

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

# *Лесной журнал*

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

Библиотека  
Архангельского  
государственного  
университета

4  
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**, акад. **И.И. Гусев**, акад. **Р.Е. Калигеевский**, акад. **А.Н. Кириллов**, акад. **В.И. Комаров**, проф. **Н.В. Лившиц**, акад. **В.И. Мелехов**, акад. **Е.Г. Мозолева**, **В.В. Мусинский**, доц. **О. А. Неволин**, акад. **А.Н. Обливин**, акад. **В.И. Онегин**, акад. **Г.С. Ощепков**, чл.-кор. **А.В. Питухин**, чл.-кор. **В.К. Попов**, акад. **С.М. Репях**, акад. **А.Р. Родин**, проф. **В.П. Рябчук**, проф. **Е.Д. Сабо**, акад. **Э.Н. Сабуров**, акад. **Е.Н. Самошкин**, акад. **В.И. Санев**, акад. **О. А. Терентьев**, проф. **Ф. Х. Хакимова**, акад. **В. Я. Харитонов**, акад. **Г.А. Чибисов**, проф. **Х.-Д. 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» № 4

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

Перевод **Н.Т. Подражанской.**

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

---

Сдан в набор 28. 08. 98. Подписан в печать 10. 11. 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. (818-2) 44-13-37

---

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Б.П. Чураков, В.А. Кублик, Д.А. Чаевцев, Л.В. Туровская.</i> Влияние фитопатогенных грибов на порослевое возобновление дуба.....	7
<i>О.А. Неволин, О.О. Еремина.</i> Подрост и его значение в формировании высокопродуктивных сосновых лесов Европейского Севера России.....	12
<i>А.В. Веретенников.</i> Отток <sup>14</sup> C-фотоассимилятов из семян долей всходов ясеня зеленого при различном режиме минерального питания.....	19
<i>Б.К. Термена, С.Г. Литвиненко.</i> Особенности органогенеза генеративных побегов североамериканских древесных растений на Буковине.....	24
<i>А.В. Лебедев.</i> Корневая губка в рекреационных ельниках и диагностика поражения деревьев.....	29
<i>И.А. Маркевич, А.А. Шужемов.</i> Аттрактивность природного ландшафта Валаамского архипелага.....	35

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>А.В. Жуков, А.С. Федоренчик, А.В. Жорин.</i> Оценка эффективности использования колесного трелевочного трактора на заготовке древесины.....	43
<i>Г.А. Калинин, Ф.А. Павлов, В.Я. Харитонов, В.Ф. Цветков.</i> Ретроспективный анализ влияния лесопользования на гидрологический режим рек Ваеньга и Юла.....	48
<i>В.И. Кучерявый, В.Д. Чарков.</i> Моделирование вероятностных характеристик коэффициента запаса прочности деталей лесных машин.....	56
<i>В.П. Стуков.</i> Учет температурных напряжений в мостовых балках из клееной древесины и железобетона.....	60
<i>А.С. Войнаш, В.Р. Ситников.</i> К вопросу оснащения толкателями базовых лесопромышленных тракторов.....	66
<i>Б.М. Большаков.</i> Выбор модели воздействия трелевочных систем на лесную почву.....	71
<i>Г.М. Анисимов, Б.М. Большаков.</i> Новая концепция оценки уплотнения почвы трелевочной системой при движении по крутосклонному волоку.....	75
<i>Т.А. Гурьев, Г.С. Тумыгин.</i> Определение ширины полосы отвода автомобильных дорог в лесных массивах Европейского Севера.....	79
<i>В.В. Коптяев, А.Л. Невзоров.</i> Результаты исследования теплопроводности гидролизного лигнина.....	85

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

#### И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Л.В. Орленко, В.В. Соловьев, А.М. Моргачев.</i> К вопросу исследования процесса резания древесины.....	92
<i>Ю.Ф. Чернышев.</i> Использование соотношений упругого потенциала при расчете напряжений в полом цилиндре из древесины.....	98

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Б.Д. Левин, В.М. Рачинская, П.Г. Романченко.</i> Влияние процесса сушки на структуру гидролизного лигнина.....	107
<i>Р.А. Степень.</i> Изменение выхода и состава пихтового масла в процессе отгонки.....	113

### МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

<i>И.В. Смирнова.</i> Анализ чувствительности финансовых результатов к изменениям цен и структуры затрат.....	119
---	-----

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

<i>В.А. Дружинин, А.Н. Смольянов.</i> Применение многофакторного анализа при инвентаризации лесов дистанционными методами _____	122
<i>О.Н. Ежов.</i> Частота встречаемости плодовых тел сосновой губки в зависимости от степени рекреационной нагрузки _____	125
<i>А.И. Землянухин.</i> Анализ причин производственного травматизма на предприятиях лесной отрасли _____	128
<i>В.В. Заляжных.</i> О возможности получения сульфата аммония из гидролизатов растительного сырья _____	130
<i>С.И. Осташев, Э.Н. Сабуров.</i> Теплоотдача в циклонном теплообменном устройстве _____	138

## ЮБИЛЕИ

<i>И.В. Ревяко, Е.В. Полуэктов, А.А. Кулыгин, Н.Ф. Кулик, В.С. Майоров, П.В. Сидаренко, В.И. Петров, И.Г. Зыков.</i> Владимир Михайлович Ивонин _____	145
---	-----

## CONTENTS

### FORESTRY

<i>B.P. Churakov, V. A. Kublik, D. A. Chajevtsev, L. V. Turovskaya.</i> Influence of Phytopathogen Fungi on Growth Oak Reforestation .....	7
<i>O.A. Nevolin, O. O. Eremina.</i> Undergrowth and its Importance in Forming High-Productive Pine Forests of the European North of Russia .....	12
<i>A.B. Veretennikov.</i> Outflow of $^{14}\text{C}$ Photoassimilators from Seed Lobe of Green Ash at Different Conditions of Mineral Nutrition .....	19
<i>B.K. Termena, S.G. Litvinenko.</i> Peculiarities of Organogenesis of Generative Sprouts of North-American Plants in Bucovina .....	24
<i>A.V. Lebedev.</i> Root Fungus in Recreational Spruce Stands and Diagnostics of Trees' Affection .....	29
<i>I.A. Markevitch, A. A. Shuzhmov.</i> Attractiveness of Natural Landscape of Valaam Archipelago .....	35

### WOODEXPLOITATION

<i>A.V. Zhukov, A.S. Fedorenchik, A.V. Zhorin.</i> Estimation of Operating Efficiency of Wheeled Skidder in Harvesting .....	43
<i>G.A. Kalinin, F.A. Pavlov, V. Ya. Kharitonov, V.F. Tsvetkov.</i> Retrospective Analysis of Forest Management Influence on Hydrological Conditions of the Vaenga and Yula Rivers .....	48
<i>V.I. Kucheryavy, V. D. Charkov.</i> Modelling Probability Characteristics of Strength Coefficient for Forestry Machinery .....	56
<i>V.P. Stukov.</i> Taking into Account the Thermal Stress in the Bridge Beams Made of Glued Wood and Reinforced Concrete .....	60
<i>A.S. Voinash, V.R. Sitnikov.</i> On the Question of Providing Base Wood - Industrial Tractors with Pushers .....	66
<i>B.M. Bolshakov.</i> Selection of Model of Skidding Systems Effect on the Forest Soil .....	71
<i>G.M. Anisimov, B.M. Bolshakov.</i> New Concept on Estimation of Soil Compacting by Skidding System when Moving along the Steep Slope .....	75
<i>T.A. Gurjev, G.S. Tutygin.</i> Determining the Width of a Designed Strip of Land for Road in Forest Ranges of the European North .....	79
<i>V.V. Koptyaev, A.L. Nevzorov.</i> Outcomes of the Research on Thermal Conductivity of Hydrolytic Lignin .....	85

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>L.V. Orlenko, V.V. Solovjev, A.M. Morgachev.</i> On the Question of Investigating the Process of Wood Cutting .....	92
<i>Yu.F. Chernyshev.</i> Use of Correlations of Restoring Potential when Calculating Stresses in Hollow Wooden Cylinder .....	98

### CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>B.D. Levin, V.N. Rachinskaya, P.G. Romanchenko.</i> Influence of Drying Process on Hydrolytic Lignin Structure .....	107
<i>R.A. Stepen'.</i> Variation of Yield and Composition of Fir Oil in the Process of Distillation .....	113

### METHODS AND PRACTICAL EXPERIENCE OF TEACHING

<i>I.V. Smirnova.</i> Analysis of Responsivity of Financial Results to the Changes of Prices and Costs Structure .....	119
--	-----

---

*SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE*

<i>V.A. Druzhinin, A.N. Smoljanov.</i> Application of Multiple-Factor Analysis for Forest Inventory by Distant Methods _____	122
<i>O.N. Ezhov.</i> Occurrence Frequency for Fruit Bodies of Pine Fungus Depending on Recreational Load _____	125
<i>A.I. Zemlyanukhin.</i> Analysis of Industrial Injuries Causes at Timber Enterprises _____	128
<i>V.V. Zalyazhnykh.</i> On Possibility of Obtaining Ammonium Sulfate from Hydrolysates of Plant Raw Material _____	130
<i>S.I. Ostashev, E.N. Saburov.</i> Heat Emission in the Cyclone Heat Exchanger _____	138

*JUBILEES*

<i>I.V. Revjako, E.V. Poluektov, A.A. Kulygin, N.F. Kulik, V.S. Majorov, P. V. Sidarenko, V.I. Petrov, I.G. Zykov, Vladimir M. Ivonin</i> _____	145
---	-----

---

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 632.4:674.031.632.26

*Б.П. ЧУРАКОВ, В.А. КУБЛИК, Д.А. ЧАЕВЦЕВ, Л.В. ТУРОВСКАЯ*

Ульяновский государственный университет

Чураков Борис Петрович родился в 1939 г., окончил в 1962 г. Московский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей экологии Ульяновского государственного университета, почетный работник высшего образования РФ. Имеет 76 печатных работ в области лесной фитопатологии и микологии.



Кублик Вячеслав Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Воронежский лесотехнический институт, главный лесничий, заместитель председателя комитета по лесу Ульяновской области. Имеет 9 печатных работ в области лесной селекции и лесных культур.



Чаяевцев Дмитрий Александрович родился в 1968 г., окончил в 1992 г. Ульяновский государственный педагогический институт, ассистент кафедры общей экологии Ульяновского государственного университета. Имеет 6 печатных работ в области лесной фитопатологии.



Туровская Людмила Владимировна родилась в 1970 г., окончила в 1992 г. Ульяновский государственный педагогический институт, старший лаборант кафедры общей экологии Ульяновского государственного университета. Область научных исследований – лесная фитопатология.



## ВЛИЯНИЕ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ НА ПОРОСЛЕВОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДУБА

Изучена порослевая способность дуба в зависимости от сезона рубки и зараженности фитопатогенными грибами.

The growth ability of oak has been studied depending on the logging season and infectiousness with phytopathogen fungi.

Состояние дубовых насаждений в Среднем Поволжье можно охарактеризовать как неудовлетворительное. Это связано с множеством разнообразных факторов биотического и абиотического характера. Среди них не последнее место занимает отсутствие семенного возобновления дуба и замена его порослевым. Значительный интерес представляет проблема, связанная с выяснением роли фитопатогенных грибов в процессе порослевого возобновления дуба.

Порослевая способность дуба связана с индивидуальными биологическими особенностями этой породы, почвенно-климатическими, эколого-лесоводственными условиями местопроизрастания, лесотаксационными показателями насаждений, хозяйственной деятельностью человека и т.д.

Лесоводы давно обратили внимание на то, что на порослевую способность дуба заметно влияют даже сроки рубки деревьев. По данным А.Б. Жукова [1], лучшие результаты получены при апрельской рубке, т. е. в период наиболее сильного сокодвижения. Однако И.С. Мелехов [2] и Ф.Н. Харитонович [5] считают, что лучший результат все же дают рубки, проведенные с октября по апрель, худший – в июле-августе.

Нами изучена порослевая способность пней дуба черешчатого в зависимости от сезона рубки, а также зараженности дубовым трутовиком *Inonotus dryophilus* (Berk.) Murt. и ложным дубовым трутовиком *Phellinus robustus* (P. Karst.) Bourd. et Galz. Исследования проводили в августе 1994 г. в дубовых порослевых насаждениях Кузоватовского спецлесхоза Ульяновской области. Тип леса – дубняк снытьевый, средний возраст дуба – 60 лет, класс бонитета – V, средний диаметр – 16,0 см; средняя высота – 15,0 м. В исследованных насаждениях были выделены участки, где проводилась санитарная рубка в феврале, мае, июле, ноябре 1992 г. Для изучения интенсивности порослевого возобновления в зависимости от наличия гнили, вызванной *I. dryophilus* и *Ph. robustus*, на каждом участке закладывали по три пробные площади по 10 пней в каждой в трех вариантах: 1) контроль (без признаков гнили); 2) с гнилью от *I. dryophilus*; 3) с гнилью от *Ph. robustus*. На каждой пробной площади учитывали количество поросли и ее высоту. Результаты исследований обрабатывали методом дисперсионного анализа с определением среднего арифметического  $\bar{X}$ , его ошибки  $S_{\bar{X}}$  и досто-



верности различий исследуемых показателей между сроками рубки  $P$  в отсутствии или присутствии гнилей  $P_1$  и наличием того или иного вида патогена  $P_2$  на 0,05-м уровне значимости гипотезы.

В табл. 1 приведены данные зависимости количества поросли и ее высоты у пней дуба от времени рубки и зараженности дереворазрушающими грибами.

Таблица 1

Время рубки	Пни без признаков гнили		Пни с гнилью						
			от <i>I. dryophilus</i>			от <i>Ph. robustus</i>			
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$P$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$P$	$P_1$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$P$	$P_1$	$P_2$
Количество поросли, шт.									
Февраль	5,8±0,30	-	4,0±0,15	-	< 0,05	3,4±0,16	-	< 0,05	< 0,05
Май	2,1±0,12	< 0,05	2,0±0,16	< 0,05	< 0,05	1,1±0,11	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Июль	2,3±0,13	< 0,05	1,9±0,18	< 0,05	< 0,05	1,5±0,21	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ноябрь	5,8±0,32	> 0,05	4,4±0,32	> 0,05	< 0,05	3,4±0,18	> 0,05	< 0,05	< 0,05
Высота поросли, м									
Февраль	0,45±0,010	-	0,41±0,015	-	< 0,05	0,33±0,014	-	< 0,05	< 0,05
Май	0,20±0,010	< 0,05	0,16±0,008	< 0,05	< 0,05	0,13±0,007	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Июль	0,19±0,009	< 0,05	0,15±0,004	< 0,05	< 0,05	0,12±0,007	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Ноябрь	0,44±0,014	> 0,05	0,42±0,019	> 0,05	< 0,05	0,32±0,015	> 0,05	< 0,05	< 0,05

Как видим, наиболее многочисленна поросль у пней осенне-зимней рубки. Худшие результаты дают весенне-летние рубки. По-видимому, при осенне-зимних рубках в комлевой части ствола и корне сохраняются питательные вещества, накопленные материнским растением в вегетационный период, предшествующий рубке. При весенне-летней рубке они частично уже израсходованы на развитие вегетативных и генеративных органов материнского дерева. Прослеживается закономерное уменьшение поросли у пней, пораженных *I. dryophilus* и *Ph. robustus* по сравнению с контрольными по всем срокам рубки, а также некоторое снижение ее количества у пней, пораженных *Ph. robustus* по сравнению с *I. dryophilus*. Очевидно, это связано с тем, что ложный дубовый трутовик обычно поражает нижнюю часть ствола материнского дерева, оказывая более сильное угнетающее воздействие на спящие почки пня. Гниль же от дубового трутовика располагается гораздо выше по стволу.

Высота поросли от пней осенне-зимних рубок достоверно больше, чем весенне-летних, независимо от наличия гнили, вызванной дереворазрушающими грибами. Выявлена определенная закономерность в уменьшении высоты поросли у пораженных пней по сравнению с контролем для всех периодов рубки. Отмечено также уменьшение высоты поросли от пней, пораженных *Ph. robustus* по сравнению с *I. dryophilus* по всем срокам рубки.

В последние годы лесные фитопатологи обратили довольно серьезное внимание на последствия комплексного воздействия несколь-

ких патогенных организмов на древостой дуба [3, 4, 6, 7 и др.]. Но имеющиеся литературные данные касаются в основном взрослых древостоев. С точки зрения практического лесоводства важно выявить влияние комплекса патогенов на порослевое возобновление дуба.

Изучено влияние двух патогенных грибов (факультативный паразит – опенок осенний – *Armillaria mellea* (Vahl.) Quel. и облигатный паразит – возбудитель мучнистой росы *Microsphaera alphitoides* (Grif. et Maubl.) на состояние пневой поросли дуба, пораженного дереворазрушающими грибами и контрольного.

Для изучения отмирания поросли при поражении пней дуба опенком осенним на каждом участке закладывали по три пробные площади по 50 пней в каждой в трех вариантах: 1) контроль (без признаков стволовой гнили); 2) с гнилью от *Inonotus dryophilus*; 3) с гнилью от *Phellinus robustus*. На каждой пробной площади пневую поросль визуальнo подразделяли на три стадии отмирания: I – 0, II – до 50, III – до 100 %.

Для изучения зараженности поросли мучнистой росой в зависимости от наличия гнили, вызванной дубовым трутовиком, в исследуемых насаждениях закладывали по три пробные площади по 600 пней в каждой в двух вариантах: 1) контроль (без признаков гнили); 2) с гнилью от *Inonotus dryophilus*. На каждой пробной площади учитывали число пней по четырем стадиям зараженности мучнистой росой: I – до 25, II – до 50, III – до 75, IV – до 100 %. Результаты исследований обрабатывали методом дисперсионного анализа.

В табл. 2 представлены данные о состоянии поросли дуба при поражении пней опенком.

Таблица 2

Стадия отмирания поросли	Число пней						
	без признаков стволовой гнили		с гнилью				
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$P_1$	от <i>I. dryophilus</i>		от <i>Ph. robustus</i>		
$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$			$P_1$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	$P_1$	$P_2$	
I	5,7±0,40	-	4,9±0,31	>0,05	1,6±0,19	<0,05	<0,05
II	2,6±0,27	-	2,5±0,26	>0,05	4,1±0,23	<0,05	<0,05
III	1,7±0,23	-	2,7±0,22	<0,05	4,3±0,31	<0,05	<0,05

Полученные данные свидетельствуют о том, что поражение пней опенком вызывает дифференцированное отмирание поросли. Отмечается тенденция к росту отмирания поросли у пней, пораженных трутовыми грибами по сравнению с контролем, хотя эти различия не всегда достоверны. Кроме того, пневая поросль дуба усыхает более интенсивно у пней с гнилью от *Ph. robustus*, чем у пней с *I. dryophilus*. Гниль от ложного дубового трутовика чаще всего располагается в нижней комлевой части ствола, от дубового – выше по стволу, поэтому гниль от первого гриба занимает больший объем пня, чем от второго. По-

видимому, угнетающее воздействие опенка и ложного дубового трутовика оказывается более сильным, чем опенка и дубового трутовика.

В тех же насаждениях изучена степень зараженности пнейвой поросли дуба мучнистой росой в зависимости от наличия или отсутствия гнили в пнях (табл. 3).

Полученные данные позволяют выполнить количественную дифференциацию поросли по степени зараженности грибом. При 25- и 50 %-м поражении отмечено большее количество зараженной пнейвой поросли у пней с наличием гнили от дубового трутовика по сравнению с контролем. При 75 %-м поражении эта тенденция сохраняется, хотя различия недостоверны. При 100 %-м поражении наблюдается большее количество пораженной поросли у пней без признаков гнили, чем у пней с гнилью, хотя и здесь результаты недостоверны. Отмечено также постепенное увеличение количества пораженной пнейвой поросли по мере повышения степени ее пораженности от 25 до 100 % в обоих вариантах. Выявленная закономерность, по-видимому, объясняется индивидуальными биологическими особенностями возбудителя мучнистой росы и дубовой поросли.

Таблица 3

Стадия зараженности	Количество пней				
	без признаков стволовой гнили		с гнилью от <i>I. dryophilus</i>		
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	<i>P</i>	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	<i>P</i>	<i>P</i> <sub>1</sub>
I	13,1±2,3	-	19,3±1,5	-	<0,05
II	19,5±1,4	<0,05	24,1±1,4	<0,05	<0,05
III	28,9±1,6	<0,05	29,6±1,0	<0,05	>0,05
IV	38,5±2,9	<0,05	32,5±1,8	>0,05	>0,05

Изучена зараженность пней дубовой губкой *Daedalea quercina* (L.) Fr. и ее влияние на порослевое возобновление дуба. В исследуемых насаждениях закладывали по 3 пробные площади по 50 пней в каждой. Учитывали количество поросли у пней с *D. quercina*. Результаты изучения показывают, что при общей зараженности пней  $16,0 \pm 0,26$  % подраста у них практически нет. Лишь у  $10,0 \pm 0,18$  % пней имеется поросль, что говорит о сильном угнетающем воздействии дубовой губки на порослевое возобновление.

Проведенные исследования показали, что порослевая способность дуба существенно зависит от сроков рубки деревьев, наличия трутовых грибов на материнских деревьях, а также патогенных на пнях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Жуков А.Б. Влияние способа возобновления дуба на технические свойства древесины // Тр. по ЛОД Украины. - 1928. - Вып. 12. - С 14 - 16.  
 [2]. Мелехов И.С. Лесоведение. - М.: Лесн. пром-сть, 1980. - 267 с. [3]. Селочник Н.Н. Фитопатологический мониторинг лесных дубравных биоцено-

зов лесостепи // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Тез. докл. Международ. конф. - М., 1994. - С. 73 - 75. [4]. Соколова Э.С., Шленская Н.М. Распространение и роль грибных болезней в насаждениях г. Тольятти // Там же. - С. 75 - 76. [5]. Харитонович Ф.Н. Биология и экология древесных пород. - М.: Наука, 1968. - 183 с. [6]. Чураков Б.П. Взаимоотношения патогенных грибов с древесными растениями. - М.: МГУ, 1993. [7]. Яковлев А.С., Яковлев И.А. Распространение грибных болезней в дубравах Среднего Поволжья // Проблемы лесной фитопатологии и микологии: Тез. докл. Международ. конф. - М., 1994. - С. 103 - 104.

Поступила 13 февраля 1995 г.

УДК 630\*231

*О. А. НЕВОЛИН, О. О. ЕРЕМИНА*

Архангельский государственный технический университет



Неволин Олег Алексеевич родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Архангельского государственного технического университета, заслуженный лесовод России. Имеет около 120 печатных трудов в области изучения высокопродуктивных лесов Севера и организации хозяйства в них, истории лесного хозяйства и лесоустройства.



Еремина Ольга Олеговна родилась в 1956 г., окончила в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, ассистент кафедры геодезии Архангельского государственного технического университета. Имеет 8 печатных трудов в области возобновления сосновых лесов Севера.

## **ПОДРОСТ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ФОРМИРОВАНИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ**

Приведены количественные и качественные показатели подроста в одновозрастных сосняках послепожарного происхождения, показано биологическое и хозяйственное значение молодого поколения леса. Отмечена

первоочередная необходимость восстановления продуктивности таежных лесов путем выращивания высокопродуктивных сосновых насаждений со вторым еловым ярусом.

Quantitative and qualitative characteristics of undergrowth are given for even-aged forest stands originated after fire, biological and economic importance of young generation forest is shown. The foremost necessity of restoring the productivity of boreal forest is pointed out to be realized by growing high-productive pine stands with second spruce growth.

Проблема использования подроста в формировании высокопродуктивных насаждений давно занимает северных лесоводов. Однако в связи с большим разнообразием лесных биогеоценозов, природных и хозяйственных условий она пока не нашла полного и желаемого разрешения. Эти вопросы особенно проблематичны при ведении хозяйства в сосновых лесах. Продолжая выполненные ранее работы [2 – 4, 6 – 8], мы проанализировали таксационные материалы лесоустройства и провели повторные исследования на 26 постоянных пробных площадях, заложенных авторами в 1963–1964 и 1977–1978 гг. на территории Емцовского учебно-опытного лесхоза АГТУ и Березниковского лесхоза Архангельской области. Исследовали чистые и смешанные сосновые насаждения четырех наиболее высокопродуктивных типов леса: кислично-травяного (*Pinetum oxalidoso-herbosum*) Ia, I классов бонитета, кисличника (*P. oxalidosum*) II класса бонитета, черничника (*P. myrtillosum*) и брусничника (*P. vaccinosum*) III класса бонитета. Возраст древостоев от 16 до 200 лет. Все они одновозрастные, имеют послепожарное происхождение. Следы лесных пожаров сохранились всюду в виде пожарных подсушин на материнских деревьях и сухостое, обгорелых стволов и пней от деревьев старшего поколения, а также древесных углей на поверхности почвы под лесной подстилкой.

С первых лет существования сосновых насаждений под их пологом происходят сложные биологические процессы расселения новых поколений древесных пород. Анализ опытных материалов показал наличие определенных тенденций в количественных и качественных характеристиках молодого поколения сосны, ели, березы и осины под пологом сосновых насаждений, что связано с возрастом насаждений и многочисленными факторами среды обитания.

Сосновый молодняк, появляющийся под пологом высокопродуктивных сосняков нередко в больших количествах, оказывается в неблагоприятных условиях и сравнительно быстро погибает. Обобщенные данные о количестве соснового подроста разного возраста приведены в табл. I (в числителе – средние значения; в знаменателе – колебания).

Приведенные цифры свидетельствуют о плохом состоянии и массовой гибели соснового подроста. Главная причина заключается в

Таблица 1

Возраст сосновых древостоев, лет	Количество соснового подроста, шт. на 1 га			
	благонадежного	сомнительного	неблагонадежного	Всего
≤ 40	740 0...8232	205 0...1610	312 0...2370	1257 0...12 212
41...80	157 0...2010	37 0...508	167 0...1625	361 0...4143
81...140	-	11 0...125	345 0...3112	356 0...3237
141...200	-	-	185 0...1680	185 0...1680

недостатке солнечного света, необходимого для фотосинтеза. Большинство сосенок угнетены, имеют жалкий внешний вид. Хвоя бледно-зеленая, нередко в массе поражена обыкновенным шютте (*Lophodermium pinastri*). Наши исследования количества и качества соснового подростка показали, что на него не может быть никакой надежды как на резерв в возобновлении сосны после рубки высокопродуктивных сосняков. Неустойчивость соснового подростка, полностью гибнущего даже после выборочных рубок в борах-зеленомошниках, в свое время отмечали С. В. Алексеев и А. А. Молчанов [1].

Береза поселяется под пологом высокопродуктивных сосняков, как правило, в больших количествах, особенно в сосново-березовых лесах (в насаждениях до 50–60-летнего возраста около 4...5 тыс. шт. на 1 га). Березовый подрост отмирает значительно медленнее соснового. Это явление «обуславливается особенностями фотосинтеза ее листьев, которые ассимилируют CO<sub>2</sub> с положительным балансом при значительно меньшей освещенности (1...2 % от освещенности открытого места)» [5]. Длительное существование березового подростка под пологом сосняков связано также с хорошим развитием корневой системы. Примечательно, что на корнях всех берез образуется обильная микориза съедобных грибов: осиновиков красного (*Boletus versipellus* var. *aurantiarius*) и желто-бурого (*B. versipellus* var. *rufescens*), моховика желто-бурого (*B. variegatus*), березовика обыкновенного (*B. scaber*), колпака кольчатого (*Rozites caperata*), сыроежек желтой (*Russula flava*) и синей (*R. azurea*) [6, 9]. Благодаря такому многообразию микориз береза, находящаяся в неблагоприятных условиях обитания, получает необходимое количество воды и элементов минерального питания, в результате жизнь березового подростка продлевается. Но несмотря на явные преимущества перед сосновым подростом береза в большинстве своем не выходит во второй ярус, со временем постепенно гибнет и в насаждениях старше 80 лет встречается в очень малых количествах. Таким образом, березовый подрост в высокопродуктивных сосняках, так же как сосновый, хозяйственного значения не имеет. В то же время исключительно велико биологическое значение березы как почвоулучшающей породы. Аллелопатические взаимоотношения березы с сосной благотворно влияют на их рост, развитие, плодоношение, усиливают сопро-

тивляемость к поражению бактериями и грибами. Оптимальная доля березы в составе древостоев высокопродуктивных сосняков равна 20...30 % [7]. И несомненно, что в сосновых насаждениях любого возраста наличие возможно большего количества березового молодняка весьма желательно и не должно подвергаться сомнению при ведении уходов за лесом.

В высокопродуктивных сосновых лесах Европейского Севера России особое положение занимает ель. В силу своей теневыносливости она распространена повсюду. Характер расселения и рост ели в условиях высокопродуктивных сосняков одинаков. Обычно она начинает появляться почти одновременно с сосной и березой. При наличии источников обсеменения, которые в условиях северной тайги имеются практически везде, массовое расселение ели под пологом сосняков происходит несколько позднее, в течение первых двух-трех десятилетий жизни сосновых насаждений. Затем этот процесс замедляется, но полностью не прекращается. Представление о количестве и качестве елового подроста под пологом высокопродуктивных сосняков дает табл. 2.

Как видим, количество елового подроста очень разнообразно: на 1 га насчитывается от 72 до 28 680 хорошо растущих елочек, а с учетом сомнительных и неблагонадежных экземпляров – от 113 до 37 570. Динамизм елового подроста также довольно сложен. Достигнув максимального количества к 50–60-летнему возрасту сосновых древостоев, ель начинает активно выходить во второй ярус. Этот процесс обычно начинается к 25–30-летнему возрасту сосняков и протекает с неуклонным нарастанием. По проведенным ранее [8] и настоящим исследованиям явно просматривается одна и та же закономерность. С увеличением возраста высокопродуктивных сосновых насаждений уменьшается

Таблица 2

Возраст сосновых древостоев, лет	Показатель количества	Количество елей, шт. на 1 га					
		подроста				вышедших из подроста	
		благонадежного	сомнительного	неблагонадежного	Всего	во II ярус	в I ярус
≤ 40	Минимум	95	20	19	134	0	0
	Максимум	20 750	6 100	780	27 630	830	65
	Среднее	4 920	460	127	5 507	162	11
41...80	Минимум	82	18	13	113	0	0
	Максимум	28 680	5 570	3 320	37 570	2 010	105
	Среднее	3 010	450	268	3 728	270	15
81...140	Минимум	78	31	20	129	29	19
	Максимум	3 120	6 450	3 110	12 680	1 540	147
	Среднее	1 310	710	725	2 745	583	59
141...200	Минимум	72	28	30	130	32	23
	Максимум	3 600	2 450	2 870	8 920	1 700	152
	Среднее	1 020	730	824	2 574	720	74

количество елового подроста как общее, так и благонадежного. Одновременно возрастает число сомнительных и неблагонадежных особей, а также елей во втором и первом ярусах. Уменьшение общего количества елового подроста связано с гибелью сильно угнетенных, ослабленных и больных экземпляров. Это естественный биологический процесс самоизреживания – закон природы, направленный на сохранение долговечных, устойчивых к неблагоприятным условиям внешней среды растительных ассоциаций. Еловый подрост располагается обычно группами, реже – более или менее равномерно. Распределение его по высоте в разных возрастах сосновых древостоев представлено в табл. 3.

Анализ табличных данных обобщенных экспериментальных материалов показывает, что с увеличением возраста в сосновых насаждениях происходит перераспределение елового подроста по группам высот. При этом доля крупного подроста возрастает, а мелкого уменьшается. К возрасту технической спелости соснового древостоя (80...100 лет) преобладает подрост выше 1 м. В дальнейшем доля крупного подроста (выше 2 м) резко увеличивается. Это закономерное явление природы смешанных сосново-еловых, сосново-березовых и сосновых насаждений со вторым еловым ярусом связано с постепенным ослаблением появления под их пологом новых поколений ели в связи с резким ограничением жизненного пространства.

Возраст подроста самый разнообразный. Со временем наблюдается общая тенденция увеличения разницы между средними возрастными древостоя и подростом. Такое явление объясняется тем, что более старый подрост переходит во второй ярус или частично гибнет в борьбе за жизненное пространство и элементы питания, от сильных механических повреждений, болезней и насекомых-вредителей.

