
- В. М. Балакин, Ю. И. Литвинец, А. В. Торицин.* Использование модифицированных карбамидоформальдегидных смол для механической переработки древесины..... 111

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- В. П. Немцов.* Проект освоения труднодоступных лесных регионов России..... 116

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- А. В. Гороховников.* Влияние трасс высоковольтных линий на млекопитающих..... 125
- Э. Н. Сабуров, С. В. Карпов, Н. В. Смолина.* Аэродинамика циклонного устройства с симметричным вводом и двухсторонним торцевым выводом газов..... 127

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- А. Ю. Лысенко.* Бизнес-образование и потребности предпринимателей..... 137

ЮБИЛЕИ

- И. В. Ревяко, В. М. Ивонин, А. А. Кулыгин, В. С. Майоров, П. В. Сидаренко.* Николай Филиппович Кулик..... 146
- Н. Н. Мацкевич, Е. С. Романов, А. В. Пластинин, М. М. Кудряшов.* Анатолий Павлович Петров..... 148

НЕКРОЛОГИ

- Ректорат Архангельского государственного технического университета, коллектив лесоинженерного факультета, кафедра промышленного транспорта, редколлегия и редакция «Лесного журнала», коллеги и ученики.* Памяти Валентина Васильевича Щелкунова..... 150
- Коллеги: Д. Н. Липман, М. М. Овчинников, В. И. Патакин, В. Я. Харитонов, В. Н. Худоногов.* Памяти Юрия Яковлевича Дмитриева..... 151

CONTENTS

FORESTRY

<i>N. V. Ladanova, S. N. Plyusnina.</i> Anatomical and Morphological Changes of Pine Needle of Different Age in Zone of Operation of Syktyvkar Wood-Industrial Complex.....	7
<i>Z. P. Martynyuk, N. V. Torlopova.</i> Influence of Discharge of Pulp-and-Paper Mills on Content of Macroelements in Pine Needle.....	11
<i>O. N. Ezhov, A. V. Lebedev, E. A. Ivanova.</i> Pine Trees' Pathology in Different Forest Types.....	17
<i>V. I. Fedukov, A. A. Kolesnikova, M. V. Boyarsky.</i> Form of Seed Scales of Spruce as Diagnostic Indication of Sonorous Properties of Spruce Standing.....	23
<i>F. V. Posharnikov, K. I. Chernyshov.</i> Investigations of Stroke Stability Areas of Anchor Box Plowshare with One-Hinge Suspension.....	30

WOODEXPLOITATION

<i>S. I. Morozov.</i> Stroke of Wheel on Obstacle in Form of a Step.....	40
<i>P. N. Gagarin, A. N. Vikharev.</i> On Wave Nature of Hydraulic Friction Tension of Turbulent Flows.....	47
<i>V. I. Kucheryavy, V. D. Charkov.</i> Modelling of Transmission Parts Resource for Log Trucks Taking into Account the Operation Conditions.....	52

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>V. I. Komarov, Ya. V. Kazakov, D. A. Sukhov, O. Yu. Derkachyova.</i> Correlation of Structure Characteristics of Fibre Side and Deformability and Strength of Sulphate Unbleached Pulp Samples, Being Changed in the Process of Milling.....	57
<i>I. B. Filippov, V. I. Komarov.</i> Influence of Pulp on Deformability and Strength of Paper for Books* and Magazines for Offset Method of Printing.....	66
<i>S. N. Vasiliev, V. I. Roshchin.</i> Fractionation of Natural Mixed Polyprenols-and-Isoabienol-Enriched Compounds by Method of Liquid Extraction. 1. Research into the Process of Separating the Model Polyprenols-Isoabienol Mixture.....	83
<i>S. N. Vasiliev, V. I. Roshchin, R. Sh. Abiev.</i> Fractionation of Natural Mixed Polyprenols-and-Isoabienol-Enriched Compounds by Method of Liquid Extraction. 2. Research into Principal Regularities of Liquid Extraction Process of Coniferous Wood Greenery's Mixed Neutral Compounds.....	90
<i>S. N. Vasiliev, R. Sh. Abiev, V. I. Roshchin, G. M. Ostrovsky.</i> Fractionation of Natural Mixed Polyprenols-and-Isoabienol-Enriched Compounds by Method of Liquid Extraction. 3. Investigation of Mass Exchange Kinetics at Extraction Fractionation of Neutral Substances of Coniferous Wooden Greens in the Liquid-Liquid System.....	96
<i>V. M. Ushanova, S. V. Ushanov, S. M. Repyakh.</i> Influence of Raw Material's Grinding Degree on the Extraction Process.....	101

-
- A. F. Gogotov, A. N. Zakazov, V. A. Babkin.* Acid-Basic Conversions of Dew Products of Barbituric Acid with Lignin and its Model Compounds..... 105
- V. M. Balakin, Yu. I. Litvinets, A. V. Toritsyn.* Use of Modified Carbamide-Formaldehyde Resins at Mechanico-Chemical Treatment of Wood..... 111

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- V. P. Nemtsov.* Project on Developing Hard-to-Reach Forest Lands of Russia..... 116

SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- A. V. Gorokhovnikov.* Influence of High-Tension Power Transmission Lines Routes on Mammals..... 125
- E. N. Saburov, S. V. Karpov, N. V. Smolina.* Aerodynamics of Cyclone Device with Balanced Inlet and Two-Sided Face Outlet of Gases..... 127

SCIENTIFIC AND LEARNED CONFERENCES

- A. Yu. Lysenko.* Business-Education and Needs of Entrepreneurs..... 137

JUBILEES

- I. V. Revyako, V. M. Ivonin, A. A. Kulygin, V. S. Mayorov, P. V. Sidarenko, Nikolai F. Kulik*..... 146
- N. N. Matskevich, E. S. Romanov, A. V. Plastinin, M. M. Kudryashov, Anatoly P. Petrov*..... 148

OBITUARY

- Administration of Arkhangelsk State Engineering University, Staff of Forest-Engineering Faculty, Department of Industrial Transport, Editorial Board and Editorial Staff of «Lesnoi Jurnal», Colleagues and Followers.* In Memory of Valentin V. Shchelkunov..... 150
- Colleagues: D. N. Leepman, M. M. Ovchinnikov, V. I. Patjakin, V. Ja. Kharitonov, V. N. Khudonogov.* In Memory of Yuri Ya. Dmitriev..... 151
-

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 582.475.4:504.054

*Н. В. ЛАДАНОВА, С. Н. ПЛЮСНИНА*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН
Сыктывкарский государственный университет

Ладанова Надежда Валериановна родилась в 1952 г., окончила в 1974 г. Сыктывкарский государственный университет, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 38 печатных работ в области анатомо-морфологических, электронно-микроскопических исследований хвойных и лиственных древесных пород.

**АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ
РАЗНОВОЗРАСТНОЙ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ СЫКТЫВКАРСКОГО
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА***

Изучена анатомическая структура ассимиляционного аппарата сосны в техногенной зоне СЛПК. Проведен морфометрический анализ клеток и тканей. Выявлена изменчивость хвои сосны, произрастающей в разных типах леса, в зависимости от техногенной нагрузки.

The anatomic structure of assimilated pine apparatus has been investigated in the zone of SWIC. The morphometric analysis of cells and tissues has been carried out. The variability of pine needle in different types of forests has been revealed depending on technogene influence.

Симптомы острого повреждения древесной растительности промышленными токсическими газами высоких концентраций описаны достаточно хорошо [1]. Процесс деградации при таком типе воздействия идет ускоренными темпами, и предотвратить его на стадии видимых

* Работа выполнена по ГНТП «Российский лес».

нарушений практически невозможно. Значительно сложнее идентифицировать последствия воздействия промышленных выбросов низких концентраций, когда нарушение жизнедеятельности деревьев происходит на уровне анатомических, структурных, физиолого-биохимических процессов и длительное время не проявляется внешне. Этот вид повреждения является следствием суммирования малых эффектов в течение ряда лет или даже десятилетий и может вызывать снижение экологической и хозяйственной ценности древесных растений и даже их гибель.

Анализ литературных данных показывает, что изменение анатомической структуры тканей листа под воздействием токсикантов исследовалось в основном у лиственных пород. Между тем именно хвойные в большинстве случаев повреждаются в первую очередь и страдают от техногенных выбросов. Около 80 % лесопокрытой площади Республики Коми занимают хвойные породы, в основном сосна и ель [3].

Цель нашей работы – изучить длительное влияние комплексного атмосферного загрязнения выбросами Сыктывкарского лесопромышленного комплекса (СЛПК) на ассимиляционный аппарат сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.).

Исследования проводили в 1993 – 1995 гг. в лесах средней подзоны тайги. Опытные образцы брали на участках черничного и лишайникового типов леса. Опытные участки располагались вдоль розы ветров на расстоянии соответственно 7,1 и 5,6 км от СЛПК. Контрольные деревья сосны находились на расстоянии 50 км от источника загрязнения (Ляльский лесозокологический стационар). Для анатомического изучения побеги брали из средней части кроны дерева с южной стороны. Здесь же на участках хвою фиксировали в 4 %-м формальдегиде или в фиксаторе Карнуа [6]. Анатомические срезы хвои толщиной 15...20 мкм получали на вибрационном микротоме для мягкой ткани [7]. Срезы окрашивали по Браше метиловым зеленым-пиронином и заключали в фруктозо-глюкозную смесь или глицерин. Для морфометрического анализа клеток и тканей использовали окуляр-микрометр. Результаты измерений обрабатывали методом вариационной статистики [2].

Анатомические исследования хвои на экспериментальных участках позволили выявить ряд изменений в гистологических структурах ассимиляционного аппарата сосны. По площади поперечного сечения хвои с опытных и контрольных участков различается незначительно. При этом большей площади поперечного сечения хвои соответствует большая площадь сечения тканей (табл. 1). В связи с этим для сравнения анатомической структуры хвои в контроле и опыте мы использовали значения относительных площадей сечения тканей. Выявлено, что изменение относительных площадей эпидермы в контроле и опыте не превышает 2 %. При этом площадь эпидермы в сосняке черничном уменьшается, а в сосняке лишайниковом увеличивается.

Таблица 1

Показатели	Год жизни хвои	Эпидерма	Гиподерма	Мезофилл	Эндодерма	Проводящий цилиндр	Общая площадь сечения
Сосняк черничный							
Площадь ткани, % от общей площади поперечного сечения	Первый	<u>9,36</u>	<u>6,00</u>	<u>56,82</u>	<u>5,66</u>	<u>22,13</u>	<u>100</u>
		8,18	5,49	57,99	5,49	22,79	100
		<u>6,62</u>	<u>5,21</u>	<u>56,39</u>	<u>5,86</u>	<u>25,91</u>	<u>100</u>
	Второй	8,45	5,29	58,84	5,18	22,25	100
		<u>5,90</u>	<u>4,69</u>	<u>59,37</u>	<u>5,28</u>	<u>24,75</u>	<u>100</u>
		7,82	5,25	62,31	4,48	20,15	100
	Третий	<u>0,114</u>	<u>0,073</u>	<u>0,690</u>	<u>0,069</u>	<u>0,269</u>	<u>1,214</u>
		0,074	0,049	0,519	0,049	0,204	0,896
		<u>0,067</u>	<u>0,053</u>	<u>0,573</u>	<u>0,059</u>	<u>0,263</u>	<u>1,015</u>
Второй	0,0897	0,056	0,625	0,055	0,236	1,063	
	<u>0,067</u>	<u>0,053</u>	<u>0,668</u>	<u>0,059</u>	<u>0,278</u>	<u>1,125</u>	
	0,083	0,056	0,659	0,047	0,213	1,057	
Сосняк лишайниковый							
Площадь ткани, % от общей площади поперечного сечения	Первый	<u>9,41</u>	<u>6,05</u>	<u>55,24</u>	<u>6,59</u>	<u>22,71</u>	<u>100</u>
		7,90	5,47	54,76	5,72	26,12	100
		<u>7,83</u>	<u>5,06</u>	<u>55,67</u>	<u>6,48</u>	<u>24,96</u>	<u>100</u>
	Второй	5,77	4,64	56,31	5,45	27,82	100
		<u>5,97</u>	<u>4,30</u>	<u>61,12</u>	<u>5,11</u>	<u>23,50</u>	<u>100</u>
		6,35	4,20	58,50	6,56	24,40	100
	Третий	<u>0,053</u>	<u>0,034</u>	<u>0,313</u>	<u>0,037</u>	<u>0,129</u>	<u>0,567</u>
		0,100	0,069	0,694	0,073	0,331	1,267
		<u>0,062</u>	<u>0,039</u>	<u>0,428</u>	<u>0,049</u>	<u>0,192</u>	<u>0,768</u>
Второй	0,058	0,046	0,561	0,054	0,277	0,997	
	<u>0,064</u>	<u>0,046</u>	<u>0,657</u>	<u>0,055</u>	<u>0,253</u>	<u>1,075</u>	
	0,074	0,048	0,682	0,076	0,284	1,165	

Примечание. Здесь и далее в числителе данные опыта; в знаменателе – контроля.

В опыте на поверхности хвои старше одного года часто имелись некротические пятна. В местах некроза наблюдалось разрушение клеток эпидермы. Клетки гиподермы в таких случаях увеличивались в размерах и, возможно, брали на себя защитную функцию разрушенных эпидермальных клеток.

Площадь сечения мезофилла у деревьев, произрастающих на опытных участках, уменьшается по сравнению с контролем на 1,0, 2,5 и 3,0 % соответственно в первый, второй и третий годы жизни. Эта закономерность характерна для сосняка черничного. В сосняке лишайниковом площадь мезофилла у хвои первого и второго года жизни практически не меняется. А в хвое третьего года наблюдается незначительное увеличение относительной площади ассимиляционной паренхимы. С изменением площадей мезофилла сопряжено изменение площади проводящего цилиндра, особенно в сосняке черничном. Практически

Таблица 2

Тип леса	Год жизни хвои	Число устьиц на 1 мм длины хвои	Число устьичных рядов	Число устьиц на 1 мм ² поверхности хвои
Сосняк: черничный	Первый	<u>11,1</u>	<u>20,9</u>	<u>86,1</u>
		10,3	20,0	73,3
		<u>10,9</u>	<u>22,7</u>	<u>91,5</u>
	Второй	10,8	20,8	78,6
		<u>11,3</u>	<u>23,8</u>	<u>89,8</u>
		11,0	21,3	75,5
лишайниковый	Первый	<u>9,8</u>	<u>18,1</u>	<u>69,8</u>
		10,8	21,1	86,7
		<u>10,0</u>	<u>19,8</u>	<u>72,7</u>
	Второй	11,6	21,0	93,3
		<u>10,2</u>	<u>19,4</u>	<u>74,9</u>
		11,7	22,4	89,9

не отличаясь от контроля в первый год жизни, площадь проводящего цилиндра увеличивается на 3,7 и 4,6 % соответственно у двухлетней и трехлетней хвои. В сосняке лишайниковом в большей степени изменения заметны в первый и второй годы жизни хвои. При этом площадь проводящего цилиндра по сравнению с контролем уменьшается на 3,5 % у однолетней и на 2,8 % у двухлетней хвои.

В литературе имеются сведения о том, что под влиянием атмосферных загрязнителей уменьшается число устьиц у устойчивых видов и увеличивается у неустойчивых [4, 5]. Нашими исследованиями установлено, что число устьичных рядов и число устьиц на 1 мм длины хвои в опытных образцах и в контроле варьируют незначительно (табл. 2).

Для смоляных каналов прослеживается несколько другая закономерность. Так, на опытных участках с увеличением возраста хвои число смоляных каналов возрастает. В норме у разновозрастной хвои оно изменяется незначительно. Нами замечено также, что в первый год жизни хвоя на опытных участках содержит меньше смоляных каналов, чем в контроле (табл. 3).

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют о различной реакции ассимиляционного аппарата сосны в черничном и лишайниковом типах леса на техногенное загрязнение.

Таблица 3

Тип леса	Число смоляных каналов в хвое		
	первого года	второго года	третьего года
Сосняк: черничный	<u>9,7</u>	<u>10,3</u>	<u>12,5</u>
	10,7	11,6	11,7
лишайниковый	<u>6,8</u>	<u>11,2</u>	<u>12,6</u>
	11,0	10,0	12,6

Наибольшим оказалось влияние на мезофилл – основную фотосинтезирующую ткань – и на проводящую систему хвои сосны. Изменений в объемном содержании покровных и механических тканей при действии поллутантов малых концентраций мы не обнаружили.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Зубарева О.Н. Влияние выбросов промышленных предприятий в средней Сибири на сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Красноярск, 1993. - 23 с. [2]. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М.: Высш. шк., 1980. - 293 с. [3]. Леса и лесная промышленность Коми АССР / Под общ. ред. В.А. Галасьева. - М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961. - 395 с. [4]. Николаевский В.С. Влияние сернистого ангидрида на древесные растения в условиях Свердловской области // Охрана природы на Урале. - Свердловск, 1964. - С. 28 - 34. [5]. Николаевский В.С.. Биологические основы газоустойчивости растений. - Новосибирск: Наука, 1979. - 278 с. [6]. Пирс Э. Гистохимия. - М.: Иностран. лит., 1962. - 956 с. [7]. Скупченко В.Б. Вибрационная микротомия мягких тканей. - Сыктывкар, 1979. - 56 с. (Сер. препринтов «Новые научные методики» / АН СССР, Коми филиал. - Вып.2).

Поступила 8 июля 1996 г.

УДК 582.475.4:504.73.054:676

З. П. МАРТЫНЮК, Н. В. ТОРЛОПОВА

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Мартынюк Зиновий Петрович родился в 1962 г., окончил в 1985 г. Сыктывкарский государственный университет, младший научный сотрудник отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 9 работ в области лесной экологии.



Торлопова Надежда Валерьяновна родилась в 1975 г., студентка 5-го курса химико-биологического факультета Сыктывкарского государственного университета, специализируется в области лесной экологии.



ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ХВОЕ СОСНЫ*

Проведено сравнение содержания К, Са, Р и S в хвое сосны на двух участках со сходными лесорастительными условиями, расположенных на расстоянии 3,5 и 50 км от крупного лесопромышленного комбината. Выявлены особенности изменения концентрации этих элементов для хвои разных лет жизни с различным расположением в кроне.

Comparative study of K, Ca, P and S content in pine needle taken from two plots with similar forest-growing conditions located at a distance of 3.5 and 50 km from a big wood-industrial mill has been conducted. The peculiarities of content change of these elements have been revealed for pine needle of different age and position in a crown.

Одним из наиболее экологически вредных является целлюлозно-бумажное производство (ЦБП). Крупнейшее предприятие этого профиля в европейской части России – Сыктывкарский лесопромышленный комплекс (СЛПК), на долю которого приходится более 70 % выбросов Сыктывкарского промузла. В состав его поллютантов входят такие биологически опасные вещества, как метилмеркаптан, бензопирен, формальдегид, оксиды азота, соединения серы. Их содержание в воздухе значительно превышает ПДК [2]. В этих условиях существенные изменения происходят практически на всех уровнях организации растений, от молекулярного до биоценотического. Неблагоприятная экологическая обстановка влияет также и на содержание макроэлементов в растениях.

Цель данной работы – выявить особенности изменения содержания макроэлементов К, Са, Р и S в хвое сосны на участках, подверженных аэротехногенному загрязнению. Выбор сосны в качестве объекта исследований продиктован, прежде всего, тем, что она является основной лесообразующей породой на большей части территории, находящейся под постоянным воздействием выбросов СЛПК. Список анализируемых элементов определяли с учетом их физиологической роли. Соотношение содержания К и Са в клетках показывает осмотическое давление и тургор. Калий увеличивает проницаемость клеток и уменьшает вязкость цитоплазмы. Кальций обладает противоположным действием. Оба эти элемента влияют на работу устьичного аппарата, а следовательно, на CO_2 -газообмен и транспирацию растений. Содержание Р и S в ассимилирующих органах растений связано с наличием в них хлорофилла. Недостаток Р приводит к его увеличению, недостаток S – к уменьшению [1, 4, 5].

* Работа выполнена по ГНТП «Российский лес».

Контрольный и опытный участки были заложены в сходных лесорастительных условиях, в сосняке лишайниковом на расстоянии соответственно 50 и 3,5 км от источника загрязнения. Образцы хвои отбирали со спиленных деревьев одного и того же возраста через каждые 2 м с южной и северной сторон кроны отдельно. Анализ образцов на содержание К, Са, Р и S выполняли с помощью рентгенолюминесцентного спектрометра VRA-33.

Средние значения результатов анализа приведены в таблице.

С возрастом хвои в ней уменьшается содержание К, Р и S и одновременно накапливается Са. Такая тенденция согласуется с литературными данными [3, 6]. Особенно резкие различия наблюдаются между хвоей первого и второго года жизни. Ко второму году содержание Р в хвое уменьшается более чем на 1/3, К – вдвое, а Са – увеличивается на 30...40 %. В дальнейшем содержание Са и К достигает определенного стационарного уровня и затем уже практически не изменяется.

Год жизни хвои	Экспозиция	Содержание элементов в хвое сосны			
		К	Са	Р	S
Первый	Юг	$0,82 \pm 0,046$	$0,22 \pm 0,029$	$0,16 \pm 0,006$	$0,08 \pm 0,004$
		$1,10 \pm 0,107$	$0,27 \pm 0,036$	$0,20 \pm 0,035$	$0,14 \pm 0,012$
	Север	$0,82 \pm 0,073$	$0,27 \pm 0,022$	$0,16 \pm 0,009$	$0,08 \pm 0,005$
		$0,86 \pm 0,040$	$0,29 \pm 0,031$	$0,18 \pm 0,015$	$0,10 \pm 0,015$
Второй	Среднее	$0,84 \pm 0,036$	$0,24 \pm 0,021$	$0,16 \pm 0,005$	$0,08 \pm 0,002$
		$0,99 \pm 0,071$	$0,28 \pm 0,023$	$0,19 \pm 0,020$	$0,12 \pm 0,011$
	Юг	$0,41 \pm 0,023$	$0,39 \pm 0,034$	$0,09 \pm 0,004$	$0,07 \pm 0,003$
		$0,50 \pm 0,036$	$0,39 \pm 0,047$	$0,13 \pm 0,007$	$0,10 \pm 0,006$
Север	$0,39 \pm 0,027$	$0,43 \pm 0,046$	$0,09 \pm 0,005$	$0,07 \pm 0,002$	
	$0,43 \pm 0,015$	$0,41 \pm 0,049$	$0,11 \pm 0,008$	$0,08 \pm 0,003$	
Третий	Среднее	$0,41 \pm 0,030$	$0,41 \pm 0,016$	$0,09 \pm 0,003$	$0,07 \pm 0,002$
		$0,47 \pm 0,024$	$0,40 \pm 0,032$	$0,12 \pm 0,007$	$0,09 \pm 0,005$
	Юг	$0,41 \pm 0,024$	$0,59 \pm 0,029$	$0,10 \pm 0,004$	$0,08 \pm 0,003$
		$0,50 \pm 0,036$	$0,46 \pm 0,028$	$0,11 \pm 0,009$	$0,09 \pm 0,008$
Север	$0,40 \pm 0,030$	$0,63 \pm 0,023$	$0,11 \pm 0,008$	$0,08 \pm 0,005$	
	$0,39 \pm 0,010$	$0,62 \pm 0,107$	$0,11 \pm 0,007$	$0,08 \pm 0,005$	
Четвертый	Среднее	$0,41 \pm 0,016$	$0,61 \pm 0,021$	$0,10 \pm 0,004$	$0,08 \pm 0,003$
		$0,45 \pm 0,028$	$0,53 \pm 0,054$	$0,11 \pm 0,006$	$0,08 \pm 0,005$
	Юг	$0,37 \pm 0,028$	$0,61 \pm 0,043$	$0,09 \pm 0,005$	$0,07 \pm 0,003$
		$0,55 \pm 0,050$	$0,50 \pm 0,047$	$0,13 \pm 0,015$	$0,10 \pm 0,011$
Север	$0,37 \pm 0,036$	$0,61 \pm 0,031$	$0,09 \pm 0,004$	$0,07 \pm 0,003$	
	$0,38 \pm 0,026$	$0,63 \pm 0,158$	$0,09 \pm 0,017$	$0,07 \pm 0,012$	
Среднее	$0,38 \pm 0,018$	$0,61 \pm 0,029$	$0,09 \pm 0,004$	$0,07 \pm 0,002$	
	$0,48 \pm 0,041$	$0,56 \pm 0,073$	$0,11 \pm 0,013$	$0,08 \pm 0,009$	

Примечание. В числителе данные опыта; в знаменателе – контроля.

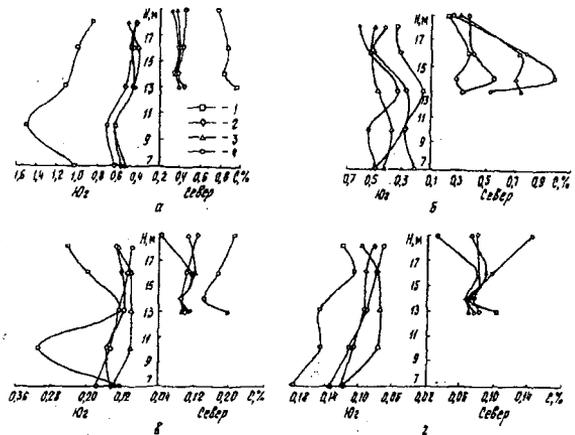
Концентрация К выходит на этот уровень ($\approx 0,4\%$) начиная со второго года, а Са ($\approx 0,6\%$) – с третьего. Макроэлементы Р и S сохраняют свою подвижность на протяжении всей жизни хвои, однако к 3-4-му году амплитуда колебаний их содержания сильно уменьшается. Коэффициенты корреляции между концентрацией элементов в хвое и ее возрастом на опытном участке составляют: 0,85 для Са, $-0,75$ для К и $-0,70$ для Р. В контроле абсолютные значения коэффициентов корреляции несколько ниже, так как здесь изменение концентрации элементов по времени лучше описывается не линейной функцией, а экспоненциальной. Основные направления изменения содержания элементов в зависимости от возраста хвои совпадают практически для всех отобранных образцов, независимо от расположения их в кроне и удаленности точки отбора от источника загрязнения. Однако при сохранении общей тенденции в динамике элементов наблюдаются и определенные специфические особенности, связанные как с уровнем загрязнения участка, так и с экспозицией места отбора образцов. Данные о содержании К и Са в хвое сосны с северной стороны кроны деревьев, растущих в контрольных условиях, практически совпадают с результатами анализа образцов, отобранных на опытном участке, независимо от их экспозиции. С южной стороны кроны на контрольном участке содержание К в хвое на $0,1\ldots 0,2\%$ выше в течение всего периода ее существования, концентрация Са снижается начиная с третьего года жизни.

Среднее содержание Р и S в контроле выше, чем в опыте: $0,13$ и $0,11\%$ фосфора, $0,09$ и $0,07\%$ серы соответственно. При этом на опытном участке содержание этих элементов в хвое сосны одинаково как с северной, так и с южной стороны кроны, в контроле существенно зависит от экспозиции (с южной стороны оно всегда выше). Различия в содержании Р в контрольных образцах с разной экспозицией, а также в хвое с северной стороны кроны в контроле и на опытном участке независимо от стороны горизонта примерно одно и то же. Концентрация Р в контрольных образцах при изменении экспозиции сохраняется на одном уровне практически в течение всей жизни хвои, в то время как с северной стороны кроны на контрольном участке она уменьшается начиная с третьего года жизни хвои; в хвое четвертого года этого макроэлемента нет.

Примерно так же ведет себя и S. В течение первых двух лет различия в содержании S в хвое, отобранной на разных сторонах кроны в контрольных условиях, примерно вдвое больше, чем в хвое на южной стороне кроны, собранной с этого же контрольного участка, и опытными образцами. Так, в первый год жизни хвоя сосны с южной стороны кроны в контроле содержит $0,14\%$ S, там же с северной стороны кроны – $0,11$ и $0,08\%$ в условиях загрязнения независимо от экспозиции. Этот разрыв сокращается до минимума к третьему году жизни хвои, после чего отличия сохраняются только между хвоей с южной экспозицией в контроле и остальными пробами.

Концентрация рассматриваемых элементов существенно зависит от высоты расположения хвои в кроне. Эта связь удовлетворительно

Рис. 1. Содержание элементов в хвое сосны на контрольном участке: а - К; б - Са; в - Р; г - S; 1, 2, 3, 4 - хвоя соответственно 1-го, 2-го, 3-го и 4-го года жизни



описывается линейной функцией лишь для незначительной части полученных данных. Относительно высокий коэффициент корреляции ($-0,8...-0,9$) для P и S наблюдается у хвои 4-го года с южной стороны кроны в контроле и для K ($-0,57...-0,85$) независимо от участка отбора хвои, а также ее возраста и экспозиции. В остальных случаях вертикальные профили содержания элементов лучше описываются периодической функцией или полиномом четвертой степени (рис. 1, 2).

Несмотря на достаточно большие абсолютные значения коэффициента корреляции, уменьшение содержания K с высотой происходит не линейно, а описывается кривой с хорошо выраженными двумя минимумами в верхней и нижней частях кроны и одним максимумом на высоте 8...10 м с южной стороны кроны в контроле, 12...14 м - там же с северной стороны кроны и 13...15 м на опытном участке независимо от стороны горизонта. Поскольку на контрольном участке первые живые ветки с северной стороны кроны расположены на высоте ≈ 13 м, нижний минимум содержания K в хвое здесь отсутствует.

Флюктуации содержания P и S по высоте в условиях загрязнения значительно ниже, чем в контроле: для S примерно в 2,0, для P - в 1,5 раза. На опытном участке, особенно для хвои первых трех лет, сильнее выражена тенденция к увеличению концентрации P и S в хвое верхней части кроны. На обоих сравниваемых участках резко выделяются вертикальные профили содержания P, соответствующие хвое первого года. Они хорошо описываются периодической функцией. С южной стороны кроны на контрольном и опытном участках периоды колебаний практически совпадают, но в контроле их амплитуда значительно больше. Из-за меньшей протяженности кроны с северной стороны, в опыте период колебаний содержания P по высоте с этой стороны меньше, чем с южной. Вертикальные профили содержания P в хвое последующих лет больше сглажены, чем для хвои первого года. Максимум концентрации S в хвое сосны на контрольном участке с южной стороны кроны соответствует нижней ее части, минимум - верхней. Обратное соотношение наблюдается при этой же экспозиции

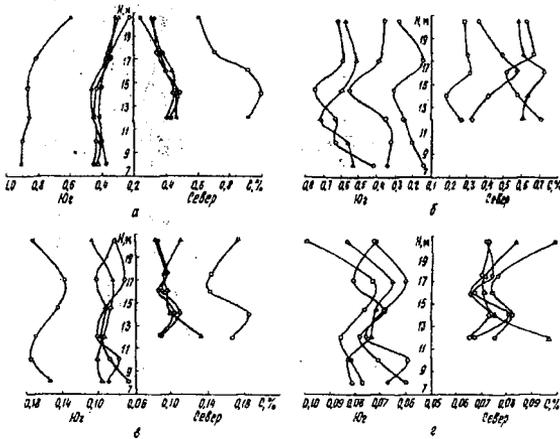


Рис. 2. Содержание элементов в хвое сосны на опытном участке. Обозначения те же

в опыте, причем максимум здесь едва достигает минимальных значений, полученных в контроле. На опытном участке с северной и южной стороны кроны происходят аналогичные изменения содержания S с высотой, но с северной стороны на более коротком участке, что связано с меньшей протяженностью кроны.

Таким образом, в зоне действия СЛПК формирующаяся хвоя сосны содержит меньше K, P и S, что является косвенным свидетельством ее низкой фотосинтетической активности. Следовательно, можно предположить, что в условиях загрязнения местности выбросами целлюлозно-бумажного производства продуктивность сосны снижается. Небольшая подвижность макроэлементов в течение всей жизни хвои и быстрое достижение стационарного уровня их содержания свидетельствуют об ускоренном старении хвои на загрязненных участках. Если оптимальными для роста и развития хвои считать условия, складывающиеся в средней части кроны южной экспозиции в контроле, а наименее благоприятными – в верхней части кроны с северной стороны на опытном участке, то при поэтапном переходе от первых к вторым, с ухудшением экологических условий, наблюдаются одинаковые тенденции в изменении содержания рассматриваемых элементов. Это говорит об однонаправленности, неспецифичности действия экологических факторов на состав макроэлементов в растениях, будь то освещенность, температура, влажность воздуха или концентрация вредных веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Веретенников А.В. Физиология растений с основами биохимии. - Воронеж: Воронежск. ун-т, 1987. - 245 с. [2]. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 1992 году / Госкомитет Республики Коми по охране природы; Ин-т биологии Коми НЦ РАН. - Сыктывкар, 1993. - 93 с. [3]. Кожевникова Н.Д.; Второва В.Н. Биологический круговорот веществ в ельниках северного Тянь-Шаня. - Фрунзе: Илим, 1988. - 346 с. [4]. Костычев С.П. Физиология растений. - М.; Л.:

ОГИЗ, Сельхозгиз, 1937. - 568 с. [5]. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-И. Физиология древесных растений. - М.: Лесн. пром-сть, 1974. - 420 с. [6]. Митрофанов Д.П. Химический состав лесных растений Сибири. - Новосибирск: Наука, 1977. - 118 с.

Поступила 17 июля 1996 г.

УДК 630*453

О. Н. ЕЖОВ, А. В. ЛЕБЕДЕВ, Э. А. ИВАНОВА
Архангельский государственный технический университет



Ежов Олег Николаевич родился в 1972 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет 1 печатную работу в области патологии и устойчивости хвойных древостоев.



Лебедев Александр Васильевич родился в 1953 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и защиты леса Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 печатных работ в области исследования патологии и устойчивости хвойных древостоев.



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

ПАТОЛОГИЯ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ В РАЗНЫХ ТИПАХ ЛЕСА

Рассмотрены результаты изучения патологии и устойчивости сосны в разных типах сосняков. Установлено, что основными причинами ослабления и гибели деревьев в обследованных древостоях являются стволые гнили, механические повреждения и пожарные травмы.

The results of investigation of pathology and stability of pine trees in different types of pine forests have been considered. It has been stated that stem rots, mechanical injuries and fire damages are the main causes of weakening and destruction of trees in the stands under investigation.

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

Особый интерес представляет изучение патологии сосновых древостоев в разных типах леса. В условиях Европейского Севера эта работа проводилась рядом исследователей [3 – 6, 8]. Однако проблему нельзя считать полностью решенной, и дальнейшие исследования в этом направлении весьма перспективны.

В статье представлены результаты лесопатологических обследований типичных среднетаежных сосновых древостоев Емцовского учебно-опытного лесхоза АГТУ. Для изучения зависимости их состояния и устойчивости от типа леса нами летом 1994 г. подобраны четыре участка в сосняках брусничном, черничном, долгомошном и сфагновом в сопоставимых среднеполнотных древостоях IХ класса возраста. При этом использовали общепринятые в лесоводстве принципы [7, 9].

Обследования проводили методом непровешенной ходовой линии [10]. Вдоль каждой линии выполняли ленточный пересчет по ступеням толщины, категориям состояния, причинам ослабления или гибели деревьев. В пересчет включали по 200 деревьев сосны на участках. При этом применяли шкалу категорий состояния деревьев и методы лесопатологической диагностики, изложенные в наших предыдущих работах [4, 5]. Для деревьев с плодовыми телами сосновой губки отмечали высоту прикрепления и число их на дереве. В некоторых случаях суммарное число учетных единиц больше 200, так как одно и то же дерево может быть ослаблено разными причинами. Распределение деревьев по категориям состояния не полностью совпадает с табличными данными, так как в таблицах приведена частота встречаемости не деревьев, а причин и следствий ослабления сосен.

Нами установлено, что в сосняке брусничном преобладают здоровые экземпляры сосны (69%). Ослабленные деревья составляют

Таблица 1

Категория состояния деревьев	Причина и следствие ослабления деревьев	Число деревьев, %, по ступеням толщины, см							Всего учетных единиц, шт. / %
		20	24	28	32	36	40	44	
Сосняк брусничный									
Здоровые	-	0,5	2,5	11,0	15,0	16,0	15,0	9,0	138/69,0
Ослабленные	Механические повреждения	-	1,0	1,0	0,5	0,5	-	-	6/3,0
	Пожарные травмы	-	0,5	1,0	4,5	2,0	2,5	0,5	22/11,0
Больные	Гниль: корневая	-	0,5	-	-	-	-	-	1/0,5
	стволовая	-	0,5	-	1,5	1,5	1,5	1,0	12/6,0
Мертвые	Короеды	-	-	-	1,0	0,5	-	-	3/1,5
	Сухостой	0,5	1,5	2,0	1,5	2,0	1,0	0,5	18/9,0
Итого, $\frac{\text{шт.}}{\%}$	-	<u>2</u> 1,0	<u>13</u> 6,5	<u>30</u> 15,0	<u>48</u> 24,0	<u>45</u> 22,5	<u>40</u> 20,0	<u>22</u> 11,0	200/100
Сосняк черничный									
Здоровые	-	0,5	2,5	7,0	11,5	15,5	11,0	3,5	103/51,5
Ослабленные	Механические повреждения	0,5	0,5	-	1,0	1,0	0,5	0,5	8/4,0
	Пожарные травмы	0,5	1,5	4,5	5,0	4,5	6,0	3,5	51/25,5
Больные	Угнетение	0,5	1,0	-	-	-	-	-	3/1,5
	Гниль: корневая	-	-	0,5	2,0	-	-	-	5/2,5
Мертвые	стволовая	-	1,0	-	0,5	4,0	1,5	1,0	16/8,0
	Сухостой	0,5	2,0	2,5	1,5	1,0	0,5	0,5	17/8,5
Итого, $\frac{\text{шт.}}{\%}$	-	<u>5</u> 2,5	<u>17</u> 8,5	<u>29</u> 14,5	<u>43</u> 21,5	<u>52</u> 26,0	<u>37</u> 18,5	<u>18</u> 9,0	203/101,5

14, больные – 8, мертвые – 9 % из числа учтенных. Ведущими факторами ослабления деревьев являются пожарные травмы прошлых лет и стволовая гниль, вызванная сосновой губкой (табл. 1). Механические повреждения чаще отмечены нами у деревьев диаметром 24 и 28 см. Пожарные травмы прошлых лет встречаются у деревьев практически всех ступеней толщины, однако больше их у более крупных деревьев (ступени 32...40 см). Корневая гниль, вызываемая корневой губкой, обнаружена у сосны диаметром 24 см. Стволовой гнилью поражены деревья ступеней толщины 24, 32...44 см, но больше – крупные. Заселение ослабленных деревьев большим и малым сосновыми лубоедами отмечено в ступенях 32 и 36 см. Сухостойные деревья имеются во всех ступенях толщины.

В сосняке черничном здоровые экземпляры по числу стволов составляют чуть более половины всех деревьев (51,5 %), ослабленные –

29,5, больные – 10,5, мертвые – 8,5 % из числа учтенных. Основными факторами ослабления деревьев являются пожарные травмы прошлых лет и стволовая гниль. Механические повреждения отмечены у стволов всех ступеней толщины на данной пробе кроме 28 см. Пожарные травмы прошлых лет наблюдаются также во всех ступенях толщины, но число их возрастает с увеличением диаметров сосен. Угнетенные деревья отмечены в самых низких ступенях (20 и 24 см). Корневой гнилью поражаются средние по размерам деревья, стволовой – диаметром 24, 32...44 см. Сухостой имеется во всех ступенях толщины (табл.1).

В сосняке долгомошном преобладают здоровые экземпляры сосны, доля других категорий чуть более 1/4. Ослабленные деревья составляют 13,5, больные – 7,5, мертвые – 7,0 % из числа учтенных.

Таблица 2

Категория состояния деревьев	Причина и следствие ослабления деревьев	Число деревьев, %, по ступеням толщины, см					Всего учетных единиц, шт./%
		16	20	24	28	32	

Сосняк долгомошный

Здоровые	-	-	15,0	32,5	20,5	4,0	144/72,0	
Ослабленные	Механические повреждения	0,5	2,0	1,0	1,0	0,5	10/5,0	
	Пожарные травмы	-	3,0	2,0	0,5	0,5	12/6,0	
Больные	Угнетение	2,0	0,5	-	-	-	5/2,5	
	Гниль:	корневая	-	-	0,5	1,0	-	3/1,5
		стволовая	0,5	1,0	1,0	3,0	-	11/5,5
Мертвые	Короеды	0,5	-	-	-	-	1/0,5	
	Сухостой	0,5	-	5,5	1,0	-	14/7,0	
Итого, $\frac{\text{шт.}}{\%}$	-	8	43	85	54	10	200/100	
	-	4,0	21,5	42,5	27,0	5,0		

Сосняк сфагновый

Здоровые	-	7,5	24,5	23,0	8,5	-	127/63,5	
Ослабленные	Механические повреждения	4,5	2,0	1,0	-	-	15/7,5	
	Пожарные травмы	3,0	2,5	2,0	-	-	15/7,5	
Больные	Угнетение	1,0	-	-	-	-	2/1,0	
	Гниль:	корневая	-	-	0,5	0,5	-	2/1,0
		стволовая	0,5	4,5	2,5	0,5	-	16/8,0
Мертвые	Короеды	-	-	0,5	-	-	1/0,5	
	Сухостой	6,5	4,0	2,0	1,0	-	27/13,5	
Итого, $\frac{\text{шт.}}{\%}$	-	46	75	63	21	-	205/102,5	
	-	23,0	37,5	31,5	10,5	-		

Ведущими факторами ослабления деревьев являются пожарные травмы прошлых лет, стволовая гниль и механические повреждения. Механические повреждения наблюдаются во всех представленных ступенях толщины; пожарные травмы прошлых лет – в ступенях 20...32, угнетение – 16...20 см. Корневая гниль характерна для деревьев среднего диаметра 24 и 28 см, стволовая – для всех ступеней, но больше для крупных деревьев. В ступени 16 см сосна заселена большим сосновым лубоедом. Сухостойные деревья отмечены в ступенях 16, 24 и 28 см (табл. 2).

В сосняке сфагновом доминируют здоровые экземпляры. Доля других категорий достаточно велика (36,5 %), в том числе ослабленных – 13,5, больных – 9,5, мертвых – 13,5 % из числа учтенных. Ведущими факторами ослабления деревьев являются стволовая гниль, механические повреждения и пожарные травмы прошлых лет. Механические повреждения и пожарные травмы прошлых лет отмечены во всех ступенях толщины кроме 28 см, но больше их у тонкомерных деревьев (16 см), для которых характерно и угнетение. Корневая гниль встречается в более крупных ступенях толщины (24 и 28 см), стволовая гниль во всех, но в основном у средних по диаметру деревьев (20 и 24 см). Большой сосновый лубоед заселяет деревья в ступени 24 см. Сухостой наблюдается во всех ступенях, но больше всего – 16 и 20 см, где много также ослабленных сосен (табл. 2).

Анализ результатов исследования позволяет сделать следующее заключение. Здоровые экземпляры составляют более половины всех деревьев сосны. Наибольшая их доля отмечена в сосняке долгомошном (72,0 %), наименьшая – в черничном (51,5 %). Процент ослабленных деревьев в сосняках располагается в следующем порядке: черничный (29,5), брусничный (14,0), сфагновый и долгомошный (по 13,5 %). Максимум больных деревьев отмечен в сосняке черничном (10,5 %), минимум в долгомошном (7,5 %). Мертвых деревьев больше всего в сосняке сфагновом (13,5 %), затем в брусничном (9,0 %), черничном (8,5 %) и долгомошном (7,0 %).

Ведущими факторами ослабления деревьев на всех обследованных участках являются пожарные травмы прошлых лет, стволовая гниль, вызванная сосновой губкой, и механические повреждения. Наибольший процент пораженных деревьев отмечен нами в самом продуктивном типе леса – сосняке черничном и в наименее продуктивном – сосняке сфагновом. Строгой зависимости распространения сосновой губки от типа леса нам выявить не удалось. Заселение деревьев сосны большим и малым сосновыми лубоедами сравнительно невелико и существенного хозяйственного значения в рассмотренном случае не имеет.

В табл. 3 представлены данные о числе плодовых тел сосновой губки и высоте ее прикрепления на стволах.

Таблица 3

Тип сосняка	Число плодовых тел на одном дереве		Высота прикрепления плодовых тел, м	
	среднее	Пределы значений	средняя	Пределы значений
Сфагновый	1,29	1...4	3,55	0,2...7,0
Долгомошный	2,20	1...5	4,91	2,5...8,0
Брусничный	2,45	1...6	5,66	0,5...10,0
Черничный	1,81	1...4	6,49	0,5...12,0

Как видим, наименьшее число плодовых тел сосновой губки на одном дереве отмечено в сосняке сфагновом, наибольшее в брусничном; колебания примерно одинаковы. Средняя высота прикрепления плодовых тел увеличивается по мере улучшения условий произрастания и высоты древостоя.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Воронцов А.И. Патология леса. - М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 272 с. [2]. Вялых Н.И., Огибин Б.Н., Преображенский М.А. Пути улучшения охраны лесов от пожаров, вредителей и болезней в Архангельской области// Леса и лесное хозяйство Архангельской области. - Архангельск: АИЛилХ, 1988. - С. 99 - 111. [3]. Драчков В.Н. Влияние лесопатологических факторов на продуктивность лесов// Повышение продуктивности лесов Европейского Севера. - Архангельск: АИЛилХ, 1974. - С. 191 - 200. [4]. Лебедев А.В., Иванова Э.А. Патология хвойных пород в типичных среднетаежных древостоях // Лесн. журн. - 1991. - № 5. - С. 11 - 15. - (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Лебедев А.В., Иванова Э.А. Патология деревьев сосны в древостоях учебного назначения // Лесн. журн. - 1993. - № 1. - С. 12 - 17. - (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Левин В.И. Сосняки Европейского Севера. - М.: Лесн. пром-сть, 1966. - 152 с. [7]. Львов П.Н., Ипатов Л.Ф. Лесная типология на географической основе. - Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1976. - 195 с. [8]. Молчанов А.А., Преображенский И.Ф. Леса и лесное хозяйство Архангельской области. - М.: АН СССР, 1957. - 238 с. [9]. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. - М.: АН СССР, 1961. - 144 с. [10]. Тальман П.Н., Катаев О.А. Методы лесознтомологических обследований. - Л.: Изд-во ВЗЛТИ, 1964. - 120 с.