Несмотря на большое количество елей под пологом сосновых насаждений, они очень тяжело выходят в первый ярус, заполняя лишь просветы в нем. В то же время к 80–100-летнему возрасту соснового древостоя ель образует второй ярус с запасом стволовой древесины

Таблица 3

Группа высот елового подроста, м	Процент елового подроста (числитель) и разница между средними возрастными древостоя и подростом, лет (знаменатель) в возрасте сосновых древостоев, лет			
	≤ 40	41...80	81...140	141...200
≤ 0,25	25,0	13,1	1,3	0,3
	8...32	30...60	68...116	82...185
0,26...0,50	24,1	16,2	6,0	4,2
	4...26	21...58	65...113	80...180
0,51...1,00	26,8	19,8	12,8	11,7
	4...18	18...57	62...117	79...178
1,01...2,00	12,0	29,9	25,3	24,7
	2...12	9...46	52...101	78...154
≥ 2,0	12,1	21,0	54,6	59,1
	1...10	2...26	27...80	60...135



нередко до 90 м<sup>3</sup> на 1 га. При этом по количеству составляющих второй ярус елей, их расположению, средним высотам и диаметрам, запасу стволовой древесины наблюдается большое разнообразие при одном и том же возрасте сосновых насаждений и одинаковых лесорастительных условиях. Нередко второй ярус из ели отсутствует или не имеет ясной выраженности и при таксации не выделяется.

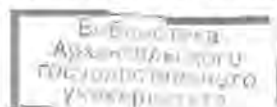
Повсеместное расселение ели под пологом высокопродуктивных сосняков, при наличии источников обсеменения, связано не только с ее теневыносливостью, но и с другой замечательной биологической особенностью – нормального роста в молодости на органическом субстрате. Особенно это заметно в насаждениях, где на поверхности почвы имеются полуразложившиеся и разложившиеся остатки древесины, поросшие мхами и образующие микроповышения. На таких участках микро рельефа и селятся молодые елочки, чего не наблюдается у сосны. Эту особенность приспособления ели к органическому субстрату в лесах Европейского Севера России отмечал М. Е. Ткаченко, который писал: «Проходит иногда столетия, прежде чем ель достигнет своими корнями почвы» [10].

Интересно, что на корнях таких елочек хорошо развита микориза, образуемая съедобными грибами: осиновиком белым (*Boletus versipellus* var. *percandidus*), осиновиком желто-бурым (*B. versipellus* var. *aurantiacus*), белым грибом (*B. edulis*), моховиком желто-бурым (*B. variegatus*), моховиком красным (*B. chrysenteron*), рыжиком еловым (*Lactarius deliciosus* var. *picei*), волнушкой белой (*L. pubescens*), волнушкой розовой (*L. torminosus*) и груздем настоящим (*L. resimus*). Широкий спектр грибов-симбионтов и значительное многообразие микориз у ели позволяет ей сравнительно легко приспосабливаться и выживать под пологом сосны и березы в тяжелейших условиях межвидовой и внутривидовой борьбы деревьев и других лесных растений за влагу, элементы минерального питания.

Поселение ели под пологом высокопродуктивных сосновых лесов заслуживает всяческого содействия со стороны лесоводов. В сосновых насаждениях с хорошим вторым ярусом из ели наиболее полно используется среда обитания, стволы деревьев первого яруса раньше и лучше очищаются от сучьев, а к возрасту главной рубки древесные запасы и продуктивность увеличиваются на 15...20 %.

Осина под пологом сосняков кислично-травяных, кисличных, черничных и брусничных появляется в незначительных количествах, растет плохо и быстро погибает.

В заключение заметим, что лесовозобновительные процессы под пологом высокопродуктивных сосняков идут в течение всей их жизни и отличаются большим разнообразием и сложностью. Ведущая роль при этом принадлежит ели. В процессе главной рубки спелых высокопродуктивных сосняков не следует оставлять еловый подрост и тонкомер, так как будут формироваться низкопродуцирующие ельники. Наши многолетние наблюдения показали, что такие ельники редкостойны,



растут плохо и по продуктивности не поднимаются выше V класса бонитета. Для успешного естественного возобновления сосны и создания высокопродуктивных сосновых насаждений со вторым еловым ярусом на месте вырубок необходимо, в первую очередь, упорядочить огневую очистку лесосек, а также обязательно оставлять обсеменители. При определенных условиях и с предосторожностью следует проводить сплошные управляемые палы.

Восстановление былой высокой продуктивности таежных лесов должно стать главной заботой северных лесоводов. При этом в максимальной степени надо использовать естественные силы природы, что позволит получить желаемый эффект при наименьших затратах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алексеев С.В., Молчанов А.А. Выборочные рубки в лесах Севера. - М.: Изд-во АН СССР, 1954. - 148 с. [2]. Еремина О.О. О естественном возобновлении в сосновых лесах Березниковского лесхоза Архангельской области // Рациональное использование и восстановление природных ресурсов на Европейском Севере: Тез. докл. к науч.-техн. конф. 11-13 нояб. 1980 г. - Архангельск, 1980. - С. 20. [3]. Еремина О.О. Естественное возобновление сосны по гари // Актуальные проблемы развития лесопромышленного комплекса и организации строительства: Тез. докл. к науч.-техн. конф. 1-3 июня, 26-28 окт. 1982 г. - Архангельск, 1982. - С. 42. [4]. Еремина О.О. Естественное возобновление сосны в лишайниковых сосняках средней подзоны тайги Архангельской области // Флора Севера и растительные ресурсы европейской части СССР: Тез. докл. науч. сессии, посвященной 50-летию издания книги И.А. Перфильева «Флора Северного края». - Архангельск, 1987. - С. 64 - 66. [5]. Иванов Л.А. Свет и влага в жизни наших древесных пород. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946. [6]. Неволин О.А. Об исследовании грибов-микоризообразователей древесных пород в чистой культуре // Лесн. журн. - 1963. - № 2. - С. 13 - 21. - (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Неволин О.А. Основы хозяйства в высокопродуктивных сосняках Севера: - Архангельск: Сев.-зап. кн. изд-во, 1969. - 102 с. [8]. Неволин О.А. Динамика и хозяйственное значение подроста в сосново-березовых лесах Севера // Лесовозобновление и формирование древостоев на Европейском Севере: Тр. АЛТИ. - Архангельск: Сев.-зап. кн. изд-во, 1969. - Т. 21. - С. 65 - 69. [9]. Неволин О.А. Микоризообразователи и микоризы в высокопродуктивных сосново-березовых насаждениях Архангельской области // Биологические проблемы Севера, VIII симпозиум: Тез. докл. - Апатиты, 1979. [10]. Ткаченко М.Е. Леса Севера: Из лесохозяйственных исследований в Архангельской губернии. - СПб., 1911.

Поступила 4 марта 1996 г.

УДК 581.13

А.В. ВЕРЕТЕННИКОВ

Воронежская государственная лесотехническая академия

Веретенников Анатолий Васильевич родился в 1929 г., окончил Ленинградскую лесотехническую академию, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и физиологии растений Воронежской государственной лесотехнической академии. Имет более 150 научных трудов в области физиологии древесных растений, клеточной и генетической инженерии. Член международных организаций ИЮФРО и ФЕОФР.



### ОТТОК $^{14}\text{C}$ -ФОТОАССИМИЛЯТОВ ИЗ СЕМЯДОЛЕЙ ВСХОДОВ ЯСЕНЯ ЗЕЛЕНОГО ПРИ РАЗЛИЧНОМ РЕЖИМЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Установлено, что наибольшее воздействие на транспорт и распределение фотоассимилятов оказывает голодание всходов ясеня по кальцию, магнию и азоту.

It is found out, that starvation of green ash sprouts in calcium, magnesium and nitrogen exerts the biggest effect on transport and distribution of photo-assimilators.

Известно, что отток фотоассимилятов и их распределение по растению, наряду с фотосинтезом, дыханием и почвенным питанием, в значительной степени определяет продуктивность и устойчивость растений к неблагоприятным внешним воздействиям. Несудивительно поэтому пристальное внимание ученых к выяснению механизма ближнего и дальнего транспорта ассимилятов, природе передвигающихся по флоэме веществ и их превращений и утилизации на различные процессы метаболизма и рост растений, в том числе древесных [6, 7, 9, 10, 13 и др.].

На травянистых растениях показано, что исключение из питательного раствора азота и особенно калия вело к задержке оттока продуктов фотосинтеза [2, 3, 5, 9 и др.]. По данным Т.Ф. Андреевой и В.М. Персанова [1], недостаток фосфора первоначально сказывался на направленности транспорта фотоассимилятов, а затем и на его количественной стороне. Другие авторы дают иную интерпретацию воздействия азотного и фосфорного голодания на транспорт и распределение продуктов фотосинтетической деятельности растений [7, 12 и др.].

В связи с изложенным важно было исследовать влияние условий минерального питания на отток и распределение фотоассимилятов у древесных растений с гипокотиллярным прорастанием на герминальном наиболее критическом этапе их жизни.

Наши исследования\* проведены на всходах ясеня зеленого в лабораторных условиях. Семена этой древесной породы эндосперм содержащие и имеют тонкие схожие с листом семядоли. Прорастание семян надземное гипокотиллярное. Растения выращивали в песчаной культуре при температуре 22...24 °С, освещенности 7...10 клк и относительной влажности воздуха 44...47 %.

Опытные растения получали питательный раствор Кнопа половинной концентрации с добавлением всех абсолютно необходимых микроэлементов, контрольные – чистую воду. В другой серии опытов исключали из полной питательной смеси (ППС) тот или иной макроэлемент.

Транспорт и распределение фотоассимилятов исследовали радиометрическим методом с использованием  $^{14}\text{CO}_2$  [5]. Освещенность в момент введения метки в семядоли была равна 16,2 клк, температура воздуха 25 °С. Для изучения лаг-периода в оттоке фотоассимилятов из семядолей всходов одну часть растений в количестве 10 экземпляров после 30-минутной экспозиции в смеси обычной и меченой углекислоты сразу же фиксировали кипящим этанолом, вторая и третья оставались при обычных условиях еще на 1 и 2 ч соответственно и только по истечении этого времени их фиксировали указанным способом. Корневую систему растений после аккуратного извлечения из песка покрывали смоченной в воде фильтровальной бумагой. Зафиксированный материал различных частей всходов высушивали при температуре 60 °С, растирали в специальном боксе. После этого навески радиоактивных порошков помещали под торцовый счетчик радиометрической установки УМФ-1500.

Исследования показали (табл. 1), что во всех случаях количество меченых продуктов фотосинтеза семядолей было большим у опытных растений, за исключением семядолей вне ассимиляционной камеры у 7-суточных всходов. Особенно сильная аттрагирующая способность проявилась у первичных и переходных листьев и эпикотилия в 3-недельном возрасте всходов, когда разница в активности опытных и контрольных растений в пользу первых составила 200...500 %. Отчетливый лаг-период наблюдался у семядолей контрольного варианта у недельных всходов. Проявление лаг-периода связано с менее выраженной аттрагирующей способностью различных частей всходов контрольного варианта в связи с ослаблением ростовых процессов. Подобная картина наблюдалась у древесных растений при воздействии других стрессов на рост [4, 11, 13 и др.]. Достаточно четкими были различия между сравниваемыми вариантами как сразу после введения семядолей в меченую углекислоту, так и через 2,5 ч.

\* В экспериментальной работе принимала участие асп. Фам Тхи Ань Хонг.

Таблица 1

Возраст всходов, дн.	Часть всходов	Отток и распределение $^{14}\text{C}$ -фотоассимилятов, имп./мин на 1 мг сухой массы, при экспозиции, ч		
		0	1	2
7	Подкормленные семядоли	$214,45 \pm 5,87$	$137,62 \pm 4,62$	$129,43 \pm 5,79$
		$175,86 \pm 13,46$	$162,37 \pm 8,15$	$174,41 \pm 9,67$
	Семядоли вне камеры	$18,05 \pm 1,25$	$20,15 \pm 1,19$	$28,26 \pm 1,18$
		$30,56 \pm 1,39$	$34,93 \pm 2,82$	$36,85 \pm 1,32$
	Гипокотиль	$8,76 \pm 0,72$	$15,11 \pm 0,98$	$15,46 \pm 0,96$
		$5,58 \pm 0,74$	$14,34 \pm 0,97$	$17,97 \pm 0,86$
Корни	$4,32 \pm 0,74$	$6,73 \pm 0,84$	$15,48 \pm 1,22$	
21	Подкормленные семядоли	$3,81 \pm 0,79$	$6,59 \pm 0,59$	$9,88 \pm 0,61$
		$241,61 \pm 9,31$	$226,04 \pm 7,83$	$206,90 \pm 10,36$
	Семядоли вне камеры	$132,97 \pm 3,72$	$71,18 \pm 1,98$	$64,04 \pm 0,78$
		$26,03 \pm 0,43$	$35,04 \pm 0,95$	$38,00 \pm 1,13$
	Первичные листья	$9,24 \pm 0,68$	$12,38 \pm 1,29$	$15,87 \pm 0,54$
		$21,27 \pm 1,17$	$21,93 \pm 1,00$	$40,72 \pm 1,20$
	Эпикотиль	$9,32 \pm 0,58$	$11,60 \pm 0,15$	$19,50 \pm 0,71$
		$24,04 \pm 0,85$	$37,34 \pm 0,89$	$52,71 \pm 2,34$
	Гипокотиль	$4,50 \pm 0,95$	$5,53 \pm 0,97$	$11,24 \pm 1,20$
		$7,90 \pm 1,07$	$19,91 \pm 1,32$	$20,55 \pm 0,84$
	Корни	$3,70 \pm 0,29$	$9,59 \pm 0,66$	$11,81 \pm 0,80$
$4,04 \pm 0,28$		$7,18 \pm 0,59$	$8,45 \pm 0,48$	
42	Подкормленные семядоли	$3,64 \pm 0,81$	$4,73 \pm 0,73$	$5,74 \pm 0,79$
		$179,19 \pm 6,72$	$172,69 \pm 5,96$	$188,80 \pm 7,12$
	Семядоли вне камеры	$153,43 \pm 2,82$	$137,37 \pm 1,78$	$75,16 \pm 1,10$
		$23,65 \pm 0,62$	$33,32 \pm 0,87$	$34,13 \pm 1,45$
	Первичные листья	$16,83 \pm 1,03$	$17,51 \pm 1,68$	$20,38 \pm 0,82$
		$25,90 \pm 1,14$	$35,44 \pm 0,86$	$35,79 \pm 0,55$
	Переходные листья	$15,10 \pm 0,84$	$26,73 \pm 1,20$	$29,63 \pm 0,69$
		$15,69 \pm 1,33$	$26,72 \pm 0,72$	$31,07 \pm 0,98$
	Эпикотиль	$8,89 \pm 1,14$	$12,28 \pm 0,82$	$17,26 \pm 1,95$
		$12,40 \pm 0,39$	$15,34 \pm 0,58$	$16,41 \pm 0,59$
	Гипокотиль	$4,02 \pm 0,64$	$6,36 \pm 0,38$	$10,69 \pm 0,78$
		$5,74 \pm 0,76$	$9,92 \pm 0,16$	$15,36 \pm 0,83$
	Корни	$7,30 \pm 0,42$	$6,87 \pm 1,32$	$9,44 \pm 0,55$
		$5,43 \pm 0,38$	$8,71 \pm 0,22$	$9,04 \pm 0,73$
		$3,48 \pm 0,33$	$6,28 \pm 0,77$	$6,96 \pm 0,95$

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

Относительный отток из подкормленных  $^{14}\text{CO}_2$  семядолей в каждом варианте отдельно, как правило, выше у контрольных растений в более старшем возрасте. Так, у 3-недельных всходов через 2,5 ч после введения метки в опытном варианте в корни оттекло 4,1, а в контрольном 8,9 %, в гипокотиль соответственно 9,8 и 18,2 %, в первичные ли-

стья 19,6 и 30,4 % и т.д. Это связано с «эффектом разбавления», ибо у опытных растений фитомасса различных частей была существенно больше, чем у контрольных.

Не менее существенно было получить информацию о воздействии недостатка того или иного элемента на транспорт и распределение меченых соединений (табл. 2). Даже относительная доля фотоассимилятов, оттекающих из семядолей всходов ясеня зеленого, при отсутствии в питательной среде отдельных макроэлементов во всех аттрагирующих частях оказалась значительно меньшей по сравнению с контролем. У 3-недельных всходов особенно сильное воздействие на отток оказал недостаток магния и кальция, у 6-недельных – кальция, азота и серы. Вопреки сложившемуся мнению [2, 3, 5, 9 и др.] голодание по калию оказало меньшее влияние. Возможно, это связано с особенностями структуры и функций донора фотоассимилятов, а именно зеленеющих на свету семядолей, по сравнению с настоящими листьями. Затруднительно пока объяснить и более мощное поглощение  $^{14}\text{CO}_2$  всходами на питательном растворе без кальция. Отсутствие в среде того или иного макроэлемента вместе с замедлением притока фотоассимилятов в одну часть всхода стимулировало приток в другую. У 3-недельных всходов голодание по азоту стимулировало накопление меченых продуктов в корнях, а по сере – в гипокотильях всходов; у 6-недельных всходов это проявилось в исключении из питательной среды фосфора и калия, что способствовало большему притоку фотоассимилятов в эпикотиль сравнительно с вариантом полного набора макроэлементов.

Таблица 2

Часть всходов	Отток и распределение $^{14}\text{C}$ -фотоассимилятов, %						
	ППС	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
3-недельные всходы							
Подкормленные семядоли*	241,6	118,3	192,3	203,2	280,4	205,5	170,8
Первичные листья	8,8	13,7	10,6	14,0	7,1	6,7	6,6
Эпикотиль	9,9	3,0	3,6	5,7	5,0	9,4	5,9
Гипокотиль	3,3	3,3	3,3	2,5	3,0	0,8	4,5
Корни	1,7	3,3	1,5	1,1	1,1	1,0	1,0
6-недельные всходы							
Подкормленные семядоли*	179,2	131,9	133,2	178,1	261,6	125,8	151,2
Первичные листья	14,5	12,5	15,5	10,0	3,3	10,2	13,1
Переходные листья	8,7	6,6	7,1	6,6	6,0	5,9	7,0
Эпикотиль	6,9	5,5	9,9	7,3	3,2	5,9	2,4
Гипокотиль	3,2	2,3	4,0	2,7	2,6	4,4	1,7
Корни	3,0	1,8	2,5	3,0	1,1	2,3	1,6

\* Показатели для подкормленных семядолей даны в единицах имп./мин на 1 г сухой массы и приняты за 100 %.

Эти результаты свидетельствуют о возможности регулировать процесс транспорта продуктов фотосинтеза, изменяя условия минерального питания.

Можно предположить, что если в питательном растворе нет отдельных макроэлементов, то в растениях тормозится синтез фитогормонов и, как следствие, новообразование элементов структуры, т. е. рост, а вместе с этим аттрагирующая способность тканей и органов растительного организма. Возможно также, что некоторые из элементов минерального питания выступают в транспорте по флоэме как вторичные месессоры органических веществ. Таким образом, настоящая работа позволила получить новую информацию о воздействии условий минерального питания на транспорт и распределение фотоассимилятов из семян долей всходов ясеня зеленого и поставила ряд вопросов для дальнейшего исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Андреева Т.Ф., Персанов В.М. Влияние фосфорного голодания на фотосинтетическую активность листьев, отток и использование ассимилятов в связи с ростом и продуктивностью растений // Тр. Биол. - почв. ин-та ДВ НЦ АН. - 1973. - С. 179 - 185. [2]. Анисимов А.А. Действие сульфата аммония на передвижение ассимилятов у сахарной свеклы // Физиол. раст. - 1965. - Т.12. - С. 179 - 186. [3]. Анисимов А.А. Факторы, определяющие интенсивность и направление транспорта ассимилятов в разных условиях минерального питания // Тр. Биол. - почв. ин-та ДВ НЦ АН. - 1973. - Т. 20. - С. 204 - 208. [4]. Веретенников А.В., Кузьмин Ю.И. Транспорт, распределение и потребление  $^{14}\text{C}$ -ассимилятов у сосны обыкновенной при различном водном режиме торфяной почвы // Лесоведение. - 1977. - № 3. - С. 34 - 41. [5]. Вознесенский В.Л., Семихатова О.А., Заленский О.В. Методы изучения фотосинтеза и дыхания растений.- М.; Л.: Наука, 1965.- 306 с. [6]. Катанина М.С., Анисимов А.А. Состав транспортируемых ассимилятов в связи с условиями азотно-фосфорного питания растений // Физиол. раст. - 1974. - Т. 21. - С. 1212 - 1216. [7]. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растениях. - М.: Наука, 1976. - 647 с. [8]. Юшков П.И. Постфотосинтетическое распределение углерода-14 у сосны обыкновенной: Автореф. дис. ... канд. биол. наук.- Свердловск, 1970. - 19 с. [9]. Ahrens J.R., Reid C.P.P. Distribution of  $^{14}\text{C}$ -labelled metabolites in mycorrhizal and nonmycorrhizal lodgepole pine seedlings // Can. J. of Bot. - 1973. - Vol. 51, N 5. - P. 1029 - 1035. [10]. Crafts A.S., Crisp C.E. Phloem transport in plants.- San Francisco: Freeman W.N. and Company, 1971. - 481 p. [11]. Lippu J. Patterns of dry matter partitioning and  $^{14}\text{C}$ -photosynthate allocation in 1,5-Year-old scots pine seedlings // Silva Fennica.- 1994. - Vol. 28 (3). - P. 145 - 153. [12]. Nelson C.D. The production and translocation of photosynthate -  $^{14}\text{C}$  in conifers // Formation of wood in forest Trees.- N.Y. - London: Acad. Press, 1964. - P. 243 - 257. [13]. Watson B.F. The influence of low temperature on the rate of translocation in the phloem of *Salix viminalis* L. // Ann. of Bot. - 1975. - Vol. 39.- P. 889 - 900. [14]. Zimmerman M.H. Long distance transport // Pl. Physiol. - 1974. - Vol. 54. - P. 472 - 479.

УДК 581.522.4

*Б.К. ТЕРМЕНА, С.Г. ЛИТВИНЕНКО*

Черновицкий государственный университет



Термена Борис Константинович родился в 1932 г., окончил в 1963 г. Украинскую сельскохозяйственную академию, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники и охраны природы Черновицкого государственного университета. Имеет около 110 печатных трудов в области дендрологии, адаптации древесных растений и математического моделирования адаптационных возможностей растений.



Литвиненко Светлана Григорьевна родилась в 1972 г., окончила в 1995 г. Черновицкий государственный университет, аспирант кафедры ботаники и охраны природы.

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНОГЕНЕЗА ГЕНЕРАТИВНЫХ ПОБЕГОВ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА БУКОВИНЕ

В зависимости от сроков заложения генеративных органов в почках возобновления выделены три группы растений. Указаны критические периоды в ходе органогенеза генеративных побегов.

Three groups of plants were distinguished depending on the terms of formation of generative organs in the renewal buds. Critical periods in the course of organogenesis of generative organs have been shown.

Адаптация древесных растений в значительной степени зависит от хода органогенеративных процессов в почках возобновления в связи с ритмом основных климатических и метеорологических факторов.

В ботаническом саду Черновицкого государственного университета на протяжении многих лет проводятся исследования характера генеративного развития североамериканских древесных интродуцентов по методике, разработанной в соответствии с указаниями Ф.М. Куперман [1]. Материал отбирали в средней и верхней частях кроны южной и юго-западной экспозиции. Анализировали потенциально



Вид	Состояние почек возобновления						Цветок сформирован полностью
	Спорофилогенез			Дифференциация цветка			
	Начало формирования генеративной сферы конуса нарастания	Образование		Образование			
	боковых осей соцветия	цветочных бутонов	чашелистиков (околоцветника)	лепестков	тычинок		

I. Генеративные органы образуются весной в год цветения

<i>Catalpa bignonioides</i> Wall.	23.IV ± 5,5	26.IV ± 6,7	3.V ± 11,2	8.V ± 10,8	13.V ± 7,3	19.V ± 8,5	24.V ± 11,2
<i>C. speciosa</i> Warder ex Engelm.	3.V ± 12,4	10.V ± 10,1	14.V ± 11,1	23.V ± 13,3	25.V ± 12,7	29.V ± 12,4	5.VI ± 7,5
<i>Hamamelis virginiana</i> L.	6.V ± 17,5	-	22.V ± 11,1	31.V ± 6,0	12.VI ± 8,8	20.VI ± 11,4	3.VII ± 14,2
<i>Hydrangea arborescens</i> L.	4.V ± 6,4	11.V ± 7,2	14.V ± 8,3	23.V ± 7,8	29.V ± 5,5	12.VI ± 7,3	17.VI ± 8,3
<i>Symphoricarpos albus</i> Blake	15.IV ± 12,1	-	23.IV ± 9,2	3.V ± 6,1	4.V ± 10,2	12.V ± 11,2	17.V ± 0,2
<i>Tilia americana</i> L.	1.IV ± 20,4	-	22.IV ± 3,2	29.IV ± 9,2	5.V ± 5,5	10.V ± 6,3	20.V ± 7,3

II. Генеративные органы закладываются в год, предшествующий цветению:

а) в первой половине лета

<i>Amelanchier spicata</i> C. Koch	25.VI ± 5,8	-	3.VII ± 11,2	10.VII ± 12,0	15.VII ± 13,2	25.VII ± 16,8	8.VIII ± 11,4
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	9.VII ± 10,3	-	17.VII ± 9,2	17.IV ± 14,1	30.IV ± 12,2	1.V ± 10,5	11.V ± 10,2
<i>Calycanthus floridus</i> L.	19.IV ± 7,2	-	2.VI ± 5,4	25.VI ± 8,1	-	10.VII ± 8,5	23.VIII ± 11,0
<i>Celtis occidentalis</i> L.	20.VI ± 2,1	-	28.VI ± 8,7	2.VII ± 20,0	-	15.VII ± 3,0	25.VII ± 9,0
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> March.	27.VI ± 16,0	1.VII ± 4,5	5.VII ± 4,4	25.VII ± 20,1	-	10.VIII ± 2,7	21.VIII ± 11,3
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> Planch.	23.VI ± 5,7	2.VII ± 6,0	16.VII ± 12,4	18.VII ± 8,5	28.IV ± 7,4	3.V ± 15,8	9.V ± 12,4
<i>Viburnum lentago</i> L.	26.VI ± 9,2	1.VII ± 4,3	7.VII ± 3,1	13.VII ± 7,5	26.VII ± 5,2	31.VII ± 6,2	18.VIII ± 3,2

Продолжение таблицы

Вид	Состояние почек возобновления						Цветок сформирован полностью
	Спорофилотелы			Дифференциация цветка			
	Начало формирования генеративной сферы конуса нарастания	Образование		Число лепестков (околоцвет- ника)	Образование:		
боковых осей цветения	пристачных бугорков	лепестков	тычинок				
б) во второй половине лета							
<i>Acer negundo</i> L.	30.VII ± 13,2	-	10.VIII ± 14,2	21.VIII ± 17,1	-	3.IX ± 15,5	1.X ± 22,4
<i>Aesculus parviflora</i> Walt.	2.VIII ± 8,3	-	8.VIII ± 10,3	30.VIII ± 14,2	29.III ± 8,4	15.IV ± 11,4	30.IV ± 16,2
<i>Aristolochia macrophylla</i> Lum.	24.VII ± 9,1	-	-	29.VII ± 8,5	21.VIII ± 7,6	25.VIII ± 10,1	1.IX ± 10,2
<i>Crataegus rotundifolia</i> Moench	26.VII ± 7,9	2.VIII ± 6,8	4.VIII ± 8,6	21.VIII ± 8,4	31.VIII ± 26,1	9.IX ± 10,4	28.IX ± 12,4
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	17.VIII ± 5,5	-	2.IX ± 6,9	16.IX ± 9,7	-	23.IX ± 4,9	12.X ± 13,7
<i>Philadelphus grandiflorus</i> Willd.	9.IX ± 9,8	-	6.IV ± 7,4	7.IV ± 4,8	18.IV ± 4,4	28.IV ± 8,7	9.V ± 10,3
<i>Ph. inodorus</i> L.	23.IX ± 11,1	-	29.IX ± 13,2	7.IV ± 10,2	26.IV ± 18,1	28.IV ± 12,3	13.V ± 16,6
<i>Physocarpus opulifolius</i> Maxim.	30.VII ± 16,6	-	16.VIII ± 13,3	8.IX ± 4,0	20.IV ± 12,7	27.IV ± 9,8	30.IV ± 8,7
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	24.VIII ± 3,2	-	14.IX ± 8,8	2.V ± 12,4	-	14.V ± 7,1	19.V ± 7,2
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	4.VIII ± 14,5	-	16.VIII ± 12,5	11.IV ± 12,2	23.IV ± 7,2	30.IV ± 6,7	11.V ± 3,8
<i>R. viscosa</i> Vent.	23.VIII ± 29,1	-	25.VIII ± 24,5	19.IV ± 7,4	24.IV ± 8,3	30.IV ± 10,5	7.V ± 9,4

Вид	Состояние почек возобновления						Цветок сформирован полностью
	Спорофизогенез			Дифференциация цветка			
	Начало формирования генеративной сферы конуса нарастания	Образование		Образование		тычинок	
боковых осей соцветия		цветочных буторков	чашелистиков (околоцветника)	лепестков			

## III. Растения с однополыми цветками:

а) мужские цветки формируются в первой половине лета, женские – во второй в год, предшествующий цветению

<i>Thuja nigra</i> L.: мужские цветки	15.VI ± 23,6	-	23.VI ± 29,1	24.VI ± 27,2	-	25.VII ± 23,1	-
женские «	25.VII ± 5,4	-	30.VII ± 11,2	5.VIII ± 10,2	-	-	20.VIII ± 12,4

б) мужские цветки формируются осенью в год, предшествующий цветению, женские – весной в год цветения

<i>Quercus borealis</i> Michx.: мужские цветки	13.VII ± 7,8	-	23.VII ± 13,3	13.VIII ± 15,5	-	21.VIII ± 20,1	6.IX ± 18,9
женские «	14.VII ± 8,2	-	19.IV ± 4,4	23.IV ± 4,3	-	-	2.V ± 3,4

генеративные почки на протяжении всего вегетационного периода: до начала перехода апикальной меристемы конуса нарастания к генеративному развитию – через каждые 3 дн., а при формировании осей соцветия и дифференциации цветка – через 5...10 дн. Для микрометрических измерений и зарисовок состояния генеративных органов в почках возобновления использовали микроскоп МБС-2.

В развитии генеративных почек выделены два периода: спорофилогенез и дифференциация цветка. В период спорофилогенеза формируются вегетативные органы зачаточного соцветия в почках возобновления. Заканчивается он возникновением бугорков зачаточных цветков.

Исследуемые растения различаются по срокам заложения генеративных органов в почках возобновления (см. таблицу). У 6 видов они образуются весной в год цветения, у 7 – в первой половине лета, у 11 – во второй половине лета в год, предшествующий цветению. Отдельную группу составляют однодомные растения с однополыми цветками.

Особый интерес представляют виды, у которых к концу вегетации дифференциация конуса нарастания достигает этапа формирования цветочных бугорков, а дифференциация органов цветка продолжается весной следующего года (*Aesculus parviflora* Walt., *Amorpha fruticosa* L., *Parthenocissus quinquefolia* Planch., виды родов *Philadelphus* L., *Physocarpus* Maxim., *Ptelea* L., *Robinia* L.).

Переход апикальной меристемы конуса нарастания к генеративному развитию и периоды макро- и микроспорогенеза являются критическими в годичном цикле развития древесных растений [2]. Важное значение имеет также степень дифференциации генеративных органов перед окончанием вегетационного периода. Поэтому для прогнозирования успешности интродукции необходимо знать ход органогенеза генеративных побегов. Совпадение критических периодов в органогенезе генеративных побегов с неблагоприятными условиями среды приводит к аномалиям в генеративном развитии. При этом снижается семенная продуктивность, а в случае достижения пороговых значений лимитирующих факторов плодоношение вообще отсутствует.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Куперман Ф. М. Морфофизиология растений. - М.: Высш. шк., 1977. - 288 с. [2]. Термена Б. К. Критические периоды в годичном цикле развития древесных интродуцентов умеренных широт // Теория и методы интродукции растений и зеленого строительства. - Киев: Наук. думка, 1980. - С. 95 - 97.

Поступила 17 октября 1995 г.

УДК 630\*443

А.В. ЛЕБЕДЕВ

Архангельский государственный технический университет

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.



## КОРНЕВАЯ ГУБКА В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЕЛЬНИКАХ И ДИАГНОСТИКА ПОРАЖЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ

Установлены связи поражения елей корневой губкой с диаметром, классом роста, типом ветвления и характером строения коры. Выявлены и охарактеризованы основные и сопутствующие признаки поражения.

The trees' affection with root fungus has been set up in close connection with the diameter, growth class, branching type and bark structure. The main and accompanying criteria of the affection are revealed and characterized.

Изучение особенностей патологии древесных пород, их устойчивости к грибным болезням и разработка методов диагностики заболеваний деревьев – актуальные и перспективные задачи лесозащиты [2, 3].

Одним из опасных возбудителей гнилевой болезни ели является гриб корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), способная поражать деревья на ранних этапах ослабления и образовывать крупные очаги [1, 4, 5, 13, 14, 17]. По нашим данным, степень поражения корневой губкой рекреационных ельников Московской области может достигать 60 %, еловых древостоев зеленых зон Вологды и Архангельска – 20 %. Установлено, что в связи с усилением рекреационной нагрузки процент поражения деревьев ели рассматриваемым патогеном в большинстве случаев возрастает, но может быть и ниже контроля [9, 11, 12].