Поступила 8 января 1997 г.

УДК 630*164.8:674.032.475.5:681.81

В. И. ФЕДЮКОВ, А. А. КОЛЕСНИКОВА, М. В. БОЯРСКИЙ
 Марийский государственный технический университет

Федюков Владимир Ильич родился в 1948 г., окончил в 1970 г. Марийский политехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии деревообработки Марийского государственного технического университета, руководитель учебно-научно-производственной лаборатории квалиметрии резонансной древесины. Имеет 85 печатных работ в области гидролесомелиорации, древесиноведения и экологической сертификации.



Колесникова Антонина Анатольевна родилась в 1961 г., окончила в 1985 г. Марийский политехнический институт, ассистент кафедры технологии деревообработки Марийского государственного технического университета. Имеет 10 печатных работ в области древесиноведения.



Боярский Михаил Владимирович родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор кафедры технологии деревообработки Марийского государственного технического университета. Имеет 40 печатных работ в области деревообработки и древесиноведения.



**ФОРМА СЕМЕННЫХ ЧЕШУЙ ЕЛИ
 КАК ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК
 РЕЗОНАНСНЫХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ЕЛИ НА КОРНЮ**

Приведены результаты статистическо-корреляционного анализа и эвристической идентификации на основе при-

менения биотехнического закона по установлению связи дендроакустических параметров с формой семенных чешуй кировской ели.

The results of statistic-correlational analysis and heuristic identification are given based on the use of biotechnical law on establishing the relations between dendroacoustic parametres and the form of seed scales of Kirov spruce.

Известно, что наследственные факторы во многом определяют формирование качества древесины вообще, особенно резонансной с уникальными акустическими свойствами. Несмотря на широкий полиморфизм ели, эти факторы проявляют себя в той или иной степени и через биоморфологические признаки дерева – габитус ствола, тип ветвления и форма кроны, цвет коры, характер ее перидермы и т. д. [1 – 3, 5, 7].

В связи с этим весьма перспективно установить соответствующий диагностический признак для математического моделирования и неразрушающего отбора резонансной ели на корню с учетом полиморфизма в конкретных природно-климатических условиях произрастания. В настоящее время отбор резонансного сырья в лесу практически не производится, нет стандарта и эталона на резонансное дерево; как следствие, не достигается рациональное использование этого уникального природного сырья, а главное, целевое выращивание хотя бы для сохранения его генофонда.

Имеющиеся библиографические данные отличаются разноречивостью; попытка найти «универсальный» генетический признак резонансной ели применительно к разным регионам через биоморфологические параметры пока не увенчалась успехом [8, 10].

В качестве такого биоморфологического признака мы изучали форму семенных чешуй из средних частей шишек. В основу составления матрицы исходных данных о дифференциации деревьев внутри популяции по данному признаку приняты методы Д. Н. Данилова [2] и В. И. Бакшаевой [1].

Метод Д. Н. Данилова базируется на анализе обширного материала по числу образцов и площади их взятия, в то же время он наиболее детально разработан [7]. Согласно этому методу форму семенных чешуй 39 модельных деревьев кировской ели анализировали по четырем признакам: степень заострения семенных чешуй, главный признак – 5 классов, т. е. I–V; тип их окончания: Т, О – тупой или острый, включая округлый; характер образующей, т. е. окраинной линии: Ц, З – цельнокрайный или зазубренный; тип наружного края чешуй: П, В – прямой или покоробленный, слегка выпуклый или волнистый.

Метод классификации по В. И. Бакшаевой отличается сравнительной простотой, особенно для перевода на математический язык; он основан на цифровом определении коэффициента формы как отношения высоты верхней части семенной чешуи к ее наибольшей ширине;

в соответствии с полученными коэффициентами дерева распределяются на три группы – ель европейская, сибирская и гибридной формы.

В целом классификация деревьев по первому методу дала 10 типов сочетания признаков семенных чешуй, которые распределяются следующим образом по двум условным группам:

Часто встречающиеся типы, шт. Редко встречающиеся типы, шт.

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. III (Т+З+П) – 8 | 1. IV (Т+З+П) – 4 |
| 2. IV (О+Ц+П) – 7 | 2. III (О+З+П) – 1 |
| 3. III (Т+З+В) – 6 | 3. III (Т+Ц+П) – 1 |
| 4. III (О+Ц+П) – 5 | 4. II (Т+З+В) – 3 |
| | 5. IV (О+З+П) – 3 |
| | 6. V (О+Ц+П) – 1 |

Нетрудно заметить, что среди часто встречающихся типов преобладают деревья гибридной формы с явными признаками сибирской ели.

Анализ по второму методу также показал четко выраженное превосходство деревьев с признаками сибирской ели. Это объясняется местоположением объектов исследований. Дело в том, что модельные деревья взяты в спелых ельниках-черничниках, кисличниках и травяно-папоротниковых типов II-III классов бонитета на северной границе Кировской области (Стахановское лесничество Мурашинского лесхоза). В этом регионе ель европейская в чистом виде почти не встречается в ельниках черничного типа и весьма незначительно (до 6 %) в кисличных типах леса, что можно объяснить филогенетической приверженностью вида к более плодородным почвам. Доля ели сибирской увеличивается с юга на север и с запада на восток области и отражает сложившиеся представления об изменении участия гибридных форм в этих направлениях вообще, тем более в зоне интрогрессивной гибридизации [5, 6].

Статистическому анализу подвергались указанные выборки и основные дендроакустические параметры, характеризующие резонансные свойства древесины: макроструктура, в том числе ширина годичных слоев и содержание в них поздней древесины; плотность; скорость ультразвука в древесине; динамический модуль упругости Юнга; акустическая константа акад. Андреева. Исследования проводили на радиальных кернах с помощью современных приборов по методикам [9].

Не вдаваясь в подробное изложение методики этих работ и выполнения расчетов, остановимся на основных результатах и вытекающих из них выводах и практических рекомендациях.

Значения коэффициентов корреляции (R) и корреляционного отношения (η) между дендроакустическими показателями и формой семенных чешуй по Бакшаевой приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что между данным биоморфологическим признаком и основными дендроакустическими параметрами существуют определенные связи. Причем все корреляционные коэффициенты

Таблица 1

Показатели	R	η
Ширина годичного слоя b	0,599	0,593
Процент поздней древесины δ	0,076	0,405
Плотность ρ	0,044	0,389
Скорость ультразвука v	0,460	0,593
Модуль упругости E	0,408	0,482
Акустическая константа K	0,565	0,767

положительны, т. е. связи прямые. Однако надежность этих связей меньше 95 %. Так, по K и b коэффициенты корреляции с формой семенных чешуй значимы с надежностью около 90 %; по E и v – значительно ниже, а по ρ и δ – близки к нулю.

Корреляционное отношение η по всем, кроме b , показателям выше, чем коэффициент корреляции R . Следовательно, нелинейная связь должна быть выражена лучше, чем линейная.

Для практики отбора резонансного сырья на корню важно, что наибольшим оказалось корреляционное отношение между коэффициентом акустической константы и формой семенных чешуй (0,767) при высоком уровне надежности (0,99 %).

Эвристико-статистическое моделирование на основе применения биотехнического закона в целях выявления значимости связи данного биоморфологического признака с резонансными показателями этих же деревьев производили путем идентифицирования общей моделью вида [4]

$$y = a_1 \exp(-a_2 i_\Phi) + a_3 i_\Phi^{a_4} \exp(-a_5 i_\Phi) + a_6 i_\Phi^{a_7}, \quad (1)$$

где a_1, \dots, a_7 – регрессионные коэффициенты (параметры модели);

i_Φ – код (частный ранг) формы семенных чешуй шишек;

y – теоретические значения показателей физико-механических и акустических свойств древесины.

Согласно этой методике для выполнения дальнейших расчетов на основе применения классификации Данилова составлена кодировка морфологических признаков семенных чешуй шишек указанных 39 деревьев. Значения признаков нами расположены в порядке перехода от европейского виду к сибирскому.

Теоретически возможна ранговая шкала 1...40 ($5 \times 2 \times 2 \times 2$). Наша шкала (частная) содержит 10 позиций, так как в данных условиях местопроизрастания многие сочетания значений признаков отсутствуют (табл. 2).

В данной кодировке целочисленные шкалы i_Φ и I_Φ являются четырехфакторными; при этом шкала $I_\Phi = 1 \dots 40$ учитывает особенности видового морфологического разнообразия ели из многих регионов страны.

Таблица 2

Частный ранг	Общий ранг	Значения признаков формы чешуй			
		Класс угла заострения	Тип окончания	Характер образующей линии	Тип наружного края
1	9	II	Тупой	Зазубренный	Волнистый
2	17	III	«	«	«
3	18	III	«	«	Прямой
4	20	III	«	Цельнокрайный	«
5	22	III	Острый	Зазубренный	«
6	24	III	«	Цельнокрайный	«
7	26	IV	Тупой	Зазубренный	«
8	30	IV	Острый	«	«
9	32	IV	«	Цельнокрайный	«
10	40	V	«	«	«

Примечание. Значение угла заострения чешуй для II класса 45...75°; III – 75...105°; IV – 105...135°; V – более 135°.

Таблица 3

Параметры моделей	b, мм	δ, %	ρ, кг/м³	v, м/с	K, м⁴/(кг · с)	E, кг/(м · с²)
a ₁	0	35,1	472,75	1640,3	3,0600	12,839
a ₂	0	0,2605	0,01952	0,11238	0,01976	0,2509
a ₃	8,284	0,003841	0	1,7693	0	0
a ₄	4,3490	15,718	0	6,2744	0	0
a ₅	2,7136	3,4173	0	1,0045	0	0
a ₆	0,4641	0,2698	0,009907	3,0075	0,05205	0,4639
a ₇	0,5469	2,0025	5,2846	2,4915	1,2503	1,3910
ε _{max}	0,203	1,365	22,61	100,6	0,243	1,94
Δ _{max} , %	12,3	5,72	5,23	7,10	7,04	21,0

С использованием ПЭВМ и математической среды «Эврика» получены результаты идентификации. Показатели адекватности параметров по модели 1 приведены в табл. 3.

Максимальный остаток ε_{max} вычисляли по формуле

$$\epsilon_{\max} = \max \{ \hat{y}_i - y_i \}, \quad (2)$$

где \hat{y}_i , y_i – соответственно экспериментальные и теоретические значения показателя.

Максимальную относительную погрешность Δ_{max} определяли по формуле

$$\Delta_{\max} = 100 \left| \epsilon_{\max} / \hat{y}(\epsilon_{\max}) \right|. \quad (3)$$

Приведенные в табл. 3 результаты свидетельствуют, что модель 1 со сравнительно малой относительной погрешностью для практических целей Δ_{max} ≤ 10 % описывает связь формы чешуй с показа-

телями физико-механических и акустических свойств древесины ели, в данном случае с δ , ρ , v и K .

В принципе модель 1 характеризует три вида проявления (составляющие) биотехнического закона [4]. Первая составляющая суммы описывает процесс спада значений показателей δ , ρ и v при переходе от европейского вида ели к сибирскому. Ширина годовичных слоев в меньшей степени зависит от видового разнообразия, чем от условий местообитания.

Вторая составляющая данной модели характеризует стрессовое изменение показателей b , δ и v . Стрессовое влияние гибридных разновидностей особенно сильно сказывается на ширине годовичных слоев и практически не изменяет плотность. Этот факт не означает отсутствия связи плотности с шириной годовичных слоев, а главным образом подчеркивает возможность формирования резонансной древесины с соответствующей макроструктурой, причем целенаправленно.

Третья часть модели описывает аллометрический рост влияния формы чешуй.

На рис. 1 приведены графики изменения показателей в зависимости от целочисленной шкалы i_Φ . Показатели b и δ изменяются по волновому закону (рис. 1, а). Значения ρ и v (рис. 1, б) минимальны при различных кодах ($i_\Phi = 7$ и $i_\Phi = 3$). Такие неодинаковые экстремумы графиков требуют учета комплексного показателя K , который определяется как отношение v/ρ . С ростом i_Φ от 1 до 10 значение K увеличивается почти прямолинейно (рис. 1, в).

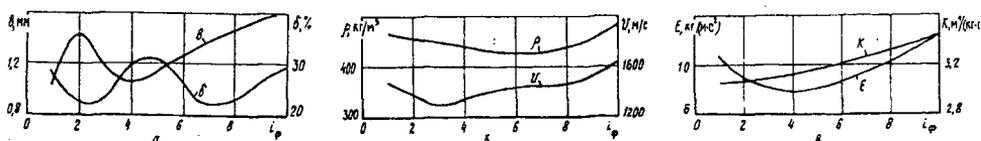


Рис. 1.

График $K = f(i_\Phi)$ показывает, что резонансные свойства древесины лучше у ели сибирской, чем у ели европейской. Таким же образом повышается скорость звука в радиальном направлении на высоте ствола 1,3 м.

Важно отметить тот факт, что вероятность появления лучших резонансных свойств у ели наблюдается при $v \geq 1400$ м/с. Дальнейшее моделирование изменения v в зависимости от других факторов, в частности b и δ , позволило получить выражение

$$v = (1165,67 + 8352,49b \frac{\delta}{100}) \exp(-1,4626) (b \frac{\delta}{100})^{0,3381} \quad (4)$$

Модель (4) описывает закон аperiодического колебания с быстрым затуханием под влиянием поздней древесины как гасителя скорости звука в радиальном направлении. При этом $v_{\max} = 172,78$ м/с; $\Delta_{\max} = 11,3\%$.

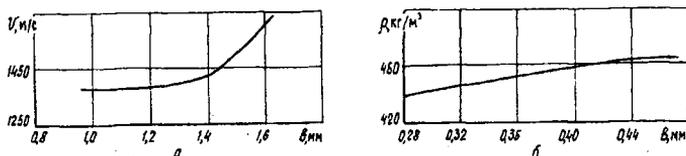


Рис. 2.

Постоянная составляющая скорости звука (1376,25 м/с) и влияние средней ширины годовичного слоя учитываются по биотехническому закону в модели

$$v = 1376,25 + 8355,32 b^{26,1478} \exp(-10,0818 b), \quad (5)$$

где $\epsilon_{\max} = 149,92$ м/с; $\Delta_{\max} = 9,82$ %.

График на рис. 2, а наглядно иллюстрирует значительное возрастание скорости звука при $b > 1$ мм, т. е. повышение способности годовичного слоя к пропусканию звуковых колебаний.

Согласно сложному закону аperiodического колебания получена модель определения плотности древесины (рис. 2, б):

$$\rho = (450,00 + 8359,05 b \frac{\delta}{100}) \exp(-2,6014 b \frac{\delta}{100}^{0,3130} - 0,09229 b^{1,3332}), \quad (6)$$

которая имеет $\epsilon_{\max} = 33,90$ кг/м³; $\Delta_{\max} = 8,01$ %.

Более простая аperiodическая модель для плотности описывается выражением

$$\rho = (450,05 + 8359,05 b_n) \exp(-2,9520 b_n)^{0,3643}, \quad (7)$$

где $\epsilon_{\max} = 38,21$ кг/м³; $\Delta_{\max} = 8,06$ %.

Таким образом, форма семенных чешуй ели может служить характерным признаком для неразрушающей экспресс-диагностики деревьев на корню при отборе их на резонансное сырье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бакшаева В.И. Изменчивость и формовое разнообразие ели в Карелии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Петрозаводск: ПГУ, 1966. - 20 с.
- [2]. Данилов Д.Н. Изменчивость семенных чешуй *Picea excelsa* // Ботанич. журн. - 1943. - № 5. - С. 57 - 63. [3]. Любавская А.Я. Внутривидовая изменчивость древесины и методы ее изучения // Тез. докл. координац. совещ. по соврем. проблемам древесиноведения (19 - 23 сент. 1994 г.). - Брянск: БТИ, 1995. - С. 24 - 26. [4]. Мазуркин П.М. Эвристический регрессионный анализ природохозяйственных явлений и процессов / МарПИ. - Йошкар-Ола, 1989. - 316 с. - Деп. в ВНИПИЭИлеспром 25.06.89, № 2554. [5]. Мамаев М.С., Некрасов М.С. Изменчивость шишек ели в лесах Среднего Урала // Тр. Ин-та экологии растений и животных. - 1968. - Вып. 2. - С. 46 - 58. [6]. Овеч-

кин С.М. Интрогрессивная гибридизация ели европейской и сибирской в Кировской области и Удмуртской АССР // Лесоведение. - 1982. - № 5. - С. 12 - 16. [7]. Правдин Л.Ф. Ели европейская и сибирская в СССР. - М.: Наука, 1975. - 187 с. [8]. Санкин Н.А. Изменчивость резонансных свойств древесины ели обыкновенной на фоне варьирования анатомических и морфологических признаков внутри популяции // Тр. МЛТИ. - 1972. - № 43. - С. 57 - 65. [9]. Федюков В.И., Колесникова А.А. Экспресс-диагностика резонансной древесины: Методич. указания. - Йошкар-Ола: МарПИ, 1994. - 40 с. [10]. Яблоков А.С. Селекция древесных пород. - М.: Сельхозиздат, 1962. - 367 с.

Поступила 19 июня 1995 г.

УДК 631.31:630*

Ф. В. ПОШАРНИКОВ, К. И. ЧЕРНЫШОВ

Воронежская государственная лесотехническая академия



Пошарников Феликс Владимирович родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 120 печатных работ в области механизации производственных процессов лесовосстановления, комплексной механизации работ в лесных питомниках.



Чернышов Корнелий Исидорович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Воронежский государственный университет, доктор физико-математических наук, профессор кафедры математики Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет около 50 печатных работ в области асимптотического анализа уравнений с фредгольмовыми операторами при производной.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ ХОДА АНКЕРНОГО КОРОБЧАТОГО СОШНИКА С ОДНОШАРНИРНОЙ ПОДВЕСКОЙ

Рассмотрена динамика процесса работы сошника. Определены области устойчивости решения уравнений, описывающих его движение.

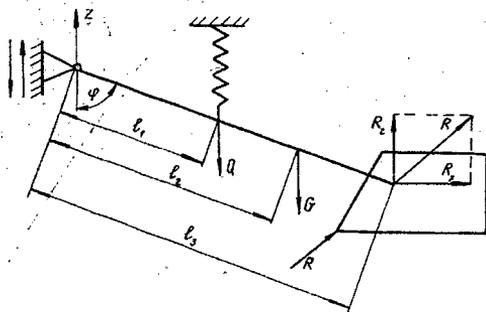
The dynamics of plowshare operation has been considered. The stability areas of solving equations describing plowshare's motion are determined.

Сошники сеялок работают на небольшой глубине и должны строго выдерживать заданную глубину посева. Это необходимо для обеспечения дружного равномерного прорастания семян. Поэтому сошник сеялки должен иметь устойчивый ход. В связи с этим возникает необходимость в проведении исследований по изучению условий устойчивой работы сошника.

Применяют два основных способа подвески сошника: одношарнирный и четырехшарнирный. Первый из них более простой и менее металлоемкий. Большинство исследований по изучению работы сошников с одношарнирной подвеской проведено в сельском хозяйстве в основном при статическом силовом анализе. Акад. В. П. Горячкиным [5] и рядом других ученых [2, 7] из условия равенства заглубляющего и выталкивающего моментов сил, действующих на сошниковую систему, были установлены закономерности перемещения сошников на заданной глубине. Нами эти исследования были дополнены за счет более точного учета сил, действующих на переднее ребро, боковые грани и щеки анкерного коробчатого сошника [12, 13]. Но изучение условий устойчивой работы такого типа сошника с одношарнирной подвеской с учетом динамики процесса до сих пор не проводилось. В некоторых работах по кинематике и динамике одношарнирных подвесок рассматривались другие типы сошников (анкерные с точечной опорой, дисковые), но недостаточно глубоко [1, 8, 16, 18].

Одношарнирная подвеска сошника является системой с колебательными стохастическими процессами. Теоретический анализ ее затруднен из-за множества труднораскрываемых факторов. Основываясь на ряде исследований динамических систем [3, 4, 8, 9, 11], можно считать процесс работы сошника детерминированным и рассматривать его движение в виде наложенных колебательных движений [6, 10]. В этом случае одношарнирную подвеску сошника можно представить в идеализированном виде, как показано на рис. 1. Здесь поводок сошника совершает вынужденное колебательное

Рис. 1. Идеализированная схема одношарнирной подвески сошника



движение относительно точки подвеса, а сама эта точка – вертикальные колебания по гармоническому закону $z = z_c = a \cos \omega t$, где a – амплитуда, ω – частота гармонических колебаний. Тогда составим уравнение движения сошника, учитывая переносную силу инерции

$$F_{ez_c}^{\text{ин}} = -m\ddot{z}_c, \text{ совпадающую с центром масс системы } m:$$

$$I\ddot{\varphi} = [-(G - F_{ez_c}^{\text{ин}})l_2 - Ql_1 + R_z l_3] \sin \varphi + R_x l_3 \cos \varphi. \quad (1)$$

Здесь I – момент инерции подвески сошника относительно точки подвеса;

φ – угол наклона поводка сошника к вертикали;

G – сила тяжести подвески;

Q – давление пружины;

R_x, R_z – горизонтальная и вертикальная составляющие силы сопротивления перемещению сошника R ;

l_1, l_2, l_3 – расстояния от точек приложения сил Q, G и R до оси подвеса.

Поскольку мы сделали допущения о гармоническом колебании оси подвески, то силу инерции можно представить в виде $F_{ez_c}^{\text{ин}} = -m\ddot{z}_c = -m\omega^2 a \cos \omega t$.

Пусть при $\varphi = \varphi_0$ сошник находится в положении равновесия. Обозначим

$$F(t) \equiv [(G - m\omega^2 a \cos \omega t)l_2 + Q_0 l_1 + R_z l_3] \sin \varphi_0 + R_x l_3 \cos \varphi_0 = 0. \quad (2)$$

Поскольку систему подвески сошника характеризуют несколько параметров, то, вероятно, можно найти и такие области, в которых движение сошника является устойчивым.

Вопросам устойчивости движения посвящено большое количество исследований [6, 9, 11, 17], среди которых выделяются труды Ляпунова для автономных систем [6, 11]. В других работах оценивается устойчивость равновесия и стационарного движения консервативных систем с применением теоремы Лагранжа, рассматриваются задачи в области нелинейных колебаний [6].

Суть многих методов сводится к определению устойчивости не самих систем, а областей устойчивости функций, характеризующих движение, или к устойчивости решения уравнений, описывающих этот процесс [11, 14]. Последние приемы достаточно хорошо разработаны, поддаются математическому анализу, если удастся уравнение движения системы привести к определенному виду.

Для наших целей удобнее использовать уравнение Хилла, которое имеет следующую форму:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + [\delta + \varepsilon \psi(t)] x = 0, \quad (3)$$

где δ, ϵ – некоторые параметры;

$\psi(t)$ – периодическая функция периода T ;

x – абстрактная величина неизвестной.

Функцию $\psi(t)$ называют функцией возбуждения, а ее частоту

$\omega^* = 2\pi/T$ – частотой возбуждения.

Выбором параметров δ и ϵ невозмущенное движение $x = 0$ и $\dot{x} = 0$ можно сделать устойчивым ($\epsilon = 0, \delta > 0$) или неустойчивым ($\epsilon = 0, \delta < 0$). Таким образом, задача сводится к исследованию устойчивости решений уравнения Хилла.

Как показал сделанный нами ранее анализ динамических характеристик [15], система подвески сошника практически не содержит высоких частот, которые существенно повлияли бы на устойчивость хода сошника. При наличии периодических слагаемых низкой частоты уравнение Хилла приводится к частному случаю, получившему название уравнения Матье:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + (\delta + \epsilon \cos t) x = 0, \tag{4}$$

в котором параметры периодической функции δ и ϵ можно определять по формулам $\delta = T^2 A_0 / \epsilon \pi^2$ и $\epsilon = TA / 4 \pi^2$, где A_0 и A – коэффициенты уравнения ряда Фурье, приводимого к уравнению (4), а безразмерное время τ связано с временем t зависимостью $\tau = 2\pi (t - \gamma) T$ (γ – некоторая постоянная).

Чтобы привести уравнение (3) к виду, соответствующему уравнению Матье, выполним линеаризацию уравнения (1), разложив его в ряд Тейлора. Введем обозначения и сделаем некоторые замены:

$$R_x = f_1(\varphi, \dot{\varphi}); R_z = f_2(\varphi, \dot{\varphi}); Q = f_3(\varphi, \dot{\varphi});$$

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0; \Delta\dot{\varphi} = \dot{\varphi} - \dot{\varphi}_0;$$

$$f(\varphi, \dot{\varphi}) = f(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) + \left. \frac{df}{d\varphi} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} \Delta\varphi + \left. \frac{df}{d\dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} \Delta\dot{\varphi}; \tag{5}$$

$$\sin\varphi = \sin\varphi_0 + \cos\varphi_0 \Delta\varphi; \cos\varphi = \cos\varphi_0 - \sin\varphi_0 \Delta\varphi.$$

С учетом этого имеем

$$I\ddot{\varphi} = \{[-(G - m\omega^2 a \cos\omega t)l_2 - (Q(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) + \left. \frac{\partial Q}{\partial \varphi} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} \Delta\varphi + \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} \Delta\dot{\varphi})l_1 + \\ + (R_z(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) + \left. \frac{\partial R_z}{\partial \varphi} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} \Delta\varphi + \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} \Delta\dot{\varphi})l_3\} (\sin\varphi_0 + \cos\varphi_0 \Delta\varphi) +$$

$$+ (R_x(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) + \left. \frac{\partial R_x}{\partial \varphi} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} \Delta\varphi + \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} \Delta\dot{\varphi}) l_3 (\cos\varphi_0 - \sin\varphi_0 \Delta\varphi). \quad (6)$$

После преобразования, отбрасывая незначащие члены с $(\Delta\varphi)^2$, $\Delta\varphi\Delta\dot{\varphi}$ и принимая во внимание выражение (2), получаем

$$\begin{aligned} I\ddot{\varphi} = & \{F(t) + \Delta\varphi (\cos\varphi_0 [- (G - m\omega^2 \cos\omega t) l_2 + R_z(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) l_3 + \left. \frac{\partial R_x}{\partial \varphi} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_3] + \\ & + \sin\varphi_0 [- \left. \frac{\partial Q}{\partial \varphi} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_1 - R_x(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) l_3] + \Delta\dot{\varphi} (\cos\varphi_0 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_3 + \\ & + \sin\varphi_0 [- \left. \frac{\partial Q}{\partial \varphi} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_1 + \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_3]) \}. \quad (7) \end{aligned}$$

В соответствии с тем, что $F(t) \equiv 0$, выражение (7) можно представить в виде

$$\begin{aligned} \Delta\ddot{\varphi} = & \frac{1}{I} \{ \Delta\dot{\varphi} [\cos\varphi_0 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_3 + \sin\varphi_0 (- \left. \frac{\partial Q}{\partial \varphi} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_1 + \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_3)] + \\ & + \Delta\varphi [\cos\varphi_0 (- (G - m\omega^2 \cos\omega t) l_2 - Q(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) l_1 + Q_2(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) l_3 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \varphi} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_3) + \\ & + \sin\varphi_0 (- \left. \frac{\partial Q}{\partial \varphi} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_1 + \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_3 - R_x(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) l_3)] \}. \quad (8) \end{aligned}$$

Поскольку в системе имеется демпфирование, то предварительно необходимо выйти к вспомогательному уравнению вида

$$\frac{d^2 x}{d\tau^2} + 2h \frac{dx}{d\tau} + (\delta + \varepsilon \cos\tau) x = 0, \quad (9)$$

которое с помощью подстановки $\tau = \omega t$ применительно к нашему уравнению (8) можно привести к виду

$$\ddot{x} + 2h\omega \dot{x} + \omega^2 (\delta + \varepsilon \cos\omega t) x = 0. \quad (10)$$

Обозначим

$$\Delta\varphi = x; \quad \Delta\dot{\varphi} = \dot{x}; \quad \Delta\ddot{\varphi} = \ddot{x}; \quad \dots \left. \begin{array}{l} \varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0 \end{array} \right|_0 = \dots ;$$

$$2h\omega = -\frac{1}{I} [l_3 \cos\varphi_0 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} + \sin\varphi_0 (-l_1 \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} + l_3 \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}})];$$

$$\omega^2 \varepsilon = -\frac{1}{I} ma\omega^2 l_2 \cos\varphi_0; \quad \omega^2 \delta = -\frac{1}{I} [\cos\varphi_0 (-Gl_2 - Q(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) l_1 + R_z(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) l_3 +$$

$$+ \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} l_3) + \sin\varphi_0 (-l_1 \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} + l_3 \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_{\substack{\varphi=\varphi_0 \\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0}} - R_x(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) l_3)]. \quad (11)$$

Раскрывая значения выражений (11), выделим элементы, составляющие уравнение Матве:

$$2h = -\frac{1}{\omega I} [l_3 \cos\varphi_0 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 + \sin\varphi_0 (-l_1 \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 + l_3 \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0)];$$

$$\varepsilon = -\frac{1}{I} \cos ma l_2; \quad \delta = -\frac{1}{\omega^2 I} [\cos\varphi_0 (-Gl_2 - Q(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) l_1 +$$

$$+ l_3 R_z(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) + l_3 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0) + \sin\varphi_0 (-l_1 \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 - l_3 R_x(\varphi_0, \dot{\varphi}_0) + l_3 \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0)]. \quad (12)$$

После замены

$$\Delta\varphi = \exp\left(\frac{t}{2I} [l_3 \cos\varphi_0 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 + \sin\varphi_0 (-l_1 \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 + l_3 \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0)]\right) \quad (13)$$

придем к уравнению

$$\ddot{z} + \omega^2(\delta - h^2 + \varepsilon \cos\omega t) z = 0. \quad (14)$$

Обозначив $\delta^* = \delta - h^2$; $Q^0 = Q(\varphi_0, \dot{\varphi}_0)$; $R_x^0 = R_x(\varphi_0, \dot{\varphi}_0)$ и $R_z^0 = R_z(\varphi_0, \dot{\varphi}_0)$, найдем

$$\delta^* = -\frac{1}{\omega^2 I} [\cos\varphi_0 (-Gl_2 - Q^0 l_1 + R_z^0 l_3 + l_3 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0) + \sin\varphi_0 (-l_1 \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 +$$

$$+ l_3 \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 - l_3 R_x^0)] - \frac{1}{4\omega^2 I^2} [\cos\varphi_0 l_3 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 + \sin\varphi_0 (-l_1 \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 +$$

$$+ l_3 \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0)]^2 = \frac{1}{4\omega^2 I^2} \{ (l_3 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0)^2 - \sin^2\varphi_0 [(l_3 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0)^2 - (l_3 \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 -$$

$$- l_1 \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0)^2 + \sin 2\varphi_0 (l_3 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0) (l_3 \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 - l_1 \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0)^2] + 4I [\cos\varphi_0 (-l_2 G -$$

$$- l_1 Q^0 + l_3 R_z^0 + l_3 \left. \frac{\partial R_x}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0) + \sin\varphi_0 (-l_1 \left. \frac{\partial Q}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 + l_3 \left. \frac{\partial R_z}{\partial \dot{\varphi}} \right|_0 - l_3 R_x^0)] \}. \quad (15)$$

Таким образом, мы пришли к уравнению Матье

$$\frac{d^2 x}{d\tau^2} + (\delta^* + \varepsilon \cos \tau) x = 0, \quad (16)$$

в котором $x = x(\tau)$.

Анализируя два вида уравнения Матье (4) и (9), к которым можно свести уравнения, описывающие движение подвески сошника, можно сделать следующие выводы.

При отсутствии демпфирующей силы (в нашем случае давления пружины Q) мы получаем стандартное уравнение Матье, записанное выражением (14). Из самой формы этого уравнения видно, что оно содержит четные и нечетные периодические решения [11], которые для периода 2π могут быть представлены в форме

$$x = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos k\tau; \quad x = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin \frac{k\tau}{2}, \quad (17)$$

а для периода 4π

$$x = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos \frac{k\tau}{2}; \quad x = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin \frac{k\tau}{2}. \quad (18)$$

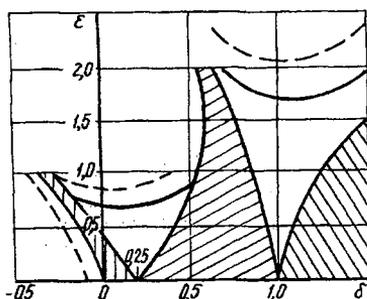
Дифференцируя уравнения и делая соответствующие подстановки, приходим к системе линейных уравнений, в которой индекс « k » принимает значение 1, 2:

$$\left. \begin{aligned} \delta a_0 + \varepsilon a_1 &= 0; \\ \frac{\varepsilon}{2} a_0 + (\delta - 1) a_1 + \frac{\varepsilon}{2} a_2 &= 0; \\ \frac{\varepsilon}{2} a_1 + (\delta - 4) a_2 + \frac{\varepsilon}{2} a_3 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Данная система линейных уравнений решается с помощью определителя Хилла

$$\Delta = \begin{vmatrix} \delta & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ \varepsilon/2 & \delta-1 & \varepsilon/2 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \varepsilon/2 & \delta-4 & \varepsilon/2 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \varepsilon/2 & \delta-9 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \varepsilon/2 & \delta-16 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{vmatrix} = 0, \quad (20)$$

Рис. 2. Диаграмма Айнса - Стретта



который устанавливает зависимость $\delta = \delta(\epsilon)$. Поэтому можно определить границы областей устойчивости решений уравнения Матье в пространстве δ и ϵ .

Предварительные вычисления с подстановкой исходных данных, соответствующих значениям реально допустимых параметров подвески сошника, позволили установить, что в нашем случае $\epsilon < 1$. Это, в свою очередь, дает возможность использовать для анализа областей устойчивости подвески сошника известные приемы [6, 11, 18] и построить диаграмму зависимости $\delta = \delta(\epsilon)$, получившую название диаграммы Айнса - Стретта (рис. 2).

При малых значениях ϵ ($\epsilon < 1$) с помощью периодических решений уравнения Матье можно получить зависимости $\delta(\epsilon)$ в виде $\delta_1 = -\epsilon^2/2$; $\delta_2 = 1 + 5\epsilon^2/12$; $\delta_3 = 1 - \epsilon^2/12$; $\delta_4 = 1/4 - \epsilon/2$; $\delta_5 = 1/4 + \epsilon/2$.

Анализ диаграммы позволяет установить не только области устойчивости и неустойчивости, но и границы смыкания этих областей в точках $\delta = n^2/4$ и $\epsilon = 0$, где n - целое число. При малых значениях ϵ в отмеченных точках наступает параметрический резонанс, амплитуды которого возрастают по закону геометрической прогрессии. Необходимо выбирать такие параметры подвески, чтобы избежать этого нежелательного явления.

При включении в систему подвески демпфирующего элемента (пружины) мы получаем уравнение вида (9). В этом случае в целом условия устойчивости подвески улучшаются, так как практически исключается заход решения уравнения Матье в области параметрического резонанса [6]. Границы областей параметрического резонанса при демпфировании расширяются за пределы заштрихованных областей до кривых, определяемых зависимостью $\rho^2 = b^2 / v\omega^2$, где v - целое число. Для некоторых значений эти кривые были получены Котовским [6]. Положительное влияние демпфирования на устойчивость хода сошников отмечали и другие исследователи.

Поскольку в нашем случае $\epsilon < 1$, то области устойчивости можно рассматривать, исключив из уравнения (16) решения, приводящие к отрицательным значениям δ^* и близким к 0,25, 1 и т. д. Частоты, при которых система подвески сошника может оказаться в условиях параметрического резонанса, равны 2,0; 1,5; 6/5; 1,0; 6/7; 3/4; 2/3; 3/5; 6/11; 1/2; 6/13; 3/7.

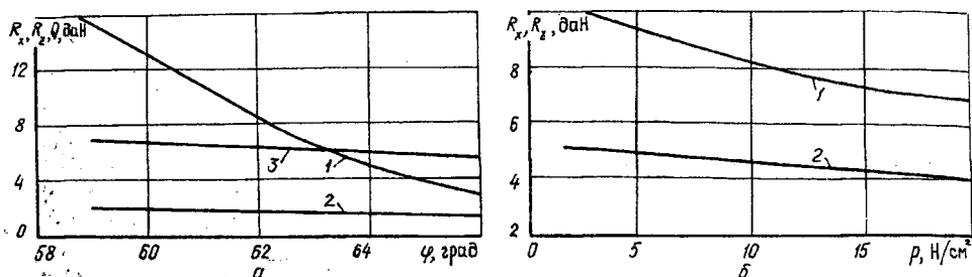


Рис. 3. Зависимость сил, действующих в подвеске сошника, от угла поворота φ (а) и твердости почвы p (б): 1 – горизонтальная составляющая силы сопротивления перемещению сошника R_x ; 2 – вертикальная составляющая этой силы R_z ; 3 – давление пружины Q

Возможность параметрического резонанса значительно больше при частотах $\omega < 1$ Гц, чем при $\omega > 5$ Гц. В нашем случае при $\omega > 5$ Гц параметрический резонанс исключается. Обычный резонанс может быть при ω , совпадающей с собственной частотой колебаний подвески.

При предварительной оценке систему подвески можно рассматривать как математический маятник и собственные колебания вычислять по формуле $\omega_0 = \sqrt{g/l}$, где l – расстояние от точки подвеса до центра масс системы. Более точное определение собственной частоты ω_0 при разных параметрах подвески целесообразно определять экспериментально.

Для определения областей устойчивости подвески сошника по выведенным нами уравнениям для ε (12) и δ^* (15) на основании экспериментальных данных были построены зависимости $R_x(\varphi)$, $R_z(\varphi)$ и $Q(\varphi)$ (рис. 3, а), а также $R_x(p)$ и $R_z(p)$ (рис. 3, б), где p – твердость почвы. Аппроксимация методом наименьших квадратов с использованием ЭВМ позволила получить выражения для их описания. Так, зависимость $R_x(\varphi)$ описывается полиномом $y = Ax^2 - Bx + C$, коэффициенты которого равны: $A = 0,039 \dots 0,046$; $B = 6,12 \dots 7,54$; $C = 276,3 \dots 284,9$. Зависимости $R_z(\varphi)$ и $Q(\varphi)$ выражаются формулой $y = A - Bx$, в которой $A = 4,17 \dots 5,33$; $B = 0,051 \dots 0,057$ – для функции $R_z(\varphi)$; $A = 19,48 \dots 22,14$; $B = 0,21 \dots 0,27$ – для функции $Q(\varphi)$. Зависимости R_x и R_z от твердости почвы p (рис. 3, б) можно выразить для $R_x(p)$ полиномом $y = Ax^2 - Bx + C$ ($A = 0,018 \dots 0,022$; $B = 0,56 \dots 0,63$; $C = 9,73 \dots 12,52$), для $R_z(p)$ – формулой $y = A - Bx$ ($A = 15,34 \dots 18,76$; $B = 0,19 \dots 0,23$).

По данным экспериментальных исследований для параметров подвески сошника мы определили значения $\varepsilon = 0,0007 \dots 0,0012$ и $\delta^* = 0,28 \dots 0,66$. Если обратиться к диаграмме Айнса-Стретта (см. рис. 2), можно видеть, что сошник с указанными параметрами имеет показатели, соответствующие области устойчивости: на диаграмме эта область для малых ε находится в пределах δ от 1/4 до 1,0.

Таким образом, зная параметры подвески, при свободной подвеске сошника или установке пружины, используя уравнение Матвея, всегда можно найти области устойчивой работы сошника и избежать явления резонанса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Аржаных А.И. О равномерности глубины хода сошников сеялок // Повышение эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники: Сб. науч. тр./ Сиб. отд. ВАСХНИЛ. - Новосибирск, 1984. - С. 102 - 104.
- [2]. Бондаренко А.Г. Динамика взаимодействия бороздообразователя с почвой // Механизация земледелия, эксплуатация и ремонт машинно-тракторного парка: Сб. науч. тр. /ЦНИИМЭСХ. - Минск, 1981. - С. 32 - 37.
- [3]. Валге А.М. Динамика дисковых сошников на повышенных скоростях: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Л., 1972. - 23 с. [4]. Герасимов М.И. Параметры сошниковой системы сеялки повышенного качества сева: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Новосибирск, 1985. - 21 с. [5]. Горячкин В.П. Собрание сочинений. - 2-е изд. - Т. 2. - М.: Колос, 1968. - 455 с. [6]. Каудерер Г. Нелинейная механика / Пер. с нем. Я.Г. Пановко - М.: Изд-во иностр. лит., 1961. - 778 с. [7]. Крутиков Н.П. и др. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: Машины и орудия для обработки почвы, посева и защиты растений. - Т. 1. - М.: Машгиз, 1951. - 580 с. [8]. Ладик Е.П. Исследование рабочего процесса зерновой сеялки и обоснование параметров подвески сошников для работы на повышенных скоростях: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Минск, 1970. - 21 с. [9]. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. - М.: Колос, 1970. - 374 с. [10]. Малофеева М.А., Пошарников Ф.В., Чинарев В.Я. Исследование устойчивости подвески сошника лесной сеялки / ВЛТИ. - Воронеж, 1982. - 7 с. - Деп. в ЦБНТИлесхоз 20.12.82, № 12 - Д82. [11]. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1976. - 320 с. [12]. Пошарников Ф.В. Силовой анализ сошника для широкострочного посева лесных семян в питомниках // Вопросы механизации лесохозяйственных работ. - Воронеж: ВГУ, 1969. - С. 27 - 33. [13]. Пошарников Ф.В. Определение удельного сопротивления деформации почвы // Лесн. хоз-во. - 1976. - № 5. - С. 57 - 59. [14]. Пошарников Ф.В. Анализ результатов исследований устойчивости хода сошников лесных сеялок // Новое в науке и технике лесного хозяйства: Науч.-техн. реф. сб. - М.: ЦБНТИлесхоз, 1980. - Вып. 22. - С. 11. [15]. Пошарников Ф.В., Чинарев В.Я. Оценка влияния случайных воздействий на колебания при свободном ходе коробчатого сошника лесной сеялки // Машины и орудия лесного хозяйства. - Воронеж: Воронеж. государств. ун-т, 1977. - С. 81 - 86. [16]. Рыбаков В.Н. Анализ кинематики сошников при движении сеялки по неровностям // Тр. ВИМ. - М., 1970. - Т. 52. - С. 64 - 71. [17]. Хоменко М.С., Зырянов В.А., Насонов В.Л. Механизация посева зерновых культур и трав. - К.: Урожай, 1989. - 168 с. [18]. Kroll I., Havlik J. Meranie dynamickych parametrov na vysevnej patke sejacky // Acta technol. agr. - 1980. - Т. 20. - S. 161 - 163.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.032.43.001.24

С. И. МОРОЗОВ

Архангельский государственный технический университет



Морозов Станислав Иванович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РИА, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет около 140 печатных работ в области изучения устойчивости температурно-напряженного рельсового пути, закрепления его от угона рельсов, удара тел, применения ЭВМ при решении задач механики.

УДАР КОЛЕСА О ПРЕПЯТСТВИЕ В ВИДЕ СТУПЕНЬКИ

Рассмотрен случай удара колеса о неподвижное препятствие в виде ступеньки или наклонной плоскости. По классической теории удара получены основные расчетные зависимости, характеризующие процесс удара. Рассмотрено движение колеса после удара, определена дальность, максимальная высота полета, установлены условия, при которых колесо преодолевает препятствие.

Stroke of a wheel on immobile obstacle in form of a step or inclined plane is considered. The main calculated relations characterizing the stroke process are obtained according to the classical stroke theory. Movement of the wheel after stroke is considered, distance and maximum height of the flight are determined, conditions at which the wheel overcomes an obstacle are defined.

В работе [2] дано решение задачи удара колеса о рельс при прохождении им зоны стыка. На автомобильных дорогах встречается аналогичная задача удара колеса о ступенчатое препятствие. Подобный случай изучен теоретически в работе [1], но там не учтены все факторы,

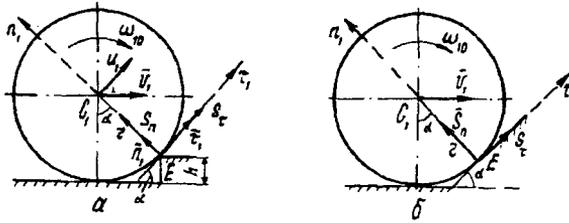


Рис.1. Расчетные схемы удара колеса о препятствие: а – удар о ступеньку; б – удар о наклонную плоскость

влияющие на процесс удара и движение колеса после удара. Рассмотрим такую задачу, используя методику, приведенную в работе [3] для определения основных закономерностей этого процесса.

Исходная расчетная схема представлена на рис. 1, а. Здесь показано колесо массой m_1 и радиусом r , которое катится без скольжения по дороге (горизонтальной плоскости) и ударяет в точке E о неподвижное препятствие в виде ступеньки высотой h . Скорость движения центра колеса обозначим v_1 . Ступенька неподвижна, поэтому ее скорость $v_2 = 0$. Принимаем также, что масса ступеньки $m_2 = \infty$, соответственно момент инерции $I_2 = \infty$.

Если в точке соударения нет проскальзывания колеса по ступеньке, то расчетные зависимости для определения импульсов ударных сил S_n и S_τ , согласно [3], имеют вид

$$S_n = \frac{HA_2 - (1 + \varepsilon)G_1A_1}{B}; \quad (1)$$

$$S_\tau = \frac{H(1 + \varepsilon)A_1 - GA_2}{B}. \quad (2)$$

Составляющая S_n направлена по нормали n_1 к поверхности колеса в точке E (внутрь тела), составляющая S_τ – перпендикулярно S_n , т. е. лежит на касательной τ_1 .

Оси n_1 , τ_1 образуют правостороннюю систему координат. Координаты точки C_1 (центр масс колеса) обозначим h_1 и p_1 . В данном случае $h_1 = 0$, $p_1 = r$. Буквами τ_1 и n_1 обозначены орты осей τ_1 и n_1 .

В формулы (1) и (2) входят следующие величины:

ε – коэффициент восстановления при ударе. В зависимости от материалов тел и скорости их соударения $0 \leq \varepsilon \leq 1$;

G, G_1, H, B – инерциальные коэффициенты.

В данной задаче при $v_2 = 0$, $\omega_{10} = v_1/r$, $\omega_{20} = 0$, $m_2 = \infty$, $I_1 = m_1r^2/2$, $I_2 = \infty$, $h_1 = 0$ имеем

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

$$G_1 = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{p_1^2}{I_1} + \frac{p_2^2}{I_2} = \frac{1}{m_1} + \frac{p_1^2}{I_1} + \frac{1}{m_1} + \frac{r^2}{m_1 r^2 / 2} = \frac{3}{m_1};$$

$$H = \frac{p_1 h_1}{I_1} + \frac{p_2 h_2}{I_2} = 0;$$

$$B = G G_1 - H^2 = G G_1;$$

A_1, A_2 – скоростные коэффициенты:

$$A_1 = v_1 n_1 + v_2 n_2 + h_1 \omega_{10} + h_2 \omega_{20} = v_1 n_1 = -v_1 \sin \alpha;$$

$$A_2 = v_1 \tau_1 + v_2 \tau_2 + p_1 \omega_{10} + p_2 \omega_{20} = v_1 \tau_1 - p_1 \omega_{10} = v_1 \cos \alpha - r \frac{v_1}{r} = -v_1 (1 - \cos \alpha).$$

Используя полученные зависимости, находим

$$S_n = -\frac{(1+\varepsilon)A_1}{G} = -\frac{(1+\varepsilon)(-v_1 \sin \alpha)}{1/m_1} = (1+\varepsilon) m_1 v_1 \sin \alpha; \quad (1 \text{ а})$$

$$S_\tau = -\frac{A_2}{G_1} = -\frac{-v_1 (1 - \cos \alpha)}{3/m_1} = \frac{m_1 v_1}{3} (1 - \cos \alpha), \quad (2 \text{ а})$$

где

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{h(2r-h)}}{r}; \quad \cos \alpha = \frac{r-h}{r}.$$

Так как $S_n > 0$ и $S_\tau > 0$, то эти импульсы направлены в положительную сторону осей n_1 и τ_1 .

Зная S_n и S_τ , находим проекции скорости точки C_1 после удара на оси n_1 и τ_1 (рис. 2):

$$u_1 \tau_1 = v_1 \tau_1 + \frac{S_\tau}{m_1} = v_1 \cos \alpha + \frac{v_1}{3} (1 - \cos \alpha) = \frac{v_1}{3r} (3r - 2h); \quad (3)$$

$$u_1 n_1 = v_1 n_1 + \frac{S_n}{m_1} = -v_1 \sin \alpha + (1+\varepsilon) v_1 \sin \alpha = \varepsilon \sin \alpha = \varepsilon v_1 \frac{\sqrt{h(2r-h)}}{r} \quad (4)$$

и угловую скорость вращения колеса после удара

$$\omega_1 = \omega_{10} + \frac{S_\tau p_1}{I_1} = \frac{v_1}{r} + \frac{m_1 v_1 (1 - \cos \alpha) r / 3}{m_1 r^2 / 2} = \frac{v_1 (3r - 2h)}{3r^2}. \quad (5)$$

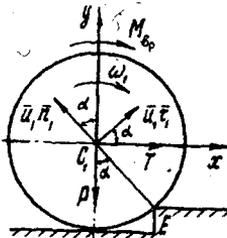


Рис. 2. Расчетная схема для определения движения колеса после удара

Так как $\omega_{10} < 0$ и $\omega_1 < 0$, то направление вращения колеса после удара сохранится, но ее угловая скорость уменьшится.

Уравнения (1) – (5) дают полное решение задачи удара колеса о ступенчатое препятствие без проскальзывания в точке соударения E . Эти уравнения можно применить также при ударе колеса о наклонную плоскость (см. рис. 1, б).

В работе [1] рассмотрен удар колеса о гладкую поверхность ступеньки, когда в точке E имеет место проскальзывание. В общем случае (для гладкой и шероховатой поверхности) расчетные зависимости при ударе с проскальзыванием согласно [3] имеют вид

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

$$S_\tau = S_n f_d,$$

где f_d – динамический коэффициент трения скольжения.

Так как $H = 0$, то

$$S_n = - \frac{(1 + \varepsilon) A_1}{G} = (1 + \varepsilon) m_1 v_1 \sin \alpha.$$

Следовательно,

$$S_\tau = S_n f = (1 + \varepsilon) m_1 v_1 f \sin \alpha.$$

Трение не влияет на значение S_n и $u_1 n_1$. Однако оно влияет на S_τ , $u_1 \tau_1$ и ω_1 .

Расчетные зависимости для определения скоростей после удара (при ударе с проскальзыванием) имеют вид

$$u_1 n_1 = \varepsilon v_1 \sin \alpha;$$

$$u_1 \tau_1 = - v_1 \cos \alpha + (1 - \varepsilon) v_1 f_d \cos \alpha;$$

$$\omega_1 = \omega_{10} + \frac{S_\tau p_1}{I_1} = \frac{v_1}{2} [2(1 + \varepsilon) f_d \sin \alpha - 1].$$

Введем понятие расчетного коэффициента трения f_p . При $f \leq f_p$ проскальзывание имеется, при $f \geq f_p$ – отсутствует. Из условия

$$S_\tau = S_n f_p$$

находим

$$f_p = \frac{S_\tau}{S_n} = \frac{1 - \cos \alpha}{3(1 + \varepsilon) \sin \alpha}$$

Таким образом, величина f_p зависит только от ε и α .

ε	Значение f_p при α , град					
	15	30	45	60	75	90
0	0,044	0,089	0,138	0,192	0,256	0,333
0,5	0,029	0,060	0,092	0,128	0,175	0,222
1,0	0,022	0,045	0,069	0,096	0,128	0,167

Так как в большинстве случаев расчетный коэффициент трения скольжения невелик, то, как правило, удар колеса о ступеньку происходит без проскальзывания.

Рассмотрим теперь движение колеса после удара в системе координат x, y . Начало ее совпадает с центром колеса при положении его перед ступенькой. Начальные условия: координаты $x_0 = 0$ и $y_0 = 0$, скорости $u_1 \tau_1, u_1 n_1, \omega_1$.

Для изучения движения тела в системе координат x, y найдем начальные скорости в проекции на эти оси:

$$v_{0x} = u_1 \tau_1 \cos \alpha - u_1 n_1 \sin \alpha;$$

$$v_{0y} = u_1 \tau_1 \sin \alpha + u_1 n_1 \cos \alpha.$$

Здесь значение v_{0y} всегда положительно, v_{0x} может быть как положительным, так и отрицательным, а также равным нулю. В последнем случае ($v_{0x} = 0$), используя выражения (3) и (4), получаем (при $\alpha = \alpha'$)

$$(2+3\varepsilon)\cos^2\alpha' + \cos\alpha' - 3\varepsilon = 0.$$

Отсюда

$$\cos\alpha' = \frac{-1 + \sqrt{1 + 12(2+3\varepsilon)\varepsilon}}{2(2+3\varepsilon)}. \quad (6)$$

Например, при $\varepsilon = 0$ (неупругий удар) находим $\cos\alpha' = 0$, т. е. $\alpha' = 90^\circ$; при $\varepsilon = 1$ (упругий удар) имеем $\cos\alpha' = 0,6812^\circ$ и $\alpha = 47,076^\circ$, при $\varepsilon = 0,5$ (частично упругий удар) $\cos\alpha' = 0,5272^\circ$ и $\alpha' = 5,183^\circ$.

Если фактическое значение α меньше α' , то $v_{0x} > 0$. Если $\alpha > \alpha'$, то $v_{0x} < 0$. В первом случае колесо после удара будет перемещаться вправо, во втором случае – влево.

Зная α' , находят такую высоту ступеньки h_1 , которую может преодолеть колесо. При $\varepsilon = 0$ имеем $h_1 = r$, при $\varepsilon = 1$ $h_1 = 0,32r$, при $\varepsilon = 0,5$ $h_1 = 0,473r$. Отметим, что согласно (6) величина h_1 не зависит от скорости движения.

Для определения движения точки C_1 после удара применим дифференциальное уравнение движения центра масс:

$$m_1 \ddot{x}_{c_1} = T;$$

$$m_1 \ddot{y}_{c_1} = -P = -m_1 g;$$

$$I_c \ddot{\phi} = M_{вр}.$$

Здесь T – сила тяги, действующая на колесо в процессе его движения по дороге;

P – сила тяжести колеса;

$M_{вр}$ – вращающий момент.

Однако первая фаза движения колеса после удара – свободный полет, т. е. $T = 0$ и $M_{вр} = 0$. Поэтому дифференциальное уравнение приводится к виду

$$\begin{aligned}\ddot{x}_{c_1} &= 0; \\ \ddot{y}_{c_1} &= -g; \\ \ddot{\varphi} &= 0.\end{aligned}$$

Интегрируя и определяя постоянные интегрирования из начальных условий, получаем

$$\begin{aligned}x_{c_1} &= v_{0x}t; \\ y_{c_1} &= -\frac{gt^2}{2} + v_{0y}t; \\ \varphi &= \omega_1 t^2.\end{aligned}$$

Из первых двух уравнений находим траектории движения точки C_1 :

$$y_{c_1} = -\frac{gx_c^2}{2v_{0x}^2} + \frac{v_{0y}x_c}{v_{0x}}.$$

Она представляет собой параболу, расположенную вогнутостью к оси x . Максимальная высота подъема точки C_1 над поверхностью дороги

$$y_{c_1, \max} = \frac{v_{0y}^2}{2g},$$

длина участка полета

$$L = \frac{2v_{0x}v_{0y}}{g},$$

время полета

$$t = \frac{L}{v_{0x}} = \frac{2v_{0y}}{g}.$$

Если $y_{c_1, \max} > h$, то колесо окажется на ступеньке и будет продолжать движение; если $y_{c_1} < h$, то после удара колесо остановится на дороге перед ступенькой. Допускаемая высота ступеньки h_{\max} зависит, помимо прочих факторов, и от скорости движения колеса перед ударом.

На рис. 3 показаны траектории движения точки C_1 для нескольких частных случаев, отличающихся значениями угла α (высотой ступеньки) и коэффициента восстановления. Они в определенной степени подобны траекториям, приведенным в [1].

Рис. 3, а соответствует случаю неупругого удара ($\epsilon = 0$). После удара колесо будет двигаться по ходу его движения до удара

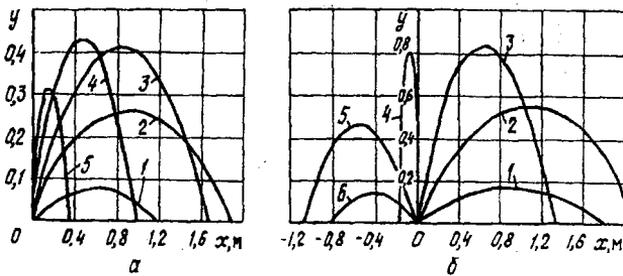


Рис.3. Траектории движения центра масс колеса после удара: а – при $\epsilon = 0$; б – при $\epsilon = 0,5$;
 1 – $\alpha = 15^\circ$; 2 – $\alpha = 30^\circ$; 3 – $\alpha = 45^\circ$;
 4 – $\alpha = 60^\circ$; 5 – $\alpha = 75^\circ$; 6 – $\alpha = 90^\circ$

во всем диапазоне изменения угла α от нуля до 90° (т. е. для $0 \leq h \leq r$). При $\alpha = 90^\circ$ (удар о стенку) колесо после удара будет двигаться по вертикали.

Рис. 3, б соответствует случаю частичного упругого удара ($\epsilon = 0,5$). Здесь имеет место движение колеса после удара как по ходу его движения до удара (при $\alpha < \alpha'$), так и в обратную сторону ($\alpha > \alpha'$).

Выполненные исследования показывают, что практически во всех случаях колесо отрывается от поверхности дороги (от ступеньки). Пролетев некоторое расстояние, колесо опять ударяет о поверхность дороги. Такой процесс может продолжаться неоднократно. При полете колесо теряет управляемость, что может повлечь за собой создание аварийной ситуации.

Для решения практических задач необходимо определить экспериментально значения коэффициента восстановления при ударе пневматического колеса о неподвижное препятствие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Леви-Чивита Т., Амальди У. Курс теоретической механики. Т. 2, ч. 2. - М.: Изд-во иностр. лит., 1951. - 556 с. [2]. Морозов С.И. Методика решения задачи удара колеса о рельс в стыках // Лесн. журн. - 1994. - № 2. - С. 35 - 41. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Морозов С.И. Удар двух тел: Методич. указания по решению задач. - Архангельск: РИО АГТУ, 1996. - 56 с.

Поступила 13 июня 1996 г.

УДК 532.001.57

П. Н. ГАГАРИН, А. Н. ВИХАРЕВ

Архангельский государственный технический университет

Гагарин Павел Николаевич родился в 1959 г., окончил в 1983 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики Архангельского государственного технического университета. Имеет 18 печатных трудов в области водного транспорта леса и гидромеханики.



Вихарев Александр Николаевич родился в 1961 г., окончил в 1987 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета. Имеет 25 печатных трудов в области экологии водного транспорта леса и оптимизации берегового анкерного крепления.



О ВОЛНОВОЙ ПРИРОДЕ НАПРЯЖЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ В ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКАХ

Рассмотрено одно из направлений метода радиационной аналогии механики турбулентных потоков. Доказана возможность определения напряжения гидравлического трения через квадрат амплитуды преломленной нормальной волны.

One of the directions of radiational analogy method of turbulent flows mechanics is considered. The possibility of defining the tension of hydraulic friction through the amplitude squared of refracted normal wave is presented.

В ряде задач лесной отрасли и обширной области других инженерных и научных проблем возникает необходимость в исследовании и расчете различных процессов гидромеханики, в первую очередь свя-

занных с вопросами сопротивления. Разрабатываемый аналоговый метод расчета в этом смысле может быть полезен, так как обладает сравнительной простотой, широкими возможностями теоретического анализа и наглядным представлением о внутренних механизмах турбулентных потоков. Суть аналогового метода заключается в глубинном единстве законов взаимодействия электромагнитных волн с препятствиями и законов движения жидкости вблизи обтекаемых тел. Основы метода были изложены ранее [1]. В качестве одного из возможных применений метода был упомянут приведенный ниже теоретический расчет и анализ коэффициента Дарси – Вейсбаха для сопротивления в трубах. Единственным эмпирическим параметром здесь является постоянная Кармана $\chi = 0,4$, известная из логарифмического закона скоростей, которая не подлежит теоретическому вычислению (аналогично магнитной проницаемости среды).

Напряжение трения на стенке круглой трубы (τ) вычисляется по известной формуле

$$\tau = \rho \frac{\lambda}{8} \bar{U}^2, \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости;

λ – коэффициент гидравлического сопротивления трения по длине (Дарси – Вейсбаха);

\bar{U} – средняя скорость потока.

Рассмотрим применение радиационной аналогии для расчета коэффициента Дарси – Вейсбаха в круглых гладких трубах в турбулентной области чисел Рейнольдса ($Re > 4000$).

Как известно, в настоящее время коэффициент сопротивления λ определяется только на основании опытных данных. Наиболее точная аппроксимация Филоненко – Альтшуля охватывает практически всю турбулентную область чисел Рейнольдса и имеет вид

$$\lambda = (1,8 \lg Re - 1,64)^2; \quad (2)$$

$$Re = \frac{D_3 \bar{U}}{\nu} = \frac{2r \bar{U}}{\nu}, \quad (3)$$

где D_3 – эквивалентный диаметр трубы;

r – радиус трубы;

ν – кинематическая вязкость жидкости.

Используемый в гидравлике критерий Re не может быть признан вполне приемлемым для теоретической оценки различных процессов турбулентности, несмотря на простоту его определения. По аналоговому же методу в потоке существует несколько характерных скоростей и размеров, имеющих строгую определенность на основании теории радиационного взаимодействия волн с поверхностями на границе двух сред. Следовательно, существует и ряд аналоговых чисел Рей-

нольдса, которые могут использоваться для оценки тех или иных гидромеханических параметров. Более того, все эти числа однозначно определяются аналоговой фазой падения волн γ_0 (или углом падения $\pi/2 - \gamma_0$).

Рассматриваемый здесь простейший случай равномерного турбулентного потока имеет аналогию энергетически оптимального процесса преломления и отражения излучения границей двух сред – процесса максимальной поляризации. Если принять за амплитуду волны источника радиации некоторую базовую скорость равномерного потока U , то формулы Френеля будут иметь вид

$$u_0 = U \cos \gamma_0; \quad (4)$$

$$t_0 = U \sin \gamma_0; \quad (5)$$

$$\bar{u}_0 = 2U \sin^2 \gamma_0 \cos \gamma_0; \quad (6)$$

$$\bar{t}_0 = U \frac{\sin^2 \gamma_0}{\cos \gamma_0}; \quad (7)$$

$$\bar{u}_0 = U(2 \sin^2 \gamma_0 - 1) \cos \gamma_0; \quad (8)$$

$$\bar{t}_0 = 0, \quad (9)$$

где γ_0 – фаза падения волны источника на границу (стенку трубы);

u_0, t_0 – касательная (к стенке) и нормальная скорости падения;

\bar{u}_0, \bar{t}_0 – касательная и нормальная скорости преломления;

\bar{u}_0, \bar{t}_0 – касательная и нормальная скорости отражения.

Безразмерные величины соответствующих скоростей обозначим символом «+» (например, $u_0^+ = \cos \gamma_0$).

Механические характеристики реальных турбулентных потоков или затопленных струй, в том числе и коэффициент сопротивления λ , могут иметь аналоговую интерпретацию в виде различных комбинаций характерных скоростей (4) – (9).

Для привязки и возможности сравнения расчетного коэффициента λ с опытными результатами (формула (2)) необходимо выполнить аналоговую интерпретацию числа Рейнольдса (формула (3)).

Известный логарифмический закон фактического распределения скоростей \bar{u} в трубе может быть представлен через аналоговые параметры [1]:

$$\bar{u} = \bar{t}_0 \ln \frac{\bar{y} t_0}{v}, \quad (10)$$

где \bar{y} – координата по радиусу потока от стенки.

Так как результирующее аналоговое распределение скоростей образуется за счет суперпозиции падающей и преломленной волн, то максимальная скорость на оси потока

$$U_{\max} = u_0 + \bar{u}_0. \quad (11)$$

Подставляя в формулу (10) условия на оси: $u = U_{\max}$ и $y = r$, получаем

$$r = \frac{v}{t_0} \exp\left(\frac{u_0 + \bar{u}_0}{t_0}\right). \quad (12)$$

Машинная обработка скоростных волновых распределений в круглой трубе показывает, что средняя скорость \bar{U} на всем турбулентном диапазоне весьма точно совпадает с базовой U (ошибка 1-2 % начинает появляться при приближении к ламинарному режиму при $Re = 6000 \dots 2000$). Подстановка формул (11), (12) в формулу (3) дает аналоговое выражение числа Рейнольдса

$$Re_a = \frac{2U}{t_0} \exp\left(\frac{u_0 + \bar{u}_0}{t_0}\right) = f(\gamma_0). \quad (13)$$

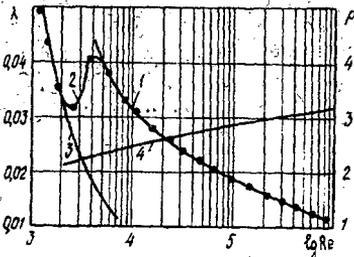
Согласно основным положениям методики напряжение трения (τ_a) на границе вычисляем через квадрат нормальной преломленной скорости:

$$\tau_a = \rho \chi^2 \bar{t}_0^2. \quad (14)$$

Приравняв (14) к (1), получаем аналоговое выражение для коэффициента Дарси – Вейсбаха (λ_a):

$$\lambda_a = 8\chi^2 (\bar{t}_0^+)^2 = 8\chi^2 \frac{\sin^4 \gamma_0}{\cos^2 \gamma_0}. \quad (15)$$

При всех $Re = Re_a$ в турбулентном режиме кривая λ_a ложится на эмпирические точки (см. рисунок). Ламинарный и переходный режимы ($Re < 4000$) в рамках методики специально не исследовали.



Зависимость гидравлических и аналоговых характеристик потока в круглой гладкой трубе от числа Рейнольдса: 1 – аналоговая теоретическая кривая коэффициента гидравлического сопротивления λ ; 2 – зависимость λ по осредненным данным многочисленных экспериментов (указана точками); 3 – зависимость Пуазейля для ламинарного режима $\lambda = 64/Re$ ($Re < 2000$); 4 – аналоговый показатель преломления p

Напряжение гидравлического трения (см. формулу (1)) можно представить также в другом аналоговом виде:

$$\tau_a = \rho \chi^2 p^{-4} u_0^2, \quad (16)$$

где p – аналоговый показатель преломления падающей волны, равный $\operatorname{ctg} \gamma_0$.

Тогда коэффициент гидравлического трения оказывается обратно пропорциональным четвертой степени аналогового показателя преломления:

$$\lambda'_a = 8\chi^2 p^{-4} = 1,28 p^{-4}.$$

Напряжение трения может быть представлено и через другие скорости по аналогии с формулами Френеля (4) – (9). Таким образом, они имеют смысл динамических скоростей потока в дополнение известной $v_* = (\tau/\rho)^{0.5}$. Их нельзя наблюдать или измерить непосредственно в реальных потоках. Но применение этих скоростей в теоретическом анализе дает широкие возможности в исследовании процессов гидро- и аэромеханики.

Выводы

1. Точное совпадение теоретических и известных опытных результатов измерения коэффициентов Дарси – Вейсбаха доказывает справедливость существования радиационно-оптической аналогии. Напряжение гидравлического трения имеет совершенно определенную волновую интерпретацию на базе процессов излучения электромагнитных волн.

2. Аналоговый метод может применяться для расчетов гидромеханических параметров как альтернативный и использоваться для изучения скрытых механических процессов, происходящих в турбулентных потоках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гагарин П. Н. Радиационно-оптическая аналогия механики турбулентного потока // Лесн. журн. - 1995. - № 2 - 3. - С. 57 - 63. - (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 22 октября 1996 г.

УДК 630*36.001.57

В. И. КУЧЕРЯВЫЙ, В. Д. ЧАРКОВ

Ухтинский индустриальный институт



Кучерявый Василий Иванович родился в 1953 г., окончил в 1977 г. Ленинградскую лесотехническую академию, в 1991 г. Ленинградский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов Ухтинского индустриального института. Имеет около 70 печатных работ в области разработки новых методов расчета прочности и прогнозирования надежности лесозаготовительных машин (ЛЗМ), вероятностного проектирования и статистической динамики конструкций ЛЗМ, моделирования на ПЭВМ ресурса деталей и прогнозирования их потребности.



Чарков Владимир Дмитриевич родился в 1939 г., окончил в 1964 г. МВТУ им. Н. Э. Баумана, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов Ухтинского индустриального института. Имеет 40 научных трудов по численным методам расчета прочности конструкций.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИИ АВТОЛЕСОВОЗОВ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Применена детерминированная формула оценки общего ресурса деталей трансмиссии с учетом условий эксплуатации. Методом статистического моделирования на ПЭВМ найдено распределение общего ресурса. Выполнен прогноз показателей надежности и норм расхода запасных частей для автолесовозов.

Deterministic estimator of general resource of transmission parts has been applied taking into account the operation conditions. Distribution of general resource has been found by statistic simulation method on PC. Forecast on reliability indices and norms of spare parts consumption for log trucks have been derived.

В леспромхозах Республики Коми имеется 300 автолесовозов МАЗ-509А и поступают более совершенные лесные тягачи МАЗ-5343, которые работают в резко меняющихся почвенно-грунтовых и дорожных условиях. В результате снижается ресурс деталей трансмиссии по сравнению с автомобилями общего назначения. Для обеспечения эксплуатационной надежности необходима информация о ресурсах деталей, которую не удается получить сбором статистических данных об отказах. В настоящей статье рассматривается возможность применения компьютерного моделирования.

В детерминированном виде обобщенный ресурс (ОР) деталей трансмиссии (L_0), в смешанных условиях эксплуатации, задается формулой [3]:

$$L_0 = \left(\sum_{j=1}^k p_j / L_j \right)^{-1}, \quad (1)$$

где k – число типичных режимов работы на отдельных передачах ($k = 5$);

p_1, \dots, p_5 – вероятности использования передач ($\sum_{j=1}^k p_j = 1$);

L_1, \dots, L_5 – ресурсы детали на отдельных передачах (типичных режимах), тыс. км пробега.

Величины p_1, \dots, p_5 в выражении (1) количественно характеризуют условия эксплуатации и вносят различия в интенсивность накопления повреждений, вызванных усталостным износом. В [1] предложен метод определения p_1, \dots, p_5 по кривой распределения касательной силы тяги.

Из-за разброса характеристик прочности материала ресурсы детали на типичных режимах L_1, \dots, L_5 в выражении (1) – величины случайные, следовательно, L_0 – функция пяти случайных переменных (СП), т. е. $\tilde{L}_0 = f(\tilde{L}_1, \dots, \tilde{L}_5)$. Принимаем, что ресурс детали на каждом j -м режиме имеет трехпараметрическое распределение Вейбулла с функцией

$$F_j(L) = 1 - \exp \left\{ -[(L - \delta_j)/(\theta_j - \delta_j)]^{\beta_j} \right\}, \quad (2)$$

где β_j, θ_j – соответственно параметры формы и масштаба;

δ_j – параметр усечения (значение наработки, ниже которой вероятности равны нулю).

Распределение Вейбулла является исключительно гибким и может принимать самые различные формы. Величины $\tilde{L}_1, \dots, \tilde{L}_5$ считаем

взаимно некоррелированными. При сделанных допущениях требуется найти распределение \tilde{L}_0 по выражению (1). В этом случае отсутствует аналитическое решение, поэтому применяем метод статистического моделирования [2], реализация которого возможна только на ПЭВМ.

Описание алгоритма. На основании метода обратной функции распределения $L_i = F^{-1}(r_i)$ по выражению (2) получаем моделирующую формулу для определения возможных значений ресурсов на j -м режиме:

$$\left\{ L_i^j \right\}_n = (-\ln r_i)^{1/\beta_j} (\theta_j - \delta_j) + \delta_j, \quad (3)$$

где r_i – последовательность случайных чисел, равномерно распределенных от 0 до 1;

n – размер смоделированной выборки.

Подставляя выражение (3) в формулу (1), получаем моделирующую формулу возможных значений ОР детали:

$$\{L_{0i}\}_n = \left(\sum_{j=1}^k p_j \left[(-\ln r_i)^{1/\beta_j} (\theta_j - \delta_j) + \delta_j \right] \right)^{-1}. \quad (4)$$

Для реализации алгоритма составлена вычислительная программа (язык Турбо-Бейсик). Случайные числа r_i генерируются с помощью оператора $RND(x)$. Смоделированная по формуле (4) случайная последовательность $\{L_{0i}\}_n$ подвергается статистической обработке в целях получения теоретического распределения \tilde{L}_0 по выражению (1).

Выполним численную реализацию алгоритма на примере моделирования ОР подшипника ведущего вала переднего моста МАЗ-5434 для двух вариантов условий эксплуатации: Причальский и Трубосидельский лесопункты (ЛП) АО «Каджеромский ЛПХ». Известны исходные данные: для Причальского ЛП $p_1 = 0,09$, $p_2 = 0,19$, $p_3 = 0,31$, $p_4 = 0,38$, $p_5 = 0,05$; для Трубосидельского ЛП $p_1 = 0,15$, $p_2 = 0,22$, $p_3 = 0,23$, $p_4 = 0,36$, $p_5 = 0,04$. В обоих вариантах параметры ресурса подшипника на отдельных режимах одинаковы: $\theta_1 = 50$, $\theta_2 = 90$, $\theta_3 = 130$, $\theta_4 = 140$, $\theta_5 = 250$ тыс. км, $\delta_1 = 10$, $\delta_2 = 20$, $\delta_3 = 30$, $\delta_4 = 40$, $\delta_5 = 50$ тыс. км; $\beta = 4$ (для всех режимов).

Исходя из этих данных на ПЭВМ по выражению (4) смоделированы две случайные последовательности $\{L_{0i}\}_n$ размером $n = 3000$ значений каждая, которые проверяли с помощью критерия χ^2 по двенадцати теоретическим распределениям: β , χ^2 , Эрланга, показательному, Фишера, γ , логнормальному, нормальному, Стюдента, треугольному, равномерному, Вейбулла. Наибольшая доверительная вероятность P получена для нормального распределения ОР подшипника.

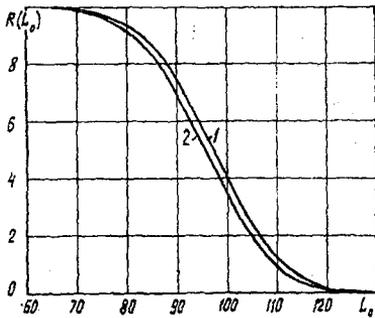
Она оказалась выше допустимой, равной 0,05. Численные значения параметров: для Причальского ЛП $P_1 = 0,34$, $\chi_1^2 = 23,2$ при числе степеней свободы $\nu_1 = 21$, выборочное математическое ожидание (МО) $\bar{L}_{01} = 97,4$ тыс. км, выборочное стандартное отклонение (СО) $S_{01} = 11,1$ тыс. км; для Трубосидельского ЛП $P_2 = 0,26$, $\chi_2^2 = 23,6$ при $\nu_2 = 20$, МО $\bar{L}_{02} = 96,6$ тыс. км, СО $S_{02} = 10,9$ тыс. км.

Результаты моделирования для Причальского ЛП представлены в таблице. Аналогичная таблица получена и для Трубосидельского ЛП. Вероятность безотказной работы (ВБР) подшипника для смоделированной обобщенной наработки до отказа (нормальный закон) имеет вид

$$R(L_0) = 1 - \Phi[(L_0 - \bar{L}_0)/S_0], \quad (5)$$

где $\Phi[\dots]$ – интеграл вероятностей.

Обобщенный ресурс подшипника, тыс. км		Частота		χ^2
Нижняя граница	Верхняя граница	смоделированная	теоретическая	
63,44	66,29	8	7,3	0,06988
66,29	69,14	10	8,5	0,26032
69,14	72,00	22	16,4	1,89081
72,00	74,86	32	29,7	0,18376
74,86	77,71	54	50,1	0,29901
77,81	80,57	77	79,3	0,06453
80,57	83,43	113	117,3	0,15543
83,43	86,29	168	162,3	0,19663
86,29	89,14	203	210,3	0,25426
89,14	92,00	231	254,9	2,24669
92,00	94,86	272	289,2	1,01766
94,86	97,71	328	306,9	1,44995
97,71	100,57	299	304,8	0,10933
100,57	103,43	293	283,2	0,33791
103,43	106,29	237	246,3	0,34881
106,29	109,14	217	200,4	1,37947
109,14	112,00	165	152,6	1,01545
112,00	114,86	115	108,7	0,36754
114,86	117,71	73	72,4	0,00422
117,71	120,57	35	45,2	2,29741
120,57	123,43	17	26,4	3,33226
123,43	126,29	21	14,4	3,02026
126,29	129,14	8	7,4	0,05548
129,14	131,99	2	6,2	2,80445



На рисунке показаны графики ВБР подшипника, полученные на ПЭВМ по формуле (5): 1 – для Причальского; 2 – для Трубосидельского ЛП. На основании формулы (5) методами теории восстановления прогнозируем математическое ожидание числа замен деталей. Предложенная методика использована при разработке дифференцированных по условиям эксплуатации норм расхода запасных частей для автолесовозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Егоров В.И. Прогнозирование надежности и долговечности лесозаготовительного оборудования. - М.: Лесн. пром-сть, 1976. - 112 с. [2]. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. - М.: Наука, 1976. - 320 с. [3]. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. - М.: Высш. шк., 1991. - 319 с.

Поступила 22 мая 1995 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

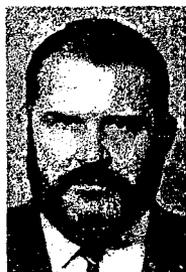
КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
И ВОСПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ

УДК 676.017

В. И. КОМАРОВ, Я. В. КАЗАКОВ, О. Ю. ДЕРКАЧЕВА, Д. А. СУХОВ

Архангельский государственный технический университет
С.-Петербургский государственный технологический университет
растительных полимеров

Комаров Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 160 печатных работ в области исследования свойств деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



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



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





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

КОРРЕЛЯЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРЫ СТЕНКИ ВОЛОКНА И ДЕФОРМАТИВНОСТИ И ПРОЧНОСТИ ОБРАЗЦОВ СУЛЬФАТНОЙ НЕБЕЛЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ РАЗМОЛА

С помощью методов ИКФС изучено изменение структуры и компонентного состава стенки волокна технической целлюлозы в процессе размола и влияние этих изменений на фундаментальные, деформационные и прочностные свойства образцов сульфатной небеленой целлюлозы со степенью делигнификации 21 и 57 ед. Каппа.

Changes of structure and composition of fibre side of technical pulp in the process of milling have been investigated by IKFS method, as well as the influence of these changes on fundamental, strain and strength properties of sulphate unbleached pulp samples with Kappa number of 21 and 57.

Данная работа является продолжением исследований, результаты которых опубликованы ранее [2, 3, 6]. Известно, что наиболее сильные изменения в структуре стенки древесного волокна могут происходить при химическом (в процессе варки) и механическом (при размолу технической целлюлозы) воздействиях. Исследованиями в области механохимии высокомолекулярных соединений показано, что деформация, многократное растяжение, измельчение и т. д. приводят к изменению ИК-спектров поглощения полимеров, фиксирующих изменение химического строения – возникновение новых функциональных групп [1].

Известно также, что чем выше кристалличность целлюлозы в стенке волокна, тем выше его механическая прочность. Повышение относительного содержания аморфных областей способствует усилению набухания волокна, что является необходимым условием хорошего связеобразования при формировании структуры бумаги [5].

Цель настоящей работы – изучить изменения в структуре основных составляющих стенки волокна в процессе размола и их влияние на деформативность и прочность образцов хвойной сульфатной небеленой целлюлозы. В экспериментах использовали образцы технической целлюлозы со степенью делигнификации 21 и 57 ед. Каппа. Размол производили в ЦРА. Масса 1 м² образцов составляла 75 г. Ссылки на используемые методики представлены в работах [2, 3].

Описание изменения структуры стенки волокна в процессе размола приведено с использованием следующих характеристик: $C1_{уп}$ и $C1_{неуп}$ – относительное содержание упорядоченных и неупорядоченных областей, образованных макромолекулами нативной целлюлозы с конформацией $C1$; $C2_{неуп}$ – относительное содержание неупорядоченных областей, образованных макромолекулами целлюлозы, имеющими конформацию, отличную от конформации $C1$, а также макромолекулами поли- и олигосахаридов; $M_0(1510 \text{ см}^{-1})$ и $M_3(1592 \text{ см}^{-1})$ – относительное содержание лигносодержащих структур; $M_4(1667 \text{ см}^{-1})$ – относительное содержание карбонильных и карбоксильных групп; $M_5(1740 \text{ см}^{-1})$ – относительное содержание ацетильных групп.

Таблица 1

**Изменение спектральных характеристик стенки
волокна технической целлюлозы в процессе размола**

Степень делигнификации, ед. Каппа	Степень помола, °ШР	Продолжительность размола, мин	$C1_{уп}$	$C1_{неуп}$	$C2_{неуп}$	$M_5 \cdot 10^4$ (1740 см^{-1})	$M_4 \cdot 10^4$ (1667 см^{-1})	$M_3 \cdot 10^4$ (1592 см^{-1})	$M_0 \cdot 10^4$ (1510 см^{-1})
57	13	0	0,151	0,226	0,623	5,7	80	690	319
	17	15	0,154	0,208	0,638	11,7	55	714	321
	20	45	0,152	0,229	0,619	6,6	63	700	312
	25	51	0,155	0,212	0,633	10,5	67	680	308
	30	75	0,150	0,209	0,641	6,0	76	645	312
	40	97	0,151	0,218	0,631	8,5	81	626	314
	60	138	0,157	0,214	0,629	17,2	86	541	296
Среднее значение характеристики			0,153	0,217	0,631	9,5	73	657	312
Коэффициент вариации, %			1,5	3,5	1,1	40,2	14,2	8,4	2,4
21	16	0	0,166	0,250	0,574	7,9	76	320	100
	18	5	0,160	0,234	0,606	6,5	63	409	98
	20	10	0,147	0,198	0,645	5,4	34	438	91
	25	40	0,149	0,220	0,631	5,7	34	421	93
	30	55	0,151	0,209	0,640	3,8	51	376	97
	40	65	0,143	0,212	0,645	3,5	36	427	87
	50	85	0,145	0,225	0,630	7,0	27	453	84
60	88	0,146	0,222	0,632	8,0	38	395	84	
Среднее значение характеристики			0,151	0,221	0,625	5,9	45	405	92
Коэффициент вариации, %			4,9	6,7	3,6	28,7	35,4	9,7	6,4

Изменение спектральных характеристик стенки волокна технической целлюлозы в процессе размола представлено в табл. 1. Анализ данных показывает, что у целлюлозы со степенью делигнификации 57 ед. Каппа значения параметров $C1_{уп}$, $C1_{неуп}$ и $C2_{неуп}$ слабо изменяются даже при высокой степени помола (60 °ШР), в то время как у целлюлозы со степенью делигнификации 21 ед. Каппа с увеличением степени помола значения параметров $C1_{уп}$ и $C1_{неуп}$ снижаются, $C2_{неуп}$ — возрастает. Характер изменения параметров $M_0(1510 \text{ см}^{-1})$, $M_3(1592 \text{ см}^{-1})$, $M_4(1667 \text{ см}^{-1})$ и $M_5(1740 \text{ см}^{-1})$ у обеих групп образцов аналогичен. Необходимо отметить, что вариация величин большинства спектральных характеристик в процессе размола была более высокой у образцов технической целлюлозы с меньшей жесткостью.

Таблица 2

Изменение фундаментальных характеристик образцов технической целлюлозы в процессе размола

Степень делигнификации, ед. Каппа	Степень помола, °ШР	Продолжительность размола, мин	$l_{ср}$, мм	V , см ³ /г	$F_{св}$, МПа	L_0 , м	l_k , мм
57	13	0	2,42	2,58	0,154	7 150	2,78
	17	15	2,02	1,54	0,994	10 290	0,99
	20	45	2,02	1,43	1,203	11 090	1,00
	25	51	1,97	1,45	1,351	9 800	0,92
	30	75	1,79	1,31	1,653	9 950	0,65
	40	97	1,80	1,31	1,670	9 650	0,74
	60	138	1,47	1,20	1,525	9 600	0,83
	Среднее значение характеристики						
	-	-	1,93	1,55	1,221	9 645	1,13
Коэффициент вариации, %							
	-	-	13,9	28,1	40,2	11,7	60,6
21	16	0	2,48	2,31	0,217	8 850	2,52
	18	5	1,98	1,53	0,763	10 550	1,49
	20	10	1,93	1,46	0,955	10 950	1,29
	25	40	1,85	1,27	1,657	10 000	0,80
	30	55	1,78	1,27	1,881	10 250	1,01
	40	65	1,70	1,25	2,121	10 450	0,66
	50	85	1,58	1,31	1,865	10 200	0,78
	60	88	1,50	1,17	1,947	8 900	0,68
Среднее значение характеристики							
	-	-	1,85	1,45	1,426	10 020	1,15
Коэффициент вариации, %							
	-	-	15,3	23,8	45,2	7,1	50,8

Таблица 3

Изменение характеристик деформативности образцов технической целлюлозы в процессе размола

Степень делигнификации, -ед. Каппа	Степень помола, °ЦПР	Продолжительность размола, мин	E_1 , МПа	E_2 , МПа	ϵ_p , %	EI , мН · см ²	G_0 , МПа
57	13	0	1 320	360	0,51	96	173
	17	15	5 600	1 070	1,82	104	513
	20	45	7 910	1 030	2,29	83	581
	25	51	6 150	1 090	2,22	76	562
	30	75	9 830	1 120	2,66	77	620
	40	97	6 570	1 030	2,82	81	634
	60	138	9 990	970	3,40	77	709
Среднее значение характеристики							
-	-	-	6770	950	2,24	85	542
Коэффициент вариации, %							
-	-	-	41,0	25,9	37,7	11,9	29,7
21	16	0	2 080	300	0,79	121	251
	18	5	5 580	600	2,28	105	511
	20	10	5 630	1 050	2,54	104	591
	25	40	7 870	900	3,76	94	702
	30	55	8 860	990	3,40	92	692
	40	65	10 400	1 270	3,04	87	704
	50	85	11 390	1 290	2,84	78	720
60	88	10 940	990	2,94	68	741	
Среднее значение характеристики							
-	-	-	7 840	925	2,69	94	614
Коэффициент вариации, %							
-	-	-	38,5	33,4	31,1	16,5	25,2

В табл. 2-4 приведены данные физико-механических испытаний. Определены следующие характеристики целлюлозы: V – пухлость; $F_{св}$ – силы связи по Иванову; L_0 – нулевая разрывная длина; l_k – критическая длина волокна; E_1 – начальный модуль упругости; E_2 – модуль упругости в области предразрушения образца; ϵ_p – деформация разрушения; EI – жесткость при изгибе; G_0 – модуль сдвига; P – разрушающее усилие; L – разрывная длина; σ_p – разрушающее напряжение; A_p – работа разрушения; Π – сопротивление продавливанию; R – сопротивление раздиранию. Наблюдаемые закономерности изменения фундаментальных, деформационных и прочностных характеристик не противоречат

Таблица 4

Изменение характеристик прочности образцов технической целлюлозы в процессе размола

Степень делигнификации, ед. Каппа	Степень помола, °ШР	Продолжительность размола, мин	P , Н	L , м	σ_p , МПа	A_p , мДж	Π , кПа	R , мН
57	13	0	13	1 050	4,0	4	26	414
	17	15	77	6 650	44,0	89	351	1 036
	20	45	92	8 350	60,4	138	412	822
	25	51	86	7 400	52,6	122	396	860
	30	75	112	9 750	77,4	204	475	728
	40	97	102	8 900	71,7	182	462	684
	60	138	118	10 600	89,6	275	488	596
Среднее значение характеристики								
	-	-	86	7 520	57,1	145	373	734
Коэффициент вариации, %								
	-	-	38,0	39,0	45,4	55,5	40,0	25,0
21	16	0	19	1 600	7,2	9	36	546
	18	5	73	6 200	42,7	112	277	1 231
	20	10	88	7 700	55,3	144	376	942
	25	40	122	10 550	85,8	300	534	741
	30	55	116	9 950	82,6	266	549	653
	40	65	120	10 300	86,2	247	547	666
	50	85	112	9 950	86,1	214	533	584
60	88	113	9 850	86,7	230	545	584	
Среднее значение характеристики								
	-	-	95,5	8 270	66,6	190	425	743
Коэффициент вариации, %								
	-	-	34,7	34,9	41,2	47,0	41,1	29,3

известным, кроме случая с нулевой разрывной длиной. Это испытание проводили с использованием стандартных зажимов, а не специальных, рекомендованных Кларком [4]. Необходимо отметить, что в большинстве случаев наиболее сильно изменялись характеристики у образцов технической целлюлозы с большим содержанием лигнина (степень делигнификации 57 ед. Каппа). Из общей закономерности выпали только $F_{св}$, E_2 , EI , R . Техническая целлюлоза с более жестким волокном, содержащим большее количество лигнина, при различной степени помола имеет больший разброс данных, чем образцы с меньшим количеством лигнина.

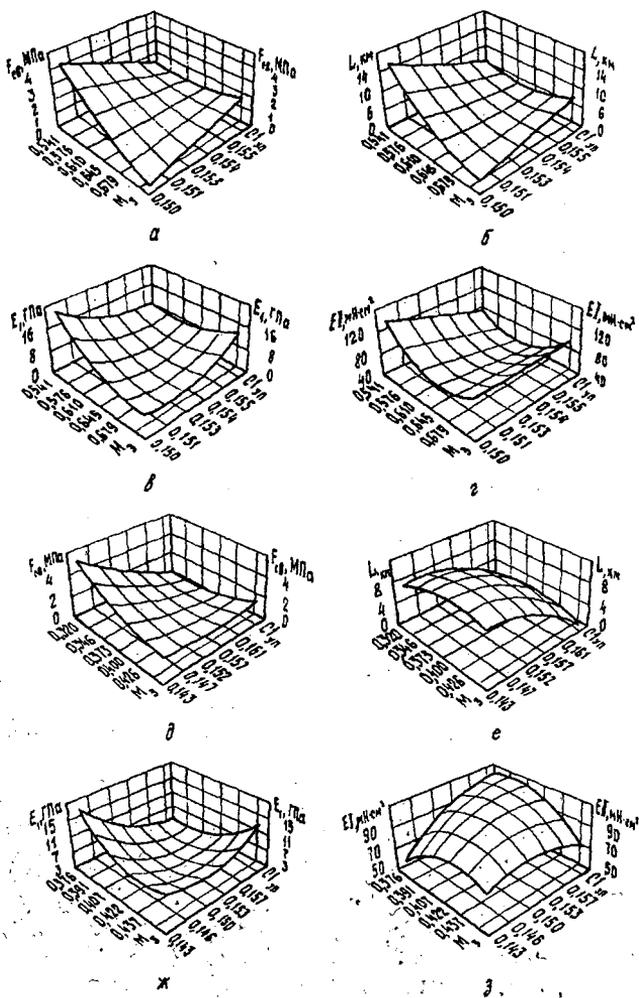
В табл. 5 представлены данные о парной корреляции между исследуемыми спектральными, а также фундаментальными, деформационными и прочностными характеристиками.