В настоящей статье изложены результаты дальнейших исследований в ельниках зеленых зон Москвы (I объект), Вологды (II объект) и Архангельска (III объект).

В данной работе не ставилась задача изучить влияние рекреационной нагрузки на поражаемость древостоев корневой губкой, поэтому все исследования выполняли в зонах незначительной посещаемости.

После рекогносцировочных лесопатологических обследований проводили специальные исследования в спелых древостоях, пораженных корневой губкой.

На объекте I исследования выполняли в высокобонитетных среднеполнотных ельниках-кисличниках IV класса возраста; на объекте II – в высокобонитетных среднеполнотных ельниках-кисличниках V класса возраста; на объекте III – в низкобонитетных, среднеполнотных ельниках-черничниках VIII класса возраста. Общее количество деревьев ели каждой ступени толщины, класса роста и селекционной формы, подвергшихся фитопатологической диагностике, было примерно одинаково. На каждом обследованном объекте было учтено 200 деревьев ели, пораженных рассматриваемым патогеном, и дана подробная характеристика каждого больного дерева. В характеристику больного дерева входили следующие показатели: диаметр на высоте 1,3 м, класс роста по Крафту, тип ветвления, характер строения коры, а также основные и сопутствующие признаки состояния пораженных деревьев. При этом по распространенным в лесной селекции шкалам отмечали следующие формы ели: по типу ветвления – гребенчатая, зубчатая (неправильно гребенчатая), щетковидная, плоская; по строению коры – гладкая, чешуйчатая, трещиноватая, пластинчатая. У деревьев, пораженных корневой губкой, фиксировали наличие или отсутствие следующих внешних признаков: плодовые тела гриба, наружная гниль, вздутый комель, смолотечения, смоляные язвы, ажурная крона, лишайники-бородачи, притупленная, сухая, двойная вершина, пасынок, кривизна ствола. При исследованиях применяли методы «звуковой пробы» и взятия кернов возрастным буровом, по результатам визуального анализа которых констатировали наличие или отсутствие внутренней гнили. По общепринятой методике определяли степень поражения гнилью основных корней и стадии гниения древесины стволов спиленных модельных деревьев. Кроме того, нами был выполнен фитопатологический анализ ветровальных и буреломных деревьев, пораженных корневой губкой, а также больных экземпляров ели, удаляемых при санитарных рубках

Таблица 1

Степень толщины, см	Пораженность корневой губкой, %, на объектах		
	I	II	III
12	11,0	9,0	11,5
16	12,0	13,5	14,0
20	13,0	16,5	17,5
24	18,0	18,0	24,5
28	21,0	21,0	32,5
32	25,0	22,0	-

Важное научное и практическое значение имеет установление закономерных связей поражения ели гнилевыми болезнями с биометрическими параметрами деревьев. В обследованных древостоях корневая губка отмечена на деревьях ели всех диаметров, однако пораженность экземпляров разных ступеней толщины неодинакова (табл. 1). С увеличением диаметра деревьев она возрастает на всех изучаемых объектах.

Также различна пораженность экземпляров ели разной высоты (табл. 2.). Нами установлено, что корневая губка чаще паразитирует на деревьях ели II класса роста, что характерно для всех изучаемых объектов. Второе место занимают представители III, третье – I класса роста; растения IV и V классов реже поражаются корневой губкой. Выявленные зависимости, очевидно, обусловлены индивидуальными биоэкологическими особенностями возбудителя болезни и деревьев соответствующих ступеней толщины и классов роста.

Таблица 2

Класс роста	Пораженность корневой губкой, %, на объектах		
	I	II	III
I	17,0	18,5	19,0
II	37,5	34,0	33,5
III	22,0	24,5	22,5
IV	13,0	14,0	13,5
V	10,5	9,0	11,5

Одно из характерных и перспективных направлений в лесозащите – выявление и отбор естественных форм древесных пород, устойчивых к различным заболеваниям [17, 19]. Определенными показателями устойчивости ели к болезням могут служить тип ветвления и характер строения коры, наследственность которых [15] доказана экспериментально. В обследованных древостоях корневая губка встречается на всех формах ели, однако пораженность деревьев каждой рассматриваемой селекционной группы неодинакова (табл. 3).

Таблица 3

Форма ели	Пораженность корневой губкой, %, на объектах		
	I	II	III
По типу ветвления:			
гребенчатая	9,5	10,5	7,5
зубчатая	34,5	39,5	33,0
щетковидная	42,0	50,0	44,5
плоская	14,0	-	15,0
По строению коры:			
гладкая	17,0	100	15,5
чешуйчатая	53,0	-	47,0
трещиноватая	21,5	-	30,0
пластинчатая	8,5	-	7,5

Как видим, чаще всего гриб паразитирует на деревьях ели со щетковидным типом ветвления, что характерно для всех изучаемых объектов. Несколько реже он отмечается на деревьях ели с зубчатым ветвлением; экземпляры с плоским и особенно гребенчатым ветвлением, очевидно, более устойчивы к патогену. Среди деревьев, пораженных корневой губкой, на I и III объектах явно преобладают чешуйчатокорые ели, второе место занимают трещиноватокорые особи. Деревья ели с гладкой и особенно пластинчатой корой по сравнению с предыдущими морфологическими формами поражаются реже. Таким образом, для отбора на биотическую устойчивость наиболее перспективны экземпляры ели с гребенчатым типом ветвления и пластинчатой корой. Результаты исследований совпадают с данными об устойчивости разных форм ели к различным рекреационным нагрузкам, полученными нами ранее [10]. На объекте II явно преобладают гладкокорые особи ели, и все учтенные деревья, пораженные корневой губкой, также имеют гладкую кору.

Весьма перспективным направлением исследований в лесозащите является дальнейшая разработка методов прижизненной диагностики болезней леса [1, 6, 14, 17]. В связи с этим очень важно выявить и охарактеризовать прямые и косвенные признаки поражения деревьев ели патогенными грибами, в частности корневой губкой (табл. 4).

Наиболее достоверным признаком болезни является наличие плодовых тел гриба, которые, однако, образуются далеко не всегда. В древостоях на объектах I и II плодовые тела корневой губки чаще всего имеют неправильную форму, распростертые или полураспростертые, реже в виде боковых шляпок, раковин или подушечек. Они образуются в нижней части ствола и на корневых лапах сильно ослабленных елей, а также на свежаветровальных, наклонившихся деревьях и пнях. Преобладающим типом гименофора у плодовых тел гриба на I и II объектах

Таблица 4

Признаки	Встречаемость внешних признаков у пораженных деревьев, %, на объектах		
	I	II	III
Плодовые тела гриба	6,0	3,5	-
Наружная гниль	17,0	14,0	10,5
Вздутый комель	34,0	30,0	27,0
Смолотечения	45,0	43,0	41,0
Смоляные язвы	11,0	14,0	16,0
Ажурная крона	37,0	33,5	39,5
Лишайники-бородачи	26,0	23,5	21,5
Притупленная вершина	78,0	72,0	75,5
Сухая «	6,5	4,0	5,0
Двойная «	7,5	7,0	5,5
Пасынок	5,5	4,5	3,5
Кривизна ствола	15,0	19,5	16,0



является округло-, реже овально-, яйцевидно- и угловато-трубчатый. В древостоях на объекте III доминирует подземная форма корневой губки с плодовыми телами в виде небольших раковин или подушечек с округло-трубчатым гименофором на нижней или боковой поверхности пораженных корневых лап сильно ослабленных деревьев ели или пней, где имеются пустоты.

Во всех рассматриваемых условиях плодовые тела корневой губки на живых елях встречаются редко, что указывает на необходимость учета других патологических признаков. Одним из таких весьма надежных показателей являются наружные признаки загнивания корней, а также дупла в комлевой части стволов. Однако в обследованных древостоях эти признаки встречаются не часто, что не позволяет считать их приоритетными в постановке диагноза. Кроме того, образование гнилевых дупел у деревьев ели может протекать при участии других дереворазрушающих грибов.

Внешним признаком поражения деревьев ели корневой губкой может служить вздутый комель, причем чем сильнее выражено его вздутие, тем вероятнее внутренняя гниль. В ряде случаев, по нашим данным, деревья со вздутым комлем являются здоровыми, поэтому данный диагностический признак нельзя признать достаточно надежным.

Поражению деревьев ели корневой губкой нередко сопутствуют смолотечения, а также смоляные язвы на стволах как следствие развития болезни. Однако диагностирование по этим признакам весьма затруднительно, так как они могут появляться при воздействии и других факторов. Признаком патологического состояния елей нередко является ажурная крона, хотя изменения в кроне могут долго не обнаруживаться. Кроме того, частичную дефолиацию вызывают другие причины. Признаком сильного ослабления деревьев ели, в том числе поражения внутренней гнилью, могут служить лишайники-бородачи, сильно разросшиеся в верхней части кроны, однако этот показатель также недостаточно надежен. Одним из критериев состояния и жизнестойкости ели может считаться характер вершины (внешний вид), отражающий весь комплекс процессов, происходящих в организме растения. Деревья ели, пораженные корневой губкой, часто имеют притупленную вершину, что свидетельствует о снижении жизненного потенциала растений. У отдельных больных экземпляров наблюдается суховершинность, что указывает на очень тяжелое их состояние и значительное поражение корневых систем. «Притупление» и усыхание вершин у деревьев ели вызывается также другими причинами, что указывает на неспецифичность рассматриваемых признаков. Дополнительными нехарактерными признаками поражения деревьев корневой губкой являются двойная вершина, пасынок и кривизна ствола. В обследованных древостоях наиболее распространена кривизна ствола, часто сопровождающая гниль.

У больных деревьев нередко отсутствуют признаки, характеризующие их состояние, что связано со скрытым течением патологического процесса. Под влиянием корневой губки образуется корневая и комлевая центральная коррозионная гниль, которая, согласно нашим дан-

ным, распространяется по высоте ствола до 10 м. Наличие внутренней гнили устанавливаются с помощью возрастного бурава или методом «звуковой пробы». Наиболее надежным методом диагностики является взятие кернов возрастным буром. «Звуковая проба» может дать более или менее точные результаты только в последней стадии развития гнили, когда в стволе уже образовалось дупло.

Таким образом, наиболее надежным признаком поражения деревьев ели корневой губкой являются наличие плодовых тел гриба и наружное загнивание корней, а наиболее эффективным приемом диагностики – взятие кернов возрастным буром. Сочетание всех перечисленных признаков и приемов значительно повышает точность диагноза. Полученные нами результаты не противоречат данным других исследователей [16, 18].

На основе полученных данных нами составлена и опробована универсальная шкала категорий состояния деревьев ели, пораженных корневой губкой [9, 11]: 1 – слабopораженные – заметная реакция вершины и кроны отсутствует, внешнее состояние комля нормальное, наружных признаков поражения корней нет, гниль в стволе I-II стадий, поражено не более 25 % основных корней; 2 – среднепораженные – заметная реакция вершины и кроны отсутствует или слабая, комель нередко несколько утолщен, наружных признаков загнивания корней нет, гниль в стволе II-III стадий, поражено от 25 до 50 % основных корней, возможны смолотечения; 3 – сильнопораженные – заметна реакция вершины и кроны, возможно сильное утолщение комля, очевидны наружные признаки загнивания корней, гниль в стволе III-IV стадий, поражено более 50 % основных корней, обычны смолотечения.

Наиболее объективным, достоверным, технически простым, высокопроизводительным, безвредным для растения приемом диагностики поражения деревьев ели корневой губкой является разработанный нами метод электроиндикации [7 - 9].

Таким образом, можно выделить четыре метода диагностики поражения деревьев ели корневой губкой: визуальный, инструментальный, приборный, комбинированный.

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

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Василяускас А. П. Корневая губка и устойчивость экосистем хвойных лесов. - Вильнюс: Мокслас, 1989. - 175 с. [2]. Воронцов А. И. Патология леса. - М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 270 с. [3]. Воронцов А. И., Мозолевская Е. Г., Соболева Э. С. Технология защиты леса. - М.: Экология, 1991. - 304 с. [4]. Гусев И. И. Продуктивность ельников Севера. - Л.: ЛГУ, 1978. - 232 с. [5]. Евдокимов В. Н. Особенности распространения корневой губки в ельниках // Повышение продуктивности, устойчивости и защитной роли лесных экосистем. - Воронеж: ВЛТИ, 1990. - С.146 - 150. [6]. Журавлев И. И. Диагностика болезней леса. - М.: Сельхозиздат, 1962. - 192 с. [7]. Лебедев А. В. Новый подход к диагностике резистентности ели европейской //

Повышение продуктивности лесов и улучшение ведения лесного хозяйства. - М.: МЛТИ, 1980. - С.110 - 113. [8]. Лебедев А. В. Электроиндикация состояния деревьев ели в очагах корневой губки // Лесн. журн. - 1987. - № 6. - С.29 - 33. - (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Лебедев А. В. Патогенные грибы в рекреационных ельниках и диагностика устойчивости деревьев // Проблемы лесоведения и лесной экологии: Тез. докл. Всесоюз. конф. - Минск: Ин-т экспериментальной ботаники АН БССР. - 1990. - Ч. 2. - С. 526 - 528. [10]. Лебедев А. В. Устойчивость различных форм ели в рекреационных лесах // Повышение продуктивности и защитной роли лесных экосистем. - Воронеж: ВЛТИ, 1990. - С. 155 - 160. [11]. Лебедев А. В. Ель обыкновенная и корневая губка как объекты биомониторинга // Проблемы лесопатологического мониторинга в таежных лесах европейской части СССР: Тез. докл. Всесоюз. конф.- Петрозаводск: Ин-т леса АН СССР, 1991. - С. 34 - 35. [12]. Лебедев А. В. Патология и устойчивость деревьев ели в рекреационных древостоях // Лесн. журн. - 1991. - № 3. - С. 17 - 20. - (Изв. высш. учеб. заведений). [13]. Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам / В.Г.Стороженко, М.А. Бондарцева, В.А. Соловьев, В.И. Крутов. - М.: Наука, 1992. - 220 с. [14]. Негруцкий С. Ф. Корневая губка. - М.: Агропромиздат, 1986. - 196 с. [15]. Правдин Л. Ф. Ель европейская и ель сибирская в СССР. - М.: Наука, 1975. - 176 с. [16]. Семеновка И. Г. О диагностике корневой губки в ельниках // Вопросы защиты леса. - М.: МЛТИ, 1967. - С. 134 - 138. [17]. Федоров Н. И. Корневые гнили хвойных пород. - М.: Лесн. пром-сть, 1984. - 160 с. [18]. Федоров Н. И., Плещук Ю. М. О возможностях ранней диагностики поражения ельников корневой губкой // Лесн. журн. - 1978. - № 3. - С. 5 - 6. - (Изв. высш. учеб. заведений). [19]. Чураков Б. П. Взаимоотношения патогенных грибов с древесными растениями. - М.: МГУ, 1993. - 195 с.

Поступила 20 сентября 1994 г.

УДК 616.89-008.446:551.4

*И. А. МАРКЕВИЧ, А. А. ШУЖМОВ*

КИВЦ Кареллеспром  
Валаамский музей-заповедник

## **АТТРАКТИВНОСТЬ ПРИРОДНОГО ЛАНДШАФТА ВАЛААМСКОГО АРХИПЕЛАГА**

На основании «Временных нормативов рекреации», разработанных для условий Валаамских островов, показаны сезонные допустимые рекреационные нагрузки на геокмплексы, наиболее привлекательные для туристов. Приведены геоботаническое описание фаций и характер естественного возобновления как основных элементов эстетичности природного ландшафта.

Seasonal permissible recreational loads on geocomplexes that seem most attractive for the tourists are revealed based on "Temporary Norms of Recreation", elaborated for the conditions of Valaam Islands. Geobotanical description of facies and type of natural reforestation are put forward as the main elements of aesthetic character of natural landscape.

Красота природного окружения, свойства растительности рассматриваются сейчас как эстетические ресурсы общества, поскольку привлекательность естественных геоконплексов является неотъемлемой частью жизненного пространства человека.

Географы утверждают, что наблюдатель обзревает ландшафтный участок, фацию, урочище; экологи и лесоводы – фитоценоз, биогеоценоз, тип леса; ландшафтные архитекторы – визуальное пространство, визуальную местность, пейзаж, а чаще всего – ландшафт. С последним мнением не могут согласиться географы и лесоводы. С их позиций ландшафт – основная физико-географическая единица площадью в сотни и тысячи квадратных километров, «на которой наблюдается закономерное и типическое повторение одних и тех же взаимосвязанных и взаимообусловленных сочетаний: геологического строения, форм рельефа, поверхностных и подземных вод, микроклиматов, почв и почвенных разностей, фито- и зооценозов» [6]. С этой точки зрения Валаамский архипелаг представлен ландшафтом денудационных возвышенностей холмисто-грядового характера [2].

По мнению литовских ученых К. И. Эрингиса и А. А. Будрюнаса [7], рекреанты обзревают пейзажи как видимые единицы природной совокупности. Границы пейзажа непостоянны, поскольку при движении точки обзора меняются и не вполне совпадают с границами физико-географических участков или геоконплексов низшего ранга (фации, урочища).

Чаще всего туристы осматривают пейзажи Валаама в движении по маршрутам при почти одновременном восприятии всех элементов местности. При этом глаз и мозг человека для осознания деталей делят пространство на «визуальные пространственные единицы ландшафта» (ВПЕЛ по Ю. И. Курбатову [4]). С помощью ВПЕЛ туристы обзревают наиболее характерные части урочищ архипелага, которые Н. А. Беручашвили [1] определил как природно-территориальные комплексы (ПТК).

В данной статье предлагается вниманию описание наиболее выразительных ПТК островов, чаще всего примыкающих к туристическим маршрутам.

Яркой живописностью, на наш взгляд, обладают геоконплексы выположенных поверхностей денудационно-тектонических возвышенностей (ДТВ) на выходах диабазов, габро-диабазов и элювиальных отложений с атмосферным увлажнением и автономным режимом миграции химических элементов.

Из этой группы следует выделить ПТК прибрежных сглаженных образований типа «бараньих лбов», типичных для северо-восточного побережья архипелага, и скальные обнажения «кудрявых скал», чаще встречающихся на юго-западном и южном побережье. Последние более аттрактивны: серые разных оттенков, бурые, охристые разломы скал, покрытые разноцветными эпилитными лишайниками, в сочетании с бесконечными пространствами вод Ладоги синего, голубого, серого цветов. В местах образования «карманных почв» тянутся к жизни кустистые лишайники – кладонии лесная, оленья, альпийская; соперничая с ними за существование, утверждают себя злаки: полевица, овсяница, вейник и реже роза иглистая, рябина, можжевельник.

На вершинах сельговых гряд размещаются ПТК беломошно-злаковых редкостойных сосняков на элюво-делювиальных примитивных почвах и неполноразвитых подбурах мощностью до 10 см с атмосферным увлажнением. Типы леса – перестойные сосняки скальные и беломошные.

В сосняках скальных напочвенный покров распространен лишь на 40 % площади, но имеет довольно широкий видовой состав (около 40 видов). Здесь перекресток альпийской, арктальпийской, лесостепной, неморальной и бореальной флоры – уникальное сочетание вудсии альпийской, костенцов волосовидного и северного, камнеломок дернистой и снежной, асколки альпийской и лука прямого, гвоздики песчаной, заячьей капусты, лютика едкого, различных злаков, а также купены душистой, фиалки трехцветной, кошачьей лапки, толокнянки, тимьяна, вероники весенней, шербутки (всего 15 редких для Карелии видов [4]).

Мохово-лишайниковый покров встречается шире (70...80 % площади) и представлен куртинами кукушкина льна, можжевельникового и кустистыми лишайниками.

В сосняках-беломошниках на очень бедных песчаных и щебеночных почвах флора трав и кустарников беднее, зато мохово-лишайниковый ярус, представленный лишайниками родов кладонии и цетрарией исландской, образует сплошной ковер. Естественное возобновление сосны очень редкое, подлеска практически нет (редко угнетенные рябина, можжевельник).

В названных фациях древостои изреженные, что позволяет издали просматривать рельеф и ярко-оранжевые, бурые стволы сосны с раскидистой, чаще флагообразной кроной на серовато-голубом или сизом фоне лишайников с бурыми скальными пятнами. Ярко-зелеными патками выделяются низкорослые толокнянка и брусника, усыпанные бусами бледно-розовых цветков летом или ярко-красных ягод осенью. Эти ПТК открытого типа очень хрупки в отношении рекреации, их способность к самовосстановлению минимальна: отрицательное воздействие лишь на один компонент влечет за собой необратимые процессы деградации. Нормативы рекреационной нагрузки здесь составляют 10...30 чел.-ч/га в год [5], поэтому осмотр их возможен только по специально устроенным тротуарам.

Геокомплексы пологих склонов низких гряд ДТВ с атмосферным увлажнением и элювиально-аккумулятивным режимом миграции химических элементов с бедными грубогумусными буроземами и подбурами мощностью до 30 см занимают ПТК кустарничково-моховых сосняков. В сосняках IV – V классов бонитета со средней высотой 14...18 м единичны ель и береза; в подлеске – можжевельник и рябина. Естественное возобновление на 65 % площади происходит за счет сосны высотой до 1 м и густотой 1,5...3,0 тыс. шт./га; на остальной площади – елью высотой 1,5...3,0 м и густотой до 1 тыс. единиц на 1 га. Такое явление – результат планомерного вытеснения чрезмерно расплотившихся на Валааме лесей, до последних лет поедавших в период бескормицы сосновый подрост.

Полуоткрытые ПТК сосняка верескового привлекательны в период цветения вереска. Седые от накипных лишайников красновато-желтые вершины стволов сосны и сплошной сиреневый ковер цветущих кустарничков сочетаются с ярко-зелеными пятнами метелок вейника и куртин блестящих листьев брусники. Изредка выделяются темные силуэты елей, разнообразят пейзаж заросли обыкновенного и древовидного можжевельника. Летом здесь жарко, осенью – суше, чем в других местах, и воздух наполнен сосновым ароматом. Произрастая на почвах разной мощности и генезиса, сосняки без существенных изменений переносят нагрузку от 40 до 140 чел.-ч/га в год. Поэтому здесь возможны экскурсии по специально проложенной тропиной сети с видовыми площадками.

В пределах выпуклых вершин и склонов ДТВ северных и восточных экспозиций на элюво-делювии диабазов с атмосферным увлажнением и трансэлювиальным режимом миграции химических элементов на маломощных (20...30 см) подбурах размещаются ПТК сосняков и ельников мохово-кустарничково-злаковых. Типы леса – сосняки и ельники брусничные IV – V классов бонитета с полнотой 0,5...0,6 и высотой 20...23 м. В довольно густом подлеске можжевельник, рябина, ива, жиломость, шиповник. Можжевеловые заросли иногда насчитывают до 3 тыс. единиц на 1 га.

Естественное возобновление на 75 % происходит за счет елового подроста высотой 1,5 м и выше, густотой 1000...2000 шт./га, на 15 % площади возобновляется сосна до 1000 шт./га высотой до 1 м, на остальной площади – береза до 1000 шт./га высотой до 1,5 м на момент обследования.

В напочвенном покрове преобладают кустарнички: брусника, вереск, толокнянка, черника. Травянистая растительность представлена злаками: луговик извилистый, овсяница овечья; реже встречаются марьянник луговой, ландыш, седмичник европейский, ястребинка лесная. Общее число видов в напочвенном покрове около 50, проективное покрытие до 80 %. Мохово-лишайниковый ярус покрывает 60 % площади, здесь преобладает плеуроциум Шребера; куртинами встречаются лишайники видов кладонии [4].

Для сосняков и ельников брусничных характерны интенсивное выделение фитонцидов, широкая представленность можжевельниковых зарослей, в том числе древовидных экземпляров, сочетание оранжевых, бурых стволов сосны, темно-коричневых грубофактурных стволов и силуэтов ели на богатом оттенками зеленом фоне крон деревьев, моховой и кустарничковой растительности с вкраплениями ярко-красных ягод брусники и толокнянки.

Недостаточно развитые почвы в данных ПТК на Валааме неустойчивы к вытаптыванию. Бездорожная рекреация допустима при нормативе 260 чел.-ч/га в год.

В геоконплексах лощин на отложениях со смешанным увлажнением (атмосферное и грунтовое) и аккумулятивно-аллювиальным типом миграции химических элементов на болотных торфяных верховых почвах изредка встречаются фации верховых болот с редкой сосной. Класс бонитета редин Va – Vб, средняя высота 10...12 м. Живописны редкие низкорослые корявые сосны на фоне типичных олиготрофных видов (подбел, кассандра, пышноцветущий и дурманящий багульник); среди травянистой растительности – осока шаровидная, шейхцерия болотная, пушица влагилищная, прокатывающаяся в июне – июле белыми волнами цветов-шариков. На кочках розово- и ярко-зеленого сфагнома разных видов выделяется клюква с изящными цветками в июне и россыпью красных ягод осенью. Запоминается характерный волнистый микрорельеф, образуемый приствольными кочками.

По устойчивости к рекреационным нагрузкам сосняки сфагновые относятся к I классу (очень низкая) с предельным уровнем 60 чел.-ч/га в год. Для их осмотра необходимо обустройство смотровых площадок и путей подхода.

В долинах на песчаных и глинистых отложениях с аккумулятивным супераквальным режимом миграции химических элементов и смешанным типом увлажнения на болотных низинных осушенных почвах мощностью более 0,5 м расположены фации ельников мохово-разнотравных. Тип леса – ельник кислично-папоротниковый II класса бонитета с полнотой 0,7...0,8, средней высотой 27...28 м, запасом 300...350 м<sup>3</sup> на 1 га. В древостоях обычна примесь сосны, березы, осины, ольхи черной. В подлеске наряду с рябиной встречаются клен, реже липа.

Для условий Карелии напочвенный покров чрезвычайно развит в отношении как видового состава (до 75 видов), так и проективного покрытия – до 90 %. Доминанты в покрове – кислица, костяника, папоротники: щитовник картузианский, голокучник трехраздельный, кочедыжник женский. Среди таежных трав преобладают вейник лесной, луговик извилистый, ландыш майский, майник двулистный.

Близкий к рельефу ПТК, но с трансаллювиальным типом миграции химических элементов и смешанным режимом увлажнения на моренных песках и перегнойно-подзолистых почвах мощностью более 80 см, определяется как ельник-лог. Напочвенный покров здесь

значительно беднее, а площадь покрытия кустарничково-травянистой растительностью не превышает 50 %, зато интенсивно развит мохово-лишайниковый ярус, богатый по видовому составу. По таксационным показателям древостоев фации ельника логового не уступают фации кислично-папоротниковой.

Наивысшая производительность фитомассы характерна для ПТК озерных террас пологих склонов на супесчаной морене, обогащенной аллювием диабазов, со смешанным типом увлажнения и аккумулятивным типом перемещения химических элементов на гумусовых буроземах мощностью более 1 м. Здесь размещены сосняки и ельники (сосно-ельники по С. А. Ильинской [3]) чернично-разнотравные II класса бонитета с полнотой 0,7...0,9, средней высотой 28...30 м и запасом 350...400 м<sup>3</sup> на 1 га. Обычна примесь лиственных пород. В подлеске обильны жиломость, рябина, кизильник, волчье лыко, клен, реже липа.

Характер естественного возобновления в названных ельниках и сосно-ельниках чернично-разнотравных идентичен. В сосняках естественное возобновление осуществляется за счет ели на 83 % площади, с участием сосны – на 6 %, лиственными породами – на 11 % (в том числе с участием клена – 3 %) обследованной площади. В ельниках посредством елового подроста возобновляется 90 % площади, елью с участием лиственных пород – 10 %, в том числе совместно с кленом – 4 % площади выделов.

По обилию можно выделить три группы подроста в сосно-ельниках: до 500, до 1500 и более 1500 единиц на 1 га с наличием возобновления по группам: 39...43, 38...40 и 14...17 %. По высоте при обследовании подрост сгруппирован по грациям до 1, до 2 и свыше 2 м. В сосняках еловый подрост первой группы составил 32, второй – 20, третьей – 48 %, в ельниках соответственно 14, 48 и 38 %, а в среднем – 28, 31 и 41 %. Таким образом, преобладает редкий еловый подрост, что является следствием чрезмерного размножения лосей в недалеком прошлом, а также естественными процессами сукцессии при отсутствии палов как природного регулятора.

Напочвенный покров прекрасно развит: проективное покрытие 80...95 %, число видов – до 100. Наряду с доминирующими видами (черника, кислица, костяника, вейник лесной, майник двухлистный, ландыш майский, золотая розга) здесь широко распространены папоротники разных видов, а также неморальные виды трав: звездчатка ланцетовидная, печеночница благородная, бор развесистый, ясенник пахучий и др. Довольно широко представлены мхи [4].

Логовые, кислично-папоротниковые, чернично-разнотравные типы леса привлекательны закрытым характером урочищ, величием древесного яруса, грубой фактурой коры спелых и перестойных деревьев, вершины которых украшены гирляндами желто-коричневых конусовидных шишек. Поражают висячие лишайники на дугообразных опущенных темных ветвях елей, тенистость и некоторая



таинственная мрачность подпологового пространства, где изредка сверкнет белая береза или более тусклая осина. Живописна обильная кустарничково-травянистая растительность, последовательно цветущая с конца апреля до середины августа. Особенно привлекательны в цветении печеночница благородная, ландыш майский, чина лесная, волчье лыко, фиалка трехцветная, герань лесная, гравилат прибрежный, золотая розга. Вызывает восхищение кажущейся напряженностью стволиков весенний страусник. Эти фации и урочища богаты черникой, костяникой, грибами-боровиками, подберезовиками, моховиками, волнушками, груздями.

Перечисленные типы геокомплексов весьма устойчивы к рекреационным нагрузкам: предельные уровни составляют 1300...2500 чел.-ч/га в год, снижаясь на 25...40 % при увеличении уклонов местности с 5 до 15°.

В лощинах на делювиальных отложениях, в днищах озерных котловин на озерных глинах с супераквальным элювиально-аккумулятивным перемещением химических элементов и смешанным режимом увлажнения размещаются фации мягколиственных кустарничково-разнотравно-зеленомошных лесов на болотных низинных осушенных почвах. Это производные типы леса – березняки черничные и разнотравные, сменившие коренные сосняки чернично-травяные. Березняки черничные в 50-летнем возрасте своей количественной спелости имеют среднюю высоту 17 м, диаметр 16 см, запас 120 м<sup>3</sup> на 1 га при полноте 0,7, а березняки разнотравные в том же возрасте соответственно 18 м, 16 см и 160 м<sup>3</sup> (II и I классы бонитета).

Последующее естественное возобновление на 91 % площади представлено елью, на 9 % – лиственными породами (береза, осина, ольха серая). Еловый подрост на 20 % площади выделов имеет густоту до 500, на 60 % – до 1500, на 20 % – 2...3 тыс. шт./га. По высоте подрост распределяется следующим образом: до 1 м – 20 %, до 1,5 м – 10 %, выше 1,5 м – 70 %. Как видим, преобладает крупномерный еловый подрост (3...5 м) средней густоты, обеспечивающий восстановление ельников на месте бывших сосняков.

В черничном типе исследователи Института леса Карельского НЦ РАН [4] определили 34 вида трав и кустарничков, в разнотравном – 56 видов. Помимо обычных таежных (доминирующий вид – черника) в обоих типах леса присутствуют представители неморальной флоры: в черничнике – перловник, звездчатка ланцетовидная, бор развесистый, фиалка удивительная; в разнотравном, кроме того, печеночница благородная, сныть, сочевичник весенний и другие виды.

В березняках черничных моховой покров расположен почти сплошным покровом, состоящим преимущественно из плеуроциума Шребера; в разнотравном типе мхи более заметны на приствольных повышениях и представлены дополнительно ритидиладельфусом трехраздельным и представителями рода мниум.

Березняки исключительно живописны во все времена года. Пятнисто-белоствольные стволы контрастируют с темно-зеленым фоном устремленного вверх подроста и елового молодняка. Цвет листвы березы меняется от нежно-зеленого весной до желтого и желто-лимонного осенью; цвет стволов зимой – от розового, желтого, синего до фиолетового на фоне снежного покрова разных оттенков в пасмурную и солнечную погоду. Степень устойчивости березняков к рекреации максимальна (6800 чел.-ч/га в год), но на склонах более 15° она вдвое меньше.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Беручашвили Н.А. Методика ландшафтно-географических исследований и картирования состояний природно-территориальных комплексов. - Тбилиси: ТГУ, 1988. - 200 с. [2]. Волков А.Д., Лак Г.Ц., Еруков Г.В. Типы ландшафтов Карельской АССР. Структура и динамика лесных ландшафтов Карелии. - Петрозаводск: КФ АН СССР, 1985. - С. 4 - 16. [3]. Ильинская С.А. Ландшафтные комплексы типов леса // Лесоведение. - 1980. - № 4. - С. 20 - 28. [4]. Курбатов Ю.И. Архитектурные формы и природный ландшафт. - Л.: ЛГУ, 1988. - 135 с. [5]. Маркевич И.А., Шужмов А.А. Нормативы рекреации на Валааме // Лесн. хоз-во. - 1991. - № 8. - С. 39 - 40. [6]. Солнцев Н.А. О морфологии природного географического ландшафта // Вопросы географии. - 1949. - Вып. 16. - С. 61 - 86. [7]. Эрингис К.И., Будрюнас А.А. Сущность и методика детальной эколого-эстетической оценки пейзажей // Экология и эстетика ландшафта. - Вильнюс: Минтис, 1975. - С. 107 - 160.
-

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*32.002.5

*А. В. ЖУКОВ, А. С. ФЕДОРЕНЧИК, А. В. ЖОРИН*

Белорусский государственный технологический университет

Жуков Анатолий Васильевич родился в 1937 г., окончил в 1960 г. Белорусский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета, заведующий научно-исследовательской лабораторией механизации и автоматизации лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем. Имеет более 320 печатных работ в области лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем.



Федоренчик Александр Семенович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок, проректор по учебной работе Белорусского государственного технологического университета. Имеет более 80 печатных работ по вопросам технологии и оборудования лесозаготовок главного и промежуточного пользования, комплексного использования биомассы дерева, механизации и автоматизации лесоскладских работ.



Жорин Андрей Васильевич родился в 1970 г., окончил в 1993 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории механизации и автоматизации лесопромышленных процессов и специальных транспортных систем. Имеет 2 печатные работы в области технологии и оборудования для заготовки древесины.



### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЕСНОГО ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА НА ЗАГОТОВКЕ ДРЕВЕСИНЫ

Изложены результаты производственных испытаний опытного образца колесного трелевочного трактора.

Получены уравнения регрессии, описывающие его работу. Проведен сравнительный анализ энергоемкости процесса трелевки и производительности машины.

The results of testing the experimental model of wheeled skidder are presented. The regression equations are obtained, describing its operation. The comparative study of energy intensivity of skidding and skidder's productivity is carried out.

В настоящее время Республика Беларусь развивает собственное лесное машиностроение. В П/О Гомельдрев проводились производственные испытания опытного образца трелевочного трактора ТТР-401, конструкция которого разработана на Минском тракторном заводе с участием Белорусского государственного технического университета. Базовой моделью служил сельскохозяйственный трактор МТЗ-82М, оборудованный трелевочным приспособлением, отвалом и специальными ограждениями. Цель испытаний — изучить работоспособность конструкции, оценить энергоемкость процесса трелевки и производительность машины по сравнению с ТДТ-55.

Применительно к цели испытаний входной величиной исследуемой модели был выбран один фактор — объем трелеваемой пачки, который изменялся в диапазоне 0,15...2,20 м<sup>3</sup> и ограничивался грузоподъемностью трактора.

Испытания проводили на сплошных и выборочных рубках. Вид заготавливаемого сырья — хлысты. Валку и обрезку сучьев у пня выполняли бензиномоторной пилой. Вначале посередине пасеки разрабатывали пасечные волокы шириной 5 м, затем поочередно полупасеки, ширина пасеки 20...25 м. Деревья валили под углом 45...60° к трелевочному волоку с расчетом трелевки комлями вперед. Трелевочный волок укрепляли сучьями. Пачки формировали трактором непосредственно на волоке и трелевали только по волоку.

Состав древостоя на опытных лесосеках 6С2Д2Б, средний объем хлыста 0,23 м<sup>3</sup>, среднее расстояние трелевки 150, 250, 350 м.

Очередность операций следующая: трелевочная машина разворачивается на волоке, щит опускается на землю; тракторист выходит из трактора, разматывает трос и чокерует хлысты; управляя приводом лебедки из кабины, он подтаскивает хлысты до упора в щит; затем он поднимает щит и начинает движение трактора с хлыстами в полупогруженном положении на погрузочную площадку; там пачка сбрасывается, при необходимости производится штабелевка и выравнивание хлыстов.

При проведении наблюдений регистрировали затраты времени по элементам рабочего цикла работы машины, рейсовую нагрузку  $q$ , м<sup>3</sup>, расстояние транспортировки древесины  $l$ , м. Замеры проводили в течение трех контрольных рабочих смен общей продолжительностью 18 ч. Для каждого расстояния трелевки выполнено не менее 30 наблюдений.

По результатам замеров получены эмпирические зависимости скорости движения трактора с грузом  $v_{p,x}$ , м/с, и затрат времени на чокеровку  $t_{\text{ч}}$  от рейсовой нагрузки:

$$v_{p,x} = 1,527 - 0,142 q, \quad r = -0,78; \quad (1)$$

$$t_{\text{ч}} = 69,37 + 60,88 q, \quad r = 0,89, \quad (2)$$

где  $r$  – коэффициент корреляции.

Установлено, что эти операции оказывают наибольшее влияние на время рабочего цикла данной машины.

С использованием выражений (1), (2) получена формула для определения часовой производительности  $\Pi$ , м<sup>3</sup>/ч:

$$\Pi = \frac{3600 \kappa q}{104,1 + 91,32q + L(1/(1,53 - 0,142q) + 1/(1,99 - 0,19q))}, \quad (3)$$

где  $\kappa$  – коэффициент использования рабочего времени (0,6...0,8);

$L$  – расстояние трелевки, м;

$q_{\text{г}}$  – грузоподъемность трелевочного трактора, м<sup>3</sup>.

Лесосечные работы, в том числе и операция трелевки, характеризуются большим разнообразием факторов, многие из которых являются неуправляемыми или трудно управляемыми. Регрессионные модели, используемые для описания производственных процессов такого типа, не отличаются достаточной полнотой, что объясняется особенностями метода регрессионного анализа в применении к многофакторному пассивному эксперименту [2].

Информационную содержательность уравнений регрессии оценивали  $F_u$  - отношением:

$$F_u = S_c^2 / S_{\text{ост}}^2, \quad (4)$$

где  $S_c^2$  – дисперсия относительно среднего значения отклика;

$S_{\text{ост}}^2$  – остаточная дисперсия.

Использование функции  $F_u$  объясняется отсутствием дублированных опытов, что является естественным следствием пассивности эксперимента. Эмпирическая зависимость считается эффективной, если  $F_u > 3$  [2]. Для выражения (1) получено  $F_u = 3,18$ , для выражения (2)  $F_u = 3,45$ .

Параллельно с испытаниями опытного образца в тех же природно-производственных условиях проводилась заготовка древесины с использованием трактора ТДТ-55. В таблице представлены затраты времени на грузовой и холостой ход, загрузку и отцепку пачки, часовая производительность и стоимость трелевки 1 м<sup>3</sup> при средней рейсовой нагрузке для ТТР-401 и ТДТ-55 соответственно 1,20 и 2,87 м<sup>3</sup>.

Как видим, удельные затраты времени на загрузку и разгрузку с использованием на трелевке ТТР-401 примерно в 2 раза меньше, чем для ТДТ-55. Удельные затраты времени на пробег с увеличением расстояния трелевки изменяются неравномерно, для ТДТ-55 они

Показатели	Расстояние трелевки, м	Значения показателей	
		ТТР-401	ТДТ-55
Затраты времени на загрузку и разгрузку, мин/м <sup>3</sup>	-	3,0...3,2	6,6...6,8
Затраты времени на передвижение, мин/м <sup>3</sup>	150	2,96	3,2
	250	5,06	5,5
	350	6,49	7,6
Часовая производительность, м <sup>3</sup>	150	6,06	9,94
	250	4,92	7,31
	350	4,20	6,24
Стоимость трелевки 1 м <sup>3</sup> , \$	150	0,68	0,79
	250	0,84	1,08
	350	0,97	1,26

возрастают более интенсивно. Так, с увеличением расстояния трелевки от 150 до 250 м затраты для ТТР-401 повышаются в 1,71, для ТДТ-55 в 1,72 раза, от 250 до 350 м – соответственно в 1,27 и 1,38 раза.

К критериям оценки эффективности работы машины в конкретных природно-производственных условиях относятся затраты энергии  $\mathcal{E}_{\text{ттр}}$ , кВт · ч/га, отнесенные к 1 га, и удельные затраты энергии на выполнение транспортной работы  $g_{\text{ттр}}$ , кВт · ч/(м<sup>3</sup> · км).

Выражения для затрат энергии могут использоваться для сравнительного анализа машин, определения влияния различных факторов на рабочий процесс [1].

Суммарные затраты энергии на выполнение транспортной и технологической работы находим по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{ттр}} = c g k_0 v_0 (l_{\text{ср}} (\psi_{\text{п}} + 2 a_3 \psi_{\text{м}}) + (m_{\text{м}} \psi_{\text{лш}} l_{\text{ш}} k_{\text{ш}} + m_{\text{п}} \psi_{\text{п}} l_{\text{пер}})) n_{\text{п}} / \eta_{\text{ттр}}, \quad (5)$$

где  $c$  – коэффициент (1/3600);

$k_0$  – коэффициент увеличения пути движения машины по отношению к расчетному,  $k_0 = 1,05 \dots 1,20$ ;

$v_0$  – коэффициент увеличения затрат энергии за счет непроизводительных движений и трогания с места,  $v_0 = 1,1 \dots 1,3$ ;

$l_{\text{ср}}$  – расстояние трелевки, м;

$\psi_{\text{п}}$  – коэффициент сопротивления движению пачки;

$\psi_{\text{м}}$  – коэффициент сопротивления движению машины;

$m_{\text{м}}, m_{\text{п}}$  – соответственно масса трактора и пачки, т;

$a_3 = m_{\text{м}} / m_{\text{п}}$ ;

$l_{\text{ш}}$  – расстояние передвижения трактора при штабелевке, м;

$k_{\text{ш}}$  – коэффициент, учитывающий средний объем хлыста,  $k_{\text{ш}} = 1,05 \dots 1,20$ ;

$l_{\text{пер}}$  – среднее расстояние подтаскивания древесины при формировании пачки и загрузке, м;

$n_{\text{п}}$  – число пачек на 1 га площади лесосеки;

$\eta_{\text{ттр}}$  – КПД трансмиссии машины.

При расчете энергоемкости основной составляющей являются затраты на передвижение. Используя выражение (5) и данные экспериментальных исследований, установим удельные затраты энергии на выполнение транспортной работы тракторами ТТР-401 и ТДТ-55 (запас 230 м<sup>3</sup> на 1 га, средний объем хлыста 0,23 м<sup>3</sup>, среднее значение рейсовой нагрузки соответственно 1,20 и 2,87 м<sup>3</sup>).

Формула для определения удельных затрат имеет вид

$$g_{\text{тр}} = 10^3 c g m_1 k_{\text{ов}} (\psi_n + 2 a_3 \psi_n) / \eta_{\text{тр}}, \quad (6)$$

где  $m_1$  – масса 1 м<sup>3</sup> леса с учетом наличия коры и крон, т.

Затраты энергии соответственно составляют 4,12 и 6,24 кВт·ч/(м<sup>3</sup>·км).

В результате производственных испытаний установлено, что при среднем объеме хлыста в насаждении 0,22...0,25 м<sup>3</sup>, грунтовых условиях I типа местности и отсутствии глубокого снега эффективнее использовать колесный трелевочный трактор на базе МТЗ. При этом удельная энергоемкость процесса снижается в 1,2...1,5 раза, стоимость проведения работ на 14...23 %. С увеличением расстояния трелевки эффективность использования ТТР-401 возрастает, значительно меньше повреждаются напочвенный покров и подрост. Машина может быть использована на небольших разрозненных лесосеках.

В ходе испытаний были выявлены конструктивные недостатки технологического оборудования: отсутствие тормоза инерционного вращения барабана, недостаточная прочность несущей конструкции трелевочного приспособления. В настоящее время ведется доработка конструкции с учетом результатов испытаний.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Кочегаров В.Г., Бит Ю.А., Меньшиков В.Н. Технология и машины лесосечных работ: Учеб. для вузов - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 392 с. [2]. Пижурин А.А., Роземблит М.С. Исследования процессов деревообработки. - М.: Лесн. пром-сть, 1984. - 232 с.

Поступила 29 марта 1996 г.

УДК 630\*611:556.5

*Г.А. КАЛИНИН, Ф.А. ПАВЛОВ, В.Я. ХАРИТОНОВ, В.Ф. ЦВЕТКОВ*

Архангельский государственный технический университет



Калинин Генрих Александрович родился в 1931 г., окончил в 1954 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета. Имеет более 60 печатных работ по проблемам лесовозного транспорта.



Павлов Фридрих Алексеевич родился в 1934 г., окончил в 1957 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник по специальности «Автомобильные дороги», профессор кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАЕН, изобретатель СССР. Имеет более 80 печатных работ по проблемам создания эффективной лесотранспортной сети, ленточных дорожных покрытий.



Харитонов Виктор Яковлевич родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета, академик РАЕН. Имеет около 140 печатных трудов в области водного транспорта леса, экологии водных объектов, гидродинамики.



Цветков Василий Фролович родился в 1935 г., окончил в 1958 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой лесоводства и почвоведения Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РАЕН. Имеет более 200 печатных работ в области лесоводства и лесоведения, социальной экологии и охраны окружающей среды на Севере.



## РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК ВАЕНЬГА И ЮЛА\*

Исследованиями двух граничащих бассейнами притоков р. Северной Двины с примерно одинаковыми природными условиями установлено существенное негативное влияние нерационального лесопользования на водность и режим стока. Разработан и использован метод анализа возрастной структуры и породного состава покрытых лесом площадей водосбора, пройденных рубками в разные годы.

It has been stated, based on investigations of the two tributaries of the Northern Dvina with their basins bordering on each other, that irrational forest management has the sufficient negative effect on water and flow conditions. Analysis technique has been elaborated and used for age structure and species composition of reservoir forest areas logged in different years.

Известно многостороннее и неоднозначное влияние леса на формирование речного стока и его режим [1 – 4]. Одной из важных экологических проблем современности является разбалансированность гидрологического режима речных систем вследствие антропогенной деятельности. Нами выполнен анализ изменения гидрологического режима р. Ваеньга и Юла, впадающих в Северную Двину, за последние 50 лет и динамики лесопользования в их бассейнах за те же годы.

Бассейны этих рек близки по климатическим и физико-географическим условиям стока, но существенно различаются по уровню освоения сосредоточенных в них лесных ресурсов и насыщенности лесовозными дорогами.

В табл. 1 приведены для сравнения основные гидрологические и климатические характеристики рек. По этим данным видно, что, несмотря на существенную разность в площадях водосбора, модуль стока (средний годовой расход, деленный на площадь водосбора) у р. Ваеньги только на 6,1% больше, чем у р. Юлы. Несколько выше в бассейне р. Ваеньги среднегодовая температура. Некоторые различия имеются в геологическом строении — в бассейне р. Юлы больше распределены известняки и мергели, развиты карстовые явления.

Очень близки сравниваемые бассейны по характеру лесов. В обоих случаях преобладают еловые леса зеленомошной и долгомошной групп. На долю сосны приходится 20 ... 25 %.

Можно утверждать, что существенные различия в динамике гидрологических режимов этих рек связаны в основном с влиянием антропогенных факторов.

\* В работе принимала участие ассист. Е.А. Михина.

Таблица 1

Характеристики	Значения характеристик рек	
	Ваеньга	Юла
Длина реки до изучаемого створа, км	176	230
Площадь водосбора (замыкается расчетным створом), км <sup>2</sup>	2470	4510
Средняя высота бассейна, м	113	170
Средний уклон реки	0,00090	0,00058
Средний годовой расход, м <sup>3</sup> /с	28,3	48,3
Средняя продолжительность навигации, сут	176	180
Средняя продолжительность половодья, сут	50	50
Озерность, %	1	1
Заболоченность, %	5	4
Средняя годовая температура, °С	1,0	0,1
Средняя годовая скорость ветра, м/с	3,9	3,5
Средний многолетний слой осадков, мм	581	575
Средняя высота снежного покрова, см	57	49
Средняя продолжительность снежного покрова, сут	173	184

Учитывая противоречивость результатов ранее выполненных исследований о влиянии леса на водный режим и сложность учета всех факторов, для анализа выбраны следующие данные, подготовленные Архангельским гидрометцентром: по гидрологическим характеристикам – среднегодовой расход, средний расход половодья и открытого русла (навигации), продолжительность половодья и навигации, средний расход за 30 дн. летней межени, ее продолжительность; по климатическим характеристикам – среднегодовая температура, годовой слой осадков, высота снежного покрова.

Гидрологические характеристики исследованы по гидрометрическим створам у р. Ваеньги – д. Филимоновская, 42 км от устья; у р. Юла – д. Каренжиха, 20 км от устья.

При рассмотрении изменений в лесной растительности использован анализ возрастной структуры и породного состава покрытых лесом площадей водосборов. Методологическую основу его составляет учение о динамической типологии леса и современные представления о теории лесовосстановительных процессов в связи со сплошными рубками, обоснованные акад. И.С. Мелеховым и его учениками, а также специалистами в области лесовозобновления и формирования производственных насаждений на Европейском Севере и в Архангельской области в частности (В.Г. Чертовской, П.Н. Львов, И.В. Волосевич, Г.А. Чибисов и др.). Методологические подходы основаны на следующих положениях.

1. Лесные фитоценозы на любой стадии возрастного формирования несут достаточную информацию о своем происхождении, связанном с давностью рубки.

2. Давность рубки при естественном возобновлении достаточно достоверно отражается возрастом молодого поколения лиственных деревьев, фиксируемых при лесоустройстве.

3. В большинстве случаев давность рубки превышает возраст лиственного поколения в среднем на 1,5 года.

4. Породный состав возобновляющихся лесных фитоценозов определяется типом леса, давностью и способом рубки.

5. В каждом типе леса действуют свои закономерности динамики возрастной структуры и породного состава.

6. Типы леса различаются продолжительностью периодов лесовозобновления и сроком формирования производных насаждений.

Для ретроспективного анализа лесного фонда водосборов устанавливали площади рубки за прошедшее время. Из таксационных описаний для каждого квартала, вошедшего в бассейн лесничеств, выбирали площади выделов по группам возрастов и категориям породного состава. В хвойных лесах одну группу образуют все насаждения в возрасте более 50 лет, все другие площади разнесены по группам: 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15 и 10 лет. В пределах каждого возрастного этапа выделяли хвойные, хвойно-лиственные, лиственно-хвойные и лиственные насаждения. Суммы площадей по возрастным группам (этапам) привязывали к хронологической системе с поправкой на давность лесоустройства.

Среднюю годовичную лесосеку за этап устанавливали по площади образовавшихся насаждений, поделенной на продолжительность этапа.

Изменение доли не покрытых лесом площадей по мере лесопользования – удельную лесистость – определяли умножением годовичной лесосеки на средний период лесовозобновления, который по результатам ранее выполненных исследований принят: за период до 1940 г. – 8 лет; 1940–1960 гг. – 8,5; 1960–1980 гг. – 9,5; с 1980 г. – 10.

Анализ возрастов насаждений старше 50 лет позволил установить динамику площадей с неизменными гидрологическими функциями.

Построены удобные для статистической обработки и сравнительной оценки выравненные ряды динамики площадей: лесов с неизменными водоохранными и водорегулирующими свойствами; антропогенно сниженной эксплуатационной доли лесистости; антропогенно увеличенной доли молодых лесов с существенно измененными гидрологическими функциями и доли лиственных и лиственно-хвойных производных лесов с измененными гидрологическими функциями.

Интенсивность лесопользования непосредственно связана с густотой сухопутных транспортных путей. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог, как известно, оказывают влияние на гидрологический режим рек вследствие не только уменьшения лесопокрытой площади в связи с прорубкой трасс дорог, но и перераспределения его с помощью насыпей и выемок, водоотводных канав, а также изменения условий фильтрации при уплотнении или рыхлении грунта.

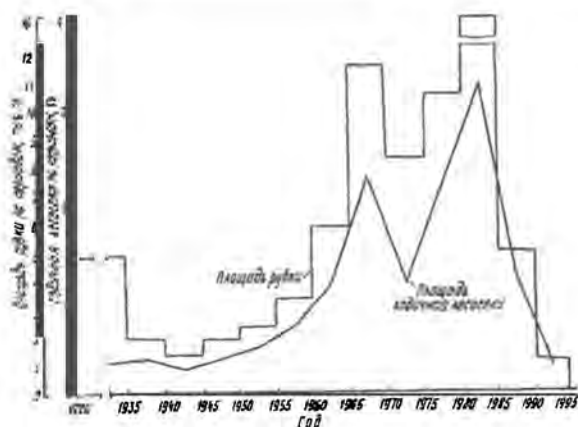


Рис. 1. Динамика площади рубки и средней годичной лесосеки по периодам в бассейне р. Ваеньги

В пределах бассейна р. Ваеньги построено 357,5 км, а в бассейне р. Юлы — только 40,0 км постоянно действующих лесовозных дорог, включая магистрали и ветки. Кроме того, эксплуатируются зимние дороги протяженностью соответственно 295,4 и 22,0 км.

Кроме магистралей и веток строят густую сеть временных лесовозных дорог (усов). Протяженность и размещение их в бассейне — также важный фактор воздействия на режим стока.

Оценить влияние лесовозных дорог на режим стока на данном этапе исследований можно только опосредованно через изменение лесистости.

На рис.1 приведена динамика площади рубки по периодам и средней годичной лесосеки по бассейну р. Ваеньги, а в табл. 2 — объем рубки за 70 лет.

Материалы исследований показывают, что наибольшая площадь рубки отмечена в 1981–1985 гг. (16,5 тыс. га), наименьшая — в военный период 1941–1945 гг. (279 га в год). Средний запас в эксплуатационных

Таблица 2

Годы	Площадь годичной лесосеки, га	Средний запас, м <sup>3</sup>	Годичная лесосека, тыс. м <sup>3</sup>	Объем рубки по периодам, тыс. м <sup>3</sup>
1920–1935	331	220	72,8	1092,0
1936–1940	380	200	76,0	380,0
1941–1945	279	180	50,2	251,0
1946–1950	388	170	65,9	329,5
1951–1955	482	160	77,1	385,5
1956–1960	666	150	99,9	499,5
1961–1965	1185	140	165,9	829,5
1966–1970	2321	140	324,9	1624,5
1971–1975	1167	135	157,5	787,5
1976–1980	2130	130	276,9	1384,5
1981–1985	3307	125	413,3	2066,5
1986–1989	1261	120	151,3	605,2
1990–1994	306	115	35,2	176,0

лесов бассейна последовательно снижался от 200 ... 220 м<sup>3</sup> на 1 га в 20–30-х гг. до 115 ... 120 м<sup>3</sup> в последнее десятилетие. Годичная лесосека по периодам резко колебалась (от 35,2 до 413,3 тыс. м<sup>3</sup>). Максимальный объем рубки наблюдался в первой половине 80-х гг., минимальный – в последние годы. Площадь, исключенная из категории лесопокрытой, возросла с 2,0 тыс. га в военный период до 34,7 тыс. га в 1981–1985 гг. Доля антропогенно обезлесенной площади в общей лесопокрытой возросла от 1,2 до 17,1 %.

Общая площадь насаждений, не затронутых систематическими рубками за период 1920–1994 гг., снизилась от 202,7 до 130,0 тыс. га, долевое участие спелых и перестойных насаждений упало от 99,0 до 64,1 %. Существенно изменился породный состав в бассейне. Так, если доля лиственных насаждений в 1920–1935-х гг. была 18 %, то в 90-е гг. она увеличилась до 37,4 % (вдвое).

Анализ статистических рядов наблюдений за климатическими факторами и гидрологическими характеристиками показал, что с наибольшей достоверностью они аппроксимируются уравнением линейной регрессии

$$y = a + bx,$$

где  $y$  – анализируемый фактор или характеристика;

$x$  – годы;

$a, b$  – постоянные величины.

В табл. 3 и 4 приведены количественные данные об изменении соответственно климатических факторов и гидрологических характеристик по результатам аппроксимации.

Таблица 3

Фактор	Значение показателя		Приращение*	
	в начале периода	в конце периода	за период	за год

р. Ваеньга, период наблюдений 34 года

Среднегодовая температура, °С	0,60	0,94	+ 0,34	+ 0,01
Годовая сумма осадков, мм	595	562	– 33	– 0,97
Высота снежного покрова, см	59,5	60,5	+ 1,0	+ 0,029

р. Юла, период наблюдений 50 лет

Среднегодовая температура, °С	0,3	– 0,1	– 0,4	– 0,008
Годовая сумма осадков, мм	546	559	+ 13	+ 0,26
Высота снежного покрова, см	51,7	51,5	– 0,2	– 0,004

\* Здесь и далее знак плюс означает увеличение, минус – уменьшение величины.

Таблица 4

Гидрологическая характеристика	Значение показателя		Приращение	
	в начале периода	в конце периода	за период	за год
р. Ваеньга, период наблюдений 39 лет				
Расход, м <sup>3</sup> /с:				
среднегодовой	29,7	29,9	+ 0,2	+ 0,005
средний за период:				
половодья	98,8	115,2	+ 16,4	+ 0,42
навигации	45,4	38,8	- 6,6	- 0,17
летней межени	26,5	26,2	- 0,3	- 0,008
р. Юла, период наблюдений 55 лет				
Расход, м <sup>3</sup> /с:				
среднегодовой	43,6	52,4	+ 8,8	+ 0,16
средний за период:				
половодья	83,3	125,1	+ 41,8	+ 0,76
навигации	77,9	76,8	- 1,1	- 0,02
летней межени	39,0	45,6	+ 6,6	+ 0,12

Выполненные исследования позволяют констатировать ряд важных положений. Среднегодовая температура в бассейне р. Ваеньги с интенсивностью 0,01 °С в год увеличивается, а по р. Юла примерно с такой же интенсивностью понижается, что не дает возможности однозначно оценить взаимосвязь лесопользования, температуры и водности.

С одной стороны, с повышением температуры возрастает испарение и, следовательно, уменьшается сток. Это мы и наблюдаем: увеличение среднегодового стока по р. Ваеньге (0,02 %) существенно меньше, чем по р. Юле (0,37 %).

С другой стороны, с понижением температуры увеличивается глубина промерзания, уменьшается доля грунтового питания. Расход за период межени также должен снижаться, но по р. Юле он увеличивается (0,31 % в год), а по р. Ваеньге уменьшается, хотя и слабо (0,03 % в год).

Сложность этой взаимосвязи усугубляется и тем, что высота снежного покрова в бассейне р. Юлы на 8... 9 см меньше, чем в бассейне р. Ваеньги.

Учитывая изложенное, невозможно установить влияние лесопользования на среднегодовую температуру на этом этапе исследований.

Годовая сумма осадков по бассейну р. Ваеньги уменьшилась на 0,16 %, а по р. Юле увеличилась на 0,05 % в год, что согласуется с результатами ранее выполненных исследований. Подтверждается также и влияние лесопользования на высоту снежного покрова. Поскольку в бассейне р. Ваеньги спелых и перестойных лесов осталось меньше, чем на р. Юле, то жидких осадков выпадает меньше, а так как на вырубках растут лиственные леса, то высота снежного покрова больше.

Среднегодовой расход увеличился по обеим рекам, что связано с глобальными циклическими явлениями, по р. Юле – на 0,37, а по р. Ваеньге только на 0,017 % в год. Существенно меньше разница в интенсивности увеличения расхода за период половодья (соответственно 0,91 и 0,43 %). За период навигации он уменьшился в первом случае с интенсивностью 0,37, во втором только 0,03 % в год, за период летней межени по р. Ваеньге сократился на 0,03 %, по р. Юле повысился на 0,31 % в год.

Существенно возросла неравномерность распределения стока по р. Ваеньге. При увеличении расхода в половодье его продолжительность за 39 лет наблюдений уменьшилась на 10 дн., или на 19,2 %.

Вместе с уменьшением расходов за навигацию и межень сократилась продолжительность навигации на 7 дн. (3,7 %) и увеличилась продолжительность летней межени на 13 дн. (10,0 %).

Итак, интенсивное лесопользование по существующим технологиям в бассейне р. Ваеньги повлияло отрицательно как на водность в целом, так и на распределение стока в течение года. Отмечено относительное уменьшение среднегодового стока, увеличение расхода половодья и сокращение его продолжительности, снижение расхода за навигацию и межень, повышение продолжительности последней (рис. 2).

Рис. 2. Условный гидрограф половодья по р. Ваеньге: 1 – в 1950 г., 2 – в 1990 г.



Для предотвращения дальнейшего ухудшения экологической обстановки в бассейне р. Ваеньги и аналогичных ей рек необходимо разработать способы неистощительного, рационального лесопользования, обосновать размеры и размещение лесорубочных участков, направленность и насыщенность лесовозных дорог, очередность рубок.

Предотвращению негативных изменений стока могла бы содействовать специальная система мероприятий, предусматривающая расщепление объемов рубки по бассейну, упорядочение способов рубок, включая маневрирование сезонами и технологиями лесозэксплуатации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Идзон П. Ф. Лес и водные ресурсы. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 125 с. [2]. Крестовский О. И. Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 117 с. [3]. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. – М.: Наука, 1960. – 488 с. [4]. Шигломанов И. А. Антропогенные изменения водности рек. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 300 с.

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 более 40 научных трудов по численным методам расчета прочности конструкций.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН

Методом статистического моделирования на ПЭВМ найдены математическое ожидание, его доверительные интервалы и дисперсия коэффициента запаса прочности для ножей сучкорезной головки машины ЛП-30Б, когда предел прочности и напряжение в детерминированной формуле коэффициента запаса подчинены трехпараметрическому распределению Вейбулла.

Mathematical expectancy, its confidence intervals and variance of safety factor for the knives of delimiting head of LP-30B mashine have been found out by the method of statistical modelling on PC, the strength limit and tension in the deteministic formula of strength coefficient following the three-parameter Weibull distribution.

Из-за изменчивости условий эксплуатации детали сучкорезных, валочно-трелевочных и валочно-пакетирующих машин испытывают случайные напряжения  $\tilde{\sigma}$ . В связи с неоднородностью материала случайной величиной (СВ) является и предел прочности детали  $\tilde{\sigma}_0$ . В этом



случае мера прочностной надежности – коэффициент запаса  $\bar{n}$ , который представляет собой функцию двух независимых СВ:

$$\bar{n} = f(\tilde{\sigma}_0, \tilde{\sigma}) = \tilde{\sigma}_0 / \tilde{\sigma}. \quad (1)$$

Допускаем, что в выражении (1) величины  $\tilde{\sigma}_0$  и  $\tilde{\sigma}$  подчинены трехпараметрическому распределению Вейбулла, функции распределения (ФР) которого имеют вид

$$F(\sigma_0) = 1 - \exp\left\{-\left[(\sigma_0 - \theta_0) / (\theta_0 - \delta_0)\right]^{\beta_0}\right\}; \quad (2)$$

$$F(\sigma) = 1 - \exp\left\{-\left[(\sigma - \theta) / (\theta - \delta)\right]^{\beta}\right\}, \quad (3)$$

где  $\theta_0, \theta; \delta_0, \delta; \beta_0, \beta$  – параметры формы, усечения и масштаба предела прочности и напряжения соответственно.

Распределение Вейбулла является исключительно гибким и может принимать самые различные формы. Для прогноза надежности и требуемого числа запасных частей на этапе проектирования нужно знать основные вероятностные характеристики коэффициента запаса прочности (КЗП): математическое ожидание (МО)  $\bar{n}$  и дисперсию  $s^2$ . Для определения  $\bar{n}$  и  $s^2$  применяем метод статистического моделирования\*, реализация которого возможна на ПЭВМ.

Описание алгоритма. Методом обратной ФР  $F^{-1}(r_i)$ , по (2) и (3) находим моделирующие формулы возможных значений для  $\tilde{\sigma}_0$  и  $\tilde{\sigma}$ :

$$\{\sigma_{0i}\}_m = (-\ln\{r_i\}_m)^{1/\beta_0} (\theta_0 - \delta_0) + \delta_0; \quad (4)$$

$$\{\sigma_i\}_m = (-\ln\{r_i\}_m)^{1/\beta} (\theta - \delta) + \delta, \quad (5)$$

где  $m$  – число испытаний (объем смоделированной выборки);

$\{r_i\}_m$  – последовательность случайных чисел, равномерно распределенных от 0 до 1 (генерируются на ПЭВМ оператором  $RND[x]$ ).

Подставляя выражения (4) и (5) в (1), получаем моделирующую формулу возможных значений КЗП:

$$\{n_i\}_m = [(-\ln\{r_i\}_m)^{1/\beta_0} (\theta_0 - \delta_0) + \delta_0] / [(-\ln\{r_i\}_m)^{1/\beta} (\theta - \delta) + \delta]. \quad (6)$$

На основании выражения (6) написана вычислительная программа (язык Тубро-Бейсик). Реализуем предложенный алгоритм для моделирования вероятностных характеристик КЗП ножей сучкорезной машины ЛП-30Б при следующих исходных данных:  $\theta_0 = 400$  МПа,  $\theta = 300$  МПа;  $\delta_0 = 300$  МПа,  $\delta = 150$  МПа;  $\beta_0 = 3, \beta = 3$ .