Таблица 5

Парная корреляция исследуемых характеристик технической целлюлозы со степенью делигнификации 57(числитель) и 21(знаменатель) ед. Каппа

Характеристики	$C1_{уп}$	$C1_{неуп}$	$C2_{неуп}$	M_5 (1740 $см^{-1}$)	M_4 (1667 $см^{-1}$)	M_3 (1592 $см^{-1}$)	M_0 (1510 $см^{-1}$)
Степень помола	<u>0,486</u>	<u>-0,267</u>	<u>0,123</u>	<u>0,702</u>	<u>0,655</u>	<u>-0,973</u>	<u>-0,847</u>
	<u>-0,680</u>	<u>-0,173</u>	<u>0,445</u>	<u>0,158</u>	<u>-0,596</u>	<u>0,341</u>	<u>-0,875</u>
Продолжительность размола	<u>0,365</u>	<u>-0,250</u>	<u>0,144</u>	<u>0,575</u>	<u>0,610</u>	<u>-0,927</u>	<u>-0,836</u>
	<u>-0,754</u>	<u>-0,280</u>	<u>0,563</u>	<u>-0,069</u>	<u>-0,669</u>	<u>0,391</u>	<u>-0,820</u>
Фундаментальные:							
$l_{ср}$	<u>-0,465</u>	<u>0,479</u>	<u>-0,352</u>	<u>-0,672</u>	<u>-0,348</u>	<u>0,821</u>	<u>0,780</u>
	<u>0,873</u>	<u>0,558</u>	<u>-0,796</u>	<u>0,213</u>	<u>0,812</u>	<u>-0,687</u>	<u>0,828</u>
V	<u>-0,328</u>	<u>0,482</u>	<u>-0,400</u>	<u>-0,458</u>	<u>0,063</u>	<u>0,458</u>	<u>0,545</u>
	<u>0,859</u>	<u>0,707</u>	<u>-0,892</u>	<u>0,436</u>	<u>0,804</u>	<u>-0,726</u>	<u>0,652</u>
$F_{св}$	<u>0,149</u>	<u>-0,473</u>	<u>0,449</u>	<u>0,315</u>	<u>0,137</u>	<u>-0,529</u>	<u>-0,535</u>
	<u>-0,864</u>	<u>-0,552</u>	<u>0,794</u>	<u>-0,446</u>	<u>-0,755</u>	<u>0,524</u>	<u>-0,715</u>
L_0	<u>0,187</u>	<u>-0,238</u>	<u>0,189</u>	<u>0,186</u>	<u>-0,540</u>	<u>0,047</u>	<u>-0,197</u>
	<u>-0,361</u>	<u>-0,655</u>	<u>0,570</u>	<u>-0,667</u>	<u>-0,387</u>	<u>0,698</u>	<u>-0,022</u>
l_k	<u>-0,240</u>	<u>0,549</u>	<u>-0,499</u>	<u>-0,365</u>	<u>0,165</u>	<u>0,336</u>	<u>0,416</u>
	<u>0,915</u>	<u>0,649</u>	<u>-0,873</u>	<u>0,403</u>	<u>0,865</u>	<u>-0,738</u>	<u>0,757</u>
Деформационные:							
E_1	<u>0,253</u>	<u>-0,385</u>	<u>0,323</u>	<u>0,391</u>	<u>0,125</u>	<u>-0,583</u>	<u>-0,672</u>
	<u>-0,856</u>	<u>-0,454</u>	<u>0,729</u>	<u>-0,251</u>	<u>-0,776</u>	<u>0,606</u>	<u>-0,828</u>
E_2	<u>0,222</u>	<u>-0,566</u>	<u>0,524</u>	<u>0,285</u>	<u>-0,368</u>	<u>-0,131</u>	<u>-0,283</u>
	<u>-0,966</u>	<u>-0,742</u>	<u>0,898</u>	<u>-0,482</u>	<u>-0,916</u>	<u>0,804</u>	<u>-0,814</u>
ϵ_p	<u>0,370</u>	<u>-0,385</u>	<u>0,284</u>	<u>0,548</u>	<u>0,262</u>	<u>-0,724</u>	<u>-0,735</u>
	<u>-0,766</u>	<u>-0,686</u>	<u>0,842</u>	<u>-0,543</u>	<u>-0,746</u>	<u>0,621</u>	<u>-0,448</u>
EI	<u>-0,115</u>	<u>0,061</u>	<u>-0,026</u>	<u>-0,122</u>	<u>-0,481</u>	<u>0,592</u>	<u>0,752</u>
	<u>0,799</u>	<u>0,374</u>	<u>-0,646</u>	<u>0,023</u>	<u>0,732</u>	<u>-0,517</u>	<u>0,860</u>
G_0	<u>0,362</u>	<u>-0,435</u>	<u>0,341</u>	<u>0,506</u>	<u>0,049</u>	<u>-0,561</u>	<u>-0,631</u>
	<u>-0,907</u>	<u>-0,682</u>	<u>0,888</u>	<u>-0,399</u>	<u>-0,861</u>	<u>0,712</u>	<u>-0,728</u>
Прочностные:							
P	<u>0,276</u>	<u>-0,460</u>	<u>0,395</u>	<u>0,436</u>	<u>0,083</u>	<u>-0,567</u>	<u>-0,617</u>
	<u>-0,887</u>	<u>-0,703</u>	<u>0,897</u>	<u>-0,517</u>	<u>-0,835</u>	<u>0,689</u>	<u>-0,642</u>
L	<u>0,291</u>	<u>-0,423</u>	<u>0,351</u>	<u>0,449</u>	<u>0,097</u>	<u>-0,584</u>	<u>-0,638</u>
	<u>-0,897</u>	<u>-0,695</u>	<u>0,894</u>	<u>-0,487</u>	<u>-0,853</u>	<u>0,705</u>	<u>-0,668</u>
σ_p	<u>0,282</u>	<u>-0,394</u>	<u>0,323</u>	<u>0,469</u>	<u>0,244</u>	<u>-0,692</u>	<u>-0,697</u>
	<u>-0,894</u>	<u>-0,630</u>	<u>0,854</u>	<u>-0,423</u>	<u>-0,841</u>	<u>0,648</u>	<u>-0,712</u>
A_p	<u>0,345</u>	<u>-0,366</u>	<u>0,273</u>	<u>0,546</u>	<u>0,410</u>	<u>-0,825</u>	<u>-0,794</u>
	<u>-0,791</u>	<u>-0,618</u>	<u>0,810</u>	<u>-0,519</u>	<u>-0,747</u>	<u>0,538</u>	<u>-0,515</u>
Π	<u>0,267</u>	<u>-0,461</u>	<u>0,399</u>	<u>0,410</u>	<u>-0,004</u>	<u>-0,485</u>	<u>-0,554</u>
	<u>-0,898</u>	<u>-0,682</u>	<u>0,886</u>	<u>-0,469</u>	<u>-0,835</u>	<u>0,651</u>	<u>-0,685</u>
R	<u>0,221</u>	<u>-0,485</u>	<u>0,439</u>	<u>0,155</u>	<u>-0,861</u>	<u>0,434</u>	<u>0,212</u>
	<u>0,230</u>	<u>-0,114</u>	<u>-0,001</u>	<u>-0,120</u>	<u>0,167</u>	<u>0,293</u>	<u>0,352</u>

Анализ данных табл. 1, 5 показал, что при повышенном содержании остаточного лигнина в технической целлюлозе в процессе размола относительное содержание в стенке волокна упорядоченных и неупорядоченных областей, образованных макромолекулами целлюлозы различных конформаций, практически не изменяется на фоне заметных структурных изменений макромолекул лигнина. Эти структурные изменения, вызванные изменением степени помола бумажной массы, и оказывают наибольшее влияние на формирование фундаментальных,



Влияние характеристик структуры стенки волокна на физико-механические свойства образцов целлюлозы с различной степенью делигнификации: а - г - 57 ед. Каппа; д - з - 21 ед. Каппа; а, д - межволоконные силы связи по Иванову; б, е - разрывная длина; в, ж - начальный модуль упругости; з, и - жесткость при изгибе

деформационных и прочностных характеристик. Коэффициенты корреляции последних с характеристиками $M_3(1592 \text{ см}^{-1})$ и $M_0(1510 \text{ см}^{-1})$ имеют наибольшие значения. Структуры, образованные макромолекулами собственно целлюлозы, оказываются как бы защищенными от механического воздействия. Несколько другие явления протекают при размол волокон технической целлюлозы с невысоким содержанием остаточного лигнина. Под воздействием механической нагрузки в этом случае происходит перераспределение относительного содержания в стенке волокна упорядоченных и неупорядоченных областей целлюлозы с возрастанием доли макромолекул, состояние которых отражает параметр $C2_{\text{неуп}}$. Механическое воздействие на структуру остаточного лигнина приводит к тому, что на фоне снижения значений параметров $M_0(1510 \text{ см}^{-1})$ и $M_4(1667 \text{ см}^{-1})$ наблюдается некоторое возрастание параметра $M_3(1592 \text{ см}^{-1})$. Наиболее тесная связь выявлена между фундаментальными, деформационными, прочностными и спектральными ($C1_{\text{уп}}$, $C2_{\text{неуп}}$ и $M_0(1510 \text{ см}^{-1})$) характеристиками.

Для получения уравнений регрессии и графического изображения взаимосвязей между спектральными и физико-механическими параметрами выбраны характеристики $C1_{\text{уп}}$ и $M_3(1592 \text{ см}^{-1})$, имеющие наибольшую тесноту связи. На рисунке приведены поверхности отклика, отражающие влияние характеристик структуры стенки волокна на физико-механические свойства образцов технической целлюлозы. Форма поверхностей демонстрирует общую тенденцию для взаимосвязей характеристик $F_{\text{св}}$ и E_1 и не зависит от содержания лигнина в образцах. В то же время для характеристик L и EI вид связи структура-свойства зависит от жесткости волокна.

Таким образом, проведенная работа позволяет сделать следующие выводы.

1. В процессе размола технической целлюлозы с повышенным содержанием остаточного лигнина (порядка 9 %) углеводные макромолекулы защищены от преобразующего механического воздействия лигносодержащими структурами, при этом основные изменения ее фундаментальных, деформационных и прочностных характеристик связаны с механохимическими изменениями лигнинных структур, характеризуемых спектральными параметрами $M_3(1592 \text{ см}^{-1})$ и $M_0(1510 \text{ см}^{-1})$.

2. При размол технической целлюлозы с пониженным содержанием остаточного лигнина (порядка 3 %) механическое воздействие приводит к изменениям не только структуры остаточного лигнина, но и структуры углеводной части волокна, что сопровождается увеличением относительного содержания поверхностных аморфных областей, описываемых спектральным параметром $C2_{\text{неуп}}$, и уменьшением относительного содержания областей, образованных собственно макромолекулами нативной целлюлозы. Это и определяет характер изменения фундаментальных, деформационных и прочностных характеристик.

3. Изменения структуры стенки волокна, вызванные механическим воздействием при размоле, оказывают избирательное влияние на характер изменения величин характеристик деформативности и прочности технической целлюлозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Барамбойм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений. - М.: Химия, 1971. - 363 с. [2]. Влияние структуры стенки волокна на фундаментальные, деформационные и прочностные характеристики сульфатной небеленой целлюлозы / В.И. Комаров, Я.В. Казаков, Д.А. Сухов, О.Ю. Деркачева // Лесн. журн. - 1994. - № 3. - С. 105 - 111. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Изменения состава и структуры основных компонентов стенки волокна хвойной древесины в процессе сульфатной варки / Д.А. Сухов, О.Ю. Деркачева, В.И. Комаров, Я.В. Казаков // Лесн. журн. - 1994. - № 3. - С. 100 - 104. - (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Кларк Д. Технология целлюлозы. - М.: Лесн. пром-сть, 1983. - 456 с. [5]. Легоцкий С.С., Лаптев Л.Н. Размол бумажной массы. - М.: Лесн. пром-сть, 1981. - 94 с. [6]. Paper making properties and structure of kraft soft wood pulp fibres / D. Sukhov, O. Derkacheva, V. Komarov, J. Kazakov // The 8-th International symposium on wood and pulping chemistry, Helsinki, Finland, June 6-9, 1995. - Vol. II. - P. 199 - 200.

Поступила 15 января 1997 г.

УДК 676.017

И. Б. ФИЛИППОВ, В. И. КОМАРОВ

Архангельский государственный технический университет



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

ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТОВ БУМАЖНОЙ МАССЫ НА ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ КНИЖНО-ЖУРНАЛЬНОЙ БУМАГИ ДЛЯ ОФСЕТНОГО СПОСОБА ПЕЧАТИ

Рассмотрены вопросы формирования свойств бумаги при составлении композиции по волокну и химикатам. Оценена динамика изменения структурных, деформационных и прочностных характеристик при варьировании относительного содержания в композиции механических масс, расхода

проклеивающих веществ, наполнителя и флокулянта. Обнаружена избирательность воздействия исследуемых факторов на деформативность и прочность офсетной бумаги. Обсуждены вопросы возможности оптимизации процессов составления композиции бумаги по волокну и химикатам и прогнозирования ее упругопластических и прочностных характеристик.

The questions of forming properties of paper when creating the composition based on fibre and chemicals are considered. The dynamics of changes of structural, deformation and strength properties has been assessed when varying the composition of mechanical pulp, consumption of sized substances, filler and flocculant. The selective effect of the factors investigated on deformability and strength of paper has been brought out. The possibilities of optimizing the process of creating the paper composition based on fibre and chemicals as well as predicting its elasticity and strength properties have been discussed.

Известно, что структура бумаги формируется под воздействием большого числа технологических факторов. При подготовке бумажной массы к отливу наряду с качеством исходных полуфабрикатов и режимом их обработки (размола) существенное влияние на характер структурирования оказывает относительное содержание в композиции различных видов волокна и химикатов [2, 3, 8, 9, 16].

В настоящей работе, которая является пятой в серии публикаций [5, 6, 14, 15], посвященных вопросам влияния технологических факторов на деформативность бумаги, представлены результаты исследования влияния компонентов композиции по волокну, проклейки и наполнения на деформационные и прочностные характеристики книжно-журнальной бумаги для офсетной печати.

Несмотря на большое число работ, в которых рассмотрено влияние указанных выше факторов на прочность бумаги, аспекты их воздействия на характеристики деформативности освещены недостаточно. Кроме того, отсутствует комплексный подход к этой проблеме. Большинство исследователей изучают двухкомпонентные смеси полуфабрикатов и влияние одной или двух химических добавок, в то время как в реальных производственных условиях композицию бумаги по волокну могут образовывать три и более полуфабриката, а в композицию по химикатам, например для печатных видов бумаги, входят 3–4 химические добавки [4, 10, 12].

Влияние композиции по волокну. В исследуемом нами технологическом потоке композицию офсетной бумаги по волокну образуют такие полуфабрикаты, как хвойная и лиственная беленая сульфатная целлюлоза, беленые хвойная и лиственная ХТММ и ТММ. Доля целлюлозных полуфабрикатов в соответствии с требованиями технических условий [12] на исследуемый вид бумаги составляет 25 %, механических масс – 75 %. Точное содержание того или иного полуфабриката не нормируется.

**Влияние относительного содержания механических масс в композиции* бумаги
на ее физико-механические характеристики**

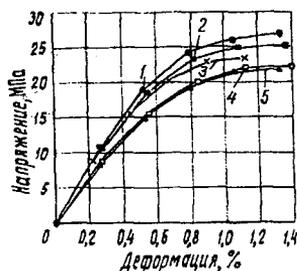
Характеристики	Значение характеристик для образцов с композицией по волокну, % **							
	30; 30; 15***	25,0; 25,0; 25,0	25,0; 37,5; 12,5	25,0; 12,5; 37,5	37,5; 12,5; 25,0	12,5; 37,5; 25,0	37,5; 25,0; 12,5	12,5; 25,0; 37,5
Фундаментальные:								
SU , МПа	3,70	3,76	3,86	3,44	3,54	3,50	3,60	3,94
L_0 , м	2490	2320	2490	2310	2370	2370	2520	2410
l_{cp} , мм	1,58	1,30	1,35	1,54	1,26	1,40	1,23	1,23
V , см ³ /г	1,93	1,99	2,03	2,08	2,18	1,97	2,06	2,14
Прочностные:								
P , Н	36,7	31,6	37,3	31,4	33,8	33,2	34,1	29,6
L , м	4550	4170	4740	4030	4200	4280	4200	3990
A_p , мДж	35,2	27,7	33,4	27,3	31,7	24,3	32,7	22,6
P_{zc} , м/с	2,42	2,24	2,28	2,26	2,24	2,28	2,28	2,26
P_{zb} , м/с	2,34	1,98	1,98	2,02	2,19	2,04	1,96	2,00
Деформационные:								
E_1 , МПа	4430	3620	4380	3750	3410	4280	3710	3860
E_2 , МПа	2010	1870	2990	1800	1750	2160	1790	1720
E_3 , МПа	610	640	845	535	640	825	625	460
σ_1 , МПа	12,2	9,1	12,1	9,6	9,7	10,8	10,0	10,0
σ_2 , МПа	14,8	12,6	16,1	12,6	13,4	13,9	13,8	13,2
σ_p , МПа	25,1	21,8	27,0	20,9	22,3	23,4	22,8	20,9
ϵ_1 , %	0,28	0,26	0,28	0,26	0,30	0,26	0,28	0,27
ϵ_2 , %	0,44	0,44	0,44	0,44	0,47	0,40	0,46	0,44
ϵ_p , %	1,36	1,32	1,32	1,28	1,40	1,12	1,40	1,16
EI , мН·см ²	27,8	20,2	23,2	23,2	28,4	23,1	31,0	23,9

* Относительное содержание хвойной целлюлозы 10 %, лиственной – 15 %.

** Первое число – содержание хвойной ХТММ, второе – лиственной ХТММ, третье – ТММ.

*** Соотношение термомеханических масс соответствует требованиям технологического регламента.

Рис. 1. Влияние относительного содержания механических масс в композиции на механическое поведение бумаги: 1 – хвойная ХТММ – 25,0 %, листовенная ХТММ – 37,5 %, ТММ – 12,5 %; 2 – 30,0, 30,0, 15,0 %; 3 – 12,5, 37,5, 25,0 %; 4 – 37,5, 12,5, 25,0; 5 – 25,0, 25,0, 25,0 %



Для изучения влияния относительного содержания в композиции бумаги механических масс были изготовлены образцы с постоянным относительным содержанием целлюлозных полуфабрикатов, содержание механических масс варьировали от 12,5 до 35,5 %. Химикаты в бумажную массу не вводили. Некоторые экспериментальные диаграммы зависимости напряжение – деформация (σ – ϵ) и результаты физико-механических испытаний образцов представлены на рис. 1 и в табл. 1, из которых следует, что большей жесткостью при растяжении отличаются образцы, в композиции которых относительное содержание листовенной ХТММ составляет 30,0 % и более. Поведение образцов с повышенной жесткостью при растяжении (кривые 1 – 3, рис. 1) в упругой области схоже. В замедленно упругой области и области, предшествующей разрушению, более крутой ход кривой σ – ϵ имели образцы с пониженным содержанием ТММ. Эти же образцы отличались большими значениями прочностных характеристик, повышенной когезионной способностью волокон SV и относительно невысокой пухлостью V .

Минимальным начальным модулем упругости E_1 и более пологим ходом кривой зависимости σ – ϵ (т.е. минимальной жесткостью при растяжении) обладали образцы, в композиции которых относительное содержание ТММ составляло 25,0 %, хвойной ХТММ – 25,0 и 37,5 %. Однако, несмотря на вялый характер деформирования, прочностные характеристики этих образцов были выше минимально наблюдаемых.

Наиболее низкая прочность при растяжении обнаружена у образцов, содержащих 37,5 % ТММ. Они имели низкие показатели, характеризующие их поведение в замедленно упругой области и области предразрушения. Максимальная жесткость при изгибе отмечена при повышенном (37,5 %) содержании в композиции хвойной ХТММ.

Таким образом, динамика формирования упругопластических и прочностных характеристик различна. В связи с этим особый интерес представляет изучение характера взаимосвязи фундаментальных свойств волокон, образующих структуру бумаги, с показателями ее деформативности и прочности. Для этого выполнены корреляционный (табл. 2) и регрессионный анализы. По результатам регрессионного анализа получены уравнения вида

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

где y – исследуемая характеристика;

x_1 и x_2 – относительное содержание хвойных ХТММ и ТММ;

b_0 – b_{22} – коэффициенты уравнения (табл. 3).

Таблица 2

**Корреляция фундаментальных свойств волокна
и характеристик деформативности и прочности**

Характеристики	Коэффициент парной корреляции для характеристик				Коэффициент множественной корреляции
	SV	L_0	l_{cp}	V	
E_1	0,249	0,450	0,535	-0,700	0,864
E_3	0,117	0,298	0,347	-0,637	0,665
E_2	-0,102	0,207	0,041	-0,443	0,581
L	0,254	0,605	0,299	-0,526	0,758
A_p	-0,042	0,626	0,226	-0,225	0,720

Эти уравнения позволили построить зависимости, иллюстрирующие влияние изменения содержания механических масс в композиции на основные физико-механические характеристики материала и дали возможность в более наглядной форме сопоставить динамику их изменения (рис. 2–4). На горизонтальных осях рисунков отложено относительное содержание в композиции бумаги хвойной ХТММ и ТММ. Долю лиственной ХТММ в каждом конкретном случае можно рассчитать как разницу между общим содержанием механических масс в композиции (75%) и суммарным содержанием хвойной ХТММ и ТММ.

Из табл. 2 видно, что теснота взаимосвязи между исследуемыми характеристиками невелика (минимальный значимый коэффициент равен 0,758), но структурные характеристики материала оказывают более сильное совокупное влияние на упругопластические и прочностные показатели, чем каждая из характеристик в отдельности. В пользу этого утверждения свидетельствует тот факт, что коэффициенты множественной корреляции оказались значительно выше парной.

Тем не менее, можно утверждать, что на упругопластические характеристики (E_1 , E_3 , E_p) наиболее сильное влияние оказывает плотность упаковки структурных элементов (V). Начальный модуль упругости существенно зависит и от средней длины волокна. Фактором, определяющим прочность материала, в данном случае является собственная прочность волокна, а для разрывной длины – еще и пухлость образцов.

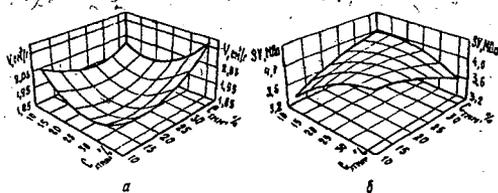


Рис. 2. Влияние относительного содержания в композиции хвойной ХТММ (C_{xTMM}) и ТММ (C_{TMM}) на фундаментальные характеристики образцов: а – пухлость V ; б – когезионная способность SV

Таблица 3

Коэффициенты уравнений, характеризующих динамику изменения физико-механических характеристик волокна

Характеристики	b_0	b_1	b_2	b_{12}	b_{11}	b_{22}
V , см ³ /г	2,750	-0,043	-0,032	0,0004	0,0007	0,0005
SV , МПа	1,580	0,110	0,080	-0,002	-0,001	-
L , м	6981,0	-58,5	-128,7	1,9	-	1,1
A_p , мДж	38,20	0,32	-1,09	-	-	-
P_{zv} , м/с	1,6800	0,0089	0,0218	-	-	-
E_1 , МПа	7910,0	-83,0	-179,5	1,9	-	2,0
E_3 , МПа	5233,0	-99,6	-132,6	2,3	-	1,1
E_2 , МПа	2992,0	-92,6	-79,33	1,8	0,8	0,5
ϵ_p , %	0,622	-0,708	-1,248	0,017	-	0,012
EI , мН · см ²	41,26	0,0089	0,0218	-	-0,0001	-

Примечание. Прочерки соответствуют незначимым коэффициентам.

Отсутствие однозначных парных взаимосвязей между исследуемыми характеристиками, а также более сильное совокупное влияние структурных характеристик объясняют тот факт, что динамика изменения структурных характеристик (см. рис. 2) не совпадает с прочностными (рис. 3) и упругопластическими (рис. 4).

При сравнении характера изменения прочности и деформативности образцов выявлена избирательность воздействия изменений в композиции на исследуемые характеристики.

При увеличении относительного содержания в композиции хвойных ХТММ и ТММ разрывная длина L (см. рис. 3, а) линейно снижается. Работа разрушения A_p определяется, главным образом, соотношением химико-термомеханических масс, т. е. увеличение доли хвойной ХТММ при пропорциональном снижении содержания лиственной способствует росту A_p . Изменение относительного содержания ТММ практически не сказывается на работе разрушения (рис. 3, б). Столь существенная разница в характере изменения разрывной длины и работы разрушения объясняется тем, что последняя в значительной степени зависит от характера деформирования образцов

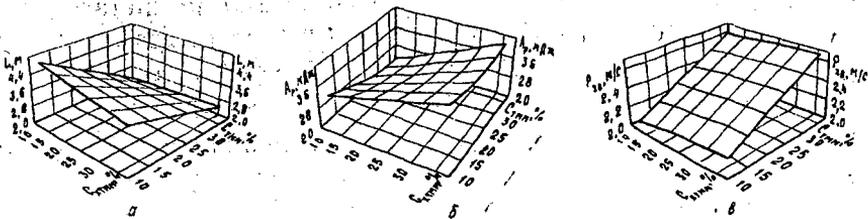


Рис. 3. Влияние относительного содержания в композиции хвойной ХТММ и ТММ на прочностные характеристики образцов: а – разрывная длина L ; б – работа разрушения A_p ; в – стойкость поверхности к выщипыванию с внешней стороны листа P_{zv}

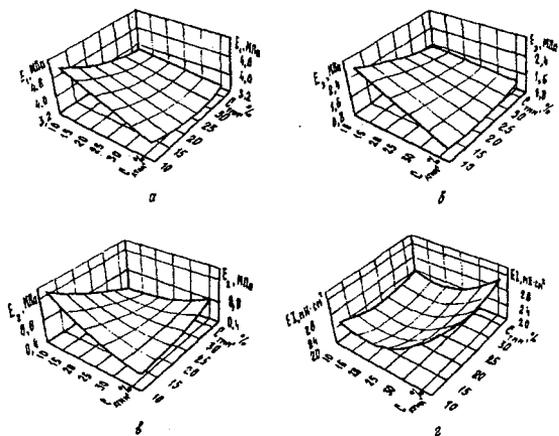


Рис. 4. Влияние относительного содержания в композиции хвойной ХТММ и ТММ на деформационные характеристики образцов: а – начальный модуль упругости E_1 ; б – модуль упругости в замедленно-упругой области E_2 ; в – модуль упругости в области предразрушения E_2 ; г – жесткость при изгибе EI

в процессе нагружения, т. е. от их механического поведения. Прочность поверхности P_z (рис. 3, в) определяется содержанием грубых волокон ТММ.

Говоря о деформационных показателях, характеризующих поведение материала в процессе приложения к нему растягивающей нагрузки, отметим общую динамику изменения модулей упругости на различных этапах нагружения (рис. 4 а, б, в). Снижение относительного содержания в композиции лиственной ХТММ до 25 % снижает указанные выше показатели. Дальнейшее снижение доли данного полуфабриката существенно не отражается на них. Динамика изменения жесткости при изгибе (рис. 4, г) хорошо согласуется с изменением пухлости образцов.

Отсутствие обоснованных требований к величине упругопластических характеристик и различный характер изменения основных физико-механических показателей исследуемых образцов значительно затрудняют оптимизацию процесса составления композиции офсетной бумаги по волокну. Так, при обеспечении максимальной прочности и жесткости при растяжении получены невысокие показатели прочности поверхности и жесткости при изгибе. Однако минимальные значения стойкости поверхности к выщипыванию (СПВ) в данном случае оказались выше регламентируемых [12], что позволяет вырабатывать бумагу с повышенным относительным содержанием в композиции лиственной ХТММ (оптимальное в данном случае – 37,5 %). В целом из-за сложного характера взаимодействия большого числа полуфабрикатов (в нашем эксперименте – пять) при смешивании и влияния других субъективных факторов решение задачи надежного управления качеством готовой продукции в реальных производственных условиях затруднительно, а выработка бумаги со столь сложной композицией нецелесообразна.

Влияние композиции по химикатам. Для изучения влияния химических добавок на деформативность и прочность офсетной бумаги был проведен эксперимент, в ходе которого в соответствии с ротатбельным планом второго порядка [1] исследовалось влияние следующих

Таблица 4

Матрица планирования эксперимента в натуральных величинах

Номер композиции	Расход химикатов, %			
	Канифольный клей	Крахмальный клей	Каолин	Перкол
1	1,5	2,0	23,3	0,06
2	0,5	2,0	23,3	0,06
3	1,5	1,0	23,3	0,06
4	0,5	1,0	23,3	0,06
5	1,5	2,0	14,0	0,06
6	0,5	2,0	14,0	0,06
7	1,5	1,0	14,0	0,06
8	0,5	1,0	14,0	0,06
9	1,5	2,0	23,3	0,02
10	0,5	2,0	23,3	0,02
11	1,5	1,0	23,3	0,02
12	0,5	1,0	23,3	0,02
13	1,5	2,0	14,0	0,02
14	0,5	2,0	14,0	0,02
15	1,5	1,0	14,0	0,02
16	0,5	1,0	14,0	0,02
17	0,0	1,5	18,6	0,04
18	2,0	1,5	18,6	0,04
19	1,0	0,5	18,6	0,04
20	1,0	2,5	18,6	0,04
21	1,0	1,5	9,3	0,04
22	1,0	1,5	27,9	0,04
23	1,0	1,5	18,6	0,00
24	1,0	1,5	18,6	0,08
25	1,0	1,5	18,6	0,04
26	1,0	1,5	18,6	0,04
27	1,0	1,5	18,6	0,04
28	1,0	1,5	18,6	0,04
29	1,0	1,5	18,6	0,04
30	1,0	1,5	18,6	0,04
31	1,0	1,5	18,6	0,04

Примечание. Центр плана – композиции 25 – 31.

добавок: укрепленный канифольный клей, крахмальный клей, каолин, катионный полиакриламидный флокулянт (торговая марка «Перкол-63»).

Матрица планирования представлена в табл. 4. Расходы химикатов в центре плана соответствовали нормам расхода, зафиксированным в технологическом регламенте.

Кроме указанных в табл. 4 химикатов, в композицию бумаги вводили сернокислый алюминий в количестве 150 % от расхода канифольного клея, что обеспечивало их постоянное соотношение (1,0 : 1,5), наиболее часто используемое при производстве клееных видов бумаг [7].

Таблица 5

Влияние химических добавок на физико-механические свойства бумаги

Характеристики	Значения характеристик для композиций								
	25 - 31	18 (max)	17 (min)	20 (max)	19 (min)	22 (max)	21 (min)	24 (max)	23 (min)
		Канифольный клей	Крахмальный клей	Каолин		Перкол			
Фундаментальные:									
SV , МПа	1,63	1,47	1,92	1,79	1,47	1,88	2,34	1,72	2,21
L_0 , м	2120	2190	2100	2100	2090	1940	2270	1990	2200
l_{cp} , мм	1,10	1,32	1,40	1,43	1,30	1,38	1,55	1,33	1,30
V , см ³ /г	2,01	2,09	1,92	2,05	1,96	2,01	2,08	2,08	2,08
Зольность, %	7,2	8,9	6,6	8,1	7,4	8,4	4,2	10,4	3,7
Удержание наполнителя, %	38,7	47,8	35,5	43,5	40,0	30,1	45,2	55,9	19,9
Прочностные:									
P , Н	24,1	24,5	27,7	24,6	23,8	24,7	26,1	22,0	28,7
L , м	2710	2680	3120	2700	2730	2750	2920	2460	3310
A_p , мДж	20,0	26,0	28,0	21,9	21,2	22,0	24,0	17,9	26,7
P_{zc} , м/с	1,61	1,88	1,86	1,68	1,66	1,71	1,90	1,88	2,16
P_{zb} , м/с	1,54	1,78	1,82	1,66	1,46	1,66	1,78	1,50	1,92
Деформационные:									
E_1 , МПа	2100	1460	1770	2000	2090	2000	1950	1820	2250
E_3 , МПа	1140	865	1020	1050	1060	1080	1060	1030	1250
E_2 , МПа	400	255	410	335	445	440	420	395	395
σ_1 , МПа	6,2	5,0	5,6	5,2	5,8	6,6	6,2	5,5	7,8
σ_3 , МПа	8,4	8,7	9,2	7,9	7,9	8,7	8,8	7,5	10,6
σ_p , МПа	13,5	12,8	15,4	13,0	13,5	13,7	13,7	11,9	15,9
ϵ_1 , %	0,31	0,36	0,33	0,27	0,29	0,34	0,31	0,32	0,38
ϵ_3 , %	0,49	0,74	0,65	0,50	0,46	0,51	0,54	0,50	0,58
ϵ_p , %	1,25	1,58	1,56	1,35	1,27	1,35	1,40	1,26	1,40
EI , мН · см ²	28,2	34,7	29,3	30,0	30,1	23,5	31,1	25,1	27,5

Примечание. Номера композиций соответствуют номерам в табл. 4.

Композицию образцов по волокну составляли из следующих полуфабрикатов: сульфатная хвойная беленая целлюлоза (10 %), сульфатная лиственная беленая целлюлоза (15 %), хвойная беленая ХТММ (30 %), лиственная беленая ХТММ (30 %), ТММ (15 %).

В табл. 5 и на рис. 5 представлены экспериментальные данные, соответствующие центру и звездным точкам плана.

Из данных табл. 5 видно, что с увеличением количества вводимого в композицию канифольного клея (композиции 17, 18, 25 – 31) снижаются силы когезии, возрастают зольность, степень удержания наполнителя и пухлость образцов. Наиболее благоприятные условия для удержания мелкого волокна складываются в центре плана (рис. 5, а). Такие изменения структурных характеристик приводят к снижению прочности исследуемых образцов при растяжении L . Прочность поверхности оказалась минимальной в центре плана, что объясняется максимальным содержанием в композиции мелкого волокна.

Характер изменения деформационных характеристик значительно отличается от изменения прочности при растяжении. Как видно из табл. 5 и рис. 5, б, наибольшая жесткость в упругой и замедленно упругой областях обнаружена у образцов, соответствующих центру плана. Это обстоятельство, видимо, можно объяснить большей однородностью размеров и формы волокон, а также действием сил связи между ними.

Введение в композицию бумаги крахмального клея в заданных количествах практически не сказывается на прочности и механическом поведении материала (рис. 5, в). В то же время структурные характеристики бумаги изменились значительно. Так, при увеличении расхода крахмального клея зольность и степень удержания наполнителя имеют тенденцию к росту, что приводит к возрастанию пухлости. При прочих равных условиях такие изменения в структуре несомненно должны привести к снижению механической прочности и жесткости при растяжении [4–6, 16]. Однако в данном случае крахмальный клей способствует повышению сил когезии между волокнами, что компенсирует отрицательное влияние указанных выше факторов.

Как и в предыдущем случае, изменение расхода наполнителя не сказывается на механическом поведении материала (рис. 5, е), что, на первый взгляд, кажется аномальным, но более детальное изучение динамики изменения структурных и прочностных характеристик позволяет утверждать, что это закономерно.

При минимальном расходе каолина образец имел минимальную зольность и отличался высокой когезионной способностью волокон, но в его структуре содержалось большое количество длинных волокон (рис. 5, д) с низкой способностью к уплотнению во влажном состоянии, что препятствовало формированию прочного и жесткого листа. Однако за счет высокого содержания длинных волокон и высоких сил связи эти образцы отличались повышенными показателями прочности при растяжении и СПВ.

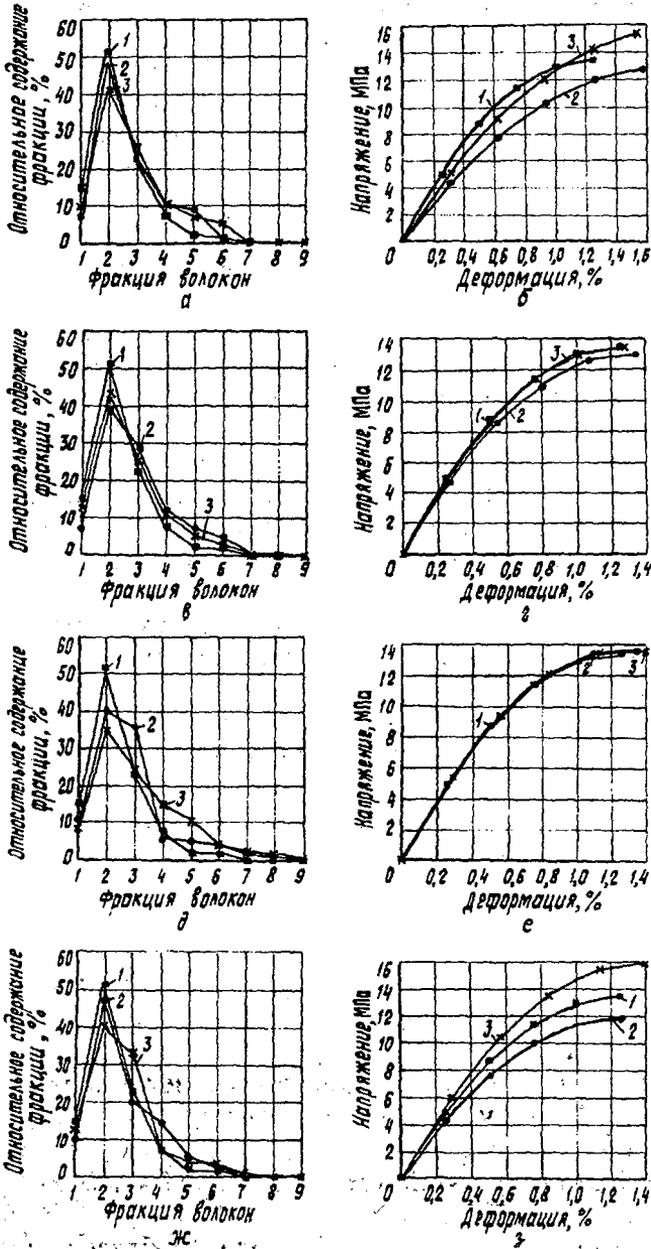


Рис. 5. Влияние химических добавок на фракционный состав волокна (а, в, д, ж) и механическое поведение бумаги (б, г, е, з): а, б - канифольный клей; в, г - крахмальный клей; д, е - каолин; ж, з - перкол; 1 - центр плана; 2 - максимальное содержание химической добавки; 3 - минимальное содержание химической добавки (-фракция волокон: 1 - < 0,6 мм; 2 - 0,6...1,2; 3 - 1,2...1,8; 4 - 1,8...2,4; 5 - 2,4...3,0; 6 - 3,0...3,6; 7 - 3,6...4,2; 8 - 4,2...4,8; 9 - > 4,8 мм)

Увеличение расхода каолина с 9,3 до 18,6 % привело к возрастанию зольности в 1,7 раза и снижению сил когезии, что способствовало снижению прочности на разрыв и прочности в z -направлении, но не изменило упругие характеристики (E_1 , σ_1 , ϵ_1). Это связано, по всей видимости, с повышением однородности и степени уплотнения структуры материала за счет удержания коротких волокон (рис. 5, д). Дальнейшее увеличение расхода наполнителя существенно не отразилось на величине характеристик, полученных при испытаниях на растяжение. Это обстоятельство обусловлено тем, что рост зольности в данном случае компенсируется увеличением сил когезии.

Наиболее сильное влияние на упругопластические (рис. 5, з) и прочностные характеристики исследуемого материала оказывает флокулянт. С увеличением расхода флокулянта до 0,08 % степень удержания наполнителя и зольность возрастают почти в 3 раза. При этом отрицательное влияние наполнителя на связеобразование возрастает, результатом чего является снижение упругопластических и прочностных характеристик.

Обращает на себя внимание избирательность воздействия исследуемого флокулянта на удержание наполнителя и мелких волокон. Из рис. 5, ж видно, что оптимальные условия удержания имеют место при расходе флокулянта 0,04 %, максимальное наблюдалось при 0,08 %.

Полученные данные свидетельствуют об избирательности воздействия исследуемых химикатов на деформативность и прочность бумаги, но не позволяют в полной мере судить о динамике изменения физико-механических характеристик при варьировании условий проклейки и наполнения бумаги.

Для более детальной оценки характера изменения упругопластических, прочностных и структурных характеристик офсетной бумаги при наполнении и проклейке по экспериментальным данным были рассчитаны коэффициенты полинома второго порядка и построены поверхности отклика для зависимости расход химикатов – свойство.

Влияние проклеивающих веществ. На рис. 6–8 представлены поверхности отклика, характеризующие влияние добавок канифольного и крахмального клеев на физико-механические показатели бумаги. (Расходы флокулянта и наполнителя при этом были зафиксированы на уровне, соответствующем центру плана.)

Из рис. 6 видно, что динамика изменения структурных характеристик достаточно сложна, причем при варьировании расхода одного из химикатов характер изменения показателей зависит от расхода другого. Это свидетельствует о высокой степени парных взаимодействий исследуемых факторов.

При малом расходе канифольного клея (до 1 %) увеличение расхода крахмального клея способствует снижению зольности образцов (рис. 6, а). Такой же эффект наблюдается с увеличением расхода канифольного клея при введении в композицию бумаги до 1,5 % крахмального клея. Обратная зависимость получена при повышенных расходах проклеивающих веществ.

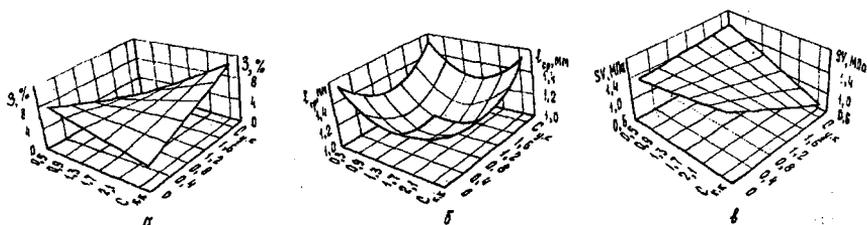


Рис. 6. Влияние проклейки на фундаментальные характеристики образцов: *а* – зольность Z ; *б* – средняя длина волокна $l_{\text{ср}}$; *в* – когезионная способность SV (Здесь и далее, на рис. 7, 8, $C_{\text{к.к}}$ – содержание крахмального клея, $C_{\text{у.к}}$ – укрепляющего клея.)

Как отмечалось выше, оптимальные условия для удержания коротких волокон (рис. 6, *б*) наблюдались в центре плана, т.е. при расходах крахмального и канифольного клеев соответственно 1,5 и 1,0 %.

Использование крахмального клея в качестве связующего в данном случае оказалось неэффективным. Лишь при малых расходах укрепленного (канифольного) клея увеличение расхода крахмального приводит к некоторому росту сил когезии (рис. 6, *в*). Как и ожидалось, увеличение расхода канифольного клея снижает силы связи между волокнами.

Характер изменения когезионной способности волокон при варьировании условий проклейки хорошо согласуется с динамикой разрывной длины (рис. 7, *а*).

Величина СПВ (рис. 7, *б*) определяется зольностью бумаги, кроме ненаполненных образцов, у которых она зависит от относительного содержания коротковолокнистых фракций. С повышением зольности прочность поверхности бумажного листа снижается, фракционный состав существенного влияния не оказывает.

Жесткость бумаги в начальный период нагружения, характеризуемая начальным модулем упругости E_1 (рис. 8, *а*), не изменяется при варьировании расхода крахмального клея и достигает максимума при расходе канифоли порядка 1 %.

Из рис. 8 следует, что динамика изменения упругих свойств исследуемого материала значительно отличается от характера изменения его прочностных свойств. Так, величина предела упругости σ_1 (рис. 8, *б*) зависит от степени удержания коротких волокон и достигает максимума при минимальной средней длине волокна.

Представленные данные свидетельствуют о сложном характере взаимодействия исследуемых факторов (характер воздействия одного из химикатов зависит от расхода другого) и еще раз подтверждают избирательность воздействия проклеивающих веществ на характеристики деформативности и прочности. Это позволяет целенаправленно воздействовать на прочность и деформативность офсетной бумаги путем варьирования условий проклейки, но в то же время затрудняет

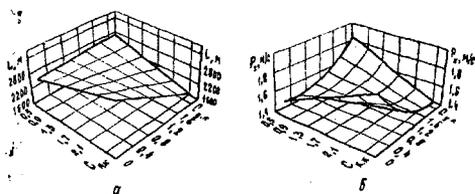


Рис. 7. Влияние проклейки на прочностные характеристики образцов: *а* – разрывная длина L ; *б* – стойкость поверхности к выщипыванию P_z

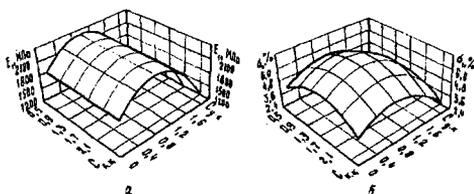


Рис. 8. Влияние проклейки на деформационные характеристики образцов: *а* – начальный модуль упругости E_1 ; *б* – предел упругости σ_1

оптимизацию процесса проклейки. Оптимальные условия для формирования упругих свойств материала наблюдались в центре плана, но при этом снижалась прочность, особенно прочность поверхности. Для получения материала с повышенными показателями механической прочности проклейку более целесообразно проводить при пониженном расходе крахмального клея и повышенном расходе канифольного клея (см. рис. 7), т. е. в условиях, когда зольность образцов оказывается низкой. Характеристики деформативности и прочности задаются различными структурными свойствами материала. Если на прочностные показатели доминирующее влияние оказывают силы когезии, в значительной степени зависящие от содержания наполнителя, то в случае упругих характеристик основную роль играют однородность структуры (размеров волокон), силы и формы связи между волокнами, а также равномерность распределения наполнителя в структуре бумаги.

Влияние наполнения бумаги. Как и при рассмотрении процесса проклейки, для изучения влияния наполнения на физико-механические свойства бумаги строили поверхности отклика зависимости расход химикатов – свойство (рис. 9–11). Расход проклеивающих веществ был зафиксирован на уровне, соответствующем центру плана.

Из рис. 9, *а* следует, что увеличение расхода исследуемых химических добавок приводит к росту зольности бумаги. Наиболее благоприятные условия для удержания каолина складываются при малых его дозировках и высоких расходах перкола.