При этих данных по уравнению (5) смоделирована случайная последовательность  $\{n_i\}_m$  и вычислено выборочное МО:  $\bar{n} = \sum_{i=1}^m n_i$ . Моде-

\* Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. - М.: Наука, 1982. - 296 с.

Таблица 1

Номер прогона	Выборочное среднее коэффициента запаса прочности $\bar{n}$ при числе испытаний $m$							
	100	200	500	1000	2000	5000	10 000	15 000
1	1,3762	1,4040	1,4080	1,3805	1,3906	1,3930	1,3937	1,3919
2	1,3853	1,3979	1,3975	1,4018	1,3886	1,3903	1,3920	1,3898
3	1,3595	1,3721	1,3797	1,3986	1,3976	1,3953	1,3910	1,3912
4	1,3983	1,3939	1,3797	1,3926	1,3910	1,3916	1,3881	1,3911
5	1,3969	1,3915	1,3895	1,3883	1,3970	1,3904	1,3908	1,3922
6	1,4103	1,3858	1,3891	1,3900	1,3926	1,3930	1,3910	1,3897
7	1,4206	1,3784	1,3969	1,3873	1,3982	1,3916	1,3871	1,3930
8	1,3638	1,4180	1,3945	1,3851	1,3926	1,3942	1,3903	1,3935
9	1,3840	1,4050	1,3912	1,3970	1,3907	1,3839	1,3923	1,3903
10	1,3721	1,3850	1,4002	1,3831	1,3941	1,3942	1,3918	1,3925

лирование  $\bar{n}$  выполнено при  $m$ , равных 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10 000 и 15 000. При каждом  $m$  вычисление  $\bar{n}$  повторяли  $k$  раз (в данном случае  $k = 10$ ), при различной последовательности случайных чисел из интервала (0, 1). Полученные результаты моделирования представлены в табл. 1.

Из таблицы видно, что величина  $\bar{n}$  случайная, поэтому находили усредненное МО  $\bar{n}_*$  и усредненную дисперсию  $s_*^2$ :

$$\bar{n}_* = (1/k) \sum_{i=1}^k \bar{n}_i; \quad s_*^2 = [1/(1-k)] \sum_{i=1}^k (\bar{n}_i - \bar{n}_*)^2. \quad (7)$$

Вычисленные по (7)  $\bar{n}_*$  и  $s_*^2$  меняются от объема смоделированной выборки  $m$ , т. е. продолжительности прогона модели. На рис. 1 показано изменение  $\bar{n}_*$  от  $m$ , на рис. 2 —  $s_*^2$  от  $m$ . Эти зависимости получены с помощью ПЭВМ. Из рисунков видно, что с увеличением  $m$  числовые характеристики  $\bar{n}_*$  и  $s_*^2$  стабилизируются.

Затем находим  $100(1 - \alpha)\%$ -е доверительные интервалы ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) для усредненного МО коэффициента запаса, которые задаем как

$$\bar{n}_* - (s_* / \sqrt{k-1}) t_{\alpha/2, k-1} \leq \bar{n} \leq \bar{n}_* + (s_* / \sqrt{k-1}) t_{\alpha/2, k-1}, \quad (8)$$

где  $t_{\alpha/2, k-1}$  —  $(100\alpha/2)\%$ -я точка  $t$ -распределения с  $(k-1)$ -ми степенями свободы.

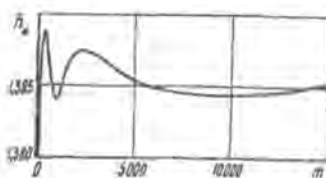


Рис. 1.

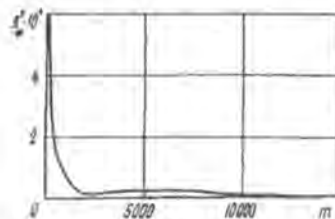


Рис. 2.

Таблица 2

Число испытаний	Доверительные интервалы для $\bar{p}_k$ , соответствующие $k = 10$		
	99 %-й	95 %-й	90 %-й
100	1,3652 - 1,4082	1,3718 - 1,4016	1,3746 - 1,3988
200	1,3784 - 1,4080	1,3829 - 1,4035	1,3849 - 1,4015
500	1,3830 - 1,4022	1,3860 - 1,3993	1,3872 - 1,3980
1 000	1,3150 - 1,4658	1,3850 - 1,3957	1,3862 - 1,3946
2 000	1,3897 - 1,3969	1,3908 - 1,3958	1,3913 - 1,3953
5 000	1,3882 - 1,3952	1,3893 - 1,3941	1,3897 - 1,3937
10 000	1,3887 - 1,3929	1,3893 - 1,3923	1,3896 - 1,3920
15 000	1,3901 - 1,3930	1,3905 - 1,3925	1,3907 - 1,3923

Найденные по выражению (8) 99-, 95- и 90 %-е доверительные интервалы для  $\bar{p}_k$  приведены в табл. 2. Из таблицы видно, что доверительные интервалы сокращаются с ростом числа испытаний  $m$ , т. е. разброс становится меньше и оценки уточняются. Результаты моделирования являются исходной информацией для определения вероятности безотказной работы деталей лесных машин и прогноза требуемого числа запасных частей как в сфере эксплуатации, так и на этапе проектирования.

Таким образом, в результате имитационного статистического эксперимента на ПЭВМ получены устойчивые значения числовых характеристик коэффициента запаса, которые невозможно получить сбором статистических данных по отказам. Аналогично выполняется моделирование КЗП и для других ответственных деталей лесных машин. Разработанную методику использовали на заводе «Ухталесмаш» для оценки надежности вновь проектируемых конструкций лесных машин.

Поступила 29 мая 1995 г.

УДК 624.16.042.5.001.24

В. П. СТУКОВ

Архангельский государственный технический университет



Стуков Валерий Павлович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета. Имеет около 60 печатных работ в области исследований работы и расчета балок комбинированного сечения, составленных из древесины и бетона; пространственных методов расчета балочных пролетных строений мостов.

### УЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В МОСТОВЫХ БАЛКАХ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Рассмотрен расчет балки комбинированного сечения из древесины и железобетона, объединенных для совместной работы, на температурные воздействия.

The design of the beam of combined section made of wood and reinforced concrete combined for joint work has been considered for temperature effect.

Клееную древесину широко применяют в мировой практике мостостроения как самостоятельный материал, так и в сочетании с железобетоном. В Канаде и в северных штатах США построены десятки тысяч мостов с балками комбинированного сечения [5]. В Европе, особенно в Скандинавии, подобные мосты в прошлом не находили широкого распространения. В настоящее время европейские страны начали проявлять к ним интерес. Достаточно сказать, что в Финляндии в 1992 г. разработана долгосрочная программа, предусматривающая исследования деревянных мостов, в том числе с балками комбинированного сечения [4].

Одна из особенностей работы таких балок, составленных из различных материалов, – возникновение в ребре и плите температурных напряжений при колебаниях температуры.

В отличие от сталежелезобетонных балок, в которых напряженное состояние при действии температуры зависит в основном от различной теплопроводности материалов пролетных строений, при комбинировании древесины и железобетона основным фактором является различие в коэффициентах линейной температурной деформации бетона  $\alpha_b$  и древесины  $\alpha_d$ :  $\alpha_b = (0,7...1,0) \cdot 10^{-5}$  МПа;  $\alpha_d = (1,7...3,6) \cdot 10^{-6}$  МПа.

В работе [1] отмечается, что для балки из древесины и железобетона опасно увеличение температуры, так как при этом возрастают нормальные напряжения в бетоне и сдвигающие усилия в плоскости контакта между частями сечения.

Поскольку объединение железобетонной плиты с ребром из древесины производится в основном при положительных температурах, расчетная разность температур  $\Delta t$  может быть сравнительно невелика и температурные усилия не превышают 30 % усилий от внешних нагрузок. В случае объединения плиты и ребра при иных температурах эти усилия могут быть значительными.

При понижении температуры расчетная разность температур увеличивается и напряженное состояние существенно изменяется, особенно в плите балки.

Рассмотрим случай повышения температуры. Балка комбинированного сечения схематично представлена на рис. 1, а. Ребро из клееной древесины и железобетонная плита соединены при помощи клеевого шва. Собственные деформации тонкого клеевого шва при действии сдвигающих усилий незначительны, поэтому ими можно пренебречь. Материалы, из которых состоит балка, отличаются модулями упругости.

Коэффициент линейной температурной деформации бетона больше, чем древесины, и при повышении температуры происходит изгиб с вогнутостью в сторону ребра из древесины. При однородном нагреве изгибающий момент в балке постоянен, поэтому ось балки примет форму дуги окружности с кривизной  $1/r = \text{const}$ .

Различие деформаций плиты и ребра  $\Delta \epsilon_t$  балки при перепаде температур  $\Delta t$  имеет вид

$$\Delta \epsilon_t = \epsilon_{t,b} - \epsilon_{t,d} = (\alpha_b - \alpha_d) \Delta t, \quad (1)$$

где  $\epsilon_{t,b}$ ,  $\epsilon_{t,d}$  — деформация бетона и древесины;

$\Delta t = t_p - t_0$ ;  $t_p$  — наибольшее значение максимальной или минимальной температуры балки в течение годового цикла;  $t_0$  — температура плиты и ребра в момент их объединения.

При повышении температуры из-за различий величин  $\alpha_b$  и  $\alpha_d$  плита подвергается не только изгибу, но и сжатию, а ребро — изгибу и растяжению [3].

Рассмотрим элемент балки комбинированного сечения, выделенный двумя смежными поперечными сечениями  $mn$  и  $m_1n_1$  (рис. 1, б). Внутренние силы по поперечному сечению ребра можно привести к растягивающему усилию  $N_p$  и паре  $M_p$ , внутренние силы для железобетонной плиты — к сжимающему усилию  $N_n$  и паре  $M_n$  (рис. 1, в).

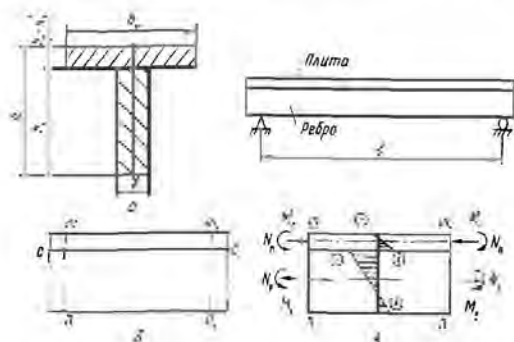


Рис. 1. К расчету балки комбинированного сечения: а – поперечное сечение и расчетная схема балки; б – элемент балки; в – схема усилий в ребре и плите балки и эпюра напряжений на участке  $m-m$

Внутренние силы в любом сечении балки должны уравновеситься:

$$N_p = N_n = N$$

и

$$Nh/2 = M_p + M_n, \quad (2)$$

где  $h$  – высота сечения балки.

Изгибающие моменты для ребра и плиты

$$M_p = \frac{E_d I_p}{r}, \quad M_n = \frac{E_b I_n}{r}, \quad (3)$$

где  $I_p, I_n$  – моменты инерции сечений ребра и плиты;

$E_d, E_b$  – модули упругости древесины и бетона;

$r$  – радиус кривизны.

Подставляя выражение (3) в уравнение (2), получаем

$$\frac{Nh}{2} = \frac{E_d I_p}{r} + \frac{E_b I_n}{r}. \quad (4)$$

Другое уравнение для определения  $N$  и  $r$  можно вывести из условия, что по поверхности соприкосновения С – С относительные удлинения бетона и древесины должны быть одинаковыми. Это условие можно записать в виде

$$\alpha_d \Delta l + \frac{N}{E_d A_p} + \frac{h_p}{2r} = \alpha_b \Delta l - \frac{N}{E_b A_n} - \frac{h_n}{2r}, \quad (5)$$

где  $A_p, A_n$  – площадь сечения ребра и плиты;

$h_p, h_n$  – высота сечения ребра и плиты,

$$\text{или} \quad N \left( \frac{1}{E_d A_p} + \frac{1}{E_b A_n} \right) = (\alpha_b - \alpha_d) \Delta l - \frac{h}{2r}. \quad (6)$$

Подставляя выражение (4) в (6), находим

$$\frac{2}{hr} (E_d I_p + E_b I_n) \left( \frac{1}{E_d A_p} + \frac{1}{E_b A_n} \right) = (\alpha_b - \alpha_d) \Delta l - \frac{h}{2r}. \quad (7)$$

Вводим обозначения

$$N = \frac{E_s \sigma}{E_n}; \quad I = I_p + \nu I_n;$$

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{A_p} + \frac{1}{\nu A_n} \quad (8)$$

С учетом (1) и (8) выражение (7) принимает вид

$$\frac{1}{r} \left( \frac{2I}{Ah} + \frac{h}{2} \right) = \Delta \varepsilon_t \quad (9)$$

Из выражения (9) получаем

$$\frac{1}{r} = \frac{\Delta \varepsilon_t h}{\frac{2I}{A} + \frac{h^2}{2}} \quad (10)$$

Из уравнений (4) и (10) находим

$$N = \frac{2\Delta \varepsilon_t E_n I}{\frac{2I}{A} + \frac{h^2}{2}} \quad (11)$$

а из (3) и (10)

$$M_p = \frac{\Delta \varepsilon_t h}{\frac{2I}{A} + \frac{h^2}{2}} E_s I_p; \quad (12)$$

$$M_n = \frac{\Delta \varepsilon_t h}{\frac{2I}{A} + \frac{h^2}{2}} E_s I_n. \quad (13)$$

Напряжения в древесине ребра и бетоне плиты получаем сложением напряжений от усилия  $N$  и кривизны  $1/r$ .

Напряжения в ребре

$$\sigma = \frac{\frac{2I}{A} + \frac{hh_p}{2}}{\frac{2I}{A} + \frac{h^2}{2}} E_n \Delta \varepsilon_t \quad (14)$$

Напряжения в плите

$$\sigma = \frac{\frac{2I}{A} + \frac{hh_n \nu}{2}}{\frac{2I}{A} + \frac{h^2}{2}} E_n \Delta \varepsilon_t \quad (15)$$

В расчетах на понижение температуры следует знаки усилий изменить на противоположные.

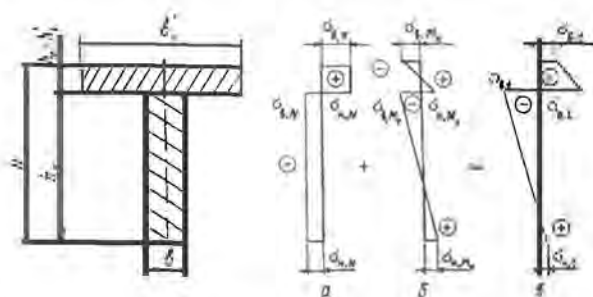


Рис. 2. Эпюры нормальных напряжений при повышении температуры: а – от продольной силы; б – от температурных моментов; в – результирующая

На рис. 2 приведены эпюры нормальных напряжений при повышении температуры.

Как видим, при повышении температуры железобетонная часть сечения удлиняется больше, чем деревянная. Древесина ребра сдерживает деформации бетона плиты. В плите возникают сжимающие напряжения, а в верхней зоне ребра – растягивающие. В нижней части ребра возможно возникновение небольших сжимающих или растягивающих напряжений (рис. 2, в).

Температурные напряжения суммируются с напряжениями от внешней нагрузки, в связи с чем увеличиваются нормальные напряжения в железобетонной плите и несколько изменяются напряжения в нижних волокнах ребра из древесины (рис. 3).

Увеличение сжимающих напряжений в железобетонной плите не является опасным, так как в ней, как правило, прочность бетона используется не полностью.

При понижении температуры (рис. 4) плита из железобетона укорачивается более интенсивно. Ее деформации сдерживаются древесиной ребра. В бетоне плиты возникают растягивающие напряжения, а в верхней части ребра – сжимающие. В нижних волокнах ребра возможно появление растягивающих напряжений.

При суммировании температурных напряжений с напряжениями от внешней нагрузки уменьшаются сжимающие напряжения в бетоне плиты. Возможно появление растягивающих напряжений в нижних волокнах плиты. Увеличение сжимающих напряжений в верхних волокнах ребра из дерева не является опасным, поскольку внешние нагрузки в

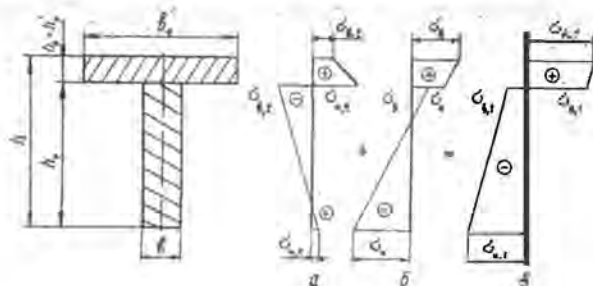


Рис. 3. Эпюры нормальных напряжений при повышении температуры (а), внешней нагрузки (б) и результирующая (в)



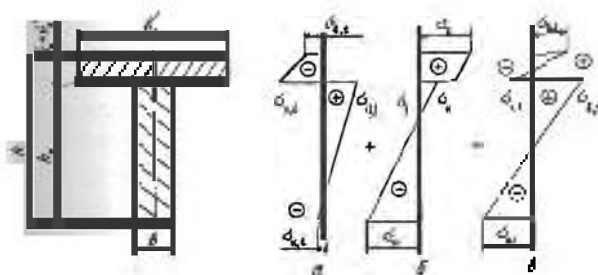


Рис. 4. Эпюры нормальных напряжений при понижении температуры (а), внешней нагрузки (б) и результирующая (в)

этой части сечения невелики. Опасны растягивающие напряжения (рис. 4, в) в нижних волокнах плиты, поскольку в отдельных случаях может потребоваться расчетное армирование этой зоны сечения.

Анализ напряженного состояния балки позволяет сделать вывод: изменение температуры окружающей среды может значительно повлиять на напряженное состояние комбинированной балки, вызывая изменение нормальных напряжений в некоторых частях ее сечения.

В работе [2] рассмотрена реконструкция балочного моста с пролетами  $l = 18$  м через р. Лявлю на автодороге Архангельск – Косково, где балки из клееной древесины объединены с железобетонной плитой. Балки имеют следующие характеристики:  $h = 1,55$  м;  $I = 0,0607$  м<sup>4</sup>;  $A_p = 0,364$  м<sup>2</sup>;  $1/A = 4,62$  1/м<sup>2</sup>;  $E_d = 9,81 \cdot 10$  МПа/см; при  $\Delta t = 35$  °С  $\Delta \sigma = 20,65 \cdot 10^{-5}$ . По нашим расчетам, напряжения в нижних волокнах ребра из древесины от расчетной нагрузки составили 9,34 МПа.

Расчеты по формуле (14) показывают, что при повышении температуры нормальные температурные напряжения в крайнем нижнем волокне ребра из древесины будут сжимающими и равными 1,55 МПа. При понижении температуры они будут растягивающими и составлять 16,6 % от растягивающих напряжений от полной внешней расчетной нагрузки. Приведенный пример подтверждает необходимость учета температурных напряжений при проектировании мостов с пролетными стропилами из балок комбинированного сечения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Мельников Ю.О. Влияние температурных деформаций на напряженное состояние деревобетонных мостовых балок // Тр. СибАДИ. - 1971. - № 4. - С. 87 - 96. [2]. Стуков В.П. К вопросу применения клееной древесины в мостовых конструкциях // Лесн. журн. - 1993. - № 5 - 6. - С. 73 - 76. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Тимошенко С.П. Соппротивление материалов. Т.1. - М.: Наука, 1965. - 363 с. [4]. Research project development of wood bridges, survey of source documents / P. Naakana, A. Jutila, H. Rautakorpi, L. Salokangas // Except of the Finnish Report Survey of background information (Publ. 3). - 1993. - 45 p. [5]. Timber bridge decks // Civ. Eng. (USA). - 1985. - 55, N 5. - P. 47 - 49.

Поступила 20 мая 1996 г.

УДК 630\*377:629.114.2

*А. С. ВОЙНАШ, В. Р. СИТНИКОВ*Рубцовский индустриальный институт  
Алтайского государственного технического университета**К ВОПРОСУ ОСНАЩЕНИЯ ТОЛКАТЕЛЯМИ  
БАЗОВЫХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ТРАКТОРОВ**

Рассмотрены конструкции толкателей. Разработана номограмма для определения усилий. Установлена целесообразность автоматического самоограничения нагрузок на толкателе в соответствии с требованиями технологии.

Pusher constructions are investigated and nomogram for determining the efforts is elaborated. The expediency of automatic self-limitation of loading on the pusher has been specified according to technological requirements.

Навесной бульдозер легкого типа – толкатель – является важным узлом технологического оборудования бесчokerных трелевочных, валочно-трелевочных и других лесотранспортных машин (ЛТМ), созданных на базе гусеничных лесопромышленных тракторов (ЛПТ) производства АО «АЛТТРАК». Толкатель используют на заключительных операциях технологического цикла трелевки: при выравнивании комлей и штабелевке. Как известно, ЛТМ часто приходится двигаться по лесной целине. При этом возникает необходимость во вспомогательных работах: расчистке волоков, подготовке площадок и т. п. Оснащение толкателем ЛТМ позволяет выполнять эти работы, тем самым повысить мобильность и снизить потребность в специальной дорожно-строительной технике.

До недавнего времени поставляемые АО «АЛТТРАК» базовые ЛПТ тягового класса 4 не оснащались толкателями, и заводам-производителям ЛТМ приходилось их устанавливать самим. Очевидно, что для повышения уровня агрегатируемости базового ЛПТ его конструкция должна предусматривать установку толкателя по заказу потребителя.

Для обеспечения высокого технического уровня конструкции толкателя, предназначенного для установки на базовый ЛПТ, был проведен анализ тенденций развития толкателей ЛТМ. Так как специальной литературы по конструкциям толкателей нет, то в процессе анализа использовали сведения, рассеянные в различных источниках: проспектах отечественной и зарубежной техники, обзорных информациях

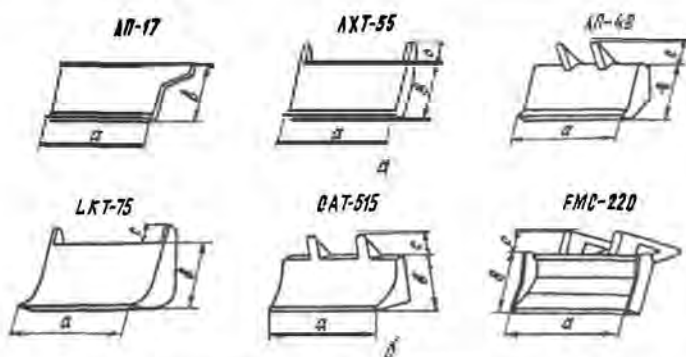


Рис. 1. Толкатели ЛТМ: *а* – отечественные конструкции; *б* – зарубежные конструкции

материалах выставок «Лесдревмаш», чертежах и технических описаниях отечественных конструкций ЛТМ.

В результате систематизации и анализа информации о 60 моделях установлено многообразие форм толкателей. Некоторые из них представлены на рис. 1. Как правило, толкатель содержит прямой или вогнутый отвал, козырек (клыки), режущую кромку.

Габаритные параметры толкателей определяются условиями: выполнение заданных функций (выравнивание комлей, штабелевка); защита ходовой системы и верхнего строения машины от контакта с подростом; сохранение маневренности, обзорности, транспортабельности и других качеств ЛТП.

Исходя из этого, для существующих конструкций отечественных и зарубежных толкателей справедливы следующие соотношения основных параметров (ширина  $a$  и высота  $b$  отвала, размер клыка  $c$ ):

$$a = (0,7 \dots 0,9) B; \quad (1)$$

$$b = (0,17 \dots 0,33)H; \quad (2)$$

$$c = (0,2 \dots 1,0)b, \quad (3)$$

где  $B$  – габаритная ширина машины;

$H$  – габаритная высота машины (по кабине).

Для 50 % рассмотренных машин  $a = 0,9 B$ ; для 60 % машин –  $b = 0,2H$ .

По имеющимся данным, масса толкателей составляет 7,6 ... 12,8 % от массы технологического оборудования и 2 ... 9 % от массы ЛТМ в целом. Силовые элементы толкателей изготовлены из низколегированных сталей, например 10ХСНД, 09Г2С и др.

Толкатель, как правило, управляется гидравлической системой. Номинальное давление в гидроприводе составляет 10 ... 16 МПа с тенденцией к росту.

Требуется дальнейшее повышение уровня надежности толкателей. Характерными их отказами, например в валочно-трелевочных машинах типа ЛП-49, являются трещины сварных швов соединения отвала с толкающим брусом, изгиб штока гидроцилиндра и др.

Анализ существующих толкателей и тенденций развития ЛТМ позволил сделать вывод, что оптимальная конструкция толкателя базового ЛПТ АО «АЛТТРАК» должна отвечать следующим основным требованиям:

- 1) форма толкателя – прямой отвал с двумя развитыми клыками;
- 2) габариты –  $a = 0,9B$ ;  $b = 0,2H$ ;  $c = 0,6b$ ;
- 3) конструктивная масса – не более 500 кг;
- 4) использование легированных сталей марок 10ХСНД, 15ХСНД, 09Г2С для силовых элементов толкателя; термообработка (отжиг) сварных швов;
- 5) ресурс до первого капитального ремонта (90 %) не менее 8000 мото-ч;
- 6) привод толкателя должен быть гидрофицирован, номинальное давление в гидросистеме не менее 16 МПа. Для снижения нагруженности гидропривода при длительных переездах ЛТМ целесообразно предусмотреть механическую связь (цепь), блокирующую толкатель в транспортном положении;
- 7) применение электрогидрораспределителя для создания комфортных условий труда оператора с учетом тенденций в развитии тракторных гидросистем, размещение кнопочного пульта управления толкателем в удобной для пользования зоне кабины.

В 1994 г. в АО «АЛТТРАК» налажено серийное производство базовых ЛПТ тягового класса 4 с толкателями, в которых в основном учтены изложенные требования. Совершенствование конструкции продолжается. С учетом функционального назначения толкателя в дальнейшем целесообразна реализация таких конструкторских решений, которые позволили бы снизить уровень динамических нагрузок, воспринимаемых толкателем и передаваемых несущей системе базового ЛПТ, и способствовали повышению надежности.

Известно, что в настоящее время начаты работы по созданию перспективных базовых ЛПТ более высоких тяговых классов, которые будут обладать повышенной мощностью и грузоподъемностью.

Рассмотрим проблему нагруженности толкателя для перспективных ЛПТ. Из уравнения тягового баланса ЛТМ, равномерно движущейся по горизонтальному участку волока без пачки, подставляя соответствующие выражения для касательной силы тяги и силы сопротивления качению, можно определить расчетное усилие  $P_T$  на толкателе «по двигателю»:

$$P_T = \frac{N_e \eta}{V} - G_3 f_1, \quad (4)$$

где  $N_e$  – мощность двигателя базового ЛПТ, кВт;

$\eta$  – КПД силовой передачи с учетом потерь на ведущем участке гусеничного движителя;

$G_3$  – эксплуатационный вес ЛТМ, кН;

$V$  – скорость движения ЛТМ, м/с;

$f_1$  – коэффициент сопротивления качению ЛТМ.

Получаемые по формуле (4) усилия  $P_T$  значительны. Очевидно, что реализация таких усилий, определяемых тягово-сцепными качествами ЛТМ, потребует усиления конструкции, что может привести к недопустимому росту металлоемкости толкателя. Масса бульдозерного оборудования гусеничных промышленных тракторов, работающих с реализацией полной мощности двигателя, достигает 30 % от конструктивной массы трактора [2]. Целесообразно толкатели перспективных ЛПТ проектировать из условия реализации только усилий, необходимых из технологических соображений. Для их расчета проанализируем нагрузки на толкатель при наиболее нагруженной операции – штабелевке (рис. 2).

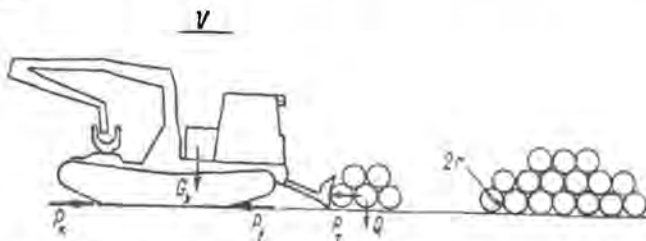


Рис. 2. Схема к расчету усилий на толкателе ЛТМ при штабелевке

Можно выделить два этапа штабелевки: начальный, когда вся вновь стрелеванная пачка придвигается к существующему штабелю; заключительный, когда создаются верхние (второй, третий и т. д.) слой наката.

Усилие на толкателе на начальном этапе определяют по формуле

$$F^1 = Q f_2 = q_{хл} n \gamma f_2 \quad (5)$$

где  $Q$  – вес стрелеванной пачки (рейсовая нагрузка ЛТМ), кН;

$f_2$  – коэффициент сопротивления поперечному перемещению пачки;

$q_{хл}$  – объем одного хлыста, м<sup>3</sup>;

$n$  – число хлыстов в пачке;

$\gamma$  – объемный вес древесины, кН/м<sup>3</sup>.

На заключительном этапе штабелевки верхний слой наката хлыстов создается за счет обкатывания перемещаемого хлыста вокруг неподвижного хлыста нижнего слоя. Принимая радиусы хлыстов одинаковыми и равными  $r$ , можно определить работу на перемещение хлыста в верхний слой:

$$A = 2 r q_{хл} \gamma \quad (6)$$

Учитывая, что при подъеме хлыста в верхний слой ЛТМ перемещается на величину  $2r$ , можно определить время, затраченное на это перемещение:

$$t = 2r / V \quad (7)$$

Поделив работу  $A$  на время  $t$ , можно определить затраты тяговой мощности ЛТМ на данном этапе штабелевки:

$$N_t = A / t. \quad (8)$$

Из формулы (8) усилие на толкателе на заключительном этапе штабелевки составляет

$$P_T = N_t / V = q_{\text{кл}} \gamma. \quad (9)$$

Таким образом, потребные из технологических соображений усилия на толкателе при штабелевке следует рассчитывать по формуле (5).

Предельное численное значение  $Q$  можно определить по формуле

$$Q = \frac{P_{\text{гр}} - G_{\text{лто}}}{k}, \quad (10)$$

где  $P_{\text{гр}}$  – грузоподъемность шасси базового ЛПТ, кН;

$G_{\text{лто}}$  – эксплуатационный вес технологического оборудования, кН;

$k$  – коэффициент распределения веса трелеваемой пачки между машиной и грунтом.

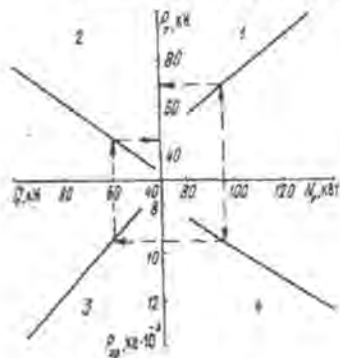


Рис. 3. Номограмма к определению усилий на толкателе валочно-трелевочных машин

На рис. 3 представлена номограмма, позволяющая определять усилия на толкателе валочно-трелевочной машины «по двигателю» (квадрант 1, формула (4)) и при перемещении пачки в процессе штабелевки (квадрант 2, формула (5)). Зависимость предельных значений рейсовых нагрузок валочно-трелевочных машин от грузоподъемности серийных и перспективных ЛПТ (формула (10)) показана в квадранте 3, кривая зависимости между мощностью и грузоподъемностью шасси серийных и перспективных ЛПТ, построенная по данным [3], – в квадранте 4.

Анализ показывает, что возможное усилие на толкателе (например при упоре в неподвижное препятствие: пень, вмёрзший камень), определяемое тягово-сцепными качествами ЛТМ, в 1,5 раза и более превышает величины, потребные из технологических соображений. В связи с этим одним из направлений совершенствования конструкции и повышения надежности должно явиться обеспечение автоматического самоограничения нагрузок на толкателе. Поисковые работы

в этом направлении уже начаты. В частности, предложена система электрогидроуправления толкателем, срабатывающая от датчика предельного усилия, размещенного в шарнире толкающий брус толкателя – рама ЛПТ [1]. При превышении допустимого усилия выдается сигнал на электрогидрораспределитель для автоматического подъема толкателя в транспортное положение. Представляет интерес и техническое решение [4], в котором ЛПТ с гидрообъемной трансмиссией и толкателем оснащается датчиком положения толкателя относительно остова трактора и электрогидроуправляемым дополнительным клапаном давления гидросистемы. При движении ЛПТ передним ходом с опущенным толкателем (т. е. при выполнении бульдозерных операций) гидрообъемная трансмиссия автоматически переводится в режим, обеспечивающий снижение тяговых усилий на 25 ... 50 %.