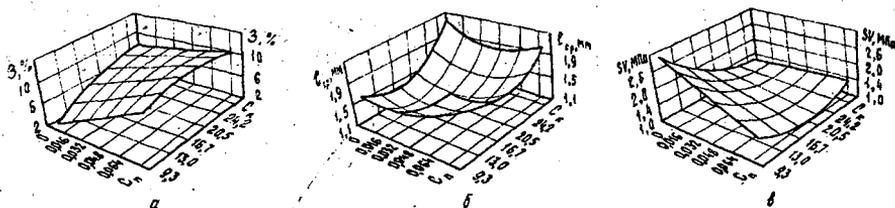


Рис. 9. Влияние условий наполнения офсетной бумаги на ее фундаментальные характеристики: *а* – зольность Z ; *б* – средняя длина волокна L_{cp} ; *в* – когезионная способность SV (Здесь и далее, на рис. 10, 11, C_n – содержание перкола, C_k – каолина.)

Необходимо еще раз отметить избирательность влияния исследуемого флокулянта на удержание наполнителя и мелких волокон. Оптимальные условия для их удержания обнаружены при расходах каолина и флокулянта соответственно 14,9...16,7 и 0,03...0,04 %, при этом ход поверхностей, характеризующих динамику изменения зольности и средней длины волокна (рис. 9, б), отличается. В целом можно отметить, что с увеличением зольности промой мелкого волокна возрастает.

Характер изменения когезионной способности (рис. 9, в) хорошо согласуется с динамикой зольности: рост зольности сопровождается снижением сил связи между волокнами.

На рис. 10 представлены поверхности отклика для стандартных прочностных характеристик офсетной бумаги [12]. При увеличении расхода наполнителя и флокулянта разрывная длина снижается, что обусловлено ростом зольности. При этом варьирование дозировки перкола оказывает более сильное влияние по сравнению с расходом каолина. Динамика СПВ практически точно совпадает с характером изменения когезионной способности волокон.

Поверхности отклика для наиболее важных (с точки зрения поведения бумаги в печатном процессе [11, 13]) деформационных характеристик представлены на рис. 11. Необходимо отметить тот факт, что динамика изменения начального модуля упругости коренным образом отличается от разрывной длины и СПВ. Максимальная величина модуля упругости наблюдается при зольности порядка 6 %. Та же зависимость прослеживается и при варьировании расхода проклеивающих веществ. Можно предположить, что зольность порядка 5...7 % является пороговой (или критической) для данной характеристики. Это, вероятно, можно объяснить тем, что при таком содержании наполнителя распределение его в структуре бумаги наиболее равномерное. Результатом этого является отсутствие или меньшее количество локальных перенапряжений в образце при его нагружении и, как следствие, более равномерное деформирование и более высокие значения начального модуля упругости. В пользу этого свидетельствуют наблюдаемые при зольности порядка 6 % минимальные значения предела упругих деформаций (рис. 11, б).

В целом можно утверждать, что при варьировании условий наполнения офсетной бумаги ее прочностные характеристики определяются содержанием наполнителя (зольностью), а характеристики деформативности – равномерностью его распределения в структуре образцов.

Как и в предыдущих случаях, наблюдалась избирательность воздействия исследуемых факторов на характеристики деформативности и прочности. Для достижения максимума прочности расход перкола и каолина не должен превышать соответственно 0,016 и 13,0 %. Для начального модуля упругости отмечено два максимума: первый – при пониженном расходе каолина и повышенном – флокулянта; второй – при повышенном расходе каолина и расходе перкола до 0,016 %. Первый вариант с точки зрения экономии наполнителя и получения материала с

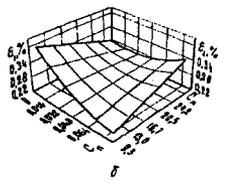
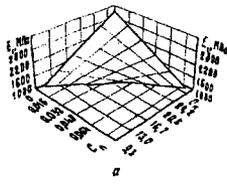
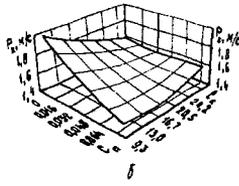
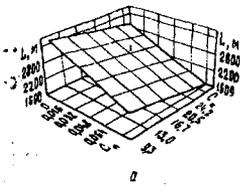


Рис. 10. Влияние условий наполнения офсетной бумаги на прочностные характеристики: *a* – разрывная длина L ; *b* – стойкость поверхности к выщипыванию P_z

Рис. 11. Влияние условий наполнения офсетной бумаги на деформационные характеристики: *a* – начальный модуль упругости E_1 ; *b* – предел упругости σ_p

повышенной жесткостью в начальный период нагружения представляется предпочтительнее. Оптимальные условия процесса наполнения для формирования материала, обладающего достаточно высокими показателями механической прочности и деформативности, складываются при расходе флокулянта до 0,016 %, наполнителя – 16,7...20,5 %.

Выводы

1. Деформативность и прочность офсетной бумаги при постоянном содержании целлюлозы определяется относительным содержанием в композиции лиственной ХТММ, увеличение доли которой положительно влияет на величину указанных характеристик.

2. Варьирование относительного содержания лиственной ХТММ в композиции бумаги оказывает избирательное влияние на динамику деформативности и прочности.

3. Изменения в структуре бумаги, вызванные варьированием композиции по механическим массам, оказывают более сильное совокупное воздействие на качественные показатели бумаги, чем каждое из фундаментальных свойств в отдельности. Это не позволяет выделить какое-либо из них в качестве оказывающего наиболее сильное воздействие на упругопластические и прочностные характеристики бумаги.

4. Из-за сложного характера взаимодействия большого числа (в данном случае пять) полуфабрикатов при смешивании и комплекса субъективных факторов при выработке бумаги со сложной композицией по волокну решение задачи надежного управления качеством готовой продукции в реальных производственных условиях представляется затруднительным, а выработка бумаги из большого числа полуфабрикатов нецелесообразной.

5. При составлении композиции по химикатам решающее влияние на формирование характеристик деформативности и прочности бумаги имеет воздействие исследуемых химических добавок на характер удержания наполнителя и отдельных фракций волокна. Прочностные показатели в данном случае определяются содержанием наполнителя, деформационные (особенно начальный модуль упругости) – по

всей видимости, равномерностью его распределения в структуре бумаги.

6. При исследовании влияния композиции по химикатам обнаружена избирательность воздействия исследуемых факторов на характеристики деформативности и прочности.

7. Степень совпадения тенденций изменения деформационных и прочностных характеристик зависит от вида возмущающего воздействия. Так, при варьировании композиции по волокну динамика изменения характеристик деформативности и прочности образцов в целом имеет общую направленность, а при изменении композиции по химикатам – значительно отличающуюся, что позволяет еще на стадии массоподготовки путем варьирования состава композиции целенаправленно воздействовать на ту или иную группу характеристик с целью получить материал с заданными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. - М.: Высш. шк., 1978. - 319 с. [2]. Бывшев А.В., Левшина В.В., Мельничук Н.М. Влияние композиционного состава бумаги на когезию ее листа // Целлюлоза, бумага, картон. - 1995. - № 7 - 8. - С. 18 - 19. [3]. Иванов С.Н. Технология бумаги. - М.: Лесн. пром-сть, 1970. - 696 с. [4]. Кларк Дж. Технология целлюлозы. - М.: Лесн. пром-сть, 1983. - 456 с. [5]. Комаров В.И., Филиппов И.Б. Деформативность и прочность полуфабрикатов, используемых для производства бумаги для офсетной печати // Лесн. журн. - 1995. - № 4 - 5. - С. 104 - 121. - (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Комаров В.И., Филиппов И.Б. Смеси волокнистых полуфабрикатов и их влияние на свойства бумажной массы // Лесн. журн. - 1997. - № 6. - С. 45 - 54. - (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Крылатов Ю.А., Ковернинский И.Н. Проклейка бумаги. - М.: Лесн. пром-ть, 1987. - 288 с. [8]. Левлин Я.Э. Взаимосвязь композиционного состава и характеристик поверхности бумаги для печати // Бум. пром-сть. - 1989. - Спец. вып. [9]. Махонин А.Г., Чижов Г.И. Влияние проклеивающих веществ на механическую прочность бумаги // Реферативная информация: Целлюлоза, бумага и картон. - 1975. - № 28. - С. 9 - 10. [10]. Остреров М.А., Гончарова Т.И., Федорова Т.А. Стойкость поверхности бумаги к выщипыванию // Целлюлоза, бумага и картон. - 1994. - № 7 - 8. - С. 20 - 21. [11]. Силенко, П. М. - Динамика бумажного листа в транспортных системах полиграфических машин: Дис. ... докт. техн. наук. - М.: 1993. - 155 с. [12]. ТУ 13-0281020-111-91, Бумага книжно-журнальная для офсетного способа печати. - Сыктывкарский ЛПК, 1991. [13]. Факторы, определяющие качество прохождения бумаги через печатную машину / М. А. Остреров, А. Б. Курятников, Т. И. Кудряшова и др. // Целлюлоза, бумага и картон. - 1993. - № 1. - С. 26 - 29. [14]. Филиппов И.Б., Комаров В.И. Влияние процесса размола на деформативность и прочность механических масс, используемых для производства книжно-журнальной бумаги для офсетного способа печати // Лесн. журн. - 1996. - № 6. - С. 111 - 123. - (Изв. высш. учеб. заведений). [15]. Филиппов И.Б., Комаров В.И. Влияние процесса размола на деформативность и прочность целлюлозных полуфабрикатов, используемых для производства книжно-журнальной бумаги для офсет-

ного способа печати // Лесн. журн. - 1996. - № 3. - С. 96 - 113. - (Изв. высш. учеб. заведений). [16]. Фляте Д. М. Свойства бумаги. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Лесн. пром-сть, 1986. - 680 с.

Поступила 21 февраля 1997 г.

УДК 66.061.4

С. Н. ВАСИЛЬЕВ, В. И. РОЩИН

С.- Петербургская лесотехническая академия



Васильев Сергей Николаевич родился в 1963 г., окончил в 1986 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, ст. научный сотрудник кафедры технологии лесохимических производств и биологически активных веществ СПб ЛТА. Сфера научных интересов – изучение химического состава экстрактивных веществ основных лесообразующих пород России; поиск путей извлечения этих соединений методами химической технологии и создание на их базе препаратов, обладающих уникальными свойствами.



Рощин Виктор Иванович родился в 1945 г., окончил в 1972 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии лесохимических производств и биологически активных веществ. Имеет более 130 печатных трудов в области изучения состава экстрактивных веществ биомассы дерева и их биологической активности; теории и технологии получения продуктов на основе экстрактивных веществ.

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ СМЕСЕЙ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПОЛИПРЕНОЛЫ И ИЗОАБИЕНОЛ, МЕТОДОМ ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ

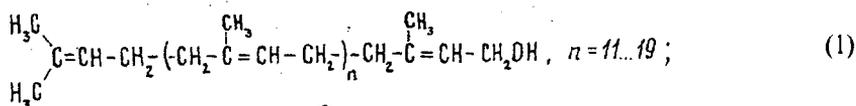
1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ МОДЕЛЬНОЙ СМЕСИ ПОЛИПРЕНОЛЫ – ИЗОАБИЕНОЛ

На основе исследования свойств индивидуальных соединений и модельных смесей полипренолы – изоабиенол

определен наиболее предпочтительный способ фракционирования этих веществ (жидкостная экстракция) и выбран экстрагент, обладающий наибольшей селективностью.

Based on the research into the properties of individual compounds and model mixtures of polyprenols - isoabienol, the most preferred method of fractionating these substances (liquid extraction) has been defined, and the extracting agent, having the greatest selectivity, has been chosen.

Полипренолы (1) и дитерпеновые спирты лабданового строения, главный представитель которых в сосновой хвое – изоабиенол (2), идентифицированы в древесной зелени ряда хвойных пород, произрастающих на территории России [7–9]. Эти вещества концентрируются в нейтральной части экстракта из древесной зелени, которая под названием «Концентрат провитаминный хвойный» (ОСТ 56-32 – 85) является традиционным продуктом лесохимических производств. Значительное содержание в последнем этих соединений и их высокая физиологическая активность [3, 10] делают целесообразным использование нейтральных веществ хвойной древесной зелени в качестве сырья для извлечения полипренолов и изоабиенола. Важная задача – найти пути разделения компонентов системы полипренолы – изоабиенол, а также всей фракции нейтральных соединений.



Учитывая значительную молекулярную массу разделяемых компонентов и их высокую термолабильность (рис. 1), можно предположить, что наиболее эффективным способом разделения смесей, обогащенных полипренолами и изоабиенолом, является извлечение одного из компонентов методом жидкостной экстракции. Принимая во внимание, что полипренолы представляют собой подвижную жидкость, их самих можно рассматривать в качестве парного растворителя, а процесс экстракции считать в этом случае распределением изоабиенола между полипренолами и несмешивающимся с ними экстрагентом [6].

В случае разделения смеси нейтральных веществ также может быть рассмотрено распределение суммы исходных соединений между выбранным экстрагентом и неэкстрагируемой частью нейтральных веществ, главная составляющая которых – полипренолы. Однако, ввиду сложности состава исходной смеси природных соединений, основные закономерности этого процесса были определены при фракционировании модельных смесей полипренолы–изоабиенол, соотношение компонентов в которых (1:1) близко к соотношениям в природных

соединениях. Изаобиенол, представляющий собой белое кристаллическое вещество с температурой плавления $68,5^\circ\text{C}$, полностью растворяется в полипренолах – прозрачной вязкой жидкости желтоватого цвета. Предельная растворимость изаобиенола в полипренолах при температуре 20°C составляет 72...75 % мас.

Согласно правилам Семенченко [2, с. 285], растворимость вещества в различных экстрагентах увеличивается с уменьшением разницы молекулярных силовых полей растворителя и растворяемого вещества, достигая максимума при равенстве этих полей. Интенсивность силового поля молекулы неэлектролита можно оценивать по удельной энергии когезии

$$K = \Delta E / V_m,$$

где ΔE – молярная энергия испарения;

V_m – молярный объем.

При этом ΔE может быть заменена без внесения значительных погрешностей на удельную теплоту парообразования ΔH , которую рассчитывают по формуле Риделя [5, с. 353]:

$$\Delta H = 1,093 R T_c [\ln P_c - 1] / (0,93 - T_{bR}), \quad (3)$$

где R – универсальная газовая постоянная;

T_c – критическая температура;

$T_{bR} = T_b / T_c$;

T_b – температура кипения при нормальных условиях;

P_c – критическое давление.

Исследование термолабильности рассматриваемых соединений показывает (рис. 1), что для них точка деструкции расположена ниже температуры кипения при нормальных условиях. Коррелируя данные, полученные при остаточном давлении 150...900 Па для изаобиенола и

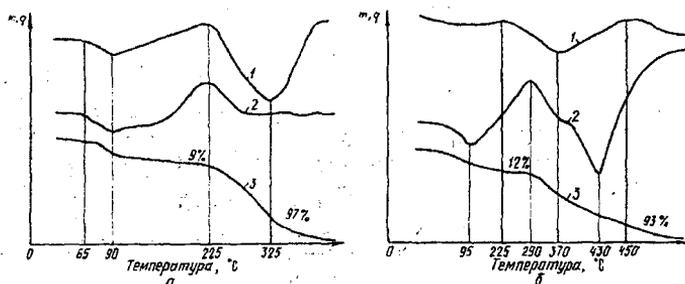


Рис. 1. Термограммы изаобиенола (а) и полипренолов (б), полученные различными методами анализа: 1 – дифференциальный термогравиметрический; 2 – дифференциальный термический; 3 – термогравиметрический (m – масса образца, q – количество теплоты)

полипренолов (табл. 1), на основании принципа соответствующих состояний [5, с. 382] рассчитаем температуру кипения при нормальных условиях, а затем по методу Лидерсена – параметры состояния каждого компонента в критической точке:

$$T_c = T_b[0,567 + \sum \Delta T - (\sum \Delta T)^2]^{-1}; \quad (4)$$

$$P_c = M(0,34 + \sum \Delta P)^{-2}; \quad (5)$$

$$V_c = 40 + \sum \Delta V, \quad (6)$$

где ΔT , ΔP , ΔV – составляющие, определяемые наличием в исследуемом соединении различных групп атомов;

M – молекулярная масса.

Как видно из результатов, представленных в табл. 2, удельная энергия когезии изоабиенола на порядок выше, чем у полипренолов. Следовательно, можно предположить, что разделение этих соединений методом жидкостной экстракции при соответствующем подборе экстрагентов будет происходить достаточно эффективно.

Анализ данных по удельной энергии когезии для растворителей, которые технологически могли бы быть использованы в качестве экстрагентов [1], и проведение на его основе поисковых экспериментов позволили установить, что предъявляемым требованиям в наибольшей

Таблица 1

Температура кипения изоабиенола и полипренолов из сосны обыкновенной (по методу Сиволобова [4])

Изоабиенол		Полипренолы	
Давление, Па	Температура, К	Давление, Па	Температура, К
150	393	150	510
300	396	200	512
450	400	250	515
600	403	300	517
750	406	350	519
900	409	400	522

Таблица 2

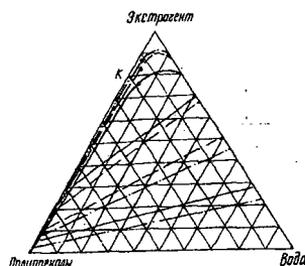
Константы изоабиенола и полипренолов

Вещество	M	T_b , К	T_c , К	P_c , атм	$V_c \cdot 10^4$, м ³ /моль	ΔH , кДж/моль	$K \cdot 10^{-3**}$, кДж/м ³
Изоабиенол	289	548	2350	26,39	7,495	15,98	21,60
Полипренолы*	1022	1293	2193	5,71	31,490	25,61	2,17

* Расчет произведен для соединения из 16 изопреновых звеньев, которое является одним из главных составляющих смеси полипренолов.

** Показатель рассчитан для температуры 25 °С.

Рис. 2. Диаграмма растворимости при температуре 20 °С трехкомпонентной системы полипренолы – экстрагент – вода (изопропанол – сплошная линия; этанол – пунктирная; ацетон – штрих-пунктирная)



степени удовлетворяют ацетонитрил (согласно классификации Эвелла – III класс, $K = 0,523$) и этанол (II класс, $K = 0,735$). Возможно также использование изопропанола ($K = 0,995$) или ацетона ($K = 0,400$). Однако в этом случае для создания гетерогенной системы, как и для этанола, необходимо использовать водные растворы этих экстрагентов (рис. 2).

Результаты исследования систем, образующихся при использовании предложенных растворителей, были обработаны по методу Хэнда [6, с. 214]. При этом получена следующая зависимость:

$$\lg(X_{cb}/X_{bb}) = a + b \lg(X_{ca}/X_{aa}), \quad (7)$$

где X_{ca} и X_{aa} – концентрация изоабиенола и пренолов в фазе рафината;

X_{cb} и X_{bb} – концентрация изоабиенола и экстрагента в фазе экстракта.

Коэффициенты a и b уравнения (7) приведены в табл. 3. Уравнение (7) было использовано для расчета равновесных составов жидких фаз и критических точек. Как видно из диаграмм растворимости, наибольшую область гетерофазности обеспечивает ацетон, однако в дальнейших экспериментах со смесями природных соединений использовали этанол из соображений технологичности процесса.

Таблица 3

Коэффициенты уравнения (7)

Экстракционная система	a	b
Полипренолы – ацетон – вода	-0,20	1,40
Полипренолы – этанол – вода	-0,17	1,25
Полипренолы – изопропанол – вода	-0,09	0,95

Сопоставление кривых растворимости компонентов в ацетонитриле и этаноле показывает, что наибольшую емкость по отношению к изоабиенолу обеспечивает этанол (рис. 3). Однако растворимость в нем полипренолов (рис. 4) значительно выше (около 0,50 % при 20 °С), чем в ацетонитриле (0,01 %). Поэтому ацетонитрил обеспечивает значительно более высокую селективность β по отношению к разделяемым компонентам (рис. 5) [4]. Поскольку для практических целей необходимо, чтобы селективность применяемого экстрагента была наибольшей (что обусловлено экономичным ведением процесса за счет снижения объема

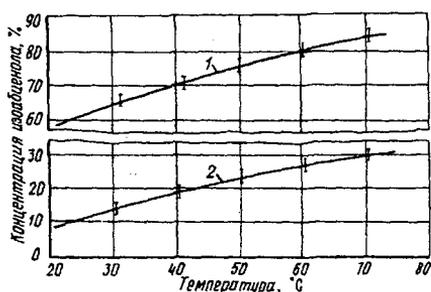


Рис. 3. Зависимость концентрации изоабиенола в экстрагенте от температуры: 1 – этанол; 2 – ацетонитрил

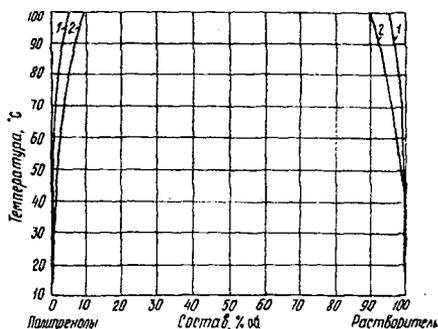


Рис. 4. Диаграмма температура – состав для ограниченно смешивающихся жидкостей (по методу Алексева [4]) в интервале температур 0...100 °С: 1 – ацетонитрил; 2 – этанол

циркулирующего экстрагента [6]), то применение ацетонитрила более целесообразно. Численное значение β рассчитано по следующему уравнению [6]:

$$\beta = X_{ie}X_{pr}/X_{ir}X_{pe}, \quad (8)$$

где X_{ie} и X_{ir} – концентрация изоабиенола в экстракте и рафинате;

X_{pe} и X_{pr} – концентрация пренолов в экстракте и рафинате.

Таким образом, различные растворители при взаимодействии со смесью, обогащенной полипренолами и изоабиенолом, образуют гетерогенную систему жидкость – жидкость, состав которой зависит от концентрации, температуры и природы экстрагента.

Сопоставление диаграмм, представленных на рис. 6, показывает, что наибольшей областью гетерофазности обладает экстракционная система полипренолы – изоабиенол – ацетонитрил. Из расчета процесса экстракции по полученным равновесным данным следует, что для выделения 98 % изоабиенола от содержания его в исходной смеси полипренолы – изоабиенол требуется 4 ступени экстракции при использовании этанола и 6 ступеней – ацетонитрила. Однако в первом случае выделенный изоабиенол содержит до 10 % полипренолов.

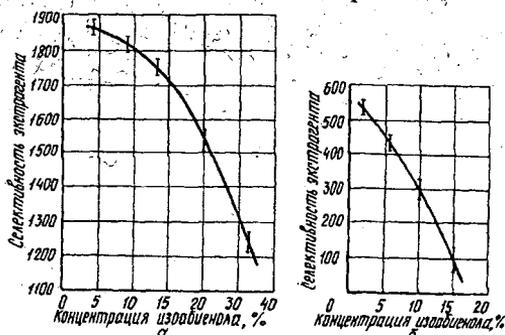
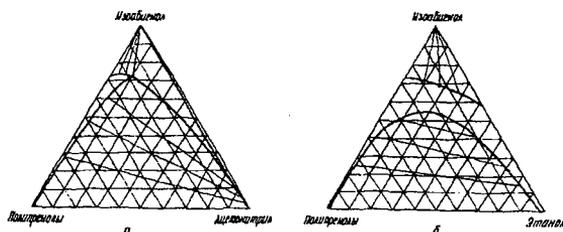


Рис. 5. Зависимость селективности экстрагента от концентрации изоабиенола в фазе рафината для ацетонитрила (а) и этанола (б)

Рис. 6. Диаграмма растворимости при температуре 20 °С трехкомпонентных систем полипrenoла – изоабиенола – ацетонитрила (а) и полипrenoла – изоабиенола – этанола (концентрация 96 %) (б)



Выводы

1. Установлен характер взаимодействия смеси полипrenoла – изоабиенола с различными экстрагентами.
2. Показана высокая селективность испытанных жидкостных гетерофазных систем, обуславливающих возможность эффективного разделения смеси полипrenoла – изоабиенола методом жидкостной экстракции. Установлены основные параметры процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Биккулов А.З. Оценка избирательной способности растворителей по физико-химическим константам // Химия и технология топлив и масел. - 1967. - № 2. - С. 24 - 26. [2]. Броунштейн Б.И., Железняк А.С. Физико-химические основы экстракции. - Л.: Химия, 1966. - 521 с. [3]. Григорьева Н.Я., Моисеенков А.М. Физиологическая активность полиизопреноидов (Обзор патентных данных) // Хим. фармацевт. журнал. - 1989. - № 2. - С. 144 - 155. [4]. Практикум по физической химии / Под ред. С.В.Горбачева. - М.: Высш. шк., 1974. - 496 с. [5]. Рид Р., Праусниц Д., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. - Л.: Химия, 1982. - 591 с. [6]. Трейбал Р. Жидкостная экстракция. - М.: Химия, 1966. - 730 с. [7]. Chromatographic separation of mixtures of natural compounds enriched with polyprenols / S.Vasiliev, V.Nesterov, V.Roshchin, I.Gusarova // 8th International symposium on wood and chemistry. - Helsinki, 1995. - P.21 - 28. [8]. Ekman R., Sjöholm R., Hannus K. Isoabienol, the principal diterpene alcohol in pinus sylvestris needles // Acta. Chem. Scand. - 1977. - Bd. 31, N 10. - P. 965 - 967. [9]. Hannus K., Pensar G. Polyisoprenols in pinus sylvestris // Phytchemistry. - 1974. - Vol. 13. - P. 2563 - 2565. [10]. Kusnetsov S.Ju., Roshchin V.I. Vorklishe Beukteilung der androprotectorischen eigenshaften des preparates RSL-1-88-1«BF» // IX Osterreichisher geratrie-kongress «Haufige diagnostische und terapeutische Fehler in der Geratrie». - Osterreich, 1990. - P. 26.

Поступила 15 апреля 1996 г.

С. Н. ВАСИЛЬЕВ, В. И. РОЩИН, Р. Ш. АБИЕВ

С.-Петербургская лесотехническая академия



Абиев Руфат Шовкетович родился в 1966 г., окончил в 1987 г. Ленинградский технологический институт им. Ленсовета, кандидат технических наук, ассистент кафедры оптимизации химической и биохимической аппаратуры С.-Петербургского технического университета. Область научных интересов – процессы и аппараты химической технологии, в частности пульсационная резонансная аппаратура.

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ СМЕСЕЙ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПОЛИПРЕНОЛЫ И ИЗОАБИЕНОЛ, МЕТОДОМ ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ СМЕСИ НЕЙТРАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ХВОЙНЫХ ПОРОД

На модельных смесях полипренолы – изоабиенол определены оптимальные условия проведения процесса фракционирования смеси нейтральных веществ хвойной древесной зелени методом жидкостной экстракции; построены схемы многоступенчатой экстракции при перекрестном токе и противотоке.

The optimum conditions for carrying out the fractionation process of neutral substances mixture of coniferous wood greenery by liquid extraction have been determined based on the model polyprenole – isoabienole mixtures; multistage extraction diagrams have been plotted at the cross – and countercurrent.

Нейтральные соединения древесной зелени хвойных пород («Концентрат провитаминный хвойный», ОСТ 56-64-85) являются ценным сырьем для получения ряда биологически активных препаратов [2]. Учитывая высокую термолабильность веществ, входящих в состав этого продукта, разделение его на отдельные компоненты наиболее эффективно может быть осуществлено методом жидкостной экстракции.

Наши исследования (с. 83 – 89) показали целесообразность проведения этого процесса при температуре, не превышающей 60 °С, в условиях атмосферного давления с использованием в качестве экстрагента ацетонитрила или этанола. Дитерпеновые спирты, главным пред-

ставителем которых в сосне обыкновенной является изоабиенол, будут распределяться в этом случае между экстрагентом и несмешивающейся с ним фракцией, обогащенной полипренолами. Таким образом, исследование процесса экстракции сложной смеси природных соединений может быть сведено к рассмотрению закономерностей распределения в трехкомпонентной системе с *i*-псевдокомпонентом (суммой дитерпеновых спиртов) в качестве распределяемого вещества.

Температурные параметры процесса экстрагирования провитаминового концентрата уточняли исходя из того, что поведение смеси нейтральных соединений при нормальных условиях соответствует поведению бингамовской жидкости, начальное сопротивление сдвигу которой отлично от нуля. Переход в состояние ньютоновской жидкости происходит лишь при температуре, превышающей 55 °С, т. е. сильная зависимость реологических характеристик провитаминового концентрата от температуры обуславливает необходимость проведения процесса экстракции при температурах, близких к 60 °С.

Поскольку селективность экстрагента падает с ростом концентрации распределяемого вещества [1], что особенно сказывается на первой ступени экстракции, при экспериментах со смесью нейтральных соединений прежде всего определяли минимально допустимое количество растворителя для эффективного проведения процесса. Соотношение растворитель – экстрагируемые вещества для ацетонитрила равно 2 : 1. При таком соотношении полипренолы и их ацетаты по данным ТСХ-анализа в экстрагируемую часть нейтральных соединений практически не переходят.

Исследование взаимодействия провитаминового концентрата с этанолом показало снижение селективности этого экстрагента не только в присутствии компонентов разделяемой смеси, но и при повышении температуры системы до 60 °С. В случае достижения этой температуры наблюдалась полная гомогенизация системы при любой концентрации распределяемых веществ. Однако повышение объемной доли воды в экстрагенте до 10 % позволило получить при соотношении экстрагент – разделяемая смесь, равном 4 : 1, гетерогенную систему с удовлетворительным (не более 5 % от суммы веществ, переходящих в экстракт) содержанием полипренолов в экстракте.

Для разделения компонентов применяли метод экстракции с перекрестным током при максимальном приближении к равновесному состоянию фаз. Это объясняется тем, что была необходима максимальная очистка рафината от примесей дитерпеновых спиртов, а также тем, что коэффициент распределения полипренолов в использованных экстрагентах чрезвычайно низок. Экстрагирование проводили равными порциями экстрагента на всех ступенях, так как экстракция заданным количеством растворителя наиболее эффективна при равномерном его распределении по стадиям процесса. Экстрагент после его отгонки от извлеченных веществ поступал на следующую ступень экстрагирования [4].

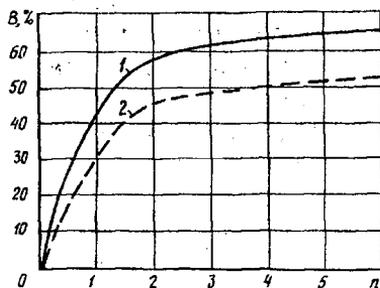


Рис. 1. Выход экстрагируемых компонентов B (% от исходной смеси) по ступеням экстрагирования n при температуре $60\text{ }^{\circ}\text{C}$: 1 — 90 %-й этанол (модуль процесса 4); 2 — ацетонитрил (модуль 2)

Содержание в рафинате распределяемого компонента на n -й ступени X_n при таком проведении процесса можно определить по следующей формуле (при условии, что коэффициент экстракции постоянен):

$$\bar{X}_n = \frac{\bar{X}_s}{(E_i + 1)^n} \quad (1)$$

где \bar{X}_s — исходная концентрация компонента в разделяемой смеси;

E_i — коэффициент экстракции.

В случае исследования многокомпонентных систем их равновесные характеристики существенно зависят не только от температуры и соотношения фаз, но и от степени извлечения распределяемой группы веществ, так как эти соединения не только имеют различные коэффициенты распределения, но и могут влиять на взаимную растворимость [4]. Изучение равновесия в таких системах методами, обычными для тройных систем, может привести к серьезным ошибкам. Поэтому процесс исследовали постадийно. На каждой ступени экстрагирования определяли выход экстрактивных веществ (экстрагенты — ацетонитрил и этанол) (рис. 1), а также групповые коэффициенты распределения K_i (отношение концентраций распределяемой части нейтральных соединений в экстракте и рафинате) и экстракции E_i (отношение количества экстрагируемых веществ (i -го псевдокомпонента) в фазе экстракта к количеству их в соответствующей фазе рафината) (табл. 1).

При расчете K_i были сделаны следующие допущения.

1. В качестве растворителя исходной смеси нейтральных соединений принимали всю непереходящую в использованный экстрагент фракцию этих соединений. Относительно этой фракции определяли концентрацию распределяемых веществ.

2. Неэкстрагируемую фракцию и экстрагент считали полностью нерастворимыми друг в друге.

3. Суммарный экстракт от всех ступеней принимали за 99 % содержащегося в исходной смеси распределяемого вещества.

4. Плотность смеси нейтральных соединений считали постоянной на всех ступенях процесса и равной 930 кг/м^3 .

Таблица 1
**Коэффициенты распределения K_i и экстракции E_i
 по ступеням процесса фракционирования
 смеси нейтральных соединений**

Степень экстрагирования	K_i	E_i
1	4,41/5,45	8,82/21,81
2	3,63/8,64	8,85/57,60
3	3,69/8,97	11,18/89,65
4	3,29/8,67	11,11/119,59
5	1,96/4,75	7,00/79,16
6	1,67/4,12	6,18/78,48

Примечание. В числителе приведены значения коэффициентов для ацетонитрила (массовое соотношение провитаминный концентрат – экстрагент равно 1 : 4), в знаменателе – для этанола (1 : 2).

На основании полученных значений K_i были рассчитаны значения E_i на каждой ступени экстрагирования. Так как определенные значения E_i много больше 0,5, то распределение всего количества экстрагента между ступенями экстрагирования целесообразно [4].

На 6-й ступени процесса выход экстрактивных веществ как для ацетонитрила, так и для этанола не превышал 0,5 % от суммы извлеченных соединений. Поэтому для проведения фракционирования такое число ступеней экстракции считали достаточным. При использовании в качестве экстрагента ацетонитрила и этанола 90 %-й концентрации в экстракт соответственно переходило около 50 и 70 % от исходных нейтральных соединений.

Полученные экспериментальные данные были использованы для расчета процесса экстракции с перекрестным током, а также противоточной экстракции при применении в качестве экстрагента 90 %-го этанола как наиболее технологичного растворителя. Уравнение материального баланса по распределяемому веществу (i -му псевдокомпоненту) для экстракции с перекрестным током имеет следующий вид [1]:

$$AX_0 = AX + SY, \quad (2)$$

где A – количество первичного растворителя (неэкстрагируемой части нейтральных веществ), кг;

X_0, X – концентрация i -го псевдокомпонента в исходном растворе и рафинате, кг/кг;

S – количество экстрагента, кг;

Y – концентрация i -го псевдокомпонента в экстракте, кг/кг.

При соотношении экстрагента и первичного растворителя $S/A = b$ уравнение примет вид

$$X_0 = X + bY,$$

откуда

$$Y = (X_0 - X)/b. \quad (3)$$

Таблица 2

Данные расчета равновесной концентрации
в системе провитаминный концентрат – этанол (массовое соотношение 1 : 4)

Выход экстрактивных веществ, мас. доля	Концентрация экстрактивных веществ X		Равновесная концентрация Y*, кг/кг экстрагента
	кг/кг исходного сырья	кг/кг растворителя	
0,00	0,68	2,05	—
0,36	0,32	0,96	0,0900
0,20	0,11	0,35	0,0500
0,06	0,06	0,17	0,0170
0,03	0,03	0,07	0,0075
0,02	0,02	0,03	0,0035
0,01	0,01	0,01	0,0000

Данные постадийного расчета равновесных концентраций приведены в табл. 2. При расчете $X_0 = 0,68$ кг/кг, следовательно $b = A/S = 0,32/4 = 0,0825$. Графическая интерпретация полученных результатов представлена на рис. 2.

Запишем уравнение материального баланса при противоточной экстракции [1]:

$$-A(X_k - X_0) = S(Y_1 - Y_n), \quad (4)$$

где X_k, X_0 – конечная и начальная концентрации экстрактивных веществ в рафинате, кг/кг;

Y_1, Y_n – то же в экстракте, кг/кг.

Аналогично для $n - 1$ ступеней:

$$A(X_0 - X_{n-1}) = S(Y_1 - Y_n),$$

откуда

$$Y_n = -A/S(X_0 - X_{n-1}) + Y_1. \quad (5)$$

Полученные результаты представлены графически на рис. 3.

Сравнение данных рис. 2, 3 показывает, что для достижения заданной конечной концентрации извлекаемых нейтральных соединений в рафинате ($X_n = 0,01$ кг/кг) при использовании в качестве экстрагента 90 %-го этанола и перекрестном токе требуется 6 ступеней

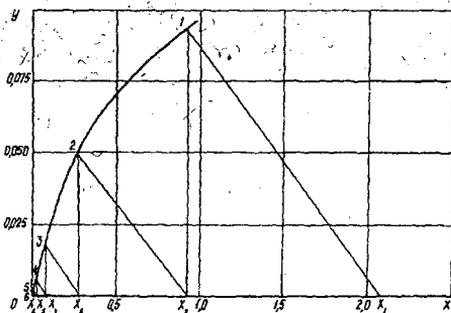
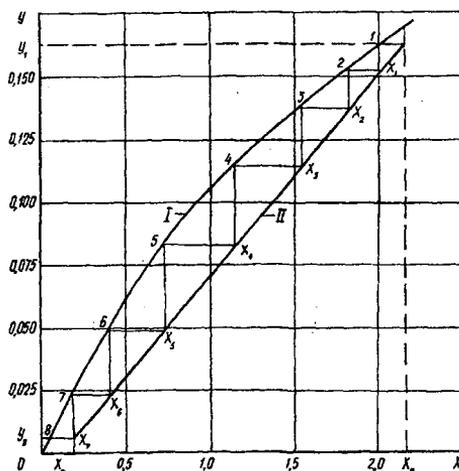


Рис. 2. Схема многоступенчатой экстракции концентрата изоабиенола из провитаминного концентрата 90 %-м этанолом при перекрестном токе и температуре 60 °С

Рис. 3. Схема многоступенчатой противоточной экстракции концентрата изоабиенола из провитаминного концентрата 90 %-м этанолом при температуре 60 °С; I – равновесная кривая; II – рабочая кривая



экстрагирования, что в 1,5 раза меньше, чем при противоточной экстракции тем же экстрагентом. При дальнейшей переработке полученных экстракта и рафината по технологии [3] были выделены концентраты полипренолов и изоабиенола, пригодные для применения как профилактические биологически активные препараты.

Выводы

1. Исследован процесс фракционирования провитаминного концентрата из хвойной древесной зелени методом жидкостной экстракции. Определены оптимальные параметры процесса. В качестве экстрагента (на основе его селективности и технологической пригодности (высокая ПДК)) выбран 90 %-й этанол.

2. Построены схемы многоступенчатой экстракции при перекрестном токе и противотоке. Показано, что при использовании противотока заданная чистота рафината достигается за 8 ступеней экстрагирования, что в 1,5 раза больше, чем при перекрестном токе. Поэтому в связи с малыми объемами (до 5 т/год) перерабатываемого сырья экстракция с перекрестным током более предпочтительна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Берестовой А.М., Белоглазов И.Н. Жидкофазные экстракторы (инженерные методы расчета). - Л.: Химия, 1982. - 207 с. [2]. Васильев С.Н., Роцин В.И., Ягодин В.И. Состав экстрактивных веществ древесной зелени *Pinus sylvestris* // Растительные ресурсы. - 1995. - № 2. - С.76 - 112. [3]. Пат. РФ 2015150 С1, МКИ 5 С09 F 1/00. Способ переработки древесной зелени хвойных пород / В.И. Роцин, С.Н. Васильева, И.С. Павлуцкая и др. - Опубл. 30.06.94, Бюл. № 12. [4]. Трейбал Р. Жидкостная экстракция. - М.: Химия, 1966. - 722 с.

Поступила 15 апреля 1996 г.

УДК 66.061.4

С. Н. ВАСИЛЬЕВ, Р. Ш. АБИЕВ, В. И. РОЩИН, Г. М. ОСТРОВСКИЙ

С.-Петербургская лесотехническая академия

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ СМЕСЕЙ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПОЛИПРЕНОЛЫ И ИЗОАБИЕНОЛ, МЕТОДОМ ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАКЦИИ

3. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ МАССОБМЕНА ПРИ ЭКСТРАКЦИОННОМ ФРАКЦИОНИРОВАНИИ НЕЙТРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ХВОЙНОЙ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ В СИСТЕМЕ ЖИДКОСТЬ - ЖИДКОСТЬ

Изучена зависимость динамических характеристик процесса экстрагирования от способа организации гидродинамического режима; исследованы кинетические закономерности массообмена при экстракционном фракционировании нейтральных веществ хвойной древесной зелени; рассмотрена возможность расчета основных показателей гидродинамического режима экстрагирования в аппаратах с турбинной мешалкой и горизонтальных пульсационных резонансных экстракторах; показано увеличение скорости массообмена при применении аппаратов пульсационного резонансного типа в сравнении с традиционно применяемыми аппаратами с мешалкой.

The dependence of dynamic characteristics of extraction process on the way of organizing the hydrodynamic mode has been studied. Kinetic regularities of mass exchange at extraction fractionation of neutral substances of coniferous wooden greens have been investigated. The possibility of calculating the main properties of hydrodynamic mode of extraction has been considered in the devices with turbine-type mixer and horizontal pulsation resonant extractors. Increase of the mass exchange speed has been shown when applying the devices of pulsation resonant type in comparison with traditionally used devices with mixers.

Интенсивность массообмена между двумя жидкими фазами описывается уравнением [5]

$$N = k A \Delta C, \quad (1)$$

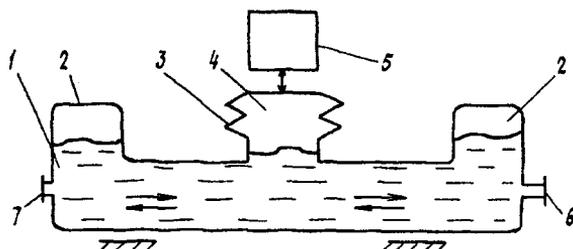
где N – скорость массообмена;

k – общий коэффициент массопередачи;

A – межфазная поверхность;

ΔC – разность концентраций.

Рис. 1. Схема экспериментальной установки ГПРА: 1 – корпус; 2 – резонатор; 3 – упругий элемент (сильфон); 4 – пульсационная камера; 5 – генератор колебаний; 6, 7 – штуцеры ввода и вывода



В общем случае она определяется величиной межфазной поверхности и градиентом концентрации, а также гидродинамическими условиями проведения процесса. При заданных начальных концентрациях экстрагента и фракционируемой смеси рассмотрение процесса массообмена в системе жидкость – жидкость сводится к исследованию его зависимости от характера диспергирования взаимодействующих фаз.

Для обеспечения качества и полноты извлечения экстрактивных веществ в системе жидкость – жидкость требуется создание гидродинамического режима, обеспечивающего максимально быстрое достижение равновесного состояния при минимальных энергозатратах.

Анализ характеристик основных типов экстракционной аппаратуры [1, 5] показал, что предъявляемым требованиям в наибольшей степени отвечает представленный на рис. 1 горизонтальный пульсационный резонансный аппарат (ГПРА), существенно превосходящий традиционные модели, а по энергоемкости способный конкурировать с экстракторами интенсивного действия (роторно-дисковыми и вибрационными). Эффективность этого экстрактора для фракционирования смесей нейтральных соединений из хвойной древесной зелени может быть оценена при сравнении основных показателей его работы с показателями традиционной экстракционной аппаратуры.

Как показано выше (см. с. 90–95), процесс фракционирования смесей нейтральных веществ, обогащенных полипренолами и изоабиенолом, наилучшим образом может быть организован при экстракции с перекрестным током и применением в качестве экстрагента этанола с концентрацией, не превышающей 90 %, модуле процесса 4 и температуре, близкой к 60 °С. Следовательно, для его реализации целесообразно использовать смесительно-отстойные экстракторы со смесителями пульсационно-резонансного типа, что и явилось предметом исследования в данной работе. Для сравнения рассмотрен вариант перемешивания в турбинной мешалке (ТМ) с четырьмя отражательными перегородками.

Процесс диспергирования зависит от соотношения сил инерции (обусловленных движением сплошной фазы относительно дисперсной и вязкостью взаимодействующих фаз) и сил поверхностного натяжения на границе раздела несмешивающихся жидкостей. При температуре 60 °С экспериментально определена динамическая вязкость нейтральных соединений древесной зелени, значение которой составило $(1,50 \pm 0,05)$ Па·с.

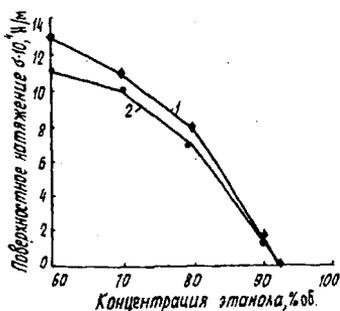


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения в системе нейтральные соединения – раствор этанола от концентрации растворителя при температуре 60 °С в чистом экстрагенте (1) и в насыщенном растворе экстрактивных веществ (2)

Результаты анализа поверхностного натяжения σ в системе раствор этанола – нейтральные соединения сталагмометрическим методом (диаметр отверстия $d = 0,5$ мм) приведены на рис. 2. Поверхностное натяжение определено из соотношения

$$\sigma = \Delta \rho g V_k / \pi d f, \quad (2)$$

где $\Delta \rho$ – разность между плотностями фаз, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

V_k – объем капли, м³;

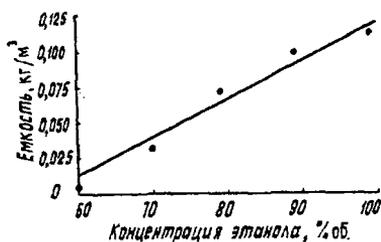
d – диаметр отверстия, м;

f – коэффициент, учитывающий несферичность капли и образование последующей капли при отрыве первой (табулированная величина).

Как следует из рис. 2, величина поверхностного натяжения существенно возрастает при снижении концентрации экстрагента. Одновременно не только уменьшается его емкость более чем в три раза (рис. 3), но и, по данным ГЖХ-анализа (колонка – стальная, 3×2000 мм, фаза – 5 % SE-30 на инертоне-супер при программировании температуры от 120 до 270 °С со скоростью 8 °С/мин), происходит изменение состава экстрактивных веществ за счет снижения доли изоабиенола (целевой компонент) при одновременном увеличении доли трициклических дитерпеновых спиртов. Поэтому в дальнейших экспериментах использовали в качестве экстрагента 90 %-й этанол.