Таким образом, оснащение перспективных базовых ЛПТ толкателями с автоматическим самоограничением нагрузок позволит обеспечить низкую металлоемкость конструкции при высоком уровне надежности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1767106 СССР, МКИ<sup>5</sup> Е 02 F 9 / 20. Трелевочный трактор / В.Р. Ситников, А.С. Войнаш (СССР). - № 4780325/15; Заявлено 08.01.90; Оpubл. 15.10.92 // Изобретения. - 1992. - № 37. - С. 101. [2]. Гинзбург Ю.В., Швед А.И., Парфенов А.П. Промышленные тракторы. - М.: Машиностроение, 1986. - 296 с. [3]. Мельников И.А. Перспективные лесопромышленные тракторы // Лесн. пром-сть. - 1987. - № 10. - С. 31 - 32. [4]. Пат. 2023209 РФ, МКИ<sup>5</sup> F 16 Н 39 / 00. Лесозаготовительная машина / Ю.Г. Бабич, А.С. Войнаш, В.Р. Ситников (РФ). - № 4877185 / 29; Заявлено 26.10.90; Оpubл. 15.11.94 // Изобретения. - 1994. - № 21. - С. 134.

Поступила 21 июня 1995 г.

УДК 630\*114.11:630\*375.4.001.57

**Б. М. БОЛЬШАКОВ**

ОАО «ЦНИИМЭ»

Большаков Борис Михайлович родился в 1947 г., окончил в 1970 г. Костромской технологический институт, кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт механики и энергетики лесной промышленности», член-корреспондент РАЕН. Имеет более 20 печатных трудов по вопросам разработки и внедрения современных экологически безопасных технологических процессов лесозаготовок и систем отечественных лесосечных и лесотранспортных машин.



## ВЫБОР МОДЕЛИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРЕЛЕВОЧНЫХ СИСТЕМ НА ЛЕСНУЮ ПОЧВУ

Обоснована и разработана математическая модель взаимодействия трелевочных лесозаготовительных машин с лесным грунтом при трелевке древесины в хлыстах по лесосечным волокам.

The mathematical model of interaction between skidders and forest soil when skidding tree lengths along the logways has been substantiated and developed.

Эффективность работы трелевочных систем на переувлажненных грунтах зависит от проходимости тракторов по волокам. Для оценки параметров проходимости необходимо изучить процессы, происходящие при взаимодействии движителя трелевочного трактора с лесным грунтом. Цель настоящих исследований – обоснование и выбор математических моделей взаимодействия трелевочных систем с лесным грунтом.

Создание расчетных математических моделей является довольно сложным процессом, так как грунты имеют дисперсную структуру, которая изменяется под воздействием движителя.

Одной из основных фаз разрушения лесного грунта является его уплотнение. Анализ исследований взаимодействия трелевочных систем с волоком, процессов, протекающих в трансграничной зоне движитель – лесная почва, режимов работы трелевочных тракторов и свойств трелевочных волоков позволяет принять за основу математическую модель уплотнения почвы движителями сельскохозяйственных машин [2] с дальнейшим преобразованием ее для трелевочных тракторов, свойств лесных почв и транспортного освоения лесосек.

Плотность почвы  $\rho_{сч}$  в следе движителя определяют по формуле

$$\rho_{сч} = \rho_0 + \alpha U. \quad (1)$$

Здесь

$$\alpha = \frac{\rho_0 (1 - \nu_0^2)}{E_0 H}; \quad (2)$$

$$U = \omega b q_{\max} \nu (1 + \chi \lg N), \quad (3)$$

где  $\rho_0$  – плотность почвы в центре колеи на контрольном участке;

$\nu_0$  – коэффициент бокового расширения (коэффициент Пауссона);

$E_0$  – модуль общей деформации почвы;

$H$  – глубина распространения деформации;

$\omega$  – коэффициент, зависящий от размера и формы опорной поверхности; для гусеничного движителя при  $L/b < 7$

$\omega = (0,92 + 0,3 L/b)^{2/3}$ ; при  $L/b > 7$   $\omega = 2,15$  ( $L$  – длина опорной поверхности гусеницы определяется в соответствии с рекомендациями ГОСТ 7057–81);



$b$  – ширина движителя;

$q_{\max v}$  – максимальное давление движителя при скорости  $v$ ;

$\chi$  – коэффициент интенсивности накопления необратимой деформации почвы при повторных нагружениях;

$\lg N$  – десятичный логарифм числа проходов движителя по одному следу.

Коэффициент  $\chi$  для некоторых почв сельскохозяйственных угодий, характеризующихся однородностью физико-механических свойств, определен экспериментально. Если его значение неизвестно, в ориентировочных расчетах принимают  $\chi = 1,0$ . Для лесных почв следует провести эксперименты по определению  $\chi$ , но резкое изменение физико-механических свойств лесной почвы, например ее влажности, даже по длине одного волокна или наличие корневой системы приведут к полной неопределенности. Следовательно, в наших исследованиях можно принять  $\chi = 1,0$ .

Показатели  $E_0$  и  $v_0$  находят экспериментально или по эмпирическим зависимостям.

Из формулы (1) видно, что посередине опорной поверхности движителя плотность конкретной почвы по глубине зависит линейно от показателя уплотняющего воздействия  $U$ , определяемого зависимостью (3), и параметров движителя, характеризующих уплотняющее воздействие ходовой системы трактора. Плотность также связана линейной зависимостью с логарифмом числа проходов движителя по одному следу.

Разработано несколько математических моделей определения максимального давления движителя сельскохозяйственных тракторов на почву. В теории тракторов наиболее широко развито представление о распределении давления по опорной поверхности движителя по прямолинейному закону, а эпюра давления гусеничных тракторов, аналогичных лесопромышленным, представляет собой прямоугольник или треугольник. Следует обратить внимание на значительную неравномерность распределения давления по опорной длине движителя гусеничного типа, коэффициент неравномерности  $\xi = 2,5 \dots 5,1$  [2].

Для определения максимального давления гусеничного движителя на почву с учетом ее свойств и параметров ходовой системы разработано также несколько математических моделей. При скорости движения, равной нулю, максимальное давление находим по формуле

$$q_{\max 0} = \xi q_{\text{ср}}, \quad (4)$$

где  $q_{\text{ср}}$  – среднее давление.

Коэффициент неравномерности давления определяют аппроксимацией эмпирических зависимостей.

Максимальное давление зависит от скорости движения. Для оценки этого влияния разработаны теоретические [3, 4] и экспериментальные [2] методы.

В математические модели, кроме параметров трелевочной системы, входят показатели физико-механических свойств и деформации почвы. Совокупность показателей свойств почвы довольно сложно определить на большой площади лесосеки, да и значения их могут меняться даже по длине одного волока. Кроме этого, расхождение расчетных значений максимальных давлений  $q_{\max v}$  с экспериментальными на различных скоростях движения, полученные при анализе математических моделей, достигает 20 % [2, 4]. Следовательно, теоретические методы определения влияния скорости движения трактора на максимальное давление движителя на грунт применимы в основном к оптимизации параметров ходовых систем, а проблемы снижения отрицательного воздействия трелевочных систем на лесную почву представляют, видимо, чисто теоретический интерес.

Экспериментальные зависимости влияния скорости трелевочного трактора на максимальное давление для различных свойств почвы не обнаружены. Есть только одна работа ЦНИИМЭ, в которой приведены результаты исследований движения трактора на суглинистом грунте при дискретной скорости [3]. Скорость движения сельскохозяйственных тракторов может значительно влиять на максимальное давление его движителя на почву, так как удельное рабочее сопротивление шлейфа, входящего в состав агрегата (от легкой бороны до кустарникового плуга), может изменяться в несколько десятков раз.

Для сельскохозяйственных машин существуют графические зависимости влияния скорости движения на максимальное давление движителей гусеничных и колесных тракторов на различные почвы. Например, у гусеничного трактора Т-150 при изменении скорости от 1,0 до 1,5 м/с оно увеличивается от 0,012 до 0,013 МПа.

Исследованиями работы трелевочных тракторов установлено, что только некоторые экземпляры в течение всего ресурса работают в исключительно легких и тяжелых условиях эксплуатации. В пределах этого интервала число машин по условиям эксплуатации распределяется по нормальному закону [1]. Изучение эксплуатационных режимов трелевочных тракторов показало, что более половины машинного времени трелевочный трактор ОТЗ во всех лесных регионах работает на III передаче [1]. При этом средняя скорость трелевки изменяется в узком диапазоне: в Карелии и Ленинградской области 1,0...1,5 м/с в различное время года.

В связи с этим следует, что трелевка трактором пачки оптимального объема на конкретной лесосеке сопровождается незначительными изменениями средней скорости. Экспериментальными данными пока не подтверждено влияние скорости трелевки на максимальное давление движителя на лесную почву.

Итак, выбранная математическая модель взаимодействия движителя трелевочных систем с лесным грунтом базируется на уплотнении почвы движителем с учетом особенностей параметров лесных тракторов и лесных почв.

При этом учитываются такие специфические параметры, как ширина и длина движителя, его форма, скорость движения, максимальные (пиковые) давления под движителем и физико-механические свойства лесных грунтов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Анисимов Г.М. Эксплуатационная эффективность трелевочных тракторов. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 208 с. [2]. Ксенович И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовая система - почва. - М.: Агропромиздат, 1985. - 304 с. [3]. Стрельцов Э.К., Лахно В.П. О некоторых факторах, обуславливающих параметры проходимости лесозаготовительных машин // Тракторы и сельхозмашины. - 1980. - № 5. - С. 12 - 14. [4]. Стрельцов Э.К., Перфилов М.А., Смолин В.Н. Распределение удельного давления под гусеницами трелевочных машин // Тракторы и сельхозмашины. - 1976. - № 1. - С. 20 - 21.

Поступила 2 апреля 1998 г.

УДК 630\*114.11:630\*375.4

*Г. М. АНИСИМОВ, Б. М. БОЛЬШАКОВ*

С.-Петербургская лесотехническая академия  
ОАО «ЦНИИМЭ»

Анисимов Георгий Михайлович родился в 1932 г., окончил в 1962 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лесных гусеничных и колесных машин С.-Петербургской лесотехнической академии, академик РАЕН, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет более 140 печатных работ в области исследования повышения технического уровня и эксплуатационной эффективности лесосечных машин.



### **НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ ТРЕЛЕВОЧНОЙ СИСТЕМОЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПО КРУТОСКЛОННОМУ ВОЛОКУ**

Изложены особенности взаимодействия гусеничного движителя с грунтом на трелевочном волоке со склоном в поперечной плоскости при трелевке пачек деревьев.

The details of tractor interaction with the earth on the skidding trail with a cross-plane slope when skidding the tree bundles are presented.

Первые гусеничные трелевочные тракторы и лесовозные автомобили комплектовали из серийно выпускаемых агрегатов, механизмов и узлов с сохранением их функционального назначения. Следовательно, теория движения трелевочной системы базировалась на теории движения тракторов сельскохозяйственного и промышленного назначения. В дальнейшем, при создании колесных лесопромышленных тракторов и лесосечных машин, использовали теорию движения автомобиля и колесных машин.

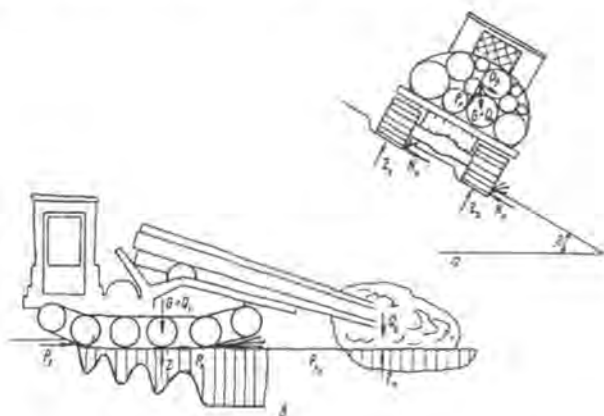
Условия эксплуатации трелевочных тракторов принципиально отличаются от условий эксплуатации тракторов сельскохозяйственного назначения (и автомобилей). При разработке лесосек допускается работа трелевочных тракторов в летних условиях и при сухой почве на продольных и поперечных уклонах крутизной до  $25^\circ$ . Однако обычно рассматривают взаимодействие трелевочных систем и лесосечных машин с опорной поверхностью без учета ее продольного и поперечного уклона. Такое упрощение не отражает сущности взаимодействия трелевочной системы с волоком в реальных условиях эксплуатации, особенно на базе гусеничного трактора, и недопустимо при моделировании процессов, возникающих в зоне контакта гусеницы с грунтом при оценке уплотняющего воздействия движителя на лесную почву.

Рассмотрим некоторые особенности взаимодействия гусеничного движителя с опорной поверхностью при движении трелевочного трактора по горизонтальному участку волока и волоку, проложенному по уклону. При движении по горизонтальному участку весь вес трелевочного трактора  $G$  и части пачки  $Q$ , размещенной на щите, воздействует на опорную поверхность двух гусениц, площадь которых у тракторов ТДТ-55А равна  $2,06 \text{ м}^2$ . При массе трактора  $9300 \text{ кг}$  среднее давление движителя на волок составит  $45 \text{ кПа}$ , а с пачкой древесины массой  $Q = 5000 \text{ кг}$  и размещением комлевой части  $Q_1 = 3000 \text{ кг}$  на щите –  $59 \text{ кПа}$ .

Трелевка пачки древесины по горизонтальному, но с поперечным уклоном волоку (рис. 1) усложняет процесс взаимодействия трелевочной системы с почвой. Касательная сила тяги  $P_k$  преодолевает следующие силы сопротивления движению: трактора  $P_f$ , пачки  $P_{fn}$  и от подъема  $P_{i1}$ ,  $P_{i2}$ . Сила сопротивления движению трактора  $P_f$  складывается из сопротивления качению гусеничного движителя по дну колеи и сопротивления торца гусеничной ленты по стенке колеи. Силу  $P_{fn}$  можно представить как единое сопротивление скольжения древесины (кроны и комлей) по днищу и стенке волока, т. е. по почве. Эта сила определяется массой части пачки  $Q_2$  и коэффициентом сопротивления скольжению. При этом нормальные реакции поверхности  $Z$ ,  $Z_1$  и  $Z_2$ , воз-

никающие под воздействием сил  $P_N$ ,  $G + Q_1$ ,  $Q_2$  (см. рис. 1 и 2), выражают только часть сил сопротивления движению  $P_f$  и  $P_{fн}$ . Напряжения в почве, возникающие под воздействием  $P_f$  и  $P_{fн}$ , которые представлены эпюрой на рис. 1, характеризуются значительной неравномерностью.

Рис. 1. Схема расположения трактора: *a* – на поперечном уклоне; *б* – при движении на горизонтальном участке



При движении трелевочного трактора по волоку с углом наклона в поперечной плоскости  $25^\circ$  около 42 % его веса действует на стенки колес, что приводит к появлению реакций почвы  $N_n$  и  $N_n$  на торцевую часть гусеничных лент. Это сопровождается перераспределением давления на опорную и торцевую поверхности гусениц, а также уплотнением и разуплотнением почвы. Например, при трелевке пачки  $Q = 5000$  кг комлями вперед по волоку  $\beta = 25^\circ$  (см. рис. 1) составляющая  $P_0 = 51,7$  кН. При этом в зоне контакта торцов двух гусениц площадью всего  $1500$  см<sup>2</sup> со стенками колес возникает очень большое давление –  $0,347$  МПа. Оно в 6,1 раза выше, чем в зоне контакта опорной поверхности гусениц с горизонтальным волоком. Максимальное давление гусеничного движителя на опорную поверхность может превышать среднее в 4–5 раз и более. Анализ сил, действующих на трактор (рис. 1 и 2), показывает, что на значение реакции почвы  $N_n$  и  $N_n$  влияет угол наклона волока. При схемах на рис. 1 и 2 торец правой гусеницы будет создавать в почве большее давление, чем торец левой гусеницы. Увеличение высоты центра масс за счет размещения на тракторе трелеваемой пачки повышает эту разницу. Следовательно, с ростом угла  $\beta$  уменьшаются реакции  $Z$  и возрастают реакции  $N$ .

Трелевка пачки по волоку с предельными значениями углов наклона  $\alpha$  и  $\beta$  не рекомендуется из-за неудовлетворительных сцепных свойств движителя с почвой. Наиболее сильное уплотняющее воздействие движителя на почву возникает при трелевке по волоку с предельным значением угла наклона и наличии подъема  $\alpha = 5...10^\circ$ . В таких ситуациях  $\cos \alpha$  не оказывает заметного влияния на силу  $P_0$ .

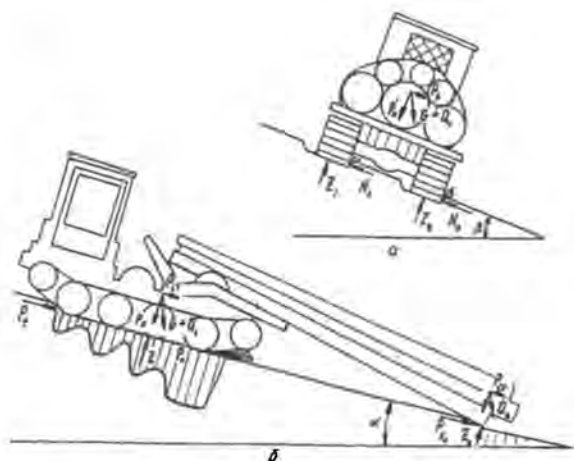


Рис. 2. Схема расположения трактора: *а* – на поперечном уклоне; *б* – на продольном уклоне

На данном этапе исследований можно прогнозировать некоторые особенности воздействия торцевой поверхности на волок. Так, коэффициент неравномерности давления торцевой поверхности на стенку колеи, представляющий отношение максимального давления к среднему, будет, видимо, значительно меньше, чем коэффициент неравномерности давления опорной поверхности гусеницы на дно колеи. В зависимости от физико-механических свойств почвы и геометрических показателей колеи торцевая поверхность гусеницы как переуплотняет, так и рыхлит почву стенки колеи. Еще одна особенность – воздействие торцевой поверхности на почву стенки колеи носит динамический характер. При этом создаются напряжения, в несколько раз превышающие «экологический предел», что, естественно, сопровождается интенсивным переуплотнением и разрушением структуры почвы. Сущность этих процессов не исследована.

Исследования сотрудников ЦНИИМЭ показали, что кроны пачки деревьев (см. рис. 1) оказывают незначительное давление на почву. При трелевке вершинами вперед (рис. 2) в контакте комлей с волоком возникают процессы, сущность которых не исследована. Но можно предположить, что при сравнительно большом весе комлей и очень малом «пятне контакта» в почве возникают напряжения, в несколько раз превышающие напряжения от воздействия движителя, следовательно, и уплотняющее воздействие трелевочной системы на почву будут оказывать не движитель, а комли пачки древесины.

Поступила 2 апреля 1998 г.

УДК 625.7

*Т. А. ГУРЬЕВ, Г. С. ТУТЫГИН*

Архангельский государственный технический университет

Гурьев Тимофей Александрович родился в 1922 г., окончил в 1943 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры автомобильных дорог Архангельского государственного технического университета, почетный дорожник РФ, заслуженный работник высшего образования РФ. Имеет более 160 научных работ по технологии и организации строительства автомобильных дорог.



Тутыгин Геннадий Семснович родился в 1939 г., окончил в 1962 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ Архангельского государственного технического университета, заслуженный лесовод РФ. Имеет более 80 печатных работ в области лесных культур, лесной мелниорации и экологии.



### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ ПОЛОСЫ ОТВОДА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЛЕСНЫХ МАССИВАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

Даны расчетные схемы для определения ширины полосы отвода с учетом различных факторов. Предложено полосу отвода в лесных массивах разделить на три зоны: боковой видимости, безопасности, надежности.

The design charts are given for determining the width of a designed strip of land, different factors being taken into consideration. It has been suggested to divide a designed strip of land in forest ranges into three zones: of lateral visibility, safety and security.

В районах Европейского Севера автомобильные дороги на протяжении десятков километров проложены через лесные массивы. Это накладывает определенные требования к назначению ширины полосы отвода автомобильных дорог. Ниже рассмотрены основные требования, которые должны выполняться при проектировании и строительстве.

Разрубка дорожных просек приводит к резкому изменению условий среды на образовавшихся опушках. В результате ускоряются процессы отмирания деревьев, особенно в ельниках. С увеличением возраста таежных древостоев в отпаде возрастает доля среднемерных и толстомерных деревьев [3].

С учетом возможного падения отмирающих деревьев на проезжую часть автодороги граница лесонасаждений должна отстоять от подошвы откоса земляного полотна на расстоянии не менее максимальной высоты дерева. Согласно расчетной схеме на рис. 1 ширину полосы отвода  $D$ , м, обеспечивающую безопасность движения, вычисляют по формуле

$$D = 2 H_{\max} + B + 2 mH, \quad (1)$$

где  $H_{\max}$  – максимальная высота деревьев в придорожных насаждениях, м ;

$B$  – ширина земляного полотна, м ;

$m$  – коэффициент откоса земляного полотна;

$H$  – высота насыпи, м.

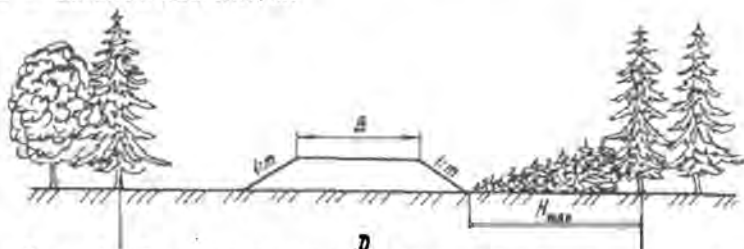


Рис. 1. Расчетная схема полосы отвода по условию безопасности движения

Почвенно-климатические условия Европейского Севера приводят к накоплению влаги в дорожных конструкциях. Для улучшения водно-теплового режима земляного полотна ширина дорожной просеки должна быть такой, чтобы тень от лесного массива не достигала откоса насыпи. В этом случае земляное полотно будет находиться в зоне солнечной радиации.

Ширина полосы отвода, обеспечивающая устранение переувлажнения земляного полотна (рис. 2), равна

$$D = 2 A + B + 2 mH. \quad (2)$$

Здесь  $A$  – протяжение тени от леса в сторону земляного полотна, м ,

$$A = \frac{H_{\max} \sin \beta}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (3)$$

где  $\beta$  – угол между направлениями дороги и полуденной линией, град;

$\alpha$  – высота солнца над горизонтом (угол падения солнечных лучей), град.



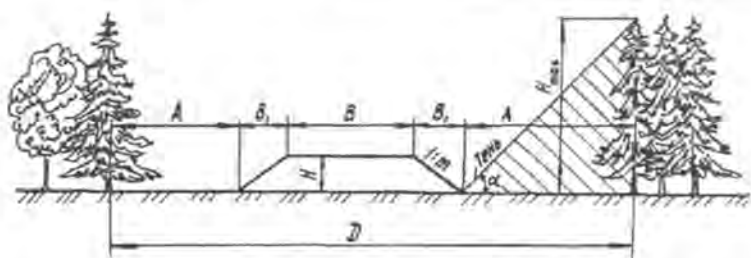


Рис. 2. Расчетная схема полосы отвода по условию улучшения водно-теплового режима земляного полотна

Изменение направления дороги относительно полуденной линии влияет на величину  $A$ . С уменьшением угла  $\beta$  сокращается необходимая ширина просеки. Однако ее нельзя назначать меньше рассчитанной по условию безопасности движения по формуле (6).

Высокие деревья, расположенные достаточно близко от земляного полотна, отбрасывают тени на дорожное покрытие. Тени чередуются со светлыми участками. Во время движения автомобилей наблюдается так называемый зебра-эффект, который вызывает утомляемость водителей. Этого явления нет, если тени ложатся не далее бровки земляного полотна. Ширина полосы отвода, исключая «зебра-эффект» (рис. 3), равна

$$D = 2N + B. \tag{4}$$

Здесь  $N$  – расстояние от опушки лесонасаждения до бровки земляного полотна,

$$N = A - x, \tag{5}$$

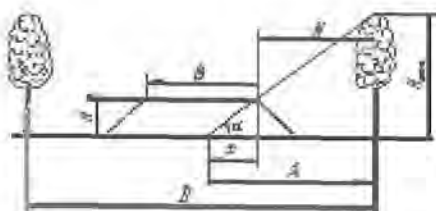
где

$$x = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}. \tag{6}$$

Отсюда

$$D = \frac{2H_{\max} \sin \beta}{\operatorname{tg} \alpha} + B - \frac{2H}{\operatorname{tg} \alpha}. \tag{7}$$

Рис. 3. Расчетная схема полосы отвода при устранении «зебра-эффекта»



Во всех случаях ширина полосы отвода, обеспечивающая устранение мелькания теней, не должна быть меньше установленной по формуле (1).

При строительстве автомобильных дорог на большом расстоянии от карьеров земляное полотно может быть устроено из грунтов боковых резервов. Обязательными условиями являются соблюдение требований ландшафтного проектирования и нанесение наименьшего ущерба окружающей среде. Расчетная схема для определения ширины полосы отвода приведена на рис. 4.

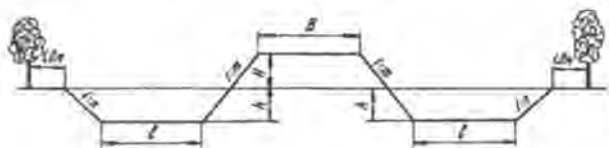


Рис. 4. Расчетная схема полосы отвода при устройстве земляного полотна из боковых резервов

Размеры резервов определяют по формуле

$$K_{\text{отн}}(H^2m + BH) = 2 \left( \frac{h^2 m}{2} + lh + \frac{h^2 n}{2} \right), \quad (8)$$

а ширину полосы отвода

$$D = 2 + h(n + m) + 2Hm + B + \frac{K_{\text{отн}}(H^2m + BH)}{h}, \quad (9)$$

где  $K_{\text{отн}}$  – коэффициент относительного уплотнения грунта;

$h$  – глубина боковых резервов, м;

$l$  – ширина резервов по дну, м;

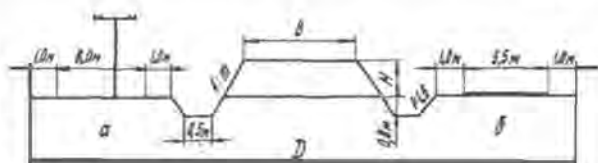
$n$  – коэффициент откоса резервов.

С учетом большого количества осадков в регионе, слабого испарения и близкого залегания грунтовых вод глубина боковых резервов не должна превышать 1 м.

В ряде случаев ширина полосы отвода должна обеспечивать устройство временных дорог для движения гусеничных машин, негабаритных транспортных средств, автомобильного транспорта общего пользования в период капитального ремонта дорог, а также размещение временных технологических линий связи (для нужд строительства). По СН 461–74 «Нормы отвода земель для линий связи» временная воздушная линия связи должна занимать полосу шириной 6 м. В соответствии со СНиП 2.05.11–83 «Внутрихозяйственные автомобильные дороги в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и организациях» ширина временной дороги 5,5 м; кроме того, предусмотрены боковые канавы шириной по дну 0,5 м, глубиной 0,8 м и необходимые резервы.

Принимая во внимание нормативы, ширину полосы отвода определяют по схеме, представленной на рис. 5.

Рис. 5. Расчетная схема полосы отвода при строительстве на ней линий связи (а) и временных дорог (б)



В п. 4.20 СНиП 2.05.02–85 «Автомобильные дороги» записано: «Во всех случаях, где по местным условиям возможно попадание на дорогу с придорожной полосы людей и животных, следует обеспечивать боковую видимость прилегающей к дороге полосы на расстоянии 25 м от кромки проезжей части дорог 1 – 3-й категорий и 15 м для дорог 4 – 5-й категорий». Указанное требование полностью относится к автомобильным дорогам, проложенным в лесных массивах. По условию боковой видимости ширина полосы отвода равна

$$D = b + 2C, \quad (10)$$

где  $b$  – ширина проезжей части дороги, м;

$C$  – нормативное расстояние боковой видимости, м.

Эксплуатация автомобильных дорог приводит к поступлению в атмосферу отработанных газов, выбросам токсичных продуктов истирания дорожных покрытий и автомобильных шин, твердых частиц выхлопных газов, горюче-смазочных материалов, загрязнению территории тяжелыми металлами (свинец, кадмий и др.), противогололедными солями, высокому уровню шума и вибрации. Концентрация вредных веществ зависит от интенсивности транспортных потоков, ширины проезжей части, продольного уклона и радиусов горизонтальных кривых поперечного профиля (насыпь, выемка), наличия перекрестков, развязок, зданий, сооружений, придорожной растительности.

Наибольшему загрязнению подвержена территория вблизи дорожного полотна. Вредные вещества накапливаются в почве, древесной, кустарниковой, травянистой растительности, мхах и лишайниках. Содержание некоторых тяжелых металлов может превышать фоновые значения и ПДК в десятки раз [1].

Лесные насаждения, расположенные вблизи дороги, препятствуют распространению загрязнителей на окружающей местности, но одновременно способствуют повышению их концентрации на проезжей части и около нее, что оказывает отрицательное воздействие на людей и опушечные части самих насаждений. Поэтому в лесных массивах следует расчищать от деревьев, подроста, подлеска и кустарников полосы по обе стороны земляного полотна. Ширина полос должна быть не менее нормативных расстояний боковой видимости.

Эффективное рассеивание и постепенное поглощение вредных веществ происходит в том случае, если между расчищенными полосами и стенами леса имеются участки без высоких деревьев, но произрастают подрост, подлесок и кустарники. Ширину этих участков устанавливают исходя из расчетной полосы отвода по условию безопасности движения.

С учетом рассмотренных факторов предлагается разделить полосу отвода по ширине на три зоны (рис. 6):

1) боковой видимости ( $A_1$ ), которая обеспечивает видимость прилегающей к дороге полосы, уменьшает концентрацию отработанных газов над проезжей частью;

2) безопасности ( $A_2$ ), которая необходима для защиты дороги от ветровальных и буреломных деревьев, рассеивания и постепенного поглощения загрязняющих веществ. Располагается за зоной видимости;

3) надежности ( $A_3$ ), которая способствует снижению влажности дорожных конструкций, исключает «зебра-эффект», аккумулирует тяжелые металлы, пыль, снижает уровень шума и вибрации. Находится за зоной безопасности.

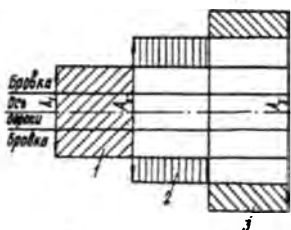


Рис. 6. Выделение зон на полосе отвода автомобильной дороги, проходящей через лесной массив: 1 – боковой видимости; 2 – безопасности; 3 – надежности

Зону боковой видимости расчищают от всех деревьев, подроста, подлеска и кустарников. Предусматривают регулярный уход за полосой в период эксплуатации дороги.

В зоне безопасности убирают деревья хвойных пород и осины. Желательно сохранить кустарники, подлесочные породы, подрост, а также деревья березы, если их высота не приведет к возникновению «зебра-эффекта».

В зоне надежности вырубает крупномерные деревья ели. Вопрос о сохранении деревьев других пород решают на основе расчетов по условию устранения «зебра-эффекта». Подрост, подлесок и кустарники сохраняют.

В зонах безопасности и надежности в период эксплуатации дороги необходимо систематически проводить санитарные рубки и рубки ухода.

По нашим наблюдениям [2], расширение дорожных просек в пределах расчетных величин и с соблюдением установленных требований не приведет к значительному увеличению снежных заносов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гурьев Т.А., Тутыгин Г.С. Оценка загрязненности полосы отвода автомобильных дорог // Экологические проблемы Европейского Севера: Сб. науч. тр. - Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1996. - С. 90 - 99. [2]. Гурьев Т.А., Тутыгин Г.С. Снегозаносимость автомобильных дорог, проложенных по лесным просекам // Лесн. журн. - 1996. - № 3. - С. 51 - 54. - (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Гусев И.И. Закономерности формирования естественного отпада в таежных ельниках // Лесн. журн. - 1989. - № 4. - С. 3 - 5. - (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 20 июня 1995 г.

УДК 624.131: 630\*864

**В. В. КОПТЯЕВ, А. Л. НЕВЗОРОВ**

Архангельский государственный технический университет

Коптяев Виктор Викторович родился в 1971 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета. Имеет 7 печатных работ в области охраны геологической среды.



Невзоров Александр Леонидович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета, член Российского национального комитета по механике грунтов и фундаментостроению. Имеет более 70 печатных работ в области инженерной геологии и фундаментостроения.



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

Приведены результаты лабораторных исследований теплопроводности гидролизного лигнина при различных значениях плотности, влажности и температуры.

The data of laboratory investigations on thermal conductivity of hydrolytic lignin are presented at different values of density, humidity and temperature.

Теплофизические свойства гидролизного лигнина пока мало изучены. В различных источниках [2, 7] имеются отрывочные данные о теплоемкости и теплоте сгорания этого материала. В работе В. В. Арбузова [1] приводятся значения теплопроводности плит, изготовленных из гидролизного лигнина. Зависимости теплопроводности лигнина от его плотности, влажности и температуры практически не изучены.

Цель нашей работы – лабораторные исследования зависимости теплопроводности гидролизного лигнина от указанных факторов.

В дисперсных материалах в общем случае существует три вида теплопереноса: излучение, конвекция и теплопроводность. Количество теплоты, переносимой излучением, не превышает 1 % от суммарного

теплового потока [8]. Экспериментальным путем было установлено, что при отрицательных температурах конвекция газа и влаги не оказывает существенного влияния на теплоперенос [3]. При положительных температурах необходимость учета влагопереноса возникает только в случае перепада температур  $\Delta t > 15^\circ\text{C}$  (288 К) [6]. Таким образом, в трехфазных дисперсных системах теплоперенос осуществляется преимущественно кондуктивным путем (теплопроводностью).

Методы определения теплофизических характеристик базируются на частных решениях уравнений теплопроводности для образцов простейшей формы (пластина, цилиндр). По временному фактору методы подразделяют на стационарные и нестационарные. Первые характеризуются постоянными во времени температурой или интенсивностью теплового потока, а для вторых характерно изменяющееся во времени температурное поле.

К нестационарным относятся разнообразные зондовые методы, которые используют как в лабораторных, так и в полевых условиях. Принцип действия зонда состоит в том, что он внедряется в грунт и нагревается на несколько градусов. Скорость нагревания характеризует теплопроводность исследуемого грунта. Преимуществами зондовых методов являются относительно небольшие размеры зондов, незначительное нарушение строения массива грунта, малое время измерения (5...10 мин).

Для определения теплопроводности лигнина мы использовали метод игольчатого датчика или цилиндрического зонда, впервые предложенный в Швеции [9]. Он основан на закономерностях изменения температурного поля в массиве грунта вокруг цилиндрического источника тепла постоянной мощности [6].

Конструкция зонда показана на рис. 1. Он состоит из медной трубки длиной 150 мм с наружным диаметром 4 мм (отношение длины к диаметру должно быть не менее 30). Внутри трубки размещен нагреватель из нихромовой проволоки и один из спаев термопары, который прикреплен к стенке трубки зонда посередине его длины. Термопара изготовлена фирмой «Sarlin», тип провода ТЗ0-2-305 2×0,25 Cu/CuNi. Внутреннее пространство трубки залито эпоксидной смолой.

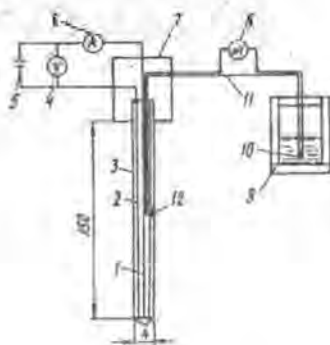


Рис. 1. Конструкция зонда: 1 – нагреватель; 2 – эпоксидная смола; 3 – медная трубка; 4 – вольтметр; 5 – источник питания; 6 – амперметр; 7 – корпус; 8 – милливольтметр; 9 – сосуд Дьюара; 10, 12 – спай термопары; 11 – термопара

Второй спай термопары находится в сосуде Дьюара, заполненном смесью воды со льдом. Для определения напряжения тока в термопаре использован цифровой вольтметр Ф 295. Нагреватель присоединен к источнику постоянного тока; для измерения напряжения и силы тока в нагревателе установлены вольтметр и амперметр.

Для тарировки термопары ее погружали в 19,7 %-й раствор хлорида калия, замерзающий при температуре  $-11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $261,3\text{ K}$ ). Температура раствора изменялась от  $-10\text{ }^{\circ}$  ( $263\text{ K}$ ) до  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $293\text{ K}$ ) со скоростью  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $273,3\text{ K}$ ) в 1 мин, в ходе тарировки его перемешивали магнитной мешалкой.

Зонд калибровали с помощью веществ с известным коэффициентом теплопроводности: хлопчатобумажной ваты, парафина, глицерина, льда. По результатам тарировки определяли поправочные коэффициенты.

Для определения теплопроводности зонд вдавливали в массив лигнина или в заранее подготовленный образец (диаметром не менее 60 мм) и выдерживали в течение 3...4 ч при заданной температуре. Затем одновременно включали нагреватель и секундомер. Опыт длился обычно 9...11 мин; через каждые 30...60 с записывали показания измерительных приборов. Силу тока в нагревателе регулировали таким образом, чтобы температура зонда не повышалась более чем на  $3...5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $276...278\text{ K}$ ).

По результатам опыта строили график в полулогарифмических координатах, где по оси абсцисс откладывали значения времени ( $\ln t$ ), а по оси ординат – температуру ( $T$ ). Полученную зависимость аппроксимировали прямой линией (рис. 2), на которой выбирали две точки с координатами  $t_A, T_A; t_B, T_B$ . Коэффициент теплопроводности  $\chi$  рассчитывали по формуле [9]

$$\chi = \frac{Q_{\text{нагр}} (\ln t_B - \ln t_A)}{4\pi(T_B - T_A)} \quad (1)$$

где  $Q_{\text{нагр}}$  – мощность нагревателя, Вт/м;

$T_A, T_B$  – температура для моментов времени  $t_A, t_B$ .

Ниже в качестве примера приведены табл. 1 и график расчета коэффициента теплопроводности лигнина (все расчеты выполнены с помощью электронных таблиц MS Excel).

Исходные свойства образца: влажность 1,4 (доли ед.); плотность  $0,61\text{ г/см}^3$ ; температура  $14,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $287,2\text{ K}$ ). Характеристики нагревательного элемента в зонде: напряжение  $0,69\text{ В}$ ; сила тока  $0,51\text{ А}$ ; сопротивление  $1,35\text{ Ом}$ ; удельная мощность нагревателя  $2,82\text{ Вт/м}$ . Параметры термопары:  $273,2\text{ K}$  – температура спаи, погруженного в сосуд Дьюара;  $T$  – температура спаи, расположенного в зонде.

По приведенным данным коэффициент теплопроводности составил  $0,13\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

Таблица 1

$t, c$	$\ln t$	$T, ^\circ C$	$T, K$
1	0	14,20	287,2
60(A)	4,09	16,45	289,45
120	4,79	17,70	290,7
180	5,19	18,20	291,2
240	5,48	18,70	291,7
300	5,70	19,20	292,2
360	5,89	19,45	292,45
420	6,04	19,70	292,7
480	6,17	19,95	292,95
540(Б)	6,29	20,20	293,2
600	6,40	20,20	293,2

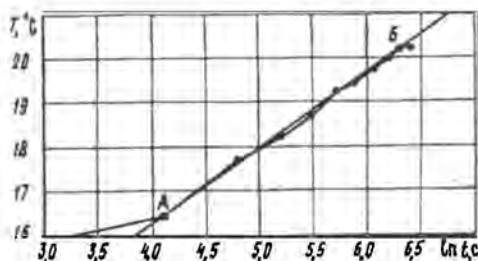


Рис. 2. График для определения коэффициента теплопроводности

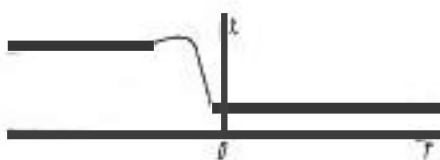
Материалом исследований служил гидролизный лигнин АО «Онежский гидролизный завод» и АО «Архангельский гидролизный завод». Теплопроводность лигнина испытывали при различных значениях его плотности, влажности и температуры. Пределы изменения плотности лигнина – от рыхлого до максимально уплотненного, влажности – от абс. сухого до водонасыщенного, температуры – от  $+20$  ( $293$  К) до  $-10$   $^\circ\text{C}$  ( $263$  К). Для каждого значения влажности изготавливали по три образца разной плотности, которые испытывали при различной температуре с трехкратной повторностью (всего 60 образцов).

Теплопроводность лигнина при отрицательной температуре определяли в морозильной камере. Все соединительные провода термопары и нагревателя выводили наружу и подключали к измерительным приборам. Для стабилизации температуры воздуха и образца грунта внутри морозильной камеры требовалось 2-3 сут.

Процесс изменения теплопроводности влажных дисперсных пород в цикле промерзания – оттаивания обычно выражают кривой  $\chi = \chi(T)$  [4], которая представлена на рис 3.



Рис. 3. Характер зависимости коэффициента теплопроводности от температуры



Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры в области положительных температур имеет обычно линейный характер. При замерзании воды в порах грунта образуются кристаллы льда, что вызывает резкое увеличение теплопроводности. При дальнейшем понижении температуры происходит небольшое уменьшение и стабилизация коэффициента теплопроводности.

Аналогичные кривые были получены нами для гидролизного лигнина (рис. 4), где указана плотность образцов лигнина в сухом состоянии ( $\rho_d$ ):

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w}, \quad (2)$$

где  $\rho$ ,  $w$  – соответственно плотность и влажность лигнина.

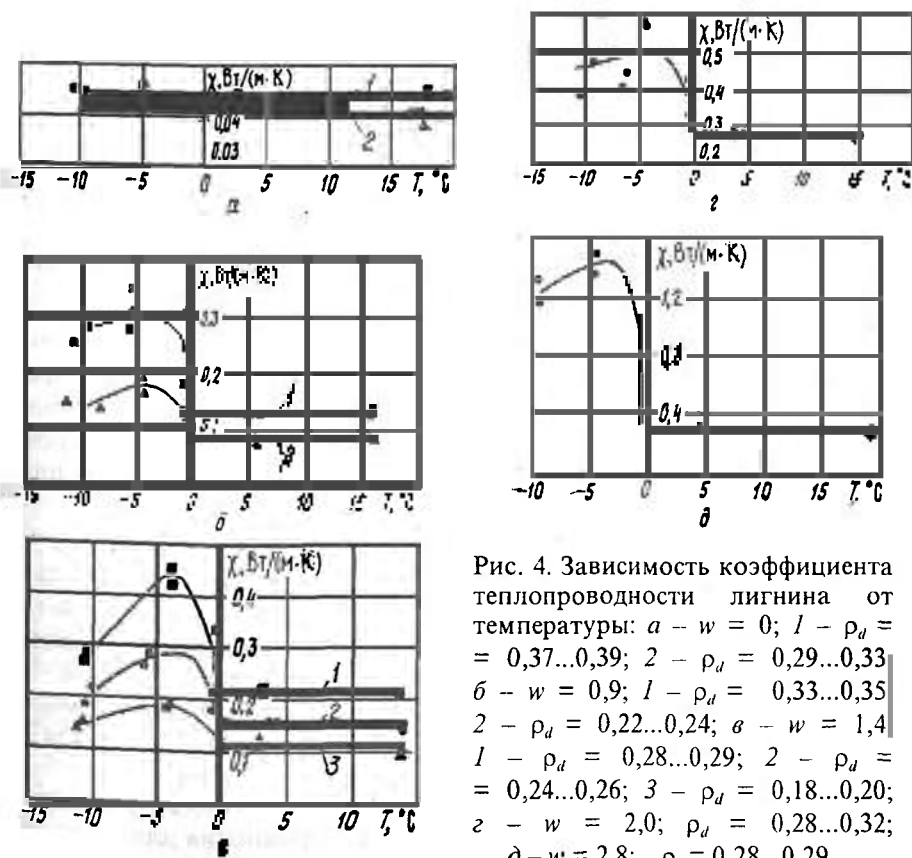


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплопроводности лигнина от температуры: а –  $w = 0$ ;  $1 - \rho_d = 0,37...0,39$ ;  $2 - \rho_d = 0,29...0,33$ ; б –  $w = 0,9$ ;  $1 - \rho_d = 0,33...0,35$ ;  $2 - \rho_d = 0,22...0,24$ ; в –  $w = 1,4$ ;  $1 - \rho_d = 0,28...0,29$ ;  $2 - \rho_d = 0,24...0,26$ ;  $3 - \rho_d = 0,18...0,20$ ; г –  $w = 2,0$ ;  $\rho_d = 0,28...0,32$ ; д –  $w = 2,8$ ;  $\rho_d = 0,28...0,29$

Эта характеристика не зависит от влажности и обычно используется в грунтоведении для описания плотности сложения грунтов.

Коэффициент теплопроводности сухого гидролизного лигнина (рис. 4) при положительных и отрицательных температурах составляет  $0,040 \dots 0,045$  Вт/(м·К), что соответствует теплопроводности качественных теплоизоляционных материалов (таких как пенополистирол, минеральная вата и т. п.). Поэтому защищенный от увлажнения лигнин можно использовать в качестве теплоизоляции не только малозаглубленных фундаментов и трубопроводов [5], но и в конструкциях стен.

На тепловой режим в строительных конструкциях большое влияние оказывает влажность теплоизоляции. Рассмотрим зависимость теплопроводности лигнина от его влажности для положительной и отрицательной температур при постоянной плотности  $\rho_d = 0,25 \dots 0,32$  г/см<sup>3</sup> (рис. 5). Такие значения достигаются обычно при уплотнении лигнина в производственных условиях [4].

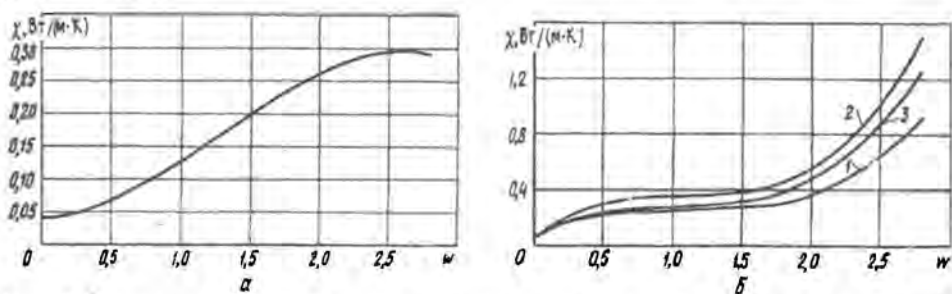


Рис. 5. Зависимость коэффициента теплопроводности от влажности лигнина: а – при температуре  $+5 \dots 20$  °С; б – при температуре  $-2 \dots 0$  (1);  $-5 \pm 1$  (2) и  $-10 \pm 1$  °С (3)

Увеличение влажности лигнина даже до полного водонасыщения при положительной температуре (рис. 5, а) не вызывает критического увеличения коэффициента теплопроводности, значение которого не превышает  $0,30 \dots 0,35$  Вт/(м·К), что соответствует требованиям для теплоизоляционных материалов.

При отрицательных температурах (рис. 5, б) критическое увеличение теплопроводности лигнина наблюдается при влажности больше 2, когда степень заполнения пор водой превышает 70 %. В этом случае коэффициент теплопроводности лигнина приближается к значениям, характерным для минеральных материалов, например грунтов. Таким образом, если в процессе эксплуатации допускается промораживание лигнина, следует предусматривать специальные мероприятия для защиты его от увлажнения.

Графики на рис. 5 аппроксимируются кубическим уравнением вида  $\chi = aw^3 + bw^2 + cw + d$ . Коэффициенты уравнения для разных температур приведены в табл. 2.

Таблица 2

Температура		Уравнение	Коэффициент корреляции
°С	К		
5...20	278...293	$\chi = -0,027w^3 + 0,105 w^2 + 0,009 w + 0,041$	0,99
-2...0	271...273	$\chi = 0,137w^3 - 0,464 w^2 + 0,539 w + 0,041$	0,99
-5 ± 1	268 ± 1	$\chi = 0,217w^3 - 0,710 w^2 + 0,806 w + 0,038$	0,98
-10 ± 1	263 ± 1	$\chi = 0,165w^3 - 0,515 w^2 + 0,581 w + 0,045$	0,99

Полученные зависимости (рис. 4, 5, табл. 2) можно применять для расчета коэффициента теплопроводности гидролизного лигнина, используемого в качестве засыпной теплоизоляции фундаментов, трубопроводов, в конструкциях автомобильных дорог и т. п.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Арбузов В.В. Композиционные материалы из лигнинных веществ. - М.: Экология, 1991. - 209 с. [2]. Безотходное производство в гидролизной промышленности / А.З. Евилевич, Е.И. Ахмина, М.Н. Раскин и др. - М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 182 с. [3]. Ершов Э.Д. Влагоперенос и криогенные текстуры в дисперсных породах. - М., 1979. - 248 с. [4]. Коптяев В.В., Невзоров А.Л., Козмин Д.Д. Оценка возможности использования гидролизного лигнина в строительстве, как грунтового материала: Тез. докл. науч. конф., Ломоносовские чтения. Ч. 2. - Северодвинск, 1996. - С. 6. [5]. Коптяев В.В., Невзоров А.Л., Конюхов А.В. Использование гидролизного лигнина для теплоизоляции малозаглубленных фундаментов и трубопроводов // Проблемы развития строительного комплекса в условиях становления рыночных отношений: Матер. Междунар. науч.-техн. конф. - Архангельск, 1997. - С. 23. [6]. Теплофизические свойства горных пород / Под ред. Э. Д. Ершова. - М.: Изд-во МГУ, 1984. - 204 с. [7]. Чудаков М.И. Промышленное использование лигнина. - М.: Гослесбумиздат, 1962. - 200 с. [8]. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. - М., 1962. - 255 с. [9]. Sundberg J. Thermal properties of soil and rocks // Sweden Geotechnical Institute, report № 35. -1988. - P. 65.

Поступила 24 декабря 1996 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.023

*Л. В. ОРЛЕНКО, В. В. СОЛОВЬЕВ, А. М. МОРГАЧЕВ*

Архангельский государственный технический университет



Орленко Людмила Владимировна родилась в 1967 г., скончила в 1989 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат техн. наук, старший преподаватель кафедры прикладной механики и основ конструирования Архангельского государственного технического университета. Имеет 17 печатных работ в области исследования процесса резания древесины.



Соловьев Владимир Васильевич родился в 1941 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет 69 печатных работ в области исследования дереворежущих инструментов и процессов резания древесины.



Моргачев Алексей Матвеевич родился в 1940 г., окончил в 1969 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования химико-механической переработки древесины Архангельского государственного технического университета. Имеет 31 печатную работу в области резания древесины и совершенствования подготовки и эксплуатации дереворежущего инструмента.

### К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Предложен метод расчета сил резания древесины, основанный на представлении процесса резания как процесса ее разрушения. Отделение стружки рассматривается как последовательность двух стадий: формирование дефектов типа «трещина» и их развитие.

Calculation method of wood-cutting forces has been suggested, based on viewing the cutting process as the destroying one. The separation of shaving is treated as sequence of two stages: forming defects of the crack type and their development.

Совершенствование резания древесины возможно лишь на базе глубокого анализа процессов, происходящих в зоне внедрения резца. Очевидно, что такой анализ не может быть основан только на результатах экспериментальных исследований. Необходимо разработать достаточно общее теоретическое решение, обеспечивающее возможность получения функциональных зависимостей между параметрами процесса и показателями качества продукции. Построение такого решения возможно при рассмотрении резания как процесса разрушения древесины в поле напряжений, создаваемых внедрением резца.

Опыт показывает, что процесс отделения стружки – это последовательность различных по своей природе актов разрушения, которые не могут быть описаны одним критериальным уравнением, как принято в современной практике исследования [2, 4]. Следует отметить, что независимо от последовательности актов разрушения завершающей стадией является развитие магистральной трещины в неустойчивом режиме. Это дает возможность разделить процесс отделения стружки на два этапа. На первом этапе, в зоне внедрения резца, в древесине формируются области повреждений (смятие волокон, потеря их устойчивости, разрыв волокон), которые можно рассматривать как области возникновения начальных трещин. Второй этап – развитие наиболее опасной трещины в неустойчивом режиме.

Возникновение зон повреждений может быть описано классическим критерием наступления предельного состояния. Для древесины как анизотропного материала условие наступления предельного состояния целесообразно принять в виде [1]

$$\frac{\sigma_x^2}{\sigma_0^2} + \frac{\sigma_z^2}{\sigma_{90}^2} + \frac{\tau_{xy}^2}{\tau_0^2} + \frac{\sigma_x \sigma_y}{\sigma_0 \sigma_{90}} = 1, \quad (1)$$

где  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  – компоненты напряжений в главных осях анизотропии;  $\sigma_0, \sigma_{90}, \tau_0$  – соответственно пределы прочности древесины вдоль и поперек волокон и предел прочности на сдвиг.

Для тех точек, в которых напряженное состояние можно рассматривать как линейное, преобразуем условие (1):

$$\sigma = \sigma_B, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – действующее напряжение в точке;

$\sigma_B$  – соответствующий предел прочности.

Второй этап, связанный с развитием трещины и определяющий частичное или полное отделение стружки, может быть описан силовым или энергетическим критерием начала роста трещины [7]. Примени-

тельно к рассматриваемой задаче наиболее удобным оказывается энергетический критерий

$$G = G_c, \quad (3)$$

где  $G$  – интенсивность освобождения энергии при продвижении трещины;

$G_c$  – критическая интенсивность освобождения энергии.

В общем случае сложного напряженного состояния величина  $G$  определяется в виде суммы трех слагаемых:

$$G = G_I + G_{II} + G_{III}, \quad (4)$$

где  $G_I$ ,  $G_{II}$ ,  $G_{III}$  – соответственно интенсивность освобождения энергии для трещин нормального отрыва, плоского и антиплоского сдвигов.

Для ортогонально анизотропного материала эти величины определяются по следующим зависимостям [3]:

$$\left. \begin{aligned} G_I &= K_I^2 \left( \frac{a_{11} a_{22}}{2} \right)^{1/2} \left[ \left( \frac{a_{11}}{a_{11}} \right)^{1/2} + \frac{2a_{12} + a_{66}}{2a_{11}} \right]^{1/2} \\ G_{II} &= K_{II}^2 \left( \frac{a_{11}}{\sqrt{2}} \right) \left[ \left( \frac{a_{22}}{a_{11}} \right)^{1/2} + \frac{2a_{12} + a_{66}}{2a_{11}} \right]^{1/2} \\ G_{III} &= K_{III}^2 \sqrt{\frac{a_{44} a_{55}}{2}} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Здесь  $K_I$ ,  $K_{II}$ ,  $K_{III}$  – соответственно коэффициенты интенсивности напряжений для трещин нормального отрыва, плоского и антиплоского сдвигов.

Коэффициенты  $a_{11} \dots a_{66}$  связаны с техническими упругими постоянными:

$$\left. \begin{aligned} a_{11} &= \frac{1}{E_x}; a_{22} = -\frac{\nu_{xy}}{E_y} = -\frac{\nu_{yx}}{E_x}; \\ a_{33} &= -\frac{\nu_{yz}}{E_z}; a_{66} = \frac{1}{G_{xy}}; a_{44} = \frac{1}{G_{xz}}; \\ a_{55} &= \frac{1}{G_{yz}} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где  $E_x, E_y$  – модули нормальной упругости в направлении главных осей анизотропии  $x, y$ ;

$G_{xy}, G_{yz}, G_{xz}$  – модули касательной упругости;

$\nu_{xy}, \nu_{yx}$  – коэффициенты Пуассона.

Поставляя в формулы (5) значения критических коэффициентов

интенсивности напряжений  $K_{Ic}$ ,  $K_{IIc}$ ,  $K_{IIIc}$ , получаем значения критических интенсивностей освобождения упругой энергии при распространении трещины.

Левая часть равенства (3) также может быть определена на основании формул (5). Решение задачи в такой постановке встречает значительные математические сложности при определении  $K_I$ ,  $K_{II}$ ,  $K_{III}$ . Если принять, что стружкообразование представляет собой процесс отделения тонкой полосы от упругого полупространства, то возможно использовать приближенное решение, предложенное в работах А. М. Михайлова [5, 6]. Отделяемую полосу он рассматривает как балку, защемленную одним концом, а ее напряженное состояние определяет с помощью технической теории деформации стержней. Интенсивность освобождения энергии находится по формуле

$$G = \frac{dU}{dl}, \tag{7}$$

где  $U$  – потенциальная энергия балки,

$$U = \frac{1}{2E_s I} \int M^2 dx + \frac{1}{2E_s A} \int N^2 dx; \tag{8}$$

$I = \frac{h^3}{12}$  – осевой момент инерции поперечного сечения отделяемой стружки;

$h$  – толщина срезаемого слоя;

$l$  – длина трещины в рассматриваемый момент времени, которая принимается равной величине внедрения резца (рис. 1);

$M$  – изгибающий момент;

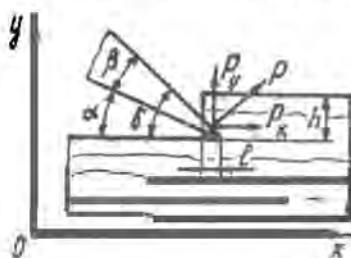
$A$  – площадь поперечного сечения стружки;

$N$  – продольная сила.

Таким образом, совместное решение уравнений (1) и (3) позволяет определить величину внедрения резца, при котором происходит отделение элемента стружки.

Рассмотрим прямолинейное резание вдоль волокон (рис. 1). По мере внедрения резца в области его вершины возрастает напряженное состояние древесины. Наиболее опасной оказывается зона, контактирующая с передней гранью резца. Полагая, что распределение

Рис. 1. Расчетная схема резания



напряжений в пределах контактной площади является равномерным (рис. 1), получаем

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{P}{l} \sin^2 \delta \cos \delta; \\ \sigma_y &= \frac{P}{l} \cos^3 \delta; \\ \tau_{xy} &= \frac{P}{2l} \cos^2 \delta \sin \delta, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где  $P$  – усилие, действующее на переднюю грань резца;

$\delta = \alpha + \beta$  – угол резания;

$\alpha$  – задний угол;

$\beta$  – угол заострения резца.

Подставим значения  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$  в (1):

$$P = \frac{\sigma_0 l}{\sin^2 \delta \cos \delta \sqrt{1 + \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{90}^2} \operatorname{ctg}^4 \delta - \frac{\sigma_0^2}{2\tau_0^2} \operatorname{ctg}^2 \delta - \frac{\sigma_0}{\sigma_{90}} \operatorname{ctg} \delta}} \quad (10)$$

Из формулы (10) следует, что на этом этапе возрастание нагрузки происходит пропорционально  $l$ . В момент, когда энергия упругой деформации древесины достигает критического значения, происходит полное или частичное отделение элемента стружки. Условие (3), характеризующее начало развития трещины, может быть представлено в виде

$$P = \frac{2IC \left( \sqrt{\frac{B}{2} K_{lc}} + \frac{1}{\sqrt{2}} K^2_{llc} \right)}{\sqrt{B \left( l^2 \cos^2 \delta + \frac{l}{AB} \sin^2 \delta \right)}} \quad (11)$$

где

$$C = \sqrt{\sqrt{H} + \frac{1}{2} B \left( \frac{E_y}{G_{xy}} - 2\nu_{xy} \right)}; \quad (12)$$

$$B = \frac{E_x}{E_y}$$

В рассматриваемом случае учитывают два механизма разрушения, обеспечивающие отделение стружки: первый – нормальный отрыв, происходящий под действием перпендикулярной к плоскости резания составляющей силы резания  $P_y$  (I тип трещины); второй – плоский сдвиг, обусловленный действием составляющей  $P_x$  (II тип трещины). Очевидно, влияние того или иного механизма на отделение стружки



определяется, в свою очередь, двумя факторами: во-первых, способностью древесины сопротивляться развитию трещин, во-вторых, величиной угла резания [8]. Если древесина в плоскости резания обладает большей способностью сопротивляться распространению трещин нормального отрыва, чем трещин сдвига, то отделение стружки будет происходить преимущественно в результате развития трещин сдвига. Например, при резании поперек волокон определяющими являются трещины сдвига, а при резании вдоль волокон, при прочих равных условиях, отделение стружки происходит в основном за счет возникновения трещин нормального отрыва. Существенным фактором является и величина угла резания. При малых углах увеличивается влияние вертикальной составляющей силы резания и, соответственно, влияние механизма нормального отрыва. Для  $\delta = 90^\circ$  при любых условиях будет реализован механизм плоского сдвига. Так как древесина вдоль волокон обладает большей способностью сопротивляться развитию трещин II типа, то усилия резания в этом случае оказываются наибольшими.

Уравнения (10) и (11) составляют систему уравнений, корнями которой являются величина внедрения резца  $l$  и соответствующая ему сила резания  $P$ . Эту систему целесообразно решать графическим и итерационным способами.

На рис. 2 представлены результаты расчета, выполненные для следующих исходных данных.

Упругие характеристики древесины [1]:  
 $E_x = 16225$  МПа,  $E_y = 701$  МПа,  
 $G_{yx} = 645$  МПа,  $\nu_{xy} = 0,33$ .

Характеристики прочности [1]:  
 $\sigma_0 = 48,15$  МПа,  $\sigma_{90} = 7,47$  МПа,  $\tau_0 = 7,43$  МПа.

Характеристики трещиностойкости древесины [6]:

$K_{IC} = 0,44$  МПа·м<sup>1/2</sup>,  $K_{IIc} = 0,545$  МПа·м<sup>1/2</sup>.

Толщина срезаемого слоя  $h = 0,6 \dots 0,8$  мм. Угол резания  $\delta = 50^\circ$ .

Линия 1 получена по уравнению (10) и характеризует интенсивность возрастания нагрузки на первом этапе, линии 2, 3 – по уравнению (11). Координаты точек пересечения линии 1 с 2 и 3 определяют максимальные (для данных условий резания) значения  $P$  и  $l$ . Практическое значение имеет лишь величина  $P$ .

Анализ результатов расчета позволяет отметить, что величина силы резания существенно зависит не только от толщины срезаемого слоя и угла резания, но и от степени анизотропии древесины. Определяющее значение здесь имеет различие модулей нормальной упругости вдоль и поперек волокон. Увеличение отношения  $E_x/E_y$  приводит к

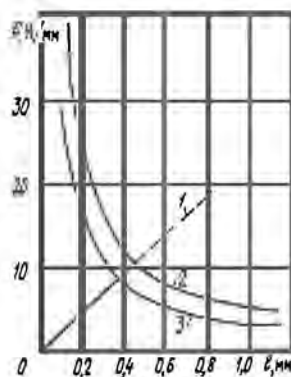


Рис. 2. Графический способ определения сил резания: 1 – по уравнению (10); 2, 3 – (11); 2 –  $h = 0,8$  мм; 3 –  $0,6$  мм

уменьшению силы резания. При  $E_x/E_y = 1$  применимо решение для изотропного материала. В этом случае величина  $P$  более чем на 40 % больше по сравнению с анизотропным материалом. Поэтому использование модели изотропной среды для анализа процесса резания древесины не оправдано.

Силы резания, вычисленные на основании однопараметрического уравнения, вытекающего из условия наступления предельного состояния, оказываются завышенными более чем на 60 % по сравнению с фактическими. Это объясняется тем, что образование трещин происходит при внедрениях резца, значительно меньших, чем это принято в традиционном подходе при изучении процесса резания древесины.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ашкенази Е.К., Ганов Э.В. Анизотропия конструкционных материалов. - Л.: Машиностроение, 1972. - 216 с. [2]. Ивановский Е.Г. Резание древесины. - М.: Лесн. пром-сть, 1975. - 200 с. [3]. Кортен Х.Т. Механика разрушения композитов / Под ред. Г. Либовиц. - М.: Мир, 1976. - Т. 7, ч. 1: Разрушение. - С. 367 - 471. [4]. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов. - М.: Лесн. пром-сть, 1986. - 296 с. [5]. Михайлов А.М. Некоторые задачи теории трещин в балочном приближении // ПМТФ. - 1976. - № 5. - С. 128 - 133. [6]. Михайлов А.М. Обобщение балочного подхода к задачам теории трещин // ПМТФ. - 1969. - № 3. - С. 171 - 174. [7]. Партон В.В., Морозов Е.М. Механика упруго-пластического разрушения. - М.: Наука, 1974. - 416 с. [8]. Сенькевич Л.В. Совершенствование конструктивных параметров малоножевых торцово-конических фрез для фрезерного оборудования: Автор. дис. ... канд. техн. наук. - СПб., 1994. - 22 с.

Поступила 23 февраля 1996 г.

УДК 621.887

**Ю.Ф. ЧЕРНЫШЕВ**

Красноярский государственный технический университет

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СООТНОШЕНИЙ УПРУГОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИ РАСЧЕТЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЛОМ ЦИЛИНДРЕ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Решена задача определения главных напряжений в ортотропной втулке подшипника в общем и частном случае ее осесимметричного нагружения с учетом упругого потенциала материала стенок этой втулки. Установлены пределы применимости формул главных напряжений в стандартных

втулках поперечного, торцового гнущья и втулках контурного прессования в зависимости от процента отклонения от условий существования упругого потенциала в материале.