Сравнительное исследование кинетики экстракции проводили в лабораторных аппаратах ГПРА (Ш-образная трубчатая конструкция с внутренним диаметром 0,04 м и подводом колебаний к средней трубе; амплитуда колебаний штока 0,005 м при частоте 13 Гц) и ТМ (диаметр корпуса 0,1 м, диаметр мешалки 0,03 м, частота вращения вала 26,6 с⁻¹) с рабочим объемом 1·10⁻³ м³ при сопоставимой интенсивности воздействия на жидкость. Так, измеренная методом мотор-весы удельная массовая диссипация мощности ϵ_m в ТМ составила 3,23 Вт/кг, а эта же величина ϵ_p , рассчитанная по условиям одностороннего движения жидкости, в ГПРА – 1,02 Вт/кг. Температура рабочей среды во всех опытах 60 °С.

Рис. 3. Зависимость емкости растворов этанола от его концентрации при растворении смеси нейтральных веществ хвойной древесной зелени



Кинетические кривые для ГПРА и аппарата ТМ в координатах $[\ln(1 - C/C_k)] - T$ (где C , C_k – текущая и максимальная концентрации переходящего в экстракт вещества; T – продолжительность экстракции) показаны на рис. 4. Тангенс угла наклона графиков, характеризующий скорость процесса, для ТМ и ГПРА соответственно составил 0,56 и 0,81.

Таким образом, удельная диссипация вводимой мощности в ТМ в 3,20 раза выше, чем в ГПРА, а скорость в 1,45 раза ниже. Меньшая эффективность аппарата ТМ может быть объяснена высокой неравномерностью распределения диссипируемой энергии по объему аппарата, а значит, и большой дисперсией размеров капель и относительных скоростей. В ГПРА колебательным движениям подвержены все частицы жидкости практически в равной степени, что, вероятно, приводит к улучшенным динамическим характеристикам процесса экстракции.

Согласно формуле Кольдербанка [4], удельная межфазная поверхность в аппарате ТМ

$$a = 26,8 \varphi_2 (\mu_1/\mu_2)^{0,25} \epsilon_M^{0,4} \rho_1^{0,2} / \sigma^{0,6}, \quad (3)$$

где ρ_1 – плотность сплошной фазы, $\rho_1 = 784 \text{ кг/м}^3$;

φ_2 – объемная доля дисперсной фазы, $\varphi_2 = 0,2$;

μ_1, μ_2 – динамическая вязкость сплошной и дисперсной фаз,

$\mu_1 = 0,69 \text{ мПа}\cdot\text{с}$; $\mu_2 = 1,5 \text{ Па}\cdot\text{с}$;

σ – межфазное натяжение.

Удельная межфазная поверхность $a = 525 \text{ м}^{-1}$. Тогда средний размер капель

$$\delta_{m,1} = 6 \varphi_2 / a = 2,3 \text{ мм}. \quad (4)$$

С учетом распределения капель по размерам по методу Кафарова – Бабанова [2] получены следующие распределения капель дисперсной фазы по диаметру:

поверхностно-объемный диаметр, $\delta_{\text{по}}$ 71 мкм;

максимальный размер, δ_{max} 187 мкм;

средний размер, $\delta_{\text{ср}}$ 71 мкм.

Оценка размера капель в ГПРА проведена по формуле, представляющей собой баланс сил межфазного натяжения и гидродинамического давления:

$$\delta_n = 8\sigma / \rho_1 (A_{\text{от}} \omega)^2, \quad (5)$$

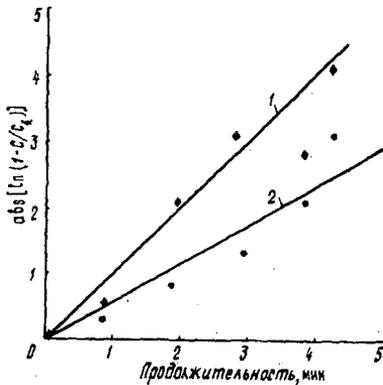


Рис. 4. Логарифмическая зависимость концентрации дитерпеновых спиртов в 90 %-м этаноле от продолжительности экстрагирования смеси нейтральных веществ хвойной древесной зелени в ГПРА (1) и ТМ (2) при модуле процесса 4 и температуре 60 °С

где $A_{от}$ — относительная амплитуда колебаний фаз, рассчитанная по формуле Граната [3], $A_{от} = 1$ мм; ω — угловая частота колебаний жидкости, $\omega = 82$ с⁻¹.

Согласно уравнению (5), $\delta_p = 560$ мкм, что значительно превосходит аналогичный показатель для аппарата ТМ. Полученные данные противоречат результатам экспериментов по определению скорости экстрагирования в аппаратах ГПРА и ТМ. Таким образом, на сегодняшний день нет теории, позволяющей достоверно рассчитывать размеры капель в экстракторах с различным типом диспергирования фаз, а значит, и коэффициенты массопереноса. Вместе с тем эксперименты свидетельствуют о весьма высокой эффективности пульсационных резонансных аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Берестовой А.М., Белоглазов И.Н. Жидкостные экстракторы (инженерные методы расчета). - Л.: Химия, 1982. - 206 с. [2]. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах. - Л.: Химия, 1984. - 336 с. [3]. Гранат Н.Л. Движение твердого тела в пульсирующем потоке вязкой жидкости // Изв. АН СССР. Механика и машиностроение. - 1961. - № 1. - С. 70 - 78. [4]. Стенк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками. - Л.: Химия, 1975. - 384 с. [5]. Трейбал Р. Жидкостная экстракция. - М.: Химия, 1966. - 724 с.

Поступила 12 сентября 1997 г.

УДК 630*866

В. М. УШАНОВА, С. В. УШАНОВ, С. М. РЕПЯХ

Красноярская государственная технологическая академия

Ушанова Валентина Михайловна родилась в 1950 г., окончила в 1973 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии древесины Красноярской государственной технологической академии. Имеет около 20 научных работ в области химической переработки древесины.



Ушанов Сергей Викторович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии древесины Красноярской государственной технологической академии. Имеет около 40 научных работ в области технической кибернетики.



Репях Степан Михайлович родился в 1937 г., окончил в 1966 г. Сибирский технологический институт, профессор, доктор химических наук, профессор кафедры химической технологии древесины, проректор по научной работе Красноярской государственной технологической академии, член-корреспондент МАН ВШ. Имеет более 180 научных работ в области химии древесины, экологии, биохимии.



ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЫРЬЯ НА ПРОЦЕСС ЭКСТРАКЦИИ

Рассмотрено влияние подготовки сырья на процесс извлечения экстрактивных веществ при экстракции сжиженной углекислотой. Изучена кинетика извлечения летучих компонентов при экстракции коры пихты и приведена модель динамики процесса экстрагирования.

The influence of stock preparation on the process of extractives' removal at the liquified carbon dioxide extraction has been considered. The kinetics of extracting volatile constituents at fir bark extraction has been studied, and there has been given a model of the extracting process dynamics.

В настоящее время актуальной является задача разработки эффективных методов рационального использования растительного сырья, в том числе коры пихты, содержащей ценные биологически активные вещества (БАВ). На выход БАВ при экстракции коры пихты оказывают влияние различные факторы. Состав экстрактивных веществ и их количество зависят от используемого растворителя, его полярности и селективности. На процесс экстрагирования оказывает влияние и температура. Повышение температуры увеличивает выход экстрактивных веществ, но отрицательно сказывается на сохранности БАВ. При извлечении БАВ из растительного сырья нагрев должен быть ограничен температурой, при которой не будет происходить деструкция этих веществ. Оптимальной при углекислотной экстракции является температура 20...22 °С. Выход экстрактивных веществ определяется также продолжительностью экстракции и технологическими свойствами сырья.

Решающее значение для экстракции растительного сырья сжиженными газами имеет его предварительная подготовка: в частности, вид, способ и степень измельчения сырья оказывают существенное влияние на скорость процесса экстракции и коэффициент извлечения экстрактивных веществ. Хорошее измельчение сокращает продолжительность экстракции и способствует лучшему извлечению экстрактивных веществ [3].

Нами проведены исследования влияния степени измельчения сырья и продолжительности экстракции на выход экстрактивных веществ. Влияние других факторов было стабилизировано.

Модель динамики процесса экстрагирования определяется следующей системой дифференциальных уравнений [1, 2]:

$$Y_i(t) = k_i (Y_{\max} - Y_i(t)), i = 1, 2, \dots, n; \quad (1)$$

$$Y(t) = \sum_{i=1}^n A_i Y_i(t); \quad \sum_{i=1}^n A_i = 1,$$

где $Y(t)$, $Y_i(t)$ – общее количество извлеченного экстракцией вещества и количество извлеченного экстракцией вещества из сырья i -й размерной группы;

t – продолжительность экстракции;

i – номер размерной группы ($i = 1, 2, \dots, n$);

n – число размерных групп экстрагируемого сырья;

$k_i = k/r_i^2$ – коэффициент массоотдачи для i -й размерной группы;

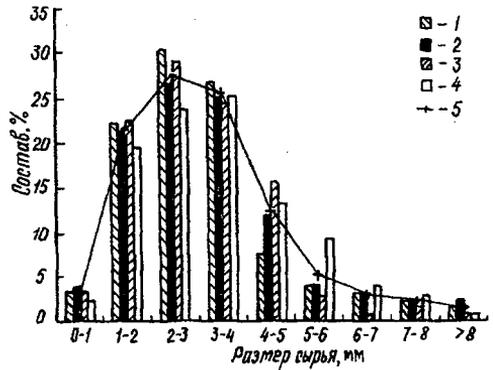
k – коэффициент массоотдачи при $r = 1$;

r_i – характерный размер сырья i -й размерной группы;

Y_{\max} – содержание экстрагируемого вещества в сырье;

A_i – доля сырья с характерным размером r_i .

Рис. 1. Гистограмма распределения сырья по размерным группам в различных экспериментах: 1 – эксперимент 1; 2 – 2; 3 – 3; 4 – 4; 5 – средние значения



Решая систему (2), получаем

$$Y(t) = Y_{\max} \left(1 - \sum_{i=1}^n A_i \exp(-kt/r_i^2) \right). \quad (3)$$

Активный эксперимент проведен на промышленном экстракторе малого предприятия «Фитекс» акционерного общества «Канский БХЗ».

При измельчении сырья придается структура, необходимая для быстрого извлечения из него БАВ. Гистограмма распределения сырья в условиях эксперимента приведена на рис. 1

В результате идентификации параметров модели (2) методами нелинейного программирования на основании данных активного эксперимента имеем $Y_{\max} = 4,342$, $k = 3,2765$. Среднее отклонение экспериментальных и расчетных значений составляет 4,1 % при максимальном отклонении 7,1 %.

Экспериментальные исследования показали существенное влияние степени подготовки сырья на выход экстрактивных веществ [4]. Это подтверждено и теоретическими исследованиями [1, 2]. Определим характерный размер сырья r , при котором обеспечивается заданная степень извлечения γ , при заданной продолжительности экстракции t_3 :

$$\gamma_3 = (Y_{\max} - Y(t_3)) / Y_{\max}. \quad (4)$$

Для сырья одной размерной группы уравнению (3) соответствует уравнение

$$Y(t) = Y_{\max} (1 - \exp(-kt/r^2)), \quad (5)$$

из которого следует, что

$$r = (-kt_3 / \ln(\gamma_3))^{1/2}. \quad (6)$$

Таким образом, определение степени измельчения сырья при заданных продолжительности экстракции и степени извлечения экстрактивных веществ позволяет обоснованно подойти к вопросам первичной подготовки сырья. Результаты расчетов представлены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, при заданной продолжительности экстракции 5 ч и степени извлечения 0,85 характерный размер сырья $r = 3$ мм.

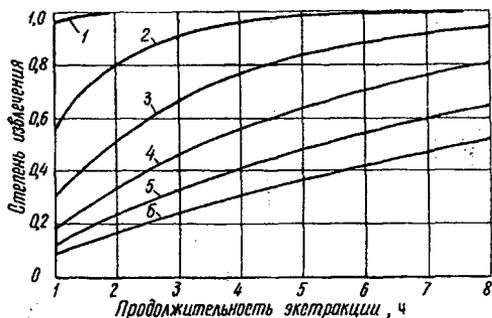


Рис. 2. Влияние размера частиц коры пихты на выход летучих компонентов: 1 - 1 мм; 2 - 2; 3 - 3; 4 - 4; 5 - 5; 6 - 6 мм

При измельчении коры пихты наличие частиц размером до 1 мм приводит к уплотнению слоя, образованию застойных зон и уменьшению общей поверхности контакта с экстрагентом. Выход экстрактивных веществ снижается и при увеличении размера частиц свыше 5 мм, что объясняется молекулярной диффузией через клеточную стенку, значительно усложняющей процесс экстракции. Оптимальный размер частиц - от 2 до 3 мм.

Нами изучено влияние размера частиц коры пихты на степень извлечения экстрактивных веществ при заданной продолжительности процесса экстракции при получении углекислотных экстрактов. Интенсификация этого процесса невозможна без глубокого изучения диффузно-кинетических характеристик. Кинетика извлечения экстрактивных веществ (летучих компонентов) при углекислотной экстракции коры пихты представлена на рис. 3.

Как видно из рис. 3, при увеличении продолжительности экстракции возрастают как выход углекислотного экстракта, так и содержание летучих компонентов в нем.

В ходе экспериментальных исследований состава летучих компонентов установлено, что основной фракцией являются монотерпеновые углеводороды. При увеличении продолжительности экстракции с 2 до 5 ч их выход увеличивается с 2,74 до 3,42 % от абс. сухого вещества. Наибольшее количество кислородсодержащих соединений извлекается уже за 2 ч экстракции. Анализ полученных результатов показывает, что продолжительность экстракции зависит от размерной группы извлекаемых соединений. Это подтверждается и расчетами с использованием математической модели (2).



Рис. 3. Кинетика выхода экстрактивных веществ при углекислотной экстракции коры пихты: 1 - летучие компоненты; 2 - монотерпены; 3 - сесквитерпены; 4 - кислородсодержащие вещества

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования углекислотной экстракции коры пихты позволяют сделать вывод, что наиболее существенным фактором является степень подготовки сырья, оказывающая влияние на выход экстрактивных веществ при различной продолжительности процесса экстракции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование. Система твердое тело – жидкость. - Л.: Химия, 1974. - 356 с. [2]. Аксельруд Г.А. Теория диффузионного извлечения веществ из пористых тел. - Львов, 1959. - 235 с. [3]. Пономарев В.Д. Экстрагирование лекарственного сырья. - М.: Медицина, 1974. - 208 с. [4]. Репях С.М., Воронин В.М., Ушанова В.М. Переработка древесной зелени пихты // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. «Химия и использование экстрактивных веществ дерева». - Горький, 1990. - С. 90 - 91.

Поступила 23 декабря 1996 г.

УДК 630*813.11

А. Ф. ГОГОТОВ, А. Н. ЗАКАЗОВ, В. А. БАБКИН

Отдел химии древесины Иркутского института органической химии СО РАН

Гоготов Алексей Федорович родился в 1949 г., окончил в 1973 г. Иркутский государственный университет, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории делигнификации древесины Иркутского института органической химии СО РАН. Имеет около 80 печатных трудов в области химии лигнина и древесины.



Заказов Александр Николаевич родился в 1956 г., окончил в 1978 г. Иркутский государственный университет, кандидат химических наук, заведующий лабораторией делигнификации древесины Иркутского института органической химии СО РАН. Имеет более 60 печатных трудов в области химии древесины.





Бабкин Василий Анатольевич родился в 1941 г., окончил в 1968 г. Иркутский государственный университет, доктор химических наук, профессор, заведующий Отделом химии древесины Иркутского института органической химии СО РАН. Имеет свыше 300 печатных трудов в области химии древесины.

КИСЛОТНО-ОСНОВНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРОДУКТОВ КОНДЕНСАЦИИ БАРБИТУРОВОЙ КИСЛОТЫ С ЛИГНИНОМ И ЕГО МОДЕЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Исследовано взаимодействие лигнина с метиленактивными соединениями, в частности с барбитуровой кислотой. Установлено, что продукту конденсации барбитуровой кислоты с лигнином свойственна кислотно-основная таутомерия.

The reaction of lignin with methylene active compounds, barbituric acid in particular, has been investigated. It has been found out, that the dew product of barbituric acid with lignin is characterized by acid-basic tautomerism.

Реакция лигнина с метиленактивными соединениями (МАС) сопровождается интенсивным окрашиванием, что широко используется в биохимических исследованиях для контроля процесса лигнификации растительной ткани [5].

Данная реакция подробно рассмотрена в монографии [1], где приведены многочисленные гипотетические схемы образования и превращений новых хромофоров на примере кониферилового альдегида.

В более поздних публикациях [2, 3] подтверждено, что реакционными центрами лигнина в данной реакции являются активные карбонильные группы (альдегидная, хинонная, хинонметидная), и на примере барбитуровой кислоты (БК) и ванилина показана вероятная структура и кислотно-основная таутомерия образующихся продуктов конденсации.

В настоящем сообщении приведены результаты исследования спектральных свойств продуктов конденсации БК с различными карбонилсодержащими модельными соединениями лигнина и лигнином.

Для синтеза барбитуратов модельных соединений лигнина использовали методики, изложенные в [2]. Реагирующие вещества брали в эквимольных количествах, смешивали с минимальным объемом воды, после чего суспензии или растворы нагревали при перемешивании в термостате при температуре 85...90 °С в течение 2 ... 3 минут. Для ускорения процесса добавляли 1–2 капли катализатора – 0,1 н. НСl. О конце

реакции обычно свидетельствовало изменение окраски раствора по сравнению с исходной или выпадение нерастворимого в воде осадка продукта конденсации.

Спектральные характеристики продуктов реакции карбонилсодержащих модельных соединений и (тио)БК определяли на спектрофотометре «Spectord M40» (концентрация соединения – $6,25 \cdot 10^{-4}$ моль/л; растворитель – диоксан). Таутомерные превращения регистрировали в системе диоксан – вода (соотношение 95 : 5) при различных рН.

Результаты исследования спектральных свойств барбитуратов различных карбонильных соединений представлены в таблице.

Выбор ванилина в качестве простейшей мономерной единицы, моделирующей карбонилсодержащий фрагмент лигнина, вместо общепринятого кониферилового альдегида, по нашему мнению, допустим, поскольку сравнение спектров двух ароматических альдегидов – коричневого и бензойного – выявило их определенное сходство. Наличие сопряженной – С = С-связи в коричневом альдегиде приводит к получению продукта конденсации с большим молекулярным показателем поглощения (МПП) и батохромному смещению максимума поглощения (длина волны $\lambda = 370$ нм против 324 нм у бензальдегида) – (соединения 1 и 2).

Спектральные характеристики барбитуратов различных ароматических карбонильных соединений

Номер по порядку	Соединение	Окраска производного	λ , нм		МПП $\cdot 10^{-4}$, л \cdot моль \cdot см $^{-1}$	
			1	2	1	2
1	Барбитурат коричневого альдегида	Ярко-желтая	370	-	2,10	-
2	Барбитурат бензальдегида	Желтая	324	-	0,67	-
3	Ванилинбарбитурат	Ярко-желтая	395	474	2,49	7,38
4	Ванилнтиобарбитурат	Оранжево-красная	424	503	2,99	7,16
5	Изованилинбарбитурат	Желтая	390	-	2,40	-
6	о-ванилинбарбитурат	Бледно-желтая	343	512	1,03	0,17
7	Пиперональбарбитурат	Ярко-желтая	381	-	1,50	-
8	Барбитурат вератрового альдегида	«	397	-	2,30	-
9	Барбитурат протока-техового альдегида	Темно-желтая	411	476	1,90	5,80
10	Хинонметидбарбитурат	Фиолетовая, быстро переходящая в красно-кирпичную	357	454	0,45	0,87
11	Хинонмонобарбитурат	Вишневая, быстро ослабевающая до бесцветной	297	-	0,38	-
12	Хинондибарбитурат	«	295	-	0,33	-

Среди исследованных продуктов конденсации БК можно выделить три группы:

- 1) ванилин и его изомеры (соединения 3, 5, 6);
- 2) деметилированные и алкилированные производные ванилина (соединения 7 - 9);
- 3) хиноны и хинонметиды (соединения 10 - 12).

Продукты конденсации *o*-, *m*- и *p*-ванилина с БК имеют спектры поглощения (рис. 1, а, б, а также [2]) с характерным максимумом в ближней УФ-области, относящимся к неионизированной форме ванилинбарбитурата.

Как следует из полученных спектров, производное *m*-ванилина имеет максимум поглощения при 390 нм, интенсивность которого не меняется с изменением рН. При повышении рН среды от 4 до 12 *o*- и *p*-изомеры ванилина дают продукты конденсации, способные к таутомерным превращениям. Однако в случае *o*-ванилина хиноидная форма гваяцильного фрагмента, по-видимому, образует либо водородные связи с гидроксильными группами гетероцикла БК, либо другую полядерную сопряженную систему [6], из-за чего резко падает интенсивность поглощения максимума хиноидной формы и происходит его батохромный сдвиг (на 38 нм). Для *p*-ванилина образование водородных связей вследствие пространственного удаления маловероятно. Максимумы поглощения хиноидных форм *o*- и *p*-ванилина находятся соответственно при 512 и 474 нм. МПП этих таутомерных форм составляет $0,17 \cdot 10^4$ и $7,38 \cdot 10^4$ л·моль·см⁻¹, т. е. для ванилинбарбитурата эта величина в 43 раза больше.

Спектры поглощения продуктов конденсации ванилина, изованилина, пипероналя и вератрового альдегида показывают, что этерификация фенольного гидроксила в положении 4 ароматического кольца подавляет способность производных к кислотнo-щелочной таутомерии. Если ванилин и протокатеховый альдегид дают производные, имеющие интенсивные максимумы поглощения как в кислой, так и в щелочной

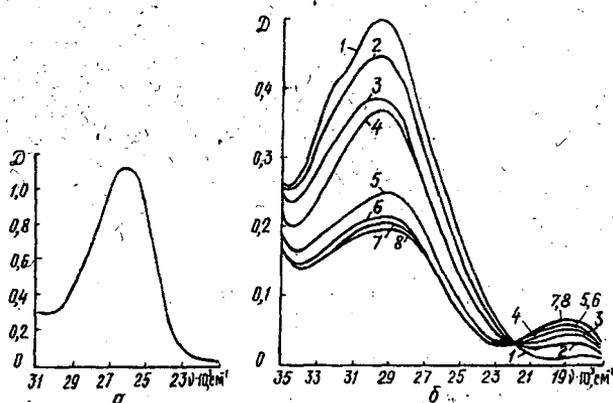


Рис. 1. Спектры поглощения изованилина при рН 4;12 (а) и *o*-ванилина (б) при различных значениях рН: 1 - 4; 2 - 5; 3 - 6; 4 - 7; 5 - 8; 6 - 9; 7 - 10; 8 - 11

среде, то алкилированные по фенольному гидроксилу, расположенному в *n*-положении к альдегидной группе, модельные соединения (изованилин, вератровый альдегид и пиперональ) дают производные с максимумом поглощения, интенсивность которого не зависит от рН среды. Следовательно, алкилированные по фенольному гидроксилу фрагменты не способны образовывать резонансные структуры, приводимые в [1] для объяснения механизма реакции между протолигнином и МАС.

Среди элементов хромофорной системы лигнина определенную роль играют хиноидные структуры [9]. Поскольку хиноны и хинонметиды в условиях изучаемой реакции активно взаимодействуют с МАС (о чем говорит появление окраски), проведена оценка образующихся аддуктов с БК. В качестве модельного хинонметида использовано известное индивидуальное соединение – розоловая кислота. Установлено, что продукт конденсации двух кислот окрашивает первоначально раствор в фиолетовый цвет. При этом ему, как и производным ванилина, свойственна способность к таутомерным превращениям – в спектре фиксируются два максимума: при 357 и 454 нм соответственно. Еще более низкие значения МПП, чем в случае аддукта розоловой кислоты (соединение 10), регистрируются для производных хинона (соединения 11 и 12). Эти продукты, несмотря на первоначально вишневую (исчезающую со временем) окраску раствора, имеют максимумы поглощения в УФ-области при $\lambda = 297...295$ нм. Моно- и дибарбитураты не способны к таутомерным превращениям, величины МПП для них соответственно составляют $0,38 \cdot 10^4$ и $0,33 \cdot 10^4$ л·моль⁻¹·см⁻¹. Способность к таутомерии производного хинонметида, в отличие от аддуктов хинона, можно объяснить, по-видимому, структурой розоловой кислоты. В монографии [8] отмечается высокая чувствительность розоловой кислоты к изменению рН, что предопределило ее использование как кислотно-основного индикатора [7]. Таким образом, хиноидные карбонильные структуры, по сравнению с альдегидными, имеют более слабое поглощение и более короткие длины волн максимумов поглощения. Эти результаты позволяют предположить, что вклад хиноидных структур лигнина [9] (с учетом их концентрации) в общее поглощение продукта конденсации лигнина с БК в области максимумов поглощения производных альдегидных групп будет незначителен.

Известно, что удлинение цепи сопряжения приводит к bathochromному сдвигу максимума поглощения [8]. Это подтверждается и нашими данными (соединения 1 и 2). В работе [4] показано, что отличительной особенностью лигнина осины является наличие более длинной боковой цепочки алкилароматического фрагмента (С₆ – С₅ против общепринятого С₆ – С₃). Действительно, при исследовании таутомерных превращений продукта конденсации диоксанлигнина осины с БК получены спектры с четко выраженными максимумами поглощения в видимой области спектра при $\lambda = 420$ нм для рН 1 и при $\lambda = 606$ нм для рН 12 (рис. 2).

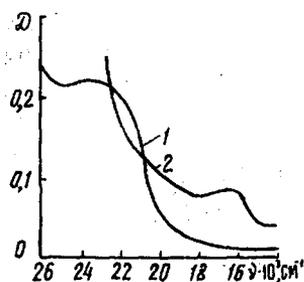


Рис. 2. Кривые поглощения продукта конденсации барбитуровой кислоты с диоксанлигнином осины в кислой (1) и щелочной (2) средах

Сравнение спектральных характеристик ванилинбарбитурата и ванилтиобарбитурата (соединения 3 и 4) показало, что наличие серы в гетероцикле приводит к смещению максимумов поглощения обеих форм в длинноволновую область примерно на 30 нм. Значения МПП для таутомерных форм барбитурата и тиобарбитурата отличаются мало.

Таким образом, использование модельных карбонилсодержащих соединений показало следующее:

- 1) таутомерные превращения претерпевают только фрагменты с незамещенным фенольным гидроксилом в *п*- и *о*-положении к альдегидной группе;
- 2) наличие кислотно-основной таутомерии незамещенных карбонилсодержащих фенольных структур и отсутствие таковой для алкилированных фрагментов позволяют применить реакцию лигнина с БК для дифференциации структурных карбонилсодержащих единиц лигнина;
- 3) продукты конденсации барбитуровой кислоты с хинонными фрагментами обладают более низкими значениями МПП, имеют максимумы поглощения в УФ-области и не подвержены таутомерным превращениям;
- 4) продуктам конденсации лигнина с БК свойственна кислотно-основная таутомерия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Браунс Ф.Э., Браунс Д.А. Цветные реакции лигнифицированных материалов // Химия лигнина. - М.: Лесн. пром-сть, 1964. - С. 45 - 79.
- [2]. Гоготов А.Ф., Заказов А.Н., Бабкин В.А. О взаимодействии лигнина с метиленактивными соединениями // Химия древесины. - 1992. - № 2 - 3. - С. 44 - 46. [3]. Заказов А.Н., Гоготов А.Ф., Бабкин В.А. Исследование реакции лигнина с метиленактивными соединениями // Тез. докл. 6-й Межреспублик. школы-семинара «Исследования в области химии древесины». - Рига, 1991. - С. 22. [4]. Количественная спектроскопия ЯМР ¹H и ¹³C лигнинов ели (*Picea obovata*), осины (*Populus tremula*) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) /Л.В. Каницкая, И.Д. Калихман, С.А. Медведева и др. // Химия древесины. - 1992. - № 4 - 5. - С. 73 - 81. [5]. Лебедев К.К. Цветные реакции и гетерогенность одревеснения // Сб. тр. ЦНИЛХИ. - Горький, 1965. - Вып. 16. - С. 36 - 52. [6]. Левина Р.Я., Величко Ф.К. Успехи химии барбитуровых кислот // Успехи химии. - 1960. - Т. 29, вып. 8. - С. 929 - 971. [7]. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. - М.: Химия, 1965. - 390 с. [8]. Степанов Б.И. Введение в химию и технологию органических красителей. - М.: Химия, 1984. - 590 с. [9]. Чудаков М.И. Хромофоры компонентов древесины // Химия древесины. - 1978. - № 2. - С. 1 - 18.

УДК 674.815-41:630.824.834

В. М. БАЛАКИН, Ю. И. ЛИТВИНЕЦ, А. В. ТОРИЦИН
Уральская государственная лесотехническая академия

Балакин Вячеслав Михайлович родился в 1940 г., окончил в 1963 г. Уральский политехнический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии переработки пластмасс Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 печатных работ в области исследования связующих и древесных композиционных материалов.



Литвинец Юрий Иванович родился в 1948 г., окончил в 1971 г. Уральский политехнический институт, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии переработки пластмасс Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет более 30 печатных работ в области исследования древесностружечных плит специального назначения.



Торицин Алексей Валерьевич родился в 1970 г., окончил в 1993 г. Уральскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры технологии переработки пластмасс Уральской государственной лесотехнической академии. Имеет 3 печатных работы в области создания малотоксичных карбамидоформальдегидных связующих для древесных композиционных материалов.



**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ
КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ
ДЛЯ МЕХАНО-ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ**

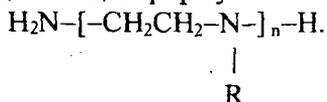
С целью снижения токсичности карбамидоформальдегидных связующих и древесных композиционных материалов на их основе изучена модификация смол с различным мольным соотношением карбамида и формальдегида в процессе

синтеза полиэтиленполиаминами марок А, Б и Г. Установлено, что наибольший эффект дает полиэтиленполиамин марки А.

To reduce the toxicity of carbamide-formaldehyde binders and wooden compound materials the modification of resins based on them with different mole ratio of carbamide and formaldehyde has been investigated in the process of polyethylene-polyamines' synthesis of A, Б and Г types. It has been stated that polyethylene-polyamine of A type is the most efficient.

При производстве древесных композиционных материалов (древесностружечные плиты, фанера, древесно-клеевые материалы и др.) в качестве связующего обычно используют карбамидоформальдегидные смолы (КФС). Доступность и дешевизна исходных продуктов для получения смол привели к их широкому распространению, однако недостаточная устойчивость КФС к длительному воздействию влаги и повышенной температуры в процессе эксплуатации изделий вызывает выделение формальдегида, оказывающего вредное действие на организм человека.

Одним из перспективных направлений снижения токсичности КФС является получение модифицированных смол путем совместной конденсации карбамида и формальдегида с другими компонентами, содержащими активные группы, способные к связыванию формальдегида. Интерес с этой точки зрения представляют полиэтиленполиамины (ПЭПА) различного строения. Промышленность выпускает технические ПЭПА марок А, Б и Г. Химическое строение ПЭПА условно можно представить следующей общей формулой:



Из полиаминов линейного строения в состав технических ПЭПА входят этилендиамин ($n = 1$, $R = \text{H}$), диэтилентриамин (ДЭТА; $n = 2$, $R = \text{H}$), триэтилтетрамин (ТЭТА; $n = 3$, $R = \text{H}$) и более высокомолекулярные полиамины ($n = 5 \dots 10$, $R = \text{H}$). Полиамины линейного строения преобладают в ПЭПА марки А. Наряду с линейными в ПЭПА (особенно марки Г) содержатся разветвленные полиамины с $R = \text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_2$, а также имеющие пиперазиновые группировки ($\text{N} =$ — аминоэтилпиперазин и др.). Наличие в составе технических ПЭПА полифункциональных аминов различного строения представляет богатые возможности для регулирования структуры КФС.

Известно [1] применение полиаминов как добавки к готовым КФС с целью снизить токсичность, однако это не дает значительного эффекта из-за необходимости применения гидрохлоридов ПЭПА, так как амины в виде оснований замедляют отверждение смол.

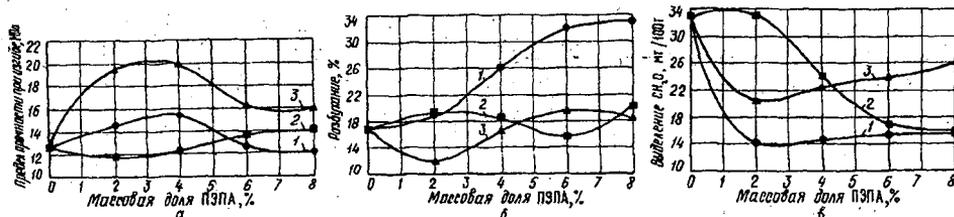
Известно, что ПЭПА легко вступают в реакцию с формальдегидом, уже при обычной температуре образуя аминотетраольные производные, а при нагревании – смолообразные продукты вплоть до полностью отвержденных. При совместной конденсации ПЭПА с карбамидом и формальдегидом протекают известные реакции образования метилольных производных при $pH > 7$ и поликонденсации при $pH < 7$ [2].

Для установления влияния состава и структуры ПЭПА на свойства КФС нами проведено исследование модификации смолы типа КФ-0 полиэтиленполиаминами марок А, Б, Г в процессе синтеза. В основу методики синтеза модифицированных смол положена технология производства КФ-0 периодическим способом [3]. В реакцию дополнительно вводили на первой стадии 2...8 % ПЭПА указанных марок (от массы основного карбамида).

Анализ выявил, что основные физико-химические показатели полученных смол соответствуют требованиям ГОСТ 14231–88. Введение ПЭПА в структуру смолы оказывает положительное влияние на содержание свободного формальдегида и выделение его при отверждении смолы. При увеличении количества модификатора массовая доля свободного формальдегида снижается до 0,01...0,10 % (особенно это заметно у образцов смол, модифицированных ПЭПА марки Г). Резко снижается (до 0,01...0,03 мг/г) выделение формальдегида при отверждении. У исходных образцов смолы КФ-0 этот показатель составляет до 10 мг/г. Очевидно, что при отверждении модифицированных смол в меньшей степени протекают реакции между метилольными группами, приводящие к малоустойчивым метиленэфирным связям, а более характерны реакции аминогрупп (карбамида и ПЭПА) с метилольными.

На основе модифицированных смол были изготовлены лабораторные образцы однослойных древесностружечных плит (ДСтП) по ранее предложенному режиму [1]. Зависимость физико-механических показателей ДСтП от количества ПЭПА, введенного в смолу при ее синтезе, представлена на рисунке.

Как видно из приведенных графиков, при увеличении массовой доли ПЭПА марки А, содержащего большое количество полиаминов линейного строения (ДЭТА и выше), несколько ухудшаются прочность и водостойкость плит,



Зависимость физико-механических показателей ДСтП от массовой доли ПЭПА марок А (1), Б (2) и Г (3) в смоле: а – предел прочности при изгибе; б – разбухание за 24 ч; в – выделение формальдегида по методу WKI (температура 60 °С, продолжительность 4 ч)

в тоже время выделение формальдегида снижается до 14...15 мг/100 г плиты. Модификация КФС полиэтиленполиаминами (марок Б и Г), содержащими полиамины разветвленного и циклического строения, практически не изменяет физико-механические показатели ДСтП.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что наибольший интерес с точки зрения снижения токсичности представляет ПЭПА марки А, добавленный в количестве 2...6 % от массы карбамида.

С целью дальнейшего снижения токсичности была изучена модификация полиэтиленполиамином марки А смолы с конечным мольным соотношением карбамид : формальдегид = 1,0 : 1,2. Условия получения смолы соответствовали промышленной технологии производства смолы КФ-МТ-15 (к формалину добавляли 6 % полиамины).

Модифицированная смола имела следующие усредненные физико-химические показатели:

Массовая доля сухого остатка.....	66,6 %
Массовая доля свободного формальдегида.....	0,06 %
Условная вязкость по ВЗ-4.....	58,2 с
Продолжительность желатинизации с хлоридом аммония (1 %)...	78,6 с
Предельная смешиваемость смолы с водой.....	1 : 10

Соответствуя по основным показателям требованиям ГОСТ 14231-88, модифицированная смола имеет низкое содержание свободного формальдегида и хорошую смешиваемость с водой.

Трехслойные ДСтП толщиной 16 мм (плотность 700 кг/м³), изготовленные на основе модифицированной смолы (расход 12 %), имеют физико-механические показатели, приведенные в таблице.

Представленные в таблице данные, показывают, что прочность и разбухание ДСтП соответствуют требованиям ГОСТ 10632-89, по содержанию формальдегида плиты можно отнести к классу эмиссии Е1.

Полученные результаты подтверждают перспективность модификации смолы КФ-МТ-15 в процессе синтеза полиэтиленполиаминами марки А с целью снизить токсичность древесных композиционных

Показатель	Статистические характеристики				
	Среднее значение показателя	<i>n</i>	<i>S</i> ²	<i>S</i>	<i>v</i>
Предел прочности при изгибе, МПа	24,8	12	21,9	4,7	18,9
Разбухание по толщине за 24 ч, %	25,3	16	13,7	3,7	14,6
Содержание формальдегида, мг/100 г абс. сухой плиты	9,2	16	7,5	2,7	29,6

Примечание. *n* – объем выборки; *S*² – выборочная дисперсия; *S* – среднее квадратичное отклонение; *v* – коэффициент вариации, %.

материалов. Результаты исследования использованы при разработке технологии производства модифицированной карбаминоформальдегидной смолы ҚФ-МТ-А6, предназначенной для изготовления малотоксичных древесностружечных плит и фанеры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Балакин В.М., Глухих В.В., Кузовников В.А. Исследование влияния различных добавок на токсичность древесностружечных плит // Технология древесных плит и пластиков: Межвуз. сб. науч. тр. - Свердловск, 1987. - С. 74 - 78. [2]. Доронин Ю.Г., Кондратьев В.П. Карбаминоформальдегидные смолы для малотоксичных древесностружечных плит - М., 1987. - 33 с. (Плиты и фанера: Обзор. информ. ВНИПИЭИлеспром). [3]. Доронин Ю.Г., Мирошниченко С.Н., Свиткина М.М. Синтетические смолы в деревообработке. - М.: Лесн. пром-сть, 1987. - 224 с.

Поступила 8 июля 1996 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*78

В. П. НЕМЦОВ

Секция наук о лесе РАЕН



Немцов Виктор Петрович родился в 1931 г., окончил в 1954 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, академик РАЕН и РИА, заслуженный работник лесной промышленности РСФСР, первый заместитель председателя Секции наук о лесе РАЕН. Имеет более 115 печатных работ в области лесозексплуатации, лесотранспорта и лесного машиностроения.

**ПРОЕКТ ОСВОЕНИЯ
ТРУДНОДОСТУПНЫХ ЛЕСНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ**

Для освоения труднодоступных лесных массивов России выбран оптимальный вариант аэростатических летательных аппаратов (АЛА). Определен регион использования и минимальный парк АЛА. Рассчитан объем капитальных вложений на внедрение системы «Лесолет» из 10 летательных аппаратов.

To develop hard-to-reach stands of Russia the optimum variant of aerostatic aircraft has been chosen (AAC). The region of application and minimum park of AAC has been determined. The level of capital investments has been estimated for introducing the «Lesolet» system consisting of 10 aircrafts.

Лесопромышленный комплекс (ЛПК) Российской Федерации за последние годы (1988 – 1996 гг.) потерял приоритет в экономике страны. Его доля в валовом внутреннем продукте и экспорте России сократилась примерно до 5%.

Мощности по вывозке древесины за этот период снизились до 184 млн м³ (примерно в два раза). Однако они в 1995 – 1996 гг. исполь-

зовались на 51...64 %. В результате за 1988 – 1996 гг. годовые объемы вывозки уменьшились на 260 млн м³.

Основными причинами потери приоритетности ЛПК являются: неудовлетворительное финансирование научно-технических программ развития отраслей; бесконечные преобразования структур управления промышленным производством в центре и регионах; некомпетентное руководство промышленным производством; грабительская приватизация предприятий (организаций); неразумная налоговая политика государства; отсутствие совершенной правовой базы в лесном законодательстве и др.

Особо следует выделить слабое развитие транспортных путей и инфраструктуры в большинстве лесозаготовительных регионов страны, что делает их труднодоступными для освоения традиционными методами.

Справедливости ради следует отметить, что в последние годы Федеральное правительство выделяло небольшие ссуды на реконструкцию. Однако часть из них не дошла до предприятий, а другая была израсходована ими не по назначению – на покрытие долгов в связи с тяжелым финансовым положением.

Снижение объемов заготовки древесины в 1996 г. до уровня 93,8 млн м³ привело к очень слабому использованию расчетной лесосеки – до 20 %. Этот показатель стал самым низким за весь послевоенный период развития страны (даже в 1946 г. было заготовлено 146 млн м³).

Не лучше обстоит дело с экологическим состоянием лесов России. Ежегодно большой ущерб лесному хозяйству наносят пожары, вредители, болезни и промышленные эмиссии, которыми ежегодно повреждается 2,0...2,5 млн га леса.

Кроме того, в России ежегодно теряется 46,6 и 102,4 млн м³ ликвидной древесины, которая недополучена соответственно при рубках ухода и выборочных. Эти древостои в процессе самоизреживания попадают в отпад, увеличивая захламленность и пожароопасность лесов.

Учитывая сложившееся положение в лесном секторе страны, можно утверждать, что ему необходимы срочные научно-технические и экономические меры государственного значения и поддержка государства.

Госкомлеспром России определил в 1996 г. три главных направления инвестиций в лесозаготовительное производство:

более широкое распространение сортиментной технологии заготовки древесины при рубках главного и промежуточного пользования; увеличение объемов машинной хлыстовой заготовки в освоенных лесосырьевых базах регионов, в первую очередь в европейской части России;

создание и освоение производства отечественного комплекта лесозаготовительных машин нового поколения для рубок главного и промежуточного пользования.

Как видим, в этих направлениях не предусмотрено освоение лесосырьевых баз труднодоступных регионов России из-за отсутствия на-

дежных транспортных путей и необходимой инфраструктуры, создание которых невозможно при данной экономической ситуации в отрасли.

Штаб отрасли не предложил альтернативы решения этой проблемы государственного масштаба, «цена» которой примерно 200...220 млн м³ древесины ежегодно.

В свое время ЦНИИМЭ в «Прогнозе технологии и техники лесозаготовок до 2015 г.» были научно обоснованы направления развития лесозаготовительной отрасли:

повышение эффективности использования лесных ресурсов страны;

перевод лесной индустрии на интенсивный путь развития (машинизация и автоматизация технологических процессов);

расширение комплексной переработки древесного сырья при условии постоянного возобновления леса как восстанавливаемого источника сырья и фактора экологического равновесия в природе;

разработка и внедрение новых ресурсосберегающих и экологически чистых технологий, а также систем машин для ведения лесозаготовительных и лесохозяйственных работ;

перевод лесозаготовительных предприятий на постоянное (неистощительное) лесопользование и комплексное ведение лесозаготовительных и лесохозяйственных работ;

создание современных социальных условий труда и быта работников лесной индустрии и др.

При сопоставлении современных и доперестроечных представлений о направлениях инвестиций в лесозаготовительную отрасль нетрудно заметить большое различие в подходах. Очевидно, что прежние руководители отрасли ставили перед собой и специалистами более масштабные научные и практические задачи, имеющие к тому же и большую экологическую и социальную направленность.

Сложность практического решения названных проблем очевидна. Однако рано или поздно нам придется приступить к индустриальному освоению труднодоступных лесных массивов, для которого недостаточно только традиционных методов.

В качестве одного из нетрадиционных методов научно-технического прогресса в лесозаготовительной отрасли предлагается освоение труднодоступных лесосырьевых баз России вахтовым методом с помощью аэростатических летательных аппаратов (АЛА). Данный проект под названием «Транспортная система для перевозки древесины на основе аэростатических летательных аппаратов «Лесолет»» разработан в 1991 г. в Институте прикладных проблем. Был создан временный творческий коллектив из специалистов разных организаций: руководитель В. Г. Кореньков (НПО «Элорма» АН СССР), П. А. Нечаев и И. Л. Куприн (МАИ), В. П. Немцов и А. А. Гмызин (ВНПО Леспром), В. Г. Дворянинов (Министерство экономики СССР), В. А. Бугаев (ГосНИИГА).

В проекте рассмотрена возможность освоения таежной зоны России, а именно 11 наиболее значимых труднодоступных лесозагото-

вительных районов, длительное время не осваиваемых в объемах расчетной лесосеки из-за отсутствия надежных наземных транспортных путей, и социальной инфраструктуры. Это Лешуконский лесхоз Архангельской области; Комсомольский и Печоро-Илычский лесхозы Республики Коми; Красновишерский, Колвинский и Вайский лесхозы Пермской области; Салымский, Балыкский, Мешонский и Нижневартовский лесхозы Тюменской области; Александровский лесхоз Томской области; Ярцевский, Северо-Енисейский и Кожемский лесхозы Красноярского края; Киренский и Катангский лесхозы Иркутской области; Романовский и Витимский лесхозы Республики Бурятия; Экимчанский лесхоз Амурской области; Эворонский, Комсомольский, Горинский и Амгуньский лесхозы Хабаровского края; Светлинский, Малокамский и Верхне-Перевольнинский лесхозы Приморского края.

Лесопокрытая площадь этих лесозаготовительных районов составляет 32 625 тыс. га, эксплуатационный запас 2973,2 млн м³, в том числе хвойных 2174,61 млн м³, расчетная лесосека по состоянию на 1991 г. 71,380 млн м³ в год, в том числе по хвойному хозяйству 52,537 млн м³. Расстояния транспортировки древесины до ближайших мест переработки, железнодорожных или водных транспортных путей изменяются в пределах от 50 до 500 км.

Промышленное освоение этих лесов крайне важно для обеспечения внутренних потребностей страны в лесоматериалах и расширения экспорта лесобумажной продукции, а также экологического оздоровления лесов.

Как противовес большим капиталовложениям, при освоении традиционными способами авторы проекта предлагают менее капиталоемкий вахтовый метод лесозаготовок с применением на транспортных работах новых летательных аппаратов большой грузоподъемности, которые по технико-экономическим показателям более доступны, чем вертолеты.

На первом этапе предлагается использовать летательные аппараты иностранных партнеров. При этом для обеспечения валютной самокупаемости проекта, а также быстрого развития экспорта лесоматериалов необходимо организовать доставку хвойной древесины на лесоперерабатывающие предприятия, вырабатывающие экспортную продукцию, в города: Архангельск, Канск, Лесосибирск, Братск, Усть-Илимск и др. из ближайших лесосырьевых баз.

Новые более дешевые по эксплуатационным параметрам АЛА могут быть широко использованы также при тушении пожаров и разработке горельников.

В проекте всесторонне рассмотрена актуальная проблема повышения эффективности разработки природных ресурсов России при минимизации затрат средств и времени реализации. В частности, предложено развивать экономику страны за счет привлечения зарубежных инвестиций, направленных на реализацию конкретных проектов, например развитие транспорта и разработку природных ресурсов независимыми организационно-экономическими структурами при соблюдении

условия уверенной окупаемости затрат в приемлемые сроки. При этом может рассматриваться разработка различных природных ресурсов (лес, нефть, газ и др.).

Учитывая научную специализацию членов авторского коллектива, на первом этапе разработки и внедрения проекта было решено рассмотреть транспортные проблемы лесного комплекса России. Необходимость такого решения была продиктована рядом причин.

1. Россия, располагающая самыми большими лесосырьевыми ресурсами по сравнению с развитыми лесозаготовительными странами (Канада, США, Финляндия), уступает им как по физическому объему экспорта, так и по валютной выручке на 1 м³ сырья, вовлеченного в сферу международной торговли.

2. Основные запасы лесосырьевых ресурсов России (75,7 %) сосредоточены в менее развитой азиатской части страны, где значительная их часть располагается в труднодоступной таежной зоне.

3. Экономические ограничения рубок в освоенных районах России, введенные на правительственном и региональном уровнях в последние годы, привели к значительному сокращению производственных мощностей и ощутимому спаду производства лесоматериалов в этих районах.

Эти причины вызвали сокращение объемов вывозки древесины за 1991 – 1995 гг. только по предприятиям бывшего Минлеспрома СССР на 44 млн м³.

При сложившихся технических и экономических ограничениях АЛА позволят с высокой эффективностью соединить труднодоступные регионы с существующими транспортными сетями.

Применение АЛА для транспортировки лесоматериалов из недоступных районов на лесоперерабатывающие предприятия, производящие экспортную продукцию, позволит сразу же получать валютную прибыль, распределяя доход между российскими и иностранными инвесторами по договоренности, что делает проект привлекательным для обеих сторон.

Анализ состояния развития АЛА в России и за рубежом свидетельствует о том, что при формировании транспортной сети на базе АЛА необходимо учесть следующие важные обстоятельства:

реализацию проекта не следует начинать с разработки отечественного АЛА, так как этот путь не обеспечит минимизацию затрат и времени реализации. Поэтому на первом этапе необходимо использовать реальные иностранные проекты АЛА;

фирмы США, Великобритании, Германии и Японии имеют проекты АЛА с техническими параметрами, близкими к необходимому, которые пока не реализованы из-за отсутствия надежного рынка сбыта, в качестве которого может рассматриваться Россия;

цена реального АЛА, выбранного для реализации проекта в России, не должна включать компенсацию затрат на разработку, так как Россия не являлась заказчиком этих проектов;

ориентировочно затраты на разработку нового АЛА составляют 300...350 млн долларов США;

по мнению специалистов, в перспективе АЛА будут широко и эффективно использоваться при лесозаготовках, разработке нефтегазовых месторождений, строительстве трубопроводов и энергетических сетей, атомных электростанций и других сложных промышленных объектов вдали от городов, а также при экологическом мониторинге на больших площадях и при комфортабельном туризме.

На втором этапе необходимо приступить к разработке российских проектов АЛА различного назначения на основе совместных с иностранными фирмами проектов следующего поколения АЛА с учетом мировых достижений и перспективой для эффективного экономического и социального развития Уральского, Сибирского и Дальневосточного регионов России.

Анализ технических параметров и технико-экономических показателей проектов АЛА, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях за последние годы, свидетельствует о том, что существующие АЛА являются безальтернативными транспортными системами в целом ряде областей применения. Такой приоритет им обеспечили последние достижения в области разработки новых материалов, авиационных двигателей, технологии производства газообразного гелия и др. В России интерес к АЛА также велик, о чем свидетельствует наличие большого количества общественных конструкторских бюро, работающих в инициативном порядке без федерального финансирования. Для решения этой научной проблемы в перспективе необходимо создать профессиональные научно-конструкторские коллективы и обеспечить государственные заказы на строительство АЛА различного назначения.

В настоящее время за рубежом более 20 известных фирм занимаются разработкой АЛА, среди которых можно выделить следующие проекты, наиболее подходящие для наших целей: гибридный АЛА фирмы «Гудьир Эйр Спейс Корпорейшн» (США) с полезной нагрузкой 45,4 тс; гибридный АЛА «Гелистат» фирмы «Пясецкий Эйркрафт» (США) с полезной нагрузкой 23,66 тс; гибридный АЛА «Сайко-Крейн» фирмы «Аэролифт» (США) с полезной нагрузкой 16 и 32 тс; дирижабль фирмы «Рен Скайшипс» (Великобритания – Шотландия) с полезной нагрузкой 25 тс; гибридный АЛА «Гелитрак» (Германия) с полезной нагрузкой 5...75 тс; дирижабль «Эйрфиш» (Германия) с полезной нагрузкой 50 тс; гибридный АЛА фирмы «Кавасаки» (Япония) с полезной нагрузкой 18 тс и др.

Сравнительные оценки зарубежных специалистов свидетельствуют о высокой эффективности АЛА в некоторых вариантах их применения. Так, при скорости полета 36 км/ч АЛА могут быть в три раза эффективнее морских судов, а при скорости полета 72 км/ч равноценными автомобильному и железнодорожному транспорту. По тактико-техническим и экономическим показателям они могут превосходить тяжелые современные вертолеты.

Назначение АЛА	Грузоподъемность, тс	Потребность, ед.
Лесозаготовки	25...75	1000
Разгрузка морских судов	16...80	200
Монтаж мачт линий электропередач	13...25	10
Доставка и монтаж:		
энергоблоков	180...900	30
бурового оборудования частей буровых платформ для разведки и добычи нефти в море	25...100	15
500		3
Транспортировка других грузов	25...900	10

По оценке американских специалистов из НАСА мировая потребность в АЛА различной грузоподъемности к концу XX в. составит ориентировочно около 1270 единиц (см. таблицу).

Оптимальная грузоподъемность АЛА для лесозаготовок регламентируется условиями применения: техническими параметрами технологических процессов лесозаготовок; способами производства лесозаготовительных работ; техническими параметрами грузоподъемных средств бирж сырья деревообрабатывающих предприятий и перевалочных баз; массой доставляемых по воздуху на лесосеку машин, оборудования, инвентарных зданий и сооружений, используемых на лесосеке при лесозаготовках. Грузоподъемность АЛА для борьбы с лесными пожарами определяется массой доставляемых к местам пожаров грузов: пожарной техники, бульдозеров, химикалий, воды и т. д.

По исследованиям фирмы «Гудьир» (1978 г.) для условий США наиболее подходящим аппаратом для указанных целей является «Летающий кран» с платной нагрузкой 38,1 тс и продолжительностью полета 4 ч с крейсерской скоростью 148 км/ч.

В системе «Лесолет» для использования на лесозаготовках и в лесном хозяйстве в расчете приняты за основу технические характеристики АЛА «Летающий кран» с уточненной расчетной платной нагрузкой 40 тс, равной примерно 50 м³ древесины:

Объем мягкой оболочки, наполненной газом, тыс. м ³	38,0
Грузоподъемность, тс.....	50,0
Аэростатическая подъемная сила, тс.....	38,25
Масса самого аппарата и экипажа, т.....	38,8
Расчетная платная нагрузка, тс.....	40,0
Рейсовая скорость, км/ч.....	120,0
Расчетная продолжительность полета, ч.....	4,0
Максимальная дальность полета без дозаправки топливом, км.....	4000

АЛА «Летающий кран» представляет собой комбинацию дирижабля и вертолета. Благодаря несущим винтам вертолетного типа и наполненной гелием мягкой оболочке дирижабль способен транспортировать громоздкие тяжеловесные грузы на малые и большие расстоя-

ния. Силовая установка АЛА состоит из четырех вертолетных двигателей мощностью примерно по 1600...1800 л. с. каждый.

В расчетах принята типовая транспортная операция по перевозке древесины, включающая полет аппарата от эксплуатационной базы до лесосеки протяженностью 240 км, взятие груза древесины на лесосеке и полет АЛА к деревообрабатывающему предприятию (комплексу) или пункту погрузки на другие виды наземного транспорта протяженностью также 240 км.

Взятие и отдача груза древесины выполняется АЛА в режиме зависания без швартовки, поэтому нет необходимости в создании временных площадок в местах погрузки – разгрузки. Последнее допущение не очевидно и подлежит проверке в процессе эксплуатации АЛА.

При расчетах были приняты и другие условия применения АЛА.

Аппарат используется на транспортных работах по вывозке леса 250 сут в году с учетом погодных условий и простоев, связанных с устранением неисправностей и выполнением регламентных работ, и по 16 ч в сутки, что составляет 4000 летных часов в год на каждый транспортный аппарат. При рейсовой скорости 120 км/ч и протяженности парного маршрута 480 км продолжительность рейса составит 4 ч, а в течение года каждый аппарат совершит 1000 парных рейсов и перевезет 50 тыс. м³ древесины.

Учитывая, что запасы древесины, сосредоточенные в труднодоступных лесосырьевых базах, огромны, целесообразно для обработки технологии и организации лесозаготовительных работ с помощью АЛА на первом этапе объем вывозки древесины ограничить 500 тыс. м³ в год.

Таким образом, с учетом принятых условий эксплуатации на первом этапе реализации проекта «Лесолет» потребуется 10 единиц АЛА. Во избежание распыления этот парк следует базировать одной группой вблизи крупного лесоперерабатывающего комплекса или перевалочного на другие виды транспорта узла, например в районе Усть-Илимск – Братск.

Целесообразно также все 10 АЛА разместить на одной долговременной эксплуатационной базе, имеющей круговые площадки с твердым покрытием и оборудованием для причаливания и швартовки каждого аппарата и один элинг для технического обслуживания и ремонта всех 10 аппаратов. Эксплуатационная база должна иметь необходимый комплекс зданий, сооружений и оборудования для технического обслуживания и ремонта, средства обеспечения топливом, а также весь комплекс управления воздушным движением и жилой поселок (городок) на 3000 человек.

Однако при базировании АЛА в удаленном районе могут быть использованы расчищенная круговая площадка без искусственного покрытия и портативная швартовочная мачта, доставляемая АЛА и устанавливаемая на подготовленной площадке командой из 2-3 человек за несколько часов. Такие мачты использовались ВМС США в годы второй мировой войны при безэллинговой эксплуатации самых крупных дирижаблей фирмы «Гудьир».

В расчетах стоимость одного АЛА принята 12 млн долларов США (по оценкам отечественных и зарубежных специалистов для аппарата данного класса); стоимость наземной базы 250 млн р. (здесь и далее в ценах 1991 г.); стоимость спецоборудования для технического обслуживания и ремонта АЛА 30 млн долларов США.

Общая численность персонала базы для обслуживания АЛА составляет примерно 900 человек. Ориентировочная стоимость жилого поселка (городка) для обслуживающего персонала и членов семей равна 50 млн р.

Среднегодовые доходы от использования расчетного парка АЛА системы «Лесолет» за счет реализации древесины на международном рынке составят 45 млн долларов при цене 100 долларов за 1 м³, срок валютной окупаемости в расчете на один АЛА с учетом платежей по кредитам – 4,2 года.

Суммарная валютная прибыль за 5 лет работы выразится суммой 30 млн долларов; часть ее (17 млн 250 тыс. долларов), начиная со второго года эксплуатации, может быть использована для возмещения текущих расходов в парк АЛА (75 млн р. в год), а также капитальных затрат с учетом процентных выплат в наземный комплекс и инфраструктуру (390 млн р.).

Начиная с 4-го года эксплуатации система «Лесолет» приносит чистую прибыль, которая к концу 5-го года составит 12 млн 750 тыс. долларов, а с 6-го – 43 млн 125 тыс. долларов ежегодно.

Реализация расчетной лесосеки названных труднодоступных сырьевых баз может принести доход 3,0...3,5 млрд долларов в год.

За рамками данного технико-экономического расчета остались рубки ухода за лесом и выборочные рубки, которые также требуют применения АЛА.

Поступила 10 апреля 1997 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 639.1:621.315.1

А. В. ГОРОХОВНИКОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

Гороховников Андрей Викторович родился в 1936 г., окончил в 1958 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и охотоведения С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет 35 печатных работ в области изучения санитарного состояния древостоев, охотоведения.

**ВЛИЯНИЕ ТРАСС ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ
НА МЛЕКОПИТАЮЩИХ***

Показано, что ЛЭП не являются препятствием для миграций животных. Многие млекопитающие используют их для питания и отдыха. Рекомендованы биотехнические мероприятия для дополнительного привлечения животных.

It has been shown that PTLs are not an obstacle for animals' migration. Many mammals use them for nourishing themselves and rest. Some biotechnical measures for additional attracting animals have been recommended.

В целях изучения возможности более полного использования территории ЛЭП было исследовано поведение диких животных на трассе ЛЭП-750 кВ.

Работники лесного и охотничьего хозяйства считают, что ЛЭП-750 кВ, имеющие сильное электрическое поле, являются почти неопределимой преградой для диких животных и серьезной помехой их миграции и увеличению численности. Для внесения ясности в этот вопрос нами были проложены наземные маршруты общей протяженностью 10 км и организовано аэровизуальное обследование территории ЛЭП и прилегающих участков.

Работа выполнена по ГНТП «Российский лес».

Учеты и наблюдения за перемещением животных через трассу показали, что активность животных в январе и феврале была небольшой. Отмечены редкие следы только лося и зайца-беляка, пересечение линии носило случайный характер.

В конце февраля и марте активность животных резко возросла. Кроме отмеченных учтены следы лисицы, куницы, ласки и волка. Следы лисицы и ласки не только пересекали ЛЭП, но и тянулись под ней на значительное расстояние – животные охотились на мышевидных грызунов. У зайцев и лосей на трассе отмечены жировки, а волки пересекали линию по следам лосей, вероятно, преследуя их.

Всего за полтора месяца работ на маршрутах учтено 8 троп и 251 след зайца-беляка, одна тропа и 37 переходов лосей, 12 следов лисицы, один – ласки, 4 – куницы, один переход волков.

При аэровизуальном обследовании обнаружено большое количество лосиных, заячьих и лисьих следов. Следы обнаружены под 98 пролетами между опорами ЛЭП. Отмечены не только единичные переходы животных, но и следы массового перехода, лежек, стоянок и питания. Весь видимый с самолета снежный покров под 25 пролетами был испещрен сеткой следов различной степени давности.

Лесхозы и охотничьи организации проводят различные мероприятия по отвлечению лосей от сосновых молодняков и культур, а кабанов от сельскохозяйственных угодий, для этого устраивают кормовые площадки и солонцы в местах, отдаленных от посадок. Такими площадками могут быть трассы ЛЭП, густой сетью разбросанные по всей стране. Лоси избегают густых лесных зарослей, а любят разреженные леса, зарастающие гари, прогалины и вырубки, травяные болота с богатыми запасами корма. Этому условию вполне удовлетворяют многочисленные трассы ЛЭП.

Можно предположить, что в период большой влажности воздуха и выпадения осадков животные ощущают на себе воздействие электроразрядов и предпочитают не пересекать трассу. При низкой влажности ЛЭП не является препятствием для их миграции.

В марте на трассе ЛЭП-750 кВ создавали подкормочные площадки для лосей и зайцев из небольших деревьев и крупных ветвей осины. При влажности воздуха 84 % ощущалось сильное воздействие электрического поля на руки во время перетаскивания осины под проводами. Через три дня влажность уменьшилась до 62 %, и подобного воздействия не наблюдалось.

На второй день после валки осины в зоне пробных участков появились зайцы, которые обгрызали мелкие ветки. На третий день были отмечены следы лосей, на четвертый зарегистрированы погрызы коры. Лоси задерживались на трассе в течение 10...30 мин, а в период повышенной влажности их следы отмечались в основном вдоль трассы на расстоянии не ближе 30 м от крайнего провода. За период наблюдения лоси постоянно находились на трассе или около нее, объедая кору и ветки поваленных осин и попутно «подстригая» сосну, иву и другие растущие здесь деревья и кустарники. Известно, что объеденная сосна, осина, ива не растут в высоту, а кустятся, что имеет существенное значение для энергетиков, так как отпадает необходимость часто заниматься уничтожением древесной растительности на трассе.

Анализ повреждений сосновых культур лосями показал, что культуры, находящиеся на расстоянии 2 км и далее от трассы, были объедены на 30 % больше, чем в непосредственной близости от трассы, т. е. естественные молодняки и подкормочные площадки отвлекают животных от лесных культур.

Проведенные исследования дают основания считать, что лоси, лисицы, волки, кабаны, зайцы и другие млекопитающие могут использовать трассы ЛЭП для кормежки и отдыха; линии не являются преградой для миграции животных.

Устраивая подкормочные площадки и солонцы, проводя посадку деревьев и кустарников в нужных местах, можно создавать обширные естественные пастбища на трассах ЛЭП. Для привлечения медведей рекомендуется отдельные участки засеивать овсом, а для кабанов сажать топинамбур или картофель.

Все биотехнические мероприятия необходимо проводить регулярно, приучая диких животных к тому, что в этих местах они всегда найдут корм и место для отдыха.

Поступила 11 июня 1996 г.

УДК 536.244.45

Э. Н. САБУРОВ, С. В. КАРПОВ, Н. В. СМОЛИНА

Архангельский государственный технический университет

Сабуров Эдуард Николаевич родился в 1939 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники Архангельского государственного технического университета, академик Российской и Международной инженерных академий, академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ). Имеет около 300 публикаций в области аэродинамики и конвективного теплообмена в сильно закрученных потоках, их использования для интенсификации процессов тепло-массообмена в аппаратах различного технологического назначения.



Карпов Сергей Васильевич родился в 1945 г., окончил в 1967 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры теплотехники Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 научных трудов в области исследования теплофизических основ работы циклонных устройств различного технологического назначения.



Смолина Наталья Владимировна родилась в 1969 г., окончила в 1991 г. Архангельский лесотехнический институт, ассистент кафедры теплотехники Архангельского государственного технического университета. Имеет 5 научных трудов в области исследования теплофизических основ работы циклонных устройств различного технологического назначения.



АЭРОДИНАМИКА ЦИКЛОННОГО УСТРОЙСТВА С СИММЕТРИЧНЫМ ВВОДОМ И ДВУХСТОРОННИМ ТОРЦЕВЫМ ВЫВОДОМ ГАЗОВ

Рассмотрены особенности аэродинамики циклонных устройств с двухсторонним торцевым выводом газов при симметричных условиях ввода и вывода потока; даны рекомендации по расчету их основных параметров и использованию в промышленности.

The peculiarities of aerodynamics of cyclone devices with two-sided faced outlet of gases have been considered at balanced conditions of inlet and outlet of flow; the recommendations have been elaborated on estimating their main parameters and application in industry.

Одной из отличительных особенностей циклонных камер, используемых в целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности, является их сравнительно большая относительная длина [2]. Увеличение длины рабочего объема камеры L_k в ряде случаев дает возможность наиболее рационально организовать технологический процесс, повысив сепарационные свойства потока в пылеуловителях, степень выгорания серы (в циклонных печах сульфитного производства) и качество термического обезвреживания отходов и др. Однако увеличение относительной длины камеры $\bar{L}_k = L_k/D_k$ (D_k — диаметр рабочего объема циклонной камеры) сопровождается снижением ее аэродинамической эффективности [1, 5]. Она определяется по доле использования воздушного напора перед камерой на создание требуемого по технологическим условиям уровня вращательных скоростей в ее рабочем объеме. Одним из рациональных путей устранения этого недостатка является использование двухстороннего торцевого вывода газов [1].

В работе [1] приведены некоторые результаты исследований аэродинамики циклонных камер небольшой длины ($\bar{L} = 0,775; 1,570$) с одно- и двухсторонней торцевой системой отвода газов. Они показали, что распределения скоростей и давлений, полученные в камерах с одно- и двухсторонним выводом газов, имеющих одинаковые геометрические характеристики (но вдвое меньшую длину для одностороннего вывода), близки между собой. Однако тангенциальные скорости потока w_θ и, в частности, их максимальные значения $w_{\theta \max}$ в камере с двухсторонним выводом газов несколько выше. Выше и их аэродинамическая эффективность. Ранее установленные закономерности влияния на аэродинамику циклонной камеры с односторонним выводом газов размеров выходного отверстия (относительный диаметр $d_{\text{вых}} = d_{\text{вых}}/D_k$ которого в опытах варьировали от 0,2 до 0,6) могут быть распространены и на устройства с двухсторонним торцевым выводом газов [1]. Полученные в этой работе результаты позволили сделать важный практический вывод: аэродинамика циклонных камер с двухсторонним выводом газов может быть исследована по методике для циклонных камер с односторонним выводом, если принять в качестве расчетной половинную длину ее рабочего объема. Кроме того, для циклонных камер, производительность которых может быть повышена за счет увеличения их длины (при сохранении заданных по техническим условиям

общего сопротивления камеры и уровня вращательных скоростей в их рабочем объеме), целесообразно использовать двухсторонний вывод газов (конечно, если это приемлемо по конструктивным и технологическим соображениям).

Более поздние исследования [4, 5] выполнены в несколько другой постановке. Аэродинамика камер с одно- и двухсторонним выводом газов сопоставлена при одной их небольшой относительной длине ($L_k = 1,0 \dots 1,8$). Ввод газа в камеру односторонний, относительные диаметры выходных отверстий $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,2 \dots 0,6$, относительная площадь входа $\bar{f}_{\text{вх}} = 4 f_{\text{вх}} / (\pi D_k^2) = 0,076 \dots 0,178$. Камера моделировала горизонтальную циклонную топку. При анализе опытных данных авторами отмечены общеизвестные факторы, касающиеся особенностей распределения скоростей потока в циклонной камере, влияния параметров $\bar{d}_{\text{вых}}$, $\bar{f}_{\text{вх}}$, L_k на их аэродинамику, рекомендаций по выбору геометрии циклонных топочных устройств. В то же время сопоставление циклонных камер с двух- и односторонним выводом, выполненное с сохранением геометрических параметров и при постоянном расходе воздуха, позволило сделать вывод о более низком аэродинамическом сопротивлении циклонных камер с двухсторонним выводом газов.

Таким образом исследования [1, 4, 5] аэродинамики циклонных камер с двухсторонним выводом газов выполнены при относительно небольшой их длине и различных условиях ввода потока. Экспериментальный материал представлен в них в весьма ограниченном объеме, что не позволяет сделать какие-либо обобщения и разработать рекомендации по их расчету и проектированию. В первую очередь это относится к циклонным камерам средней и большой относительной длины. Все это вызвало необходимость проведения специальных исследований.

Анализируемые в настоящей работе опыты выполнены на модели циклонного устройства (рис. 1) с широким диапазоном варьирования всех основных относительных характеристик. Диаметр рабочего объема устройства D_k составлял 160 мм. Его относительную длину за счет сменных секций изменяли от 2,16 до 18,00. Подвод воздуха в устройство осуществляли через закручиватели, расположенные вблизи выходных торцов. Воздух в закручиватель вводили с диаметрально противоположных сторон двумя шлицами с

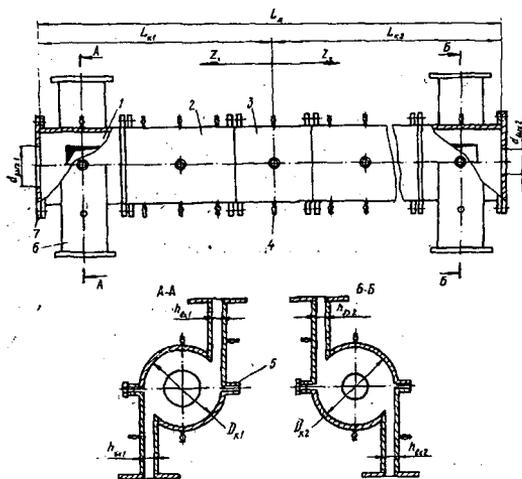


Рис. 1. Схема циклонного устройства с двухсторонним торцевым выводом газов: 1 - закручиватель; 2, 3 - секции рабочего объема; 4 - штуцера отбора статического давления; 5 - штуцер крепления зонда; 6 - входные шлицы; 7 - выходной съемный торец (пережим)

площадью поперечного сечения 24×84 мм². Относительная высота шлицев $\bar{h}_{вх} = h_{вх}/D_k = 0,075$. Оси шлицев располагались в одной поперечной плоскости на расстоянии $0,5 D_k$ от торцов закручивателя. Относительную площадь входа изменяли от 0,01 до 0,12 установкой в шлицах специально спрофилированных вкладышей. Воздух в закручиватели подводили по индивидуальным трубопроводам, которые снабжены измерительными диафрагмами и регулировочными заслонками, а выводили в атмосферу через плоские пережимы, соосные с рабочим объемом камеры. Относительные диаметры выходных отверстий пережима $d_{вых}$ на обоих торцах варьировали от 0,2 до 0,8.

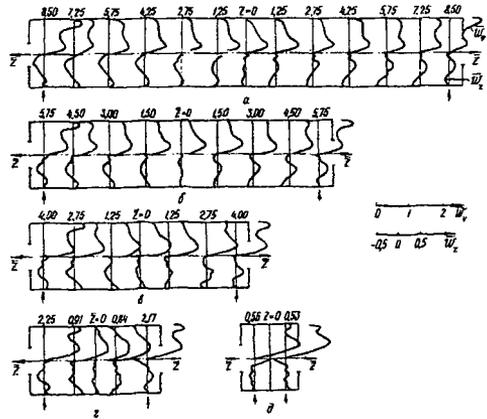
Следовательно, рассмотренное циклонное устройство условно можно представить состоящим из двух симметричных камер и с этой точки зрения рассматривать его как двухкамерное. Всем характеристикам, относящимся к первой камере, присвоен индекс 1, ко второй – 2. В опытах принимали: $D_{к1} = D_{к2}$; общая относительная геометрическая длина рабочего объема устройства (или циклонной камеры с двухсторонним выводом газов) $\bar{L}_k = \bar{L}_{к1} + \bar{L}_{к2} = 2 \bar{L}_{к1} = 2 \bar{L}_{к2}$; $\bar{d}_{вых1} = \bar{d}_{вых2}$; $f_{вх1} = f_{вх2}$; $h_{вх1} = h_{вх2}$; $z_{вх1} = z_{вх2}$ ($z_{вх} = z_{вх}/D_k$ – относительная координата местоположения входных шлицев); расход воздуха через закручиватель $V_1 = V_2$. Таким образом, нами исследована аэродинамика циклонного устройства с симметричным относительно центрального сечения рабочего объема двухсторонним вводом и выводом газов при одинаковом его расходе через закручиватели.

Измерение полей скоростей и давлений в рабочем объеме устройства производили трехканальным цилиндрическим зондом с диаметром насадка 2,6 мм по общепринятой методике с использованием координатников системы ЛПИ (ныне СПбГТУ). Сечения замеров определяли координатами $\bar{z} = z_1/D_{к1}$ и $\bar{z}_2 = z_2/D_{к2}$. Измерения расхода и температуры воздуха осуществляли через первый и второй закручиватели, статических давлений – в их шлицах ($p_{с.вх1}$ и $p_{с.вх2}$) и на боковой поверхности рабочего объема в пределах первой и второй камер ($p_{с.ст1}$ и $p_{с.ст2}$). Дренажные отверстия диаметром 0,5 мм для измерения статического давления располагались по длине рабочего объема с шагом $(0,5 \dots 1,0) D_k$ и по периметру – с двух диаметрально противоположных сторон. Скорость воздуха в шлицах закручивателя определяли по формулам $v_{вх1} = V_1/f_{вх1}$; $v_{вх2} = V_2/f_{вх2}$. Как отмечалось выше, по условиям опытов $V_1 \approx V_2$ и $v_{вх1} \approx v_{вх2}$. Непреднамеренная максимальная неравномерность раздачи воздуха по камерам не превышала 1,8 %.

На рис. 2 приведены графики распределения безразмерных тангенциальных $w_\phi = w_\phi/v_{вх}$ и аксиальных $w_z = w_z/v_{вх}$ компонент полной скорости циклонного потока при $\bar{d}_{вых1,2} = 0,4$ и $f_{вх1,2} = 4 \cdot 10^{-2}$ и различной его относительной длине. За положительное направление w_z в обеих его половинах принято направление, совпадающее с осью z . На рис. 2 приведены также масштабы для w_ϕ и w_z .

Представленные данные подтверждают имеющиеся сведения [1] о том, что обе камеры устройства имеют близкие по уровню и характеру распределения тангенциальную и осевую компоненты скорости потока. Примерно одинакова для них и общая схема его осевых движений. Максимальные значения тангенциальной компоненты $w_{\phi_{max}}$ несколько увеличиваются при продвижении потока к выходному отверстию. При этом общий уровень w_ϕ в устройстве оказывается более высоким, чем в циклонной камере половинной

Рис.2. Распределения безразмерных тангенциальной \bar{w}_φ и осевой \bar{w}_z компонент полной скорости в рабочем объеме циклонного устройства при разных значениях $\bar{L}_{к1,2}$: а - 9,00; б - 6,25; в - 4,50; г - 2,63; д - 1,08



длины с односторонним выводом газов. Распределения \bar{w}_z и \bar{w}_φ осесимметричны. Если построить график изменения $\bar{w}_{\varphi m}$ вдоль оси z устройства, то точка пересечения кривых $\bar{w}_{\varphi m}(z)$ обеих камер в большинстве случаев имеет координату $z = 0$. Практически аналогичный результат дает анализ изменения вдоль оси устройства и безразмерного статического давления $\bar{p}_{c.ст} = 2p_{c.ст}/(\rho_{вх}v_{вх}^2)$. Иначе говоря, поперечная плоскость, имеющая координату $z = 0$, разделяет рабочий объем устройства на две симметричные половины - камеры 1 и 2. Осевые скорости потока в этом сечении практически равны нулю или имеют малое значение. Несимметрия течения в камерах может быть связана с неточностями изготовления их деталей, монтажа установки, различием в раздаче воздуха по шлицам при проведении опыта и др.

В рассмотренном диапазоне чисел Рейнольдса $Re_{вх} = v_{вх}D_k/\nu_{вх}$ ($\nu_{вх}$ - коэффициент кинематической вязкости воздуха при входных условиях) течение в устройстве следует считать автомодельным.

В табл. 1, в дополнение к рис. 2, приведен ряд аэродинамических характеристик потока в рабочем объеме устройства при $\bar{L}_{к1,2} = 4,5$ и $d_{вх} = 0,4$.

Здесь приняты следующие обозначения.

$\bar{w}_{\varphi m} = w_{\varphi m}/v_{вх}$ - безразмерная максимальная тангенциальная составляющая скорости;

$\bar{p}_{c.ст} = 2p_{c.ст}/(\rho_{вх}v_{вх}^2)$ - безразмерное избыточное статическое давление на боковой поверхности рабочего объема устройства;

$\bar{r}_{\varphi m} = r_{\varphi m}/R_k$ - безразмерный радиус, характеризующий положение $\bar{w}_{\varphi m}$;

$\bar{w}_{zm} = w_{zm}/v_{вх}$ - безразмерная максимальная аксиальная составляющая скорости потока в выходном вихре;

$\bar{r}_{zm} = r_{zm}/R_k$ - безразмерный радиус, характеризующий положение \bar{w}_{zm} ;

$\bar{r}_{п.в} = r_{п.в}/R_k$ - безразмерный радиус, определяющий внутреннюю границу периферийного обратного вихря;

$\bar{r}_{в.в} = r_{в.в}/R_k$ - безразмерный радиус, определяющий внутренний радиальный размер выходного вихря.

Таблица 1

Характеристика	Численные значения характеристики при $\bar{z}_{1,2}$			
	0,00	1,25	2,75	4,00
$\bar{w}_{\varphi m1}$	0,864	0,870	0,863	0,862
$\bar{w}_{\varphi m2}$		0,859	0,856	0,848
$\bar{p}_{с.ст1}$	1,529	1,539	1,597	1,715
$\bar{p}_{с.ст2}$		1,568	1,636	1,715
$\bar{r}_{\varphi m1}$	0,310	0,308	0,298	0,275
$\bar{r}_{\varphi m2}$		0,285	0,273	0,244
$\bar{w}_{z m1}$	0,111	0,065	0,132	0,143
$\bar{w}_{z m2}$		0,147	0,180	0,167
$\bar{r}_{z m1}$	0,448	0,450	0,498	0,443
$\bar{r}_{z m2}$		0,455	0,476	0,444
$\bar{r}_{п.в1}$	0,748	0,692	0,720	0,687
$\bar{r}_{п.в2}$		0,725	0,752	0,700
$\bar{r}_{в.в1}$	0,350	0,346	0,314	0,255
$\bar{r}_{в.в2}$		0,332	0,302	0,243

Данные табл. 1 позволяют оценить диапазон изменения представленных в ней характеристик по длине рабочего объема камер.

В табл. 2 приведены усредненные по длине камер ($\bar{d}_{\text{вых}} = 0,4$) основные аэродинамические характеристики устройства, а также коэффициенты сопротивления при всех значениях $\bar{L}_{к1,2}$, представленных на рис. 2.

Здесь приняты следующие обозначения: $\zeta_{\text{вх}} = 2\Delta p_n / (\rho_{\text{вх}} v_{\text{вх}}^2)$ – суммарный коэффициент сопротивления камеры; $\zeta_{\varphi m} = 2\Delta p_n / (\rho_{\text{вх}} w_{\varphi m}^2) = \zeta_{\text{вх}} / w_{\varphi m}^2$ – коэффициент сопротивления, определяющий аэродинамическое совершенство камеры по затратам напора на достижение заданного уровня тангенциальной скорости; $\bar{p}_{с.вх} = 2p_{с.вх} / (\rho_{\text{вх}} v_{\text{вх}}^2)$ – безразмерное избыточное статическое давление в шлицах; $\bar{w}_{\text{фя}} = w_{\text{фя}} / R_k$ – безразмерная скорость на границе ядра потока; $\bar{r}_я = r_я / R_k$ – безразмерный радиус ядра потока.

Представленные в табл. 2 данные подтверждают ранее сделанные выводы о влиянии длины камеры на ее аэродинамику, а также о симметрии течения в камерах относительно разделяющей их средней плоскости [1]. Внутренние радиальные размеры периферийного и выходного вихрей, радиус осевого обратного тока уменьшаются с ростом $\bar{L}_{к1,2}$. При этом радиальная протяженность выходного вихря возрастает.

Приведенные в табл. 1, 2 данные относятся к камерам с $\bar{d}_{\text{вых}1,2} = 0,4$. В качественном отношении аналогичные результаты были получены в опытах и при других значениях параметра $\bar{d}_{\text{вых}}$ для принятого в качестве исходного условия $\bar{d}_{\text{вых}1} = \bar{d}_{\text{вых}2}$. В общем можно отметить, что с увеличением $\bar{d}_{\text{вых}}$

Таблица 2

Характеристика	Численные значения характеристики при $\bar{L}_{к1,2}$				
	1,08	2,63	4,50	6,25	9,00
$\bar{w}_{\phi m1}$	1,30	1,00	0,85	0,74	0,63
$\bar{w}_{\phi m2}$	1,33	1,01	0,86	0,74	0,62
$\zeta_{вх1}$	4,32	3,25	2,84	2,20	2,00
$\zeta_{вх2}$	4,51	3,12	2,88	2,25	1,98
$\zeta_{\phi m1}$	2,56	3,25	3,93	4,01	5,04
$\zeta_{\phi m2}$	2,55	3,08	3,89	4,11	5,32
$\bar{p}_{с.ст1}$	3,19	2,10	1,58	1,02	0,75
$\bar{p}_{с.ст2}$	3,24	2,02	1,58	1,03	0,75
$\bar{p}_{с.вх1}$	3,33	2,26	1,83	1,21	1,00
$\bar{p}_{с.вх2}$	3,50	2,10	1,87	1,26	0,98
$v_1, \text{м/с}$	32,77	35,03	36,33	41,17	39,62
$v_2, \text{м/с}$	32,19	35,09	35,83	41,01	40,00
$\bar{r}_{\phi m1}$	0,45	0,40	0,26	0,26	0,23
$\bar{r}_{\phi m2}$	0,46	0,39	0,29	0,27	0,23
$\bar{w}_{\phi \pi 1}$	0,87	0,70	0,62	0,55	0,47
$\bar{w}_{\phi \pi 2}$	0,88	0,69	0,63	0,57	0,49
$\bar{r}_{\pi 1,2}$	0,79	0,74	0,53	0,51	0,45
$\bar{r}_{п.в1}$	0,90	0,81	0,74	0,73	0,73
$\bar{r}_{п.в2}$	0,88	0,79	0,71	0,70	0,71
$\bar{r}_{в.в1}$	0,37	0,36	0,29	0,25	0,10
$\bar{r}_{в.в2}$	0,39	0,34	0,30	0,26	0,11

распределения безразмерной тангенциальной скорости $\bar{w}_{\phi}(\bar{r})$ (рис. 3, а, б) и безразмерного избыточного статического давления $\bar{p}_c = 2p_c/(\rho_{вх}v_{вх}^2)$ ($\rho_{вх}$ — плотность потока при входных условиях) (рис. 3, в, г) начинают больше зависеть от продольной координаты.

Более существенным становится снижение $w_{\phi m}$ с увеличением z в выходном вихре. При $\bar{d}_{вых} = 0,6; 0,8$ в сечениях вблизи выходного отверстия распределение $w_{\phi}(\bar{r})$ вообще приобретает ниспадающий от периферийной зоны характер. Более заметно с увеличением $\bar{d}_{вых}$ и изменение по длине рабочего объема статического давления. Как и в обычных камерах, зависимость коэффициента сопротивления $\zeta_{вх}$ от параметра \bar{L}_k заметнее при малых $\bar{d}_{вых}$.

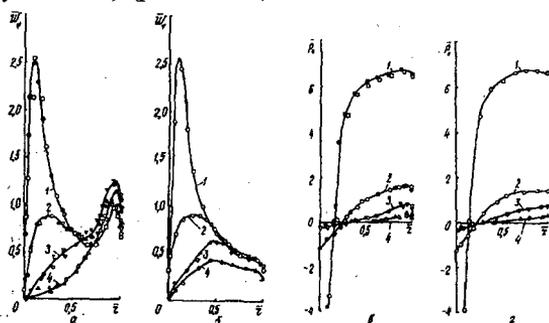


Рис. 3. Распределения безразмерных тангенциальной составляющей скорости w_{ϕ} (а, б) и статического давления p_c (в, г) в рабочем объеме устройства при различных значениях $\bar{d}_{вых}$: 1 — 0,2; 2 — 0,4; 3 — 0,6; 4 — 0,8; а, в — $z = 4$; б, г — $z = 0$ (светлые значки — циклонное устройство с двухсторонним выводом газов, черные — циклонная камера с односторонним выводом газов вдвое меньшей длины)

Таблица 3

Характеристика	Численные значения характеристики при $z_{1,2} = z$	
	0,84	2,17
$\bar{w}_{\text{фм}}$	1,00 / 0,94	1,02 / 0,97
$\bar{r}_{\text{фм}}$	0,36 / 0,41	0,38 / 0,39
$\bar{w}_{\text{зм}}$	0,08 / 0,09	0,09 / 0,10
$\bar{r}_{\text{зм}}$	0,56 / 0,51	0,51 / 0,48
$\bar{w}_{\text{фя}}$	0,69 / 0,68	0,68 / 0,66
$\bar{r}_{\text{я}}$	0,73 / 0,74	0,74 / 0,72
$\bar{p}_{\text{с.ст}}$	2,00 / 2,01	1,96 / 2,08
$\bar{r}_{\text{п.в}}$	0,82 / 0,75	0,79 / 0,75
$\bar{r}_{\text{в.в}}$	0,36 / 0,25	0,35 / 0,18
$\zeta_{\text{вх}}$	3,12 / 3,06	3,08 / 3,06
$\zeta_{\text{фм}}$	3,12 / 3,46	2,97 / 3,26

Представляет интерес сопоставить полученные данные и соответствующие характеристики для обычных циклонных камер с односторонним выводом газов. В условиях опытов для этого установили между секциями циклонного устройства специальный тонкостенный (толщина 1 мм) диск с шероховатостью поверхности, равной шероховатости боковой поверхности рабочего объема. Результаты сопоставления представлены в табл. 3, где в числителе приведены значения характеристики, относящиеся к устройству с двухсторонним выводом газов, а в знаменателе – к обычной камере с односторонним выводом и $\bar{L}_k = \bar{L}_{k1,2} = 2,63$. Анализ представленных данных позволяет отметить, что трение потока о диск (глухой торец), а также связанные с этим потери напора и возникновение интенсивного радиального приторцевого

течения приводят к небольшому снижению общего уровня тангенциальных скоростей в рабочем объеме камеры.

Таким образом, основные характеристики циклонных устройств с двухсторонним выводом газов можно определять по данным для циклонных камер с односторонним выводом вдвое меньшей относительной длины. В первую очередь это относится к таким характеристикам, как $w_{\text{фм}}$ и $\zeta_{\text{вх}}$. Обозначим $\bar{w}_{\text{фм}}$ и $\zeta_{\text{вх}}$ устройств с двухсторонним выводом газа $\bar{w}_{\text{фм}}^{\text{дв}}$ и $\zeta_{\text{вх}}^{\text{дв}}$, а с односторонним вдвое меньшей длины – $\bar{w}_{\text{фм}}$ и $\zeta_{\text{вх}}$. Первые две величины определим из следующих уравнений:

$$\bar{w}_{\text{фм}}^{\text{дв}} = \varepsilon_w \bar{w}_{\text{фм}}; \quad (1)$$

$$\zeta_{\text{вх}}^{\text{дв}} = \varepsilon_{\zeta} \zeta_{\text{вх}}; \quad (2)$$

$$\varepsilon_w = 0,96 + 5,9 (\bar{L}_k^{-0,1} - 0,884) (\bar{d}_{\text{вых}}^{3,56} - 0,1); \quad (3)$$

$$\varepsilon_{\zeta} = 0,85 - 4,85 (\bar{L}_k^{-0,31} - 0,98) (\bar{d}_{\text{вых}}^{0,53} - 0,6). \quad (4)$$

Уравнения (3), (4) позволяют оценить повышение аэродинамической эффективности циклонного устройства с двухсторонним выводом газов по сравнению с камерой тех же геометрических параметров, но вдвое меньшей длины, имеющей односторонний вывод. Действительно, из уравнений (3) и (4) следует

$$\frac{\zeta_{\text{фм}}^{\text{дв}}}{\zeta_{\text{фм}}} = \frac{\varepsilon_{\zeta}}{\varepsilon_w^2}. \quad (5)$$

В рассмотренном в работе диапазоне изменения \bar{L}_k и при $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,4$ использование циклонных устройств с двухсторонним выводом газов вместо

камер с односторонним выводом вдвое меньшей длины позволяет повысить их аэродинамическую эффективность на 5...11 %.

Еще больший аэродинамический эффект дает использование циклонных устройств с двухсторонним выводом газов вместо камер с односторонним выводом при их одинаковой длине. В этом случае при рассмотренных выше условиях аэродинамическая эффективность камер может быть повышена в 1,3 – 2,1 раза.

В циклонных устройствах с двухсторонним выводом газов, также как и в камерах с односторонним выводом, распределение безразмерной тангенциальной составляющей скорости может быть аппроксимировано формулой

$$\bar{w} = \frac{\bar{w}_\varphi}{\bar{w}_{\varphi m}} = \left(\frac{2\eta}{1+\eta^2} \right)^n, \tag{6}$$

где показатель n можно принимать постоянным для данного устройства. Для повышения точности расчетов его можно принимать и различным для внутренней и внешней зон ядра потока, но постоянным в их пределах [3]. Внутренняя и внешняя зоны ядра потока разделены координатой $\eta = 1$, где $w_\varphi = w_{\varphi m}$, а $\bar{w} = 1$.

На рис. 4, *a – в* приведено сопоставление опытных данных \bar{w} с аппроксимационной зависимостью (6) при различных значениях параметра $\bar{d}_{\text{вых}}$. При $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,2$ во внутренней зоне ядра ($0 \leq \eta \leq 1$) $n = 0,9$; во внешней ($1 \leq \eta \leq \eta_{\text{я}}$, где $\eta_{\text{я}} = r_{\text{я}}/r_{\varphi m}$ – безразмерная граница ядра потока) $n = 1,0$. При $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,4$ во внутренней зоне ядра $n = 1,0$; во внешней – 1,2. При $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,6$ имеем $n = 3,0$.

Распределение безразмерного статического давления $\bar{p} = 2\rho d(\rho_{\varphi m} w_{\varphi m}^2)$ ($\rho_{\varphi m}$ – плотность потока на радиусе $r_{\varphi m}$) может быть определено [1] из уравнения

$$\bar{p} = 2 \int_0^\eta \frac{1}{\eta} \left(\frac{2\eta}{1+\eta^2} \right)^{2n} d\eta + C(\eta), \tag{7}$$

где $C(\eta)$ – постоянная.

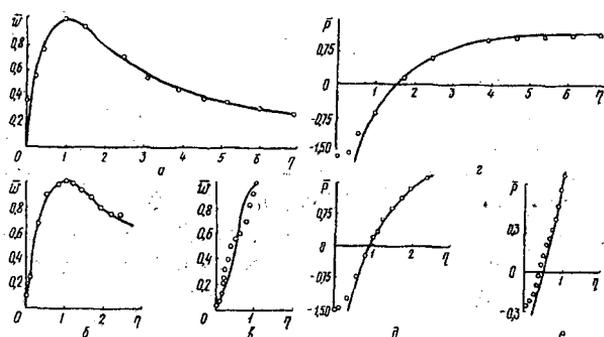


Рис. 4. Сопоставление опытных (точки) и расчетных (кривые) распределений безразмерных тангенциальной составляющей скорости \bar{w} (*a – в*) и статического давления \bar{p} (*z – e*) при различных значениях параметра $\bar{d}_{\text{вых}}$: *a, z* – 0,2; *б, д* – 0,4; *в, e* – 0,6

Для построения распределений \bar{p} использованы результаты вычисления интеграла на ЭВМ [1] и рекомендации по определению $C(\eta)$ [3].

На рис. 4, *г* – *е* приведено сопоставление расчетных и опытных данных \bar{p} для тех же условий, что и \bar{w} . Их совпадение также следует признать вполне удовлетворительным.

Полученные нами данные позволили установить общие особенности аэродинамики циклонных устройств с двухсторонним выводом газов при наиболее простой (симметричной) схеме их ввода в рабочий объем и вывода из него. В то же время несомненный интерес представили бы исследования циклонных устройств с двухсторонним выводом газов при симметричном вводе и несимметричном выводе ($\bar{d}_{\text{вых1}} \neq \bar{d}_{\text{вых2}}$); симметричном выводе и несимметричном вводе ($\bar{f}_{\text{вх1}} \neq \bar{f}_{\text{вх2}}$), включая предельный случай ($\bar{f}_{\text{вх1}} = \bar{f}_{\text{вх2}} = 0$ или $V_1 \neq V_2$ (при $\bar{f}_{\text{вх1}} = \bar{f}_{\text{вх2}}$), и т.д.).

Выводы

1. Циклонные устройства с двухсторонним выводом газов имеют симметричное распределение скоростей и давлений.

2. Аэродинамические характеристики циклонного устройства с двухсторонним выводом газов близки соответствующим характеристикам циклонной камеры с односторонним выводом газов и длиной, равной половине его длины, что дает возможность определять их по существующей методике расчета с введением поправок.

3. Циклонные устройства (камеры) с двухсторонним торцевым выводом газов аэродинамически эффективнее циклонных камер с односторонним выводом, что позволяет рекомендовать их для практического использования в качестве топочных, нагревательных и охлаждающих устройств, теплообменников и т. п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Сабуров Э.Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. - 240 с. [2]. Сабуров Э.Н., Карпов С.В. Циклонные устройства в деревообрабатывающем и целлюлозно-бумажном производстве / Под ред. Э.Н. Сабурова. - М.: Экология, 1993. - 368 с. [3]. Сабуров Э.Н. Циклонные нагревательные устройства с интенсифицированным конвективным теплообменом. - Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1995. - 344 с. [4]. Swietochowski M. Opis teoretyczno-empiryczny aerodynamiki strumienia gazow w poziomej komorze wirowej o dwustronnym wyplywie // Zesz. nauk. Energ.: [Ref.] 6 Konf. Kotlewa «Bud. i eksploat. kotlow», Szczyrk, 28 – 30 list., 1990. - PSI. - 1990. - N 113. - С. 127 - 134. [5]. Swietochowski M., Zamojdo R. Badania własności przeplywowych oryginalnej komory wirowej o dwustronnym wyplywie gazow // Zesz. nauk. Energ.: [Ref.] 6 Konf. Kotlewa «Bud. i eksploat. kotlow», Szczyrk, 28 – 30 list., 1990. - PSI, 1990. - N 113. - С. 135 - 145.

Поступила 27 февраля 1996 г.

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3

БИЗНЕС-ОБРАЗОВАНИЕ
И ПОТРЕБНОСТИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ

Вопросам соотношения спроса и предложения в бизнес образовании на примере северо-западного региона России был посвящен Международный семинар «Рынок бизнес-образования с точки зрения потребностей предпринимателей», который состоялся 11 октября 1997 г. в Архангельске. Он был организован в рамках проекта ТАСИС: «Совершенствование управленческой подготовки, научных исследований и консультационной деятельности в высших учебных заведениях Северо-Запада России» при содействии Российской ассоциации бизнес-образования (РАБО).

Общие вопросы изучения спроса и предложения на рынке программ подготовки управленческих кадров были изложены в выступлении А. Ю. Лысенко.

В последние годы процесс анализа российского рынка бизнес-образования заметно активизировался. Полученные результаты позволяют выделять основные тенденции развития этого рынка, что облегчит разработку и корректировку стратегии образовательных учреждений, предлагающих программы и курсы в области менеджмента. В 1996 г. Национальный фонд подготовки финансовых и управленческих кадров реализовал два проекта: «Оценка спроса в области обучения менеджменту в России» и «Оценка предложения в области обучения менеджменту в России». В ходе изучения спроса было обследовано 204 промышленных предприятия различных форм собственности в 6 регионах России: Москве, С.-Петербурге, Нижнем Новгороде, Ижевске, Новосибирске, Владивостоке, относящихся к 12 отраслям. Неустойчивое финансовое положение имели 31 % предприятий, 25 % работали с прибылью, положение 43 % можно было охарактеризовать как среднее.

1. Спрос. Как показало анкетирование, лишь 6 % руководителей отмечают нехватки опытных профессиональных управленческих кадров к числу своих основных проблем. Только 3,8 % ответивших считают, что успешность деятельности предприятия определяет его кадровый потенциал.

Большинство хозяйственных руководителей все еще не считают подготовку и повышение квалификации менеджеров и специалистов актуальной задачей, образовательные потребности в сфере менеджмента в целом еще не осознаны.

За последние три года только четверть всех опрошенных руководителей направляли своих сотрудников на обучение по долгосрочным программам управленческой подготовки, 34 % хотели бы сделать это в ближайшие годы. В то же время 83 % руководителей заявили, что их предприятия испытывают потребность в специалистах, профессионально подготовленных в области менеджмента, и около половины считают, что в ближайшие годы эти потребности

возрастут. Более половины ответивших отмечают, что лучше не приглашать профессионалов со стороны, а обучать своих работников, уже имеющих высшее образование, как можно меньше отвлекая их от работы.

Из долгосрочных программ управленческой подготовки 55 % руководителей отдадут предпочтение переподготовке (с получением диплома), 37 % – второму высшему образованию. За диплом специалиста высказались 66 % руководителей, а за диплом бакалавра и магистра лишь по 5 %. Около половины руководителей предпочитают короткие (объем 72 ч или немного больше) курсы и лишь 34 % считают, что полезнее более длительные программы (до 500 ч).

Среди факторов, которые влияют на формирование спроса на управленческую подготовку, руководители в первую очередь указали на отсутствие у предприятий средств для обучения сотрудников, невозможность отвлечь руководителей и специалистов для учебы из-за их высокой загруженности, незаинтересованность самого персонала (почти треть опрошенных отметили, что предприятия не стимулируют обучение сотрудников: рост квалификации не сопровождается повышением заработной платы, продвижением по служебной лестнице и т.д.).

Руководители ставят подготовку и повышение квалификации кадров на предпоследнее (перед делопроизводством) место по важности. Значительно чаще сотрудники сами занимают более активную позицию, узнавая, где и чему они могут научиться, убеждая руководство в том, что это им необходимо.

Наиболее существенные внешние факторы спроса на бизнес-образование – недостаточность информации о возможностях повысить квалификацию, часто низкая эффективность обучения, отсутствие тех образовательных услуг, которые нужны.

Все сказанное дает основание говорить о том, что со стороны промышленности существует явный резерв роста спроса на образовательные услуги.

2. В другом проекте «Оценка предложения» было обследовано 42 учебных заведения, половина из которых негосударственные. Они больше ориентированы на подготовку бакалавров и магистров, тогда как предприятия больше заинтересованы в специалистах для практической работы. Что касается переподготовки и повышения квалификации, то, по мнению большинства руководителей, число слушателей уменьшилось потому, что не стало существовавшей ранее системы. Но и теперь предложение инициирует спрос, предлагая много различных программ и курсов.

Руководители предприятий выделяют следующие недостатки нынешней системы подготовки управленческих кадров.

Многие изучаемые курсы недостаточно отражают реальные проблемы современного бизнеса, тогда как для руководителей сегодня главное – получить конкретные знания как инструменты деятельности, хотя далеко не всегда есть возможность применить эти знания на практике. Часто тематика и содержание курсов определяются возможностями преподавателей, а не потребностями слушателей.

Во многих учебных заведениях нет служб маркетинга, и информация о предлагаемых программах и курсах недостаточна. Со своей стороны руководители учебных заведений и преподаватели не всегда имеют четкое представление о запросах рынка образовательных услуг.

Достаточно остро стоит проблема повышения квалификации самих преподавателей, многие из них плохо подготовлены, их знания устарели, у них нет реальной связи с бизнесом, нередко они строят преподавание на старых теориях и неэффективных учебных технологиях.

Бизнес-знания должны быть ориентированы непосредственно на российскую практику. А пока преподавание в значительной мере построено на зарубежных разработках, в то время как многие руководители предприятий справедливо считают излишний упор на западный опыт минусом системы обучения.

Все еще недостаточно активно внедряются интенсивные методы обучения. Повышение квалификации без отрыва от производства, обучение на собственном предприятии и обучающее консультирование могут приблизить содержание обучения к конкретным условиям, проблемам, сэкономив время слушателей.

Положительный отклик у руководителей, занимающихся самообразованием, может найти дистанционное обучение, но пока они плохо представляют себе возможности этого вида обучения, не умеют учиться.

3. В рамках проекта ТАСИС эксперты С.-Петербурга и Москвы провели анализ рынка бизнес-образования Карелии и Архангельской области. На вопросы анкет ответили руководители 20 предприятий ведущих отраслей: деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, машиностроения, строительства, а также малого и среднего бизнеса. Интервью с руководителями ведущих образовательных учреждений, преподавателями, студентами и слушателями сформировали у экспертов представление о предложении образовательных услуг в северо-западном регионе.

В целом данные по регионам подтверждают выводы по России в целом, но были выявлены и особенности местных рынков.

Качество управления на предприятиях регионов все 100 % опрошенных охарактеризовали как удовлетворительное. Основными негативными факторами названы: отсутствие стратегических планов развития предприятия (60 %); низкий уровень управленческих знаний и навыков (45 %); неэффективная организационная структура предприятия (40 %); неустойчивость законодательной базы (10 %); плохой психологический климат на предприятиях (10 %).

Почти все руководители предприятий считают подготовку кадров актуальной. По мнению 72 % опрошенных, лучше направлять своих сотрудников на различные учебные курсы и программы, а 28 % предпочли бы использовать «готовых» специалистов со стороны.

Большая половина руководителей высказались за вечерние краткосрочные курсы, около 30 % – за вечерние долгосрочные программы с получением диплома. Наиболее актуально, по мнению руководителей, изучение финансов, маркетинга, стратегического управления, управления персоналом и внешнеэкономической деятельности. Однако лишь 23 % опрошенных готовы финансировать переподготовку своих сотрудников, 18 % не имеют сейчас такой возможности, 59 % считают, что решение будет зависеть от конкретной ситуации. В настоящее время обучаются в основном руководители среднего звена, но есть такая потребность и для вышестоящих.

За повышение квалификации в образовательных учреждениях России выступают 59 % опрошенных, 35 % отдают предпочтение управленческой подготовке непосредственно на рабочих местах, 6 % – обучению за рубежом. Только 10 % руководителей предпочли бы западных преподавателей в качестве организаторов учебных курсов для своих сотрудников. За ведущих преподавателей Москвы или С.-Петербурга высказалось 60 %, за местных преподавателей – 10 %. Большинство опрошенных поддержало идею организации совместных

«команд» российских и зарубежных специалистов, сочетания зарубежного опыта с российскими реалиями.

Отмечена нехватка и неполнота информации об учебных центрах; часто это реклама или мнения слушателей. Не зная реальных возможностей образовательных учреждений, хозяйственные руководители достаточно настороженно относятся к идее сотрудничества с ними. Образовательные учреждения, в свою очередь, не проявляют нужной инициативы в налаживании более тесных связей с производством, разработке учебных программ для конкретных клиентов, сочетанию обучения с управленческим консультированием и др.).

Совершенствовать учебные программы и курсы считают актуальным 45 %, существенно повысить уровень квалификации сегодняшних преподавателей и подготовить новое поколение преподавателей – 50 %, разрабатывать специальные программы и курсы по заказам предприятий – 30 %. Все опрошенные назвали важнейшей задачей приближение учебного процесса к практике.

4. Управленческое консультирование. Этот сектор находится в регионах на начальной стадии формирования, и многие руководители предприятий четко не представляют, как эффективно использовать возможности консультирования. Некоторые руководители отметили, что они пользуются услугами преподавателей местных вузов и отдельных консультантов при решении финансовых и управленческих вопросов. Услуги зарубежных консультационных фирм слишком дороги для предприятий региона, а местные только создаются.

Руководители, уже использовавшие услуги консультантов, отметили теоретический характер и ограниченное практическое применение рекомендаций. Тем не менее, многие руководители считают привлечение консультантов весьма полезным (прежде всего, с точки зрения полученной информации, знаний, расширения кругозора) и прочат консультационному бизнесу хорошие перспективы.

5. В рамках проекта ТАСИС Институт экономики, финансов и бизнеса Архангельского государственного технического университета и Институт управления и переподготовки кадров Петрозаводского государственного университета получили широкие возможности совершенствования основных направлений педагогической, научной и консультационной деятельности и укрепления своих позиций на региональных рынках бизнес-образования.

Очень актуальна задача разработки ее периодической корректировки и уточнения. Это требует постоянного анализа рынка, изучения конкурентов, их удовлетворенности. Для проведения этой работы в институтах целесообразно создать специализированные маркетинговые подразделения.

Укрепление связей с промышленностью также относится к числу приоритетных задач учебных заведений. Более подробная и конкретная информация о запросах предприятий, их мнение о содержании и формах проведения различных курсов и семинаров облегчат планирование учебной и консультационной деятельности. Организация актуальных пользующихся спросом краткосрочных курсов и семинаров может стать источником дополнительных средств для институтов.

Особое внимание необходимо уделить переподготовке и повышению квалификации профессорско-преподавательского состава институтов, прежде всего обучению новым образовательным технологиям. Использование активных методов обучения, реструктуризация учебного процесса и повышение роли самостоятельной и групповой работы студентов и слушателей будут способствовать повышению эффективности преподавания.

Существенна роль обеспечения учебного процесса техническими средствами, учебными пособиями, материалами. Использование зарубежного опыта, собственные разработки, основанные на конкретных примерах из деловой практики российских предприятий и организаций, помогут приблизить обучение к реальным задачам и повысить его прикладной характер.

Важным шагом в этом направлении может стать развитие консультационной деятельности. Расширение спектра консультационных услуг будет способствовать повышению квалификации преподавателей - консультантов, актуализации их знаний, укреплению связей учебных заведений с производством, более четкому осознанию потребностей клиентов.

Целесообразны обмен информацией и опытом, более активные контакты с коллегами разных вузов. Один из каналов развития подобных связей - участие в мероприятиях РАБО.

6. Выступления на семинаре. О требованиях современного промышленного предприятия, активно занимающегося внешнеэкономической деятельностью, к подготовке и переподготовке бухгалтеров рассказала О. Б. Ласкина, главный бухгалтер АО «Соломбальский целлюлозно-бумажный комбинат». От качества подготавливаемых бухгалтерией документов все больше зависит качество управленческих решений. Работники со среднеспециальным образованием не в состоянии выполнить усложнившиеся обязанности. На предприятии идет постепенная замена их на специалистов с высшим образованием. Для обновления знаний и навыков созданы семинары без отрыва от производства. От вновь поступающих на работу выпускников экономических вузов требуется хорошее знание различных аспектов внешнеэкономической деятельности, международных стандартов бухгалтерского учета, свободное владение иностранным языком. Предприятие рассчитывает, что уровень и качество знаний выпускников будет отвечать этим запросам.

Директор фирмы «Архконсалт» В. А. Губин отметил, что в настоящее время руководители недостаточно информированы о предложении образовательных услуг в регионе и, что особенно важно, о качестве этих услуг. Активнее нужно, по его мнению, развивать сеть курсов и семинаров для руководителей малого и среднего бизнеса. Предложенная еще несколько лет назад идея создания бизнес-инкубатора, где предприниматели могли бы получать образование и необходимые консультации, стала еще более актуальной сегодня.

М. В. Журавкова, начальник департамента управления персоналом Северо-западного филиала Московского индустриального банка, рассказала о системе переподготовки персонала, которая существует в банке. По ее мнению, проблема повышения квалификации руководителей среднего и высшего звена стоит достаточно остро для многих предприятий и организаций региона, и Институту экономики, финансов и бизнеса стоило бы активнее организовывать программы и курсы, посвященные различным аспектам менеджмента.

В. Г. Трескин, директор Центра маркетинговых исследований ФОРИС, в своем выступлении отметил необходимость разнообразить спектр образовательных услуг, предлагаемых образовательными учреждениями. В то время как крупным предприятиям требуются специалисты с академической подготовкой, сотрудникам небольших организаций особенно важно получать практически применимые знания и навыки. Эти знания могут им дать преподаватели-практики, которые сами занимаются бизнесом. Потенциальным клиентам было бы удобно иметь информацию о рынке в виде справочника, в котором перечислены все образовательные учреждения и предлагаемые ими программы и курсы. Выставки образовательных услуг также способствовали бы решению этой

задачи. Целесообразно было бы публиковать рейтинги образовательных учреждений по различным направлениям.

В дискуссии также приняли участие А. В. Бутаков, управляющий инвестиционным фондом «Фонд Севера» и Е. М. Бокова, генеральный директор Архангельского водорослевого комбината.

7. Об опыте работы Института управления и переподготовки кадров Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ) рассказал декан факультета переподготовки кадров А. А. Лаптев. В настоящее время на рынке управленческого образования Карелии работают более 10 государственных и частных образовательных учреждений. Достаточно сильная конкуренция, а также региональные особенности региона (приграничное положение, отсутствие местной сырьевой базы развития энергетики и необходимость развития энергосберегающих технологий, использование возобновляемых источников энергии, развитие финансового рынка) требуют создания гибкой и адаптивной системы подготовки и переподготовки руководящих кадров.

За пять лет существования Институт управления и переподготовки кадров ПетрГУ занял достаточно устойчивое положение на рынке образовательных услуг. Дипломы второго высшего образования государственного образца по специальностям «Менеджмент», «Маркетинг», «Социальный работник», «Бухгалтерский учет и аудит» получили около 1000 человек. Связь обучения с практикой обеспечивается путем сквозного дипломного проектирования по заказам направляющих своих сотрудников на учебу предприятий, частных фирм и организаций.

Помимо традиционных долгосрочных программ институт осваивает и новые направления работы. Весной 1997 г. на его базе создан Центр обучения аудиторов, риэлтеров и специалистов по оценке недвижимости. В задачи центра входит кадровое и консалтинговое сопровождение формирования рынка ценных бумаг и оценки имущественных прав в Карелии.

Все большее место в деятельности института занимает разработка и реализация программ внутрифирменного обучения и консультирования управленческих кадров таких крупных предприятий, как Онежский тракторный завод, Петрозаводскбуммаш, Сегежабумпром и Кондопогабумпром.

На базе института организован Учебно-методический центр Карелии по переподготовке и ежегодной аттестации специалистов по бухгалтерскому учету.

8. Институт экономики, финансов и бизнеса Архангельского государственного технического университета накопил определенный опыт работы с предприятиями Архангельской области по выявлению образовательных потребностей руководящих кадров и специалистов. Об основных тенденциях архангельского рынка бизнес-образования и задачах образовательных учреждений собравшимся рассказал заведующий кафедрой менеджмента профессор А. В. Пластинин.

В первой половине 90-х годов рынок бизнес-образования резко активизировался. Появился и быстро возмател спрос на такие актуальные для того периода темы, как основы рыночной экономики, хозяйственный расчет, приватизация и акционирование, маркетинг, менеджмент, бухгалтерский учет, хозяйственное право, применение персональных компьютеров.

Качественные сдвиги наметились и в предложении образовательных услуг: на рынке, помимо государственных, появились частные образовательные структуры, которые стали предлагать разнообразные семинары и курсы, вплоть до долгосрочных программ и получения высшего образования. Одно-

временно начали развиваться консультационная деятельность и реализация совместных проектов. В это время на рынке бизнес-образования Архангельска появились и первые иностранные участники, чаще всего действовавшие через российские филиалы и представительства.

Однако во второй половине 90-х годов темпы формирования рынка бизнес-образования заметно снизились, и в целом его нынешнее состояние характеризуется неустойчивостью. Причиной этого стало определенное несоответствие между спросом и предложением, требующее осуществления ряда качественных преобразований. Спрос на образовательные услуги существенно расширился и усложнился: к числу наиболее актуальных относятся налогообложение, рынок ценных бумаг, аудит, подготовка антикризисных управляющих, различные аспекты риэлтерской деятельности, оценка недвижимости и т.д. При этом слушатели стремятся получить официальные документы (сертификаты и лицензии), что создает дополнительные проблемы для образовательных учреждений, в первую очередь частных.

Перед большинством образовательных учреждений стоят проблемы повышения квалификации и переобучения преподавателей, улучшения технической оснащенности в соответствии с требованиями слушателей и необходимостью внедрения новых форм и методов обучения. Обновление программ и курсов, получение прав на выдачу лицензий и сертификатов, платежеспособность обучаемых также остаются актуальными.

От того, насколько быстро и успешно образовательные учреждения региона смогут решить стоящие перед ними проблемы и привлечь клиентов, которые в непростых экономических условиях и при достаточно разнообразном предложении образовательных услуг становятся более требовательными и разборчивыми, зависит их будущее и перспективы развития. Поэтому Институт экономики, финансов и бизнеса АГТУ высоко оценивает и стремится максимально эффективно использовать помощь, которую он получает в рамках программы ТАСИС и от РАБО.

О современных тенденциях развития рынка бизнес-образования и политике ведущих образовательных учреждений С.-Петербурга подробно рассказал Е. М. Пескин, директор по маркетингу С.-Петербургского международно-го института менеджмента (ИМИСП).

К основным проблемам спроса на рынке бизнес-образования в настоящее время можно отнести смутное представление руководителей многих предприятий о собственных кадровых потребностях, неспособность четко сформулировать требования к менеджерам, слабые знания возможностей образовательных учреждений в области управленческой подготовки, отсутствие рейтинга учебных центров и общественной оценки образовательных программ.

В свою очередь предложение часто грешит оторванностью от реалий российского бизнеса и современной практики управления, отсутствием четко сформулированных миссии и стратегии образовательного учреждения, чрезмерной ориентацией на традиционные формы и методы обучения, отсутствием или неразвитостью службы маркетинга, пассивностью в разработке программ внутрифирменного обучения.

Результаты изучения мнения руководителей предприятий и организаций С.-Петербурга о бизнес-образовании показали, что 72 % опрошенных считают в настоящее время обучение слишком дорогим, 22 % оценивают качество работы учебных центров как низкое, 53 % указали на оторванность программ от реальной действительности и 22 % – на отсутствие рекламы и информации о предлагаемых программах и курсах.

ИМИСП, работающий на рынке уже 8 лет и за эти годы оказавший услуги в области бизнес образования почти восьми тысячам слушателей различных семинаров, курсов и программ, традиционно особое внимание уделяет анализу рынка и работе с индивидуальными и корпоративными клиентами, как российскими, так и иностранными. Важное место в деятельности института занимает определение и, при необходимости, корректировка миссии и стратегии, выявление целевых групп клиентов, постоянное развитие и модификация имеющихся и создание новых продуктов, обеспечение всех аспектов деятельности института человеческими и организационно-структурными ресурсами.

Активный маркетинг, включающий исследование рынка и определение целевых групп клиентов, разработка разнообразных рекламно-информационных материалов, выбор и обоснование каналов продвижения информации и стимулирования спроса, а также постоянный контроль за мнением клиентов, помогают ИМИСП своевременно корректировать свою деятельность на рынке, совершенствовать учебно-методическое обеспечение, развивать и продвигать на рынок новые продукты, приближать обучение к практике.

Из опрошенных 58 % руководителей считают наиболее приемлемым в настоящее время обучать руководящие кадры непосредственно на предприятии без отрыва от производства – ИМИСП реализует подобные программы для компаний «Отис», «Адмиралтейские верфи», «ММТ». 46 % руководителей предпочитают специально разработанные для конкретного предприятия программы – ИМИСП реализует подобные программы для руководителей и специалистов компаний «Питер-Лада», «Газпром», «ТАМРО», «ENI». За привлечение консультантов для разработки стратегии и обучения персонала высказалось 36 % опрошенных – ИМИСП оказывает такие услуги компаниям «Красная Заря», «Геострой», «ММТ».

Обучение в институте – это действительно активный и коммуникативный процесс, который включает необходимую теоретическую подготовку, выработку навыков решения реальных проблем, деловые игры и компьютерные симуляции. Выпускные проекты предусматривают решение реальных задач путем подготовки бизнес-планов, инвестиционных проектов, разработки стратегии развития компаний.

9. Выступление Юлери Ферсти, ректора Высшего профессионального училища предпринимательства города Каухава (Финляндия), было посвящено анализу актуальных проблем, стоящих перед теми учебными заведениями, которые специализируются на управленческой подготовке мелких и средних предпринимателей.

В настоящее время в Финляндии, как и во всей Западной Европе, в результате активного внедрения новых производственных и информационных технологий, реорганизации методов работы все больше продукции и услуг производится средними, мелкими и мельчайшими компаниями. Одновременно наблюдается тенденция децентрализации сектора государственных услуг и, как следствие, рост числа небольших компаний. В этой связи проблема управленческой подготовки молодых и способных предпринимателей, готовых развивать малый бизнес на современном уровне, способных вырастить фирму до достаточного размера и выйти на международный рынок, становится все более актуальной. Именно в таких кадрах Финляндия остро нуждается сейчас.

Традиционное техническое и естественное образование и исследования, направленные, в основном, на решение задач крупных компаний, должны быть дополнены новым типом образовательных программ и исследований. Они должны быть нацелены прежде всего на создание новых производств в малых

предприятиях на базе простой технологии и производственных методов. Упор в этом случае должен делаться на учебные программы, ориентированные на управление маркетингом, и на производственный менеджмент в большей степени чем на традиционные технические аспекты.

Уже сейчас можно привести примеры успешного функционирования подобных предприятий, которые обеспечивают стабильный бизнес и создание новых рабочих мест.

В ЕС в настоящее время значительное внимание уделяется политике стимулирования малого бизнеса. Основными ее направлениями можно считать содействие инновационному процессу в малых фирмах, помощь в развитии экспорта, управленческую подготовку предпринимателей, расширение спектра информационных и консультационных услуг, оказываемых малому бизнесу, совершенствование финансовой поддержки. При этом каждая страна реализует эти основные принципы с учетом национальных особенностей и традиций.

В Финляндии в настоящее время важное место отводится облегчению доступа предпринимателей к современной информационной и сервисной структуре, уменьшению бюрократических сложностей при создании и функционировании малого бизнеса, расширению спектра программ подготовки предпринимателей, руководителей и сотрудников малых и средних предприятий.

В этом последнем существенная роль принадлежит Высшему профессиональному училищу предпринимательства в Каухава, которое стремится в своей деятельности гибко и оперативно реагировать на потребности рынка и максимально учитывать в предлагаемых программах запросы клиентов. В мае 1997 г. в Каухава в рамках программы ТАСИС побывали преподаватели Архангельска и Петрозаводска.

10. Обмен информацией и накопленным опытом всегда облегчает решение самых непростых задач. РАБО в последние годы активно содействует диалогу российских образовательных учреждений, расширению их контактов с зарубежными коллегами для совместного поиска и внедрения новых форм и методов обучения, совершенствования учебного процесса, развития исследовательской и консультационной деятельности.

Н. А. Евтихиева, генеральный директор РАБО, кратко охарактеризовала основные направления деятельности ассоциации, остановилась на результатах ее деятельности за последнее время и тех новых возможностях, которые дает членство в этой организации прежде всего тем образовательным учреждениям, которые, не имея еще обширного опыта внешних контактов, стремятся к активному использованию опыта коллег из других регионов и из-за рубежа.

Семинар завершился оживленной дискуссией, в которой приняли участие преподаватели и студенты Архангельского государственного технического университета, представители органов власти, предприниматели Архангельской области, представители средств массовой информации, а также руководители и эксперты проекта ТАСИС.

А.Ю. Лысенко
Академия народного хозяйства
при Правительстве РФ

ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

НИКОЛАЙ ФИЛЛИПОВИЧ КУЛИК



В декабре 1997 г. исполнилось 70 лет со дня рождения видного ученого в области освоения песков аридной зоны, лауреата Государственной премии, доктора биологических наук, профессора Новочеркасской государственной мелиоративной академии Николая Филипповича Кулика.

После окончания в 1949 г. Киевского лесохозяйственного института Н. Ф. Кулик работал в объединении Агролеспроект, где в составе Московской и Прикаспийской экспедиций обследовал астраханские пески и участвовал в их закреплении и создании государственных лесных полос.

В 1958 г. Н. Ф. Кулик был направлен на научную работу в Ачикулакскую НИЛОС. Здесь, на Терско-Кумских песках, он провел всесторонние исследования водного режима основных типов песчаных земель и лесных насаждений с использованием новых оригинальных методов и приборов, лично им разработанных (солемеры, конденсомеры, самописцы уровня грунтовых вод и др.). В результате выполненных работ Н. Ф. Куликом была подготовлена и в 1958 г. защищена кандидатская диссертация, где впервые в гидрологии песков детально вскрыта роль грунтовых вод в водном питании лесных насаждений в аридных районах.

В 1964–1981 гг. Н. Ф. Кулик руководил отделом освоения песчаных земель ВНИАЛМИ (г. Волгоград). Объектом его научных исследований стал весь регион юго-востока ЕТС. В 1971 г. он защитил докторскую диссертацию на тему «Водный режим песков юго-востока европейской части СССР».

Перу Н. Ф. Кулика принадлежит более 100 научных работ. Среди них капитальный труд «Водный режим песков аридной зоны» (1979 г.), в котором отражены термодинамика почвенной влаги, приходно-расходные статьи водного баланса основных типов песков, а также потенциальная оценка биокруговорота фитоценозов по их водообеспеченности. Книга переведена на китайский язык.

Он является соавтором книг «Агролесомелиорация» (1972 г.), «Справочник агролесомелиоратора» (1984 г.), «Защитное лесоразведение в СССР» (1986 г.) и учебных пособий «Лесомелиорация песчаных земель и их хозяйственное освоение» (1987 г.), «Лесомелиорация орошаемых и осушенных земель» (1994 г.) и др.

Под руководством и при непосредственном участии Н. Ф. Кулика разработаны биологические и химические методы закрепления подвижных песков юга и юго-востока ЕТС. Они нашли широкое применение в производстве (глубокая механизированная посадка крупномерных саженцев на барханных песках машиной МЛБ-1, применение нерозина и других химических препаратов в сочетании с посадкой древесных и кустарниковых пород, пространственное размещение защитных насаждений на песках и др.). Для бугристых песков разработан метод создания сосновых культур с минимальным нарушением экологической обстановки, позволяющий существенно сократить энергоресурсы. Широко внедрены в практику предложения Н. Ф. Кулика по комплексному освоению песчаных земель.

В 1981-1984 гг. Н. Ф. Кулик возглавлял работы по подбору новых земель под виноградники на песках Терско-Кумского междуречья и защите их от дефляции лесомелиоративными средствами (Всероссийский НИИ виноградарства и виноделия). Одновременно с 1982 г. он преподавал в Новочеркасском инженерно-мелиоративном институте, а в 1985 г. полностью перешел на кафедру лесных мелиораций. Николая Филипповича отличает широкая эрудиция, высокое педагогическое мастерство, стремление передать будущим инженерам лесного хозяйства глубокие знания в области лесных мелиораций. Под руководством Н. Ф. Кулика успешно защитили кандидатские диссертации 12 аспирантов.

Научная, педагогическая и общественная деятельность Н. Ф. Кулика отмечена правительственными наградами: орденом «Знак Почета», медалью «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина». За разработку и внедрение методов облесения песков в 1986 г. Н. Ф. Кулику в составе группы ученых и производственников присуждена Государственная премия, а в 1996 г. – звание заслуженного лесоведа РФ. Большое трудолюбие, принципиальность, требовательность к себе и другим, простота и скромность, чуткое отношение к людям – замечательные качества Николая Филипповича.

Поздравляя Николая Филипповича с юбилеем, желаем ему доброго здоровья, счастья, новых творческих успехов в научной работе и подготовке инженерных кадров для лесного хозяйства страны.

**И. В. Ревяко, В. М. Ивонин, А. А. Кулыгин,
В. С. Майоров, П. В. Сидаренко**
Новочеркасская государственная
мелиоративная академия

УДК 06.091

АНАТОЛИЙ ПАВЛОВИЧ ПЕТРОВ

18 января 1998 г. исполнилось 60 лет Анатолию Павловичу Петрову, ректору Всероссийского института повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства, доктору экономических наук, профессору, действительному члену Российской академии естественных наук.

В 1960 г. он окончил инженерно-экономический факультет Ленинградской лесотехнической академии и затем три года работал в системе Экспортлеса. С 1963 г. А. П. Петров – аспирант кафедры экономики лесной промышленности и лесного хозяйства ЛТА, затем ассистент, доцент, профессор и заведующий этой кафедрой.

В 1973 г. Анатолий Павлович защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора экономических наук. В 1977 – 1986 гг. он работал проректором по научной работе ЛТА.

С 1989 г. А. П. Петров является ректором Института повышения квалификации специалистов лесного хозяйства (г. Пушкино) и одновременно заведует кафедрой экономики, менеджмента и учета в лесном хозяйстве в этом институте.

В 1994 г. А. П. Петров избран действительным членом Российской академии естественных наук. Он был одним из учредителей Отделения наук о лесе РАЕН в декабре 1993 г., а затем возглавил в нем научное направление «Экономика, социология и лесное право».

Анатолий Павлович Петров – один из признанных лидеров российской (а до этого и советской) лесозащитной науки. Область научной деятельности А. П. Петрова широка. Как основные в ней можно выделить проблемы: экономические основы рационального комплексного использования лесных ресурсов и древесины; формы организации лесной промышленности и лесного хозяйства; основы государственного управления лесами в рыночных условиях.

Результаты научных исследований акад. А. П. Петрова опубликованы в 312 печатных работах, включая 15 монографий и 35 статей и тезисов докладов в зарубежных изданиях.

Для лесного комплекса проф. А. П. Петров подготовил целую армию экономистов высшей квалификации – 67 кандидатов и 7 докторов экономических наук. Они успешно трудятся во всех республиках бывшего Союза и ряде стран Европы.

Как никто другой А. П. Петров успешно сочетает научную деятельность с педагогической. Высоко ценятся в нашем отечестве и за его рубежами научные монографии и выступления акад. А. П. Петрова, его учебники и лекции. Он автор и соавтор учебников: «Экономика лесной промышленности (для инженеров-технологов)», 1982 г.; «Экономика лесной промышленности (для инженеров-экономистов)», 1984 г.; «Экономика лесного хозяйства (для средних

специальных учебных заведений)», 1993 г.; «Государственное управление лесным хозяйством (для системы высшего, среднего и дополнительного образования в лесном хозяйстве)», 1997 г.

Тысячам специалистов лесного хозяйства всех регионов России Анатолий Павлович «открыл дверь» в рыночную экономику.

Научные работы проф. А. П. Петрова получили международное признание: он был назван «Человеком года» (1995 – 1996 гг.) Международным библиографическим центром в Кембридже. В 1991 – 1995 гг. А. П. Петров был членом исполнительного комитета IUFRO; с 1996 г. – председатель рабочей группы этого союза по проблемам экономики переходного периода в лесном хозяйстве. Принимал участие в более чем 30 международных конгрессах, конференциях, симпозиумах.

Ученый, педагог и организатор А. П. Петров встречает свои 60 лет в расцвете творческих сил.

Заслуживают большого уважения его эрудиция, энергичность, эмоциональность. Специалисты лесного хозяйства часто вспоминают его лекции, которые он читал даже в кратковременных командировках, в частности в лесхозах Архангельского управления лесами.

Многочисленные ученики, соратники, единомышленники желают Анатолию Павловичу здоровья, оптимизма, энергии, новых больших планов и их осуществления!

Н. Н. Мацкевич

Всероссийский институт повышения
квалификации руководящих работников
и специалистов лесного хозяйства

Е. С. Романов, А. В. Пластинин
Архангельский государственный
технический университет

М. М. Кудряшов
Архангельское управление лесами

НЕКРОЛОГИ

ПАМЯТИ ВАЛЕНТИНА ВАСИЛЬЕВИЧА ЩЕЛКУНОВА



26 февраля 1998 г. на 86-м году жизни скончался старейший преподаватель Архангельского государственного технического университета, общепризнанный специалист по сухопутному транспорту леса, крупный ученый и педагог профессор Валентин Васильевич Щелкунов.

Валентин Васильевич родился 27 апреля 1912 г. в г. Котласе Архангельской области. В 1934 г. он закончил лесоинженерный факультет Архангельского лесотехнического института и получил специальность инженера по сухопутному транспорту леса. Как один из лучших студентов Валентин Васильевич был оставлен в аспирантуре, которую окончил в 1937 г. После успешной защиты диссертации он получил в 1939 г. степень кандидата технических наук. В 1940 г. утвержден в ученом звании доцента, в 1973 г. – профессора.

Вся творческая жизнь Валентина Васильевича была связана с Архангельским лесотехническим институтом, где он с 1942 г. по 1981 г. заведовал кафедрой сухопутного транспорта леса, а затем, до выхода на пенсию в 1988 г., работал профессором кафедры. Еще в довоенные, а затем и в послевоенные годы, он отдал много сил развитию и становлению кафедры, пополнению ее методиками, макетами, современным научным оборудованием, а в последние годы – электронными вычислительными машинами.

В. В. Щелкунов постоянно занимался вопросами подготовки кадров высокой квалификации. Под его руководством прошли аспирантуру и защитили кандидатские диссертации 10 выпускников института. Среди них заведующий кафедрой промышленного транспорта АГТУ доцент Г. А. Калинин; заведующий кафедрой автомобильных дорог профессор Т. А. Гурьев; декан заочного факультета АГТУ доцент В. И. Жабин; профессор В. А. Лукина; доценты Н. Н. Буторин, Р. Л. Коровкин; профессор Ф. А. Павлов и доцент Л. Е. Савин, которые в разное время были директорами Северного научно-исследовательского института промышленности.

Валентин Васильевич обладал даром воспитывать своих учеников не только в научном плане, но и прививал им деловые качества, что особенно ценили все, кто хорошо его знал.

Педагогическая и воспитательная работа Валентина Васильевича успешно сочеталась с научной и общественной деятельностью. По результатам научных исследований им опубликовано более 80 научных трудов. Каждая печатная работа отличается глубоким содержанием, оригинальностью и обоснованностью выводов. Он известен широкому кругу ученых и специалистов лесной промышленности своими глубокими познаниями в механике и математике,

использованием передовых методов исследований. Большой популярностью пользуется книга В. В. Щелкунова и др. «Эффективность применения различных типов лесовозных дорог», которая является методической основой обоснования строительства лесовозных дорог для различных условий эксплуатации. Он является также одним из авторов и главным редактором ряда учебников по курсу сухопутного транспорта леса.

С 1958 г. до последних дней жизни В. В. Щелкунов был членом редколлегии «Лесного журнала». Он находился у истоков его зарождения как печатного органа Минвуза СССР, предназначенного для публикации научных статей работников вузов по всем отраслям лесного дела. За 40 лет работы в составе редколлегии Валентин Васильевич очень многое сделал для повышения авторитета и научного уровня журнала, всегда был добрым советчиком и помощником молодым ученым, давал высококвалифицированные рецензии, сам был активным автором.

Заслуги В. В. Щелкунова в развитии науки и подготовке специалистов были отмечены тремя орденами «Знак Почета» и тремя медалями.

Коллектив университета, коллеги и ученики глубоко скорбят по поводу кончины В. В. Щелкунова. Светлая память о большом ученом и прекрасном человеке навсегда сохранится в сердцах всех, кто его знал и ценил.

Ректорат Архангельского государственного
технического университета
Коллектив лесоинженерного факультета
Кафедра промышленного транспорта
Редколлегия и редакция «Лесного журнала»
Коллеги и ученики

ПАМЯТИ ЮРИЯ ЯКОВЛЕВИЧА ДМИТРИЕВА

9 ноября 1997 г. после тяжелой болезни скончался заведующий кафедрой водных ресурсов Марийского государственного технического университета, почетный гражданин г. Йошкар-Олы, участник Великой Отечественной войны, доктор технических наук, профессор, действительный член Российской академии естественных наук, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации и Республики Марий Эл Юрий Яковлевич Дмитриев.

Он родился 8 мая 1919 г. на станции Великая Вятской губернии в семье лесничего. Не закончив вуза, ушел на фронт. Награжден боевыми орденами и медалями.

В 1948 г. после окончания Ленинградской лесотехнической академии Юрий Яковлевич начал работать в должности главного инженера Ново-Ильинского лесосплавного рейда треста Камлесосплав, а затем – начальника отдела этого треста, совмещая производственную деятельность с научной.

Защитив кандидатскую и докторскую диссертации, профессор Ю. Я. Дмитриев активно готовил инженерные и научные кадры для лесной промыш-



ленности, работая деканом лесоинженерного факультета и проректором по научной работе Поволжского лесотехнического института. Некоторое время он был ректором Ставропольского политехнического института. Подготовил 38 докторов и кандидатов технических наук. Он избран почетным профессором Марийского государственного технического университета.

Широкий спектр научных интересов Юрия Яковлевича, но главной его увлеченностью были исследования гидравлических струй в их взаимодействии с лесоматериалами. Много внимания он уделял экологическим проблемам, рациональному использованию всей биомассы дерева. По заданию руководства Марийской Республики он возглавлял разработку целевой комплексной программы «Марийский лес», работы по экологии рек, озер, водохранилищ. До последних дней был директором созданного им Академического научно-исследовательского института управления лесобиологическим потенциалом России.

Десятки книг, учебников, брошюр и сотни научных статей Ю. Д. Дмитриева – богатейшее наследие для студентов, инженеров, будущих ученых.

Ю. Я. Дмитриев являлся инициатором организации секции, а затем отделения наук о лесе Российской академии естественных наук, активно способствовал созданию и работе ее региональных отделений по всей России.

Юрий Яковлевич – крупный общественный и политический деятель. В 1990 г. был избран депутатом Верховного Совета Российской Федерации, председателем подкомитета по экологии человека. Под его руководством был подготовлен ряд законов по природоустройству и охране человека.

Трудовая деятельность акад. Ю. Я. Дмитриева отмечена многими орденами и медалями.

Активно работал Юрий Яковлевич в «Лесном журнале», где многие годы был членом редколлегии, рецензентом и автором статей.

Светлая память о Юрии Яковлевиче Дмитриеве навсегда сохранится в сердцах всех, кто знал этого доброго, отзывчивого, большой души человека.

Коллеги: Д. Н. Липман, М. М. Овчинников,
В. И. Патякин, В. Я. Харитонов, В. Н. Худоногов

Уважаемые читатели!

В 1997 г. вышла в свет первая часть книги Н. А. Воронкова « Основы общей экологии » (М.: Агар, 1997. - 87 с.) — учебное пособие для студентов вузов и учителей.

Книга посвящена наиболее значительным вопросам общей (классической) экологии, рассматривающей основные закономерности функционирования природных систем различного ранга (от биосферы до элементарных экосистем и популяций), их устойчивость, энергетику, продуктивность, роль в сохранении жизни и другие свойства. В лаконичной и одновременно довольно полной форме представлены основные понятия (термины), теории и законы экологии. Учебное пособие оригинально своим лесным уклоном. Его автор приводит много ценных, ярких и образных примеров, связанных с жизнью, развитием и функционированием лесных экосистем.

Книга включает слово к читателю (вместо предисловия), введение, пять глав и список рекомендуемой литературы.

Во второй части, планируемой к изданию, будут освещены проблемы социальной, прикладной и других разделов экологии, связанных с деятельностью человека.

Пособие будет полезно также слушателям институтов повышения квалификации, всем лицам, занимающимся вопросами экологии, экологического образования и лесного хозяйства.

Приобрести данное пособие можно по адресу: 109240, Москва, ул. Яузская, 11, Изд-во «Агар», тел. (095) 915-37-99 или 109004, Москва, ул. Верхне-Радищевская, 18, Московский государственный открытый педуниверситет, биолого-химический факультет (деканат), тел. (095) 915-38-32.

В Архангельском государственном техническом университете приступил к работе диссертационный совет К 064. 60. 01, состав которого утвержден на основании решения Высшего государственного аттестационного комитета Российской Федерации № 63 от 6 марта 1998 г. приказом № 163 от 12 марта 1998 г. Совет принимает к защите диссертационные работы по химическим и техническим наукам на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.21.03 «Технология и оборудование химической переработки древесины; химия древесины».

Председатель совета. - доктор химических наук, профессор Боголицын Константин Григорьевич.

**Адрес совета: 163007, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 17, АГТУ, ученому секретарю совета К 064.60.01
Скребец Татьяне Эдуардовне
Тел. (818 - 2) 44 - 93 - 48.**

Подписывайтесь

на второе полугодие 1998 г.

на журнал
«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ»

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ»

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца. Стоимость трех номеров 81 руб., доплаты за услуги связи устанавливаются по регионам.

Подписка принимается органами «Роспечати».

Подписка на журнал может быть оформлена через редакцию. (Наш расчетный счет 40503810100000000286 в РКЦ центробанка г. Архангельска, БИК 041117001, ИНН 2901039102.) Копию платежного поручения или денежный перевод с указанием адреса и фамилии подписчика просим выслать в редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции:

163007, г. Архангельск,
наб. Северной Двины, 17, АГТУ, «Лесной журнал».



ISSN 0536 - 1036. Изв. вузов. Лесной журнал, № 1, 1 - 152