The task of determining the main stresses is solved in general for the orthotrope bushing of the bearing and in a particular case when it is loaded symmetrically to axle taking into account the restoring potential of walls materially of this bushing. The application limits for formulae of main stresses are set in the standard bushings of cross, faced bending and bushings of profile pressing depending on per cent deviation from the existence conditions of the material restoring potential.

При определении упругих характеристик древесины наблюдается значительное отклонение экспериментальных данных от трех обязательных условий для любого ортотропного материала, обладающего упругим потенциалом.

Известные древесиноведы Е.К. Ашкенази и Б.Н. Уголев считают причиной этих отклонений несовершенство рычажно-стрелочных тензомеров и электротензометрических проволочных датчиков сопротивления (влияние петель датчиков на результаты измерений деформаций), применяемых при определении упругих характеристик древесины [1, 8].

В работе исследуется влияние неточного определения упругих характеристик древесины на главные напряжения деревянной стандартной втулки, запрессованной в обойму подшипника.

В работе [2] А.Н. Митинский получил формулы для определения напряжений в тангенциальном  $\sigma_t$  и радиальном  $\sigma_r$  направлениях толстостенной ортотропной деревянной трубы при действии на нее внешнего  $P_1$  и внутреннего  $P_2$  давлений:

$$\sigma_t = \frac{E_t}{E_r} \left[ \frac{(P_2 r_2^{e_1-1} - P_1 r_1^{e_1-1})(1 + \mu_r e_1)}{(e_1 + \mu_r) (r_1^{e_1-1} r_2^{e_2-1} - r_2^{e_1-1} r_1^{e_2-1})} r^{e_1-1} - \frac{(P_2 r_1^{e_2-1} - P_1 r_2^{e_2-1})(1 + \mu_r e_2)}{(e_2 + \mu_r) (r_1^{e_1-1} r_2^{e_2-1} - r_2^{e_1-1} r_1^{e_2-1})} r^{e_2-1} \right] \quad (1)$$

$$\sigma_r = \frac{(P_2 r_1^{e_1-1} - P_1 r_2^{e_1-1}) r^{e_1-1} - (P_2 r_1^{e_2-1} - P_1 r_2^{e_2-1}) r^{e_2-1}}{r_1^{e_1-1} r_2^{e_2-1} - r_2^{e_1-1} r_1^{e_2-1}} \quad (2)$$

Здесь  $E_t, E_r$  — модули упругости материала трубы в тангенциальном и радиальном направлениях;  
 $r_1, r_2$  — внешний и внутренний радиусы трубы;  
 $r$  — текущий радиус трубы;

$\mu_{rr}, \mu_{rt}$  – коэффициенты, характеризующие поперечную деформацию в направлении, определяемом первым индексом, от усилия, которое действует в направлении второго индекса;

$e_{1,2}$  – расчетная величина, определяемая по формуле

$$e_{1,2} = a \pm b; \quad a = \frac{\left(\frac{E_t}{E_r} \mu_{rr} - \mu_{rt}\right)}{2}; \quad b = \frac{\sqrt{\left(\mu_{rt} - \mu_{rr} \frac{E_t}{E_r}\right)^2 + 4 \frac{E_t}{E_r}}}{2}. \quad (3)$$

Преобразуем уравнения (1) и (2), введя следующие обозначения:

$$\rho = \frac{r}{r_1}; \quad C = \frac{r_2}{r_1}; \quad A = \frac{1 + \mu_{rr}(a+b)}{a+b+\mu_{rr}}; \quad B = \frac{1 + \mu_{rr}(a-b)}{a-b+\mu_{rr}}. \quad (4)$$

С их помощью получим

$$\sigma_t = \frac{E_t}{E_r} \frac{A(P_2 - P_1 C^{a-b-1}) \rho^{a+b-1}}{C^{a-b-1}(1 - C^{2b})}; \quad (5)$$

$$\sigma_r = \frac{(P_2 - P_1 C^{a-b-1}) \rho^{a+b-1} - B(P_2 - P_1 C^{a+b-1}) \rho^{a-b-1}}{C^{a-b-1}(1 - C^{2b})}. \quad (6)$$

Здесь, однако, не использованы три условия, обязательные для любого ортотропного материала при осесимметричной нагрузке, обладающего упругим потенциалом [1]:

$$\frac{\mu_{ra}}{E_a} = \frac{\mu_{ar}}{E_r}; \quad (7a) \quad \frac{\mu_{ta}}{E_a} = \frac{\mu_{at}}{E_t}; \quad (7б) \quad \frac{\mu_{tr}}{E_r} = \frac{\mu_{rt}}{E_t}. \quad (7в)$$

Индексы  $a, t, r$  обозначают осевое, тангенциальное и радиальное направления в трубе.

Предположим, что эти направления совпадают с направлением осей симметрии трубы. Например, у деревянных втулок для подшипников скольжения поперечного и торцового гнущья, а также контурного прессования [11]. Согласно конструктивным особенностям, условие (7а) должно быть отнесено для втулки поперечного гнущья, (7б) – торцового гнущья, (7в) – контурного прессования.

Допустим наличие упругого потенциала у древесины и из (7в) выразим  $\mu_{rt} = \frac{E_t}{E_r} \mu_{tr}$ , которое подставим в (3). В результате этого

найдем  $a = 0, \quad b = \sqrt{\frac{E_t}{E_r}} = K.$

Величину  $K$  назовем коэффициентом анизотропии деревянной втулки. Используя (3) и  $\mu_n = \frac{E_t}{E_r} \mu_r$ , имеем

$$A = \frac{1 + \mu_r K}{K + \frac{E_t}{E_r} \mu_r}; \quad B = \frac{1 - \mu_r K}{-K + \frac{E_t}{E_r} \mu_r}.$$

Заменим  $\frac{E_t}{E_r} = K^2$  и проведем преобразования:

$$A = \frac{1}{K}, \quad B = -\frac{1}{K}.$$

После подстановки  $a$ ,  $b$ ,  $A$  и  $B$  в формулы (5) и (6) получим формулы для расчета напряжений для деревянной трубы:

$$\sigma_t = \frac{K \left[ (P_2 - P_1 C^{-(K+1)}) \rho^{K-1} + (P_2 - P_1 C^{K-1}) \rho^{-(K+1)} \right]}{C^{-(K+1)} (1 - C^{2K})}, \quad (8)$$

$$\sigma_r = \frac{(P_2 - P_1 C^{-(K+1)}) \rho^{K-1} - (P_2 - P_1 C^{K-1}) \rho^{-(K+1)}}{C^{-(K+1)} (1 - C^{2K})}. \quad (9)$$

Принятое допущение о наличии упругого потенциала в материале толстостенной деревянной втулки значительно упростило формулы для расчета главных напряжений (8), (9). При этом коэффициенты поперечной деформации вообще не использованы.

Как видно из (8) и (9), главные напряжения в основном зависят от коэффициента анизотропии втулки  $K$ , который в свою очередь обусловлен типом втулки (поперечное, торцовое гнутье и контурное пресование). Кроме того, эти напряжения зависят и от относительного геометрического размера втулки  $C$ .

Автор работы [3] эту же задачу решил аналогично известной задаче Ламе о напряжениях в изотропной толстостенной трубе [11] при использовании зависимости между компонентами напряжений и деформаций.

Полученные нами формулы напряжений (8) и (9) совпадают с формулами работы [3], но решение задачи в этой работе более трудоемкое по сравнению с предложенным нами.

Для исследования влияния упругого потенциала на напряженно-деформированное состояние деревянной втулки рассмотрим частный случай – нагружение втулки только внешним давлением ( $P_1 = p$ ,  $P_2 = 0$ ), который наиболее значим для расчета вкладышей подшипников скольжения.

После подстановки  $P_1 = p$ ,  $P_2 = 0$  в (5) и (6) найдем

$$\sigma_t = \frac{E_t BC^{a+b-1} \rho^{a-b-1} - AC^{a-b-1} \rho^{a+b-1}}{E_r C^{a-b-1} (1 - C^{2b})} p; \quad (10)$$

$$\sigma_r = \frac{C^{a+b-1} \rho^{a-b-1} - C^{a-b-1} \rho^{a+b-1}}{C^{a-b-1} (1 - C^{2b})} p. \quad (11)$$

Из числителей выражений (10) и (11) вынесем  $C^{a-b-1}$  и  $\rho^{a-b-1}$ . После преобразований получим

$$\sigma_t = \frac{E_t BC^{2b} - A\rho^{2b}}{E_r (1 - C^{2b})} \rho^{a-b-1} p; \quad (12)$$

$$\sigma_r = \frac{C^{2b} - \rho^{2b}}{(1 - C^{2b})} \rho^{a-b-1} p. \quad (13)$$

Аналогично преобразуем формулы (8) и (9):

$$\sigma_t = \frac{-K(C^{2k} + \rho^{2k}) \rho^{-(k+1)}}{1 - C^{2k}} p; \quad (14)$$

$$\sigma_r = \frac{C^{2k} - \rho^{2k}}{1 - C^{2k}} \rho^{-(k+1)} p. \quad (15)$$

Если упругие характеристики данного материала удовлетворяют уравнениям (7), то тангенциальные и радиальные напряжения, рассчитанные соответственно по (12, 13) и (14, 15), одинаковы.

В табл. 1 приведены для некоторых пород древесины упругие характеристики ( $E_a$ ,  $E_r$ ,  $E_t$ ,  $\mu_{ra}$ ,  $\mu_{ar}$ ,  $\mu_{ra}$ ,  $\mu_{ar}$ ,  $\mu_{rt}$ ,  $\mu_{tr}$ ), полученные российскими и зарубежными исследователями. Для этих характеристик проведено сопоставление левых и правых частей уравнений (7) и рассчитано отклонение между ними как их разность, отнесенная к большей величине. Из данных табл. 1 видно, что отклонение колеблется в широких пределах – от 0,09 до 85,3 %.

Нормативные документы, регламентирующие определение трех модулей упругости при растяжении и сжатии (ГОСТ 16483.24 – 73 – 16483.27 – 73) и шести коэффициентов поперечной деформации при сжатии (ГОСТ 1864.29 – 73), рекомендуют использовать рычажные тензометры. По нашему мнению применение этих приборов, имеющих недостатки, вносит существенный вклад в повышение отклонения (строки 3–5, 7, табл. 1).

ГОСТы 13594 – 68 и 21523.8 – 87 «Древесина прессованная. Методы определения показателей упругих деформаций» рекомендуют для определения деформаций применять электротензометрические (проволочные) датчики сопротивления, но и они имеют серьезные недостатки.

Таблица 1

## Сравнение левых и правых частей уравнений (7)

Порода древесины	Втулка поперечного гнущья		Втулка торцового гнущья		Втулка контурного прессования	
	Соотношение (7а)	Отклонение, %	Соотношение (7б)	Отклонение, %	Соотношение (7в)	Отклонение, %
Береза [10]	$\frac{0,580}{14,60} = \frac{0,043}{1,37}$	21,00	$\frac{0,450}{14,60} = \frac{0,040}{0,99}$	23,70	$\frac{0,580}{14,60} = \frac{0,043}{1,37}$	16,30
Береза [8]	$\frac{0,341}{20,37} = \frac{0,029}{1,19}$	31,60	$\frac{0,445}{20,37} = \frac{0,013}{0,64}$	6,90	$\frac{0,566}{1,19} = \frac{0,321}{0,64}$	5,10
Дуб [9]	$\frac{0,430}{14,60} = \frac{0,070}{1,87}$	42,30	$\frac{0,410}{14,60} = \frac{0,090}{0,99}$	69,10	$\frac{0,830}{1,37} = \frac{0,340}{0,99}$	43,30
Дуб [10]	$\frac{0,430}{16,40} = \frac{0,070}{0,68}$	74,50	$\frac{0,410}{16,40} = \frac{0,090}{0,53}$	85,30	$\frac{0,830}{0,68} = \frac{0,340}{0,53}$	47,40
Ель [10]	$\frac{0,440}{14,80} = \frac{0,017}{0,67}$	14,70	$\frac{0,411}{14,80} = \frac{0,031}{0,44}$	60,60	$\frac{0,480}{0,67} = \frac{0,250}{0,44}$	20,70
Ель ситхинская [6]	$\frac{0,372}{11,88} = \frac{0,029}{0,93}$	0,09	$\frac{0,467}{11,88} = \frac{0,020}{0,51}$	0,43	$\frac{0,435}{0,93} = \frac{0,240}{0,51}$	0,09
Сосна [10]	$\frac{0,490}{12,30} = \frac{0,030}{0,70}$	7,00	$\frac{0,410}{12,30} = \frac{0,037}{0,58}$	47,80	$\frac{0,790}{0,70} = \frac{0,380}{0,58}$	41,90
Сосна [8]	$\frac{0,504}{11,30} = \frac{0,078}{1,74}$	0,50	$\frac{0,463}{11,30} = \frac{0,045}{0,90}$	18,10	$\frac{0,527}{1,74} = \frac{0,306}{0,90}$	10,90
Лиственница сибирская [5]	$\frac{0,391}{20,00} = \frac{0,091}{1,87}$	59,80	$\frac{0,349}{20,00} = \frac{0,059}{1,14}$	66,30	$\frac{0,423}{1,87} = \frac{0,343}{1,14}$	24,80
Дугласия [6]	$\frac{0,292}{12,21} = \frac{0,020}{0,83}$	0,72	$\frac{0,449}{12,21} = \frac{0,022}{0,61}$	2,00	$\frac{0,390}{0,83} = \frac{0,287}{0,61}$	0,13

Примечание. Модули упругости приведены в ГПа.

Основной из них – значительное влияние петель датчиков на результаты измерений деформаций при небольших базах, что подтверждается сравнительно большим отклонением (строка 9, табл. 1).

Этих недостатков лишены беспетлевые фольговые датчики сопротивления [7] (строки 2, 6, 8, 10, табл. 1).

В работе [6] приведены упругие характеристики различных пород древесины, которые при подстановке в уравнение (7 в) дают нереально малые отклонения (0,046, 0,050, 0,07 % и др.).

Экспериментально определить упругие характеристики древесины так, чтобы они дали такое отклонение в уравнениях (7), нельзя, потому что существуют систематические ошибки вследствие кривизны годичных слоев, отклонения размеров образцов, неточности их ориентации, появления неупругих деформаций и др.

По-видимому в работе [6] одна из величин ( $\mu_r$  или  $\mu_{rr}$ ) была определена экспериментально, другая получена из соотношения (7в).

Таким образом, уравнения (7) можно применять для оценки достоверности экспериментально определенных характеристик упругости и их корректировки как в большую, так и в меньшую сторону.

Таблица 2

**Расчет напряжений без учета и с учетом упругого потенциала  
для втулок с  $C = 0,5$**

Текущая координата $\rho$	Напряжение, доли от $p$					
	тангенциальное			радиальное		
	(12)	(14)	Расхожде- ние, %	(12)	(14)	Расхожде- ние, %
Втулка поперечного гнутья (строка 2, табл. 1)						
0,5	0,894	0,943	5,50	0,000	0,000	0,00
0,6	0,993	1,020	2,70	0,151	0,157	3,97
0,7	1,420	1,440	1,41	0,299	0,307	2,68
0,8	2,100	2,100	0,00	0,480	0,488	1,70
0,9	3,04	3,010	1,00	0,709	0,715	0,80
1,0	4,240	4,160	1,90	1,000	1,000	0,00
Втулка торцового гнутья(строка 1, табл. 1)						
0,5	2,880	2,870	0,30	0,000	0,000	0,00
0,6	2,400	2,390	0,40	0,437	0,436	0,20
0,7	2,060	2,060	0,00	0,692	0,692	0,00
0,8	1,810	1,810	0,00	0,846	0,845	0,10
0,9	1,610	1,610	0,00	0,941	0,941	0,00
Втулка контурного прессования (строка 9, табл. 1)						
0,5	3,070	2,750	10,40	0,000	0,000	0,00
0,6	2,550	2,310	9,40	0,428	0,419	2,10
0,7	2,210	2,030	8,10	0,679	0,668	1,60
0,8	1,970	1,840	6,60	0,834	0,826	0,96
0,9	1,800	1,690	6,10	0,934	0,930	0,40
1,0	1,670	1,580	5,40	1,000	1,000	0,00

С использованием данных табл. 1 рассчитаны тангенциальные и радиальные напряжения на внутренних, внешних и промежуточных волокнах деревянных втулок поперечного и торцового гнутья и контурного прессования по формулам (12, 13) и (14, 15). При этом определено расхождение между напряжениями, которые рассчитаны по формулам без учета и с учетом упругого потенциала материала втулок, имеющих относительный геометрический размер  $C$ , равный 0,5, 0,6, 0,7 и 0,8.

Результаты расчета для втулок с  $C = 0,5$  приведены в табл. 2.

На основании этих расчетов построены графики, представленные на рис. 1, 2.

Из рис. 1 следует, что напряжения втулок торцового гнутья практически не зависят от коэффициентов поперечной деформации. При любых отклонениях от уравнений (7) напряжения в этих втулках



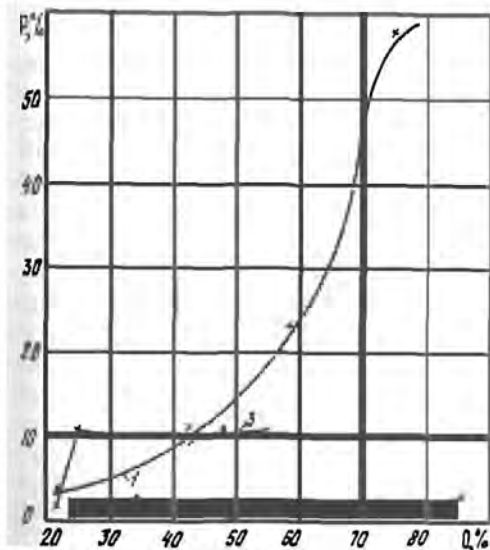


Рис. 1. Связь между расхождением  $P$  наибольших тангенциальных напряжений, определенных по (12) и (14), во втулках поперечного (1), торцового гнущья (2) и контурного прессования (3) и отклонением  $O$  материала втулок от условий существования упругого потенциала (по формулам (7))

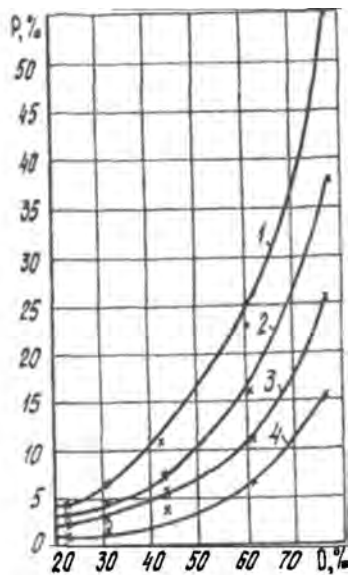


Рис. 2. Связь между расхождением  $P$  наибольших тангенциальных напряжений, определенных по (12) и (14), во втулках поперечного гнущья и  $O$  материала втулок от условий существования упругого потенциала (по формуле (7a)): 1 -  $C = 0,5$ ; 2 -  $0,6$ ; 3 -  $0,7$ ; 4 -  $0,8$

могут быть рассчитаны по (14, 15). Для втулок контурного прессования и поперечного гнущья используют формулы (14, 15) лишь при отклонении менее 25 и 30 % соответственно. Расчет главных напряжений в этих втулках по формулам (14, 15) дает слишком большие ошибки (особенно для втулок поперечного гнущья). Из представленных на рис. 2 графиков видно, что с увеличением  $C$  от 0,5 до 0,6, 0,7 и 0,8 тангенциальное напряжение убывает в 1,5, 2,0 и 3,6 раза. Подобное уменьшение как тангенциальных, так и радиальных напряжений наблюдается и для втулок контурного прессования и торцового гнущья.

### Выводы

Более простым способом решена задача определения главных напряжений в ортотропной втулке подшипника в общем и частном случае ее осесимметричного нагружения с учетом упругого потенциала материала стенок этой втулки.

Расчетом установлены пределы применения формул для определения главных напряжений в стандартных втулках поперечного и торцового гнущья и контурного прессования в зависимости от отклонения ее материала от условий существования упругого потенциала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ашкенази Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов. - М.: Лесн. пром-сть, 1978.- 224 с. [2]. Митинский А.Н. К вопросу об определении напряжений в деревянной сверленной трубе, подверженной действию внутреннего давления// Вестник инженеров и техников.- 1936.- № 5. - С. 19 - 21. [3]. Митинский А.Н. Напряжение в толстостенной анизотропной трубе под действием наружного и внутреннего давлений//Сб. науч. тр.- Л.: Изд-во ЛИИЖДТ, 1948.- Вып. 136.- С. 55-61. [4]. Перельгин Л.М. Древесиноведение.- М.: Гослесбумиздат, 1963.- 284 с. [5]. Поздняков А.А., Брюховецкая Т.М. Упругие постоянные древесины лиственницы сибирской // Лиственница. Т. III. - Красноярск: СибТИ, 1968.- 540 с. [6]. Справочное руководство по древесине/Пер. с англ. - М.: Лесн. пром-сть, 1979.- 544 с. [7]. Тензометрия в машиностроении. Справочное пособие.- М.: Машиностроение, 1975.- 288 с. [8]. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение.- М.: Экология, 1991.- 255 с. [9]. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения.- М.: Лесн. пром-сть, 1975.- 384 с. [10]. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения.- М.: Лесн. пром-сть, 1986.- 365 с. [11]. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов.- М.: Наука, 1986.- 512 с. [12]. Хухрянский П.Н. Прессование древесины.- М.: Лесн. пром-сть, 1964.- 352 с.

---

Поступила 8 января 1997 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 630\*813.11.863:66.047.76

*Б.Д. ЛЕВИН, В.М. РАЧИНСКАЯ, П.Г. РОМАНЧЕНКО*

Красноярская государственная технологическая академия

Левин Борис Давидович родился в 1935 г., окончил в 1958 г. Сибирский технологический институт, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры химической технологии древесины Красноярской государственной технологической академии. Имеет более 60 печатных работ в области процессов и аппаратов химической и биохимической технологии.



Рачинская Валентина Николаевна родилась в 1943 г., окончила в 1964 г. Красноярский государственный педагогический институт, кандидат химических наук, старший научный сотрудник Проблемной лаборатории Красноярской государственной технологической академии. Имеет более 30 научных работ в области термической переработки древесного сырья.



Романченко Павел Григорьевич родился в 1966 г., окончил в 1989 г. Сибирский технологический институт, начальник смены АО «Сибволокно» (г. Зеленогорск). Имеет 7 печатных работ в области сушки продуктов химической переработки древесины.



### ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ НА СТРУКТУРУ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА\*

Получены зависимости удельного объема, площади поверхности и среднего диаметра пор гидролизного лигнина от условий сушки в неподвижном слое и конвективной сушилке с перемешиванием материала при изменении температуры от 20 до 225 °С.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда науки, грант 2F0075.

The dependence of specific volume, surface area and mean diameter of hydrolytic lignin pores have been derived in relation to the drying conditions in the fixed bed and convective dryer with material mixing at the temperature increased up from 20 to 225 °C.

Одним из наиболее обременительных многотоннажных отходов при химической переработке древесины является гидролизный лигнин. Вывозимый в основном в отвалы он губительно влияет на экологическую обстановку в районах расположения гидролизных заводов. В то же время он может служить исходным материалом для получения дешевого и перспективного сорбента. При этом его характеристики существенно зависят от условий получения вообще и сушки в частности, причем наиболее существенным фактором является температура сушки, которая влияет на интенсивность испарения влаги, продолжительность обезвоживания, величину напряжений, возникающих в порах частиц при порообразовании.

Нами экспериментально исследовано влияние температуры сушки на изменение пористой структуры гидролизного лигнина, который подвергали обезвоживанию до воздушно-сухого состояния в неподвижном слое, а также в конвективной сушилке с перемешиванием материала. Диапазон температур 20...225 °C.

Поведение параметров структуры в процессе сушки изучали с помощью полученных экспериментальным путем на автоматической вакуумной объемной установке изотерм адсорбции азота. В качестве эталона использовали опытную изотерму азота на непористом образце. Распределение пор по размерам рассчитывали с помощью моделей цилиндрических несвязанных пор (модель Де-Бюра – Брукгофа).

Изотермы адсорбции для всех исследованных образцов лигнина имеют петлю гистерезиса. Точки перегиба на графиках  $V = f(P/P_s)$  (где  $V$  – объем сорбированного азота,  $P$  – давление,  $P_s$  – давление насыщения) лежат в диапазоне значений  $P/P_s = 0,4...0,5$ .

На рис. 1 представлены графики десорбционных зависимостей интегрального объема пор от их диаметра  $d$  для лигнина, высушенного в неподвижном слое. При всех температурных режимах свободный объем складывается в основном из пор диаметром  $(25...800) \cdot 10^{-10}$  м. Четко прослеживается и влияние температуры  $t$ . Увеличение  $t$  от 20 до 225 °C вызвало увеличение интегрального объема пор от  $77,7 \cdot 10^{-6}$  до  $195,6 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/кг. При этом диапазон значений диаметров, сохраняющихся в материале пор, остается неизменным и лежит в пределах  $(31,5...1639,6) \cdot 10^{-10}$  м.

Более строгое представление о вкладе пор того или иного диаметра в интегральный объем можно получить при анализе кривых распределения на рис. 2. Характер линий при всех режимах остается идентичным. Наибольшую долю свободного объема составляют мезопоры размером  $(130...630) \cdot 10^{-10}$  м, причем с повышением температуры наблюдается некоторое смещение максимума кривых распределения в сторону больших диаметров пор.

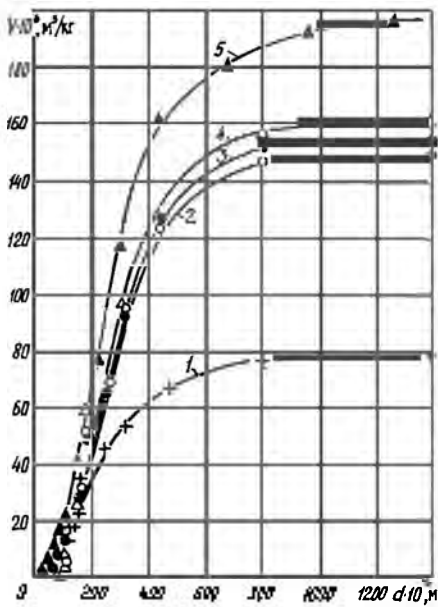


Рис. 1. Зависимость интегрального объема пор  $V$  гидролизного лигнина, высушенного в неподвижном слое, от их диаметра  $d$  при различных значениях  $t$ : 1 –  $t = 20 \dots 25$  °C; 2 – 100; 3 – 150; 4 – 200; 5 – 225 °C

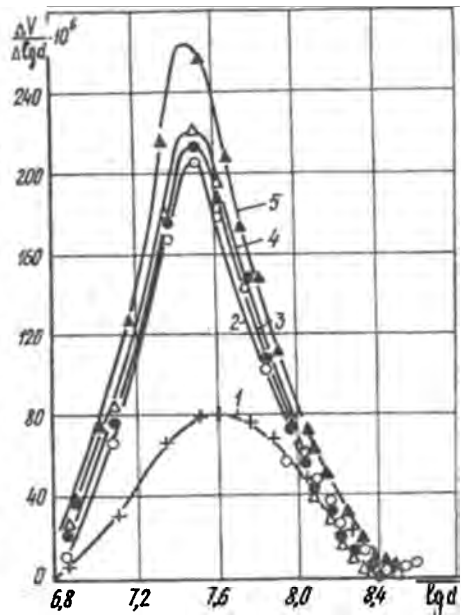


Рис. 2. Кривые распределения дифференциального объема пор гидролизного лигнина, высушенного в неподвижном слое при различных значениях  $t$  (Номера кривых совпадают с приведенными на рис. 1.)

Аналогичные результаты получены на образцах гидролизного лигнина, высушенного в барабанной сушилке, однако численно показатели пористости оказались ниже. При сушке в неподвижном слое интегральный объем пор при температурах 150 и 225 °C соответственно составил  $154,8 \cdot 10^{-6}$  и  $195,6 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>, при сушке с перемешиванием материала и тех же температурах –  $105,1 \cdot 10^{-6}$  и  $156,8 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/кг.

Наиболее вероятной причиной расхождения значений  $V$ , а также смещения максимума кривых распределения дифференциального объема пор, отмеченного выше, являются условия обезвоживания. При перемешивании материала в барабане твердая фаза распределяется в газовом потоке, частицы лигнина обдуваются со всех сторон. В этих условиях поверхность межфазового контакта больше, а сопротивление выходу образующихся паров меньше, чем в неподвижном слое твердых частиц. В результате давление водяного пара в порах неподвижного материала и его перепад больше, что и обуславливает расхождение значений  $V$ .

Сказывается на размерах пор и температурный режим сушки лигнина. С увеличением  $t$  и движущей силы теплообмена темп испарения влаги и давление паров в толще материала нарастают, что отражается на диаметре пор.

Характер и взаимное расположение зависимостей  $S = f(d)$  ( $S$  – площадь поверхности пор) согласуются с графиками  $V = f(d)$ , представленными на рис. 1, 2.

Верхнее значение диаметра пор, доля которых в интегральной площади поверхности является решающей, равно  $800 \cdot 10^{-10}$  м. Существенное влияние на  $S$  оказывает температура сушки. С ростом  $t$  от 20 до 225 °С площадь поверхности пор увеличивается от 17,3 до 35,2 м<sup>2</sup>/кг, т.е. в 2 раза.

Характер изменения удельной поверхности пор при сушке с перемешиванием слоя при различных режимах сохраняется, однако  $S$  (аналогично объему пор) численно меньше, чем при сушке в неподвижном слое. Наибольший вклад вносят поры диаметром  $(80...400) \cdot 10^{-10}$  м, т.е. те, которые составляют в основном свободный объем частиц.

На рис. 3 даны графические зависимости интегральных объемов мезо- и макропор гидролизного лигнина как функции температуры сушки. За верхнюю границу размеров мезопор условно принят диаметр 100 нм. Идентичный характер имеют зависимости  $S = f(d)$ .

Как видно из рис. 3, с повышением температуры обезвоживания гидролизного лигнина  $V$  растет независимо от способа сушки частиц. Объем и площадь поверхности макропор весьма малы несмотря на их кратное увеличение с ростом  $t$ . При повышении  $t$  от 20 до 225 °С объем макропор возрастает от  $0,001 \cdot 10^{-3}$  до  $0,014 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/кг, площадь их поверхности – от 35 до 550 м<sup>2</sup>/кг.

Эти показатели для мезопор значительно выше:  $V$  возрастает от  $0,076 \cdot 10^{-3}$  до  $0,182 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/кг,  $S$  – от  $17,2 \cdot 10^3$  до  $34,6 \cdot 10^3$  м<sup>2</sup>/кг.

При конвективной сушке с перемешиванием материала в температурном интервале 150...220 °С эти показатели для макропор практически те же:  $V$  возрастает от  $0,003 \cdot 10^{-3}$  до  $0,004 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/кг,  $S$  – от 78 до 106 м<sup>2</sup>/кг. Соответствующие характеристики мезопор несколько ниже:  $V = (0,102...0,153) \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/кг,  $S = (19,9...25,9) \cdot 10^3$  м<sup>2</sup>/кг.

Интегральные объемы и площади поверхности пор, а также их средние диаметры, как функции условий сушки материала, помещены в таблице. Из приведенных результатов следует, что все три структурные характеристики зависят от температуры процесса.

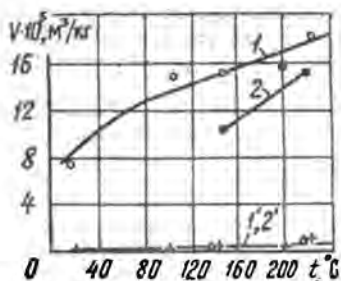


Рис. 3. Зависимость объема пор гидролизного лигнина от условий процесса: 1, 1' – сушка в неподвижном слое; 2, 2' – конвективная сушка с перемешиванием слоя; 1, 2 – объем мезопор; 1', 2' – макропор

**Структурные характеристики гидролизного лигнина  
при различных условиях сушки**

Вариант сушки	Температура сушки, °С	Поверхность пор $S \cdot 10^{-3}, \frac{м^2}{кг}$	Объем пор $V \cdot 10^{-3}, \frac{м^3}{кг}$	Диаметр пор $d$ , нм
Воздушная	20...25	<u>13,8172</u>	<u>0,0759</u>	<u>21,9868</u>
		17,2787	0,0777	17,9796
В неподвижном слое	100	<u>22,9717</u>	<u>0,1476</u>	<u>25,6930</u>
		27,4406	0,1497	21,8210
То же	150	<u>22,2760</u>	<u>0,1490</u>	<u>26,7637</u>
		26,6963	0,1548	23,1880
«	200	<u>22,1389</u>	<u>0,1554</u>	<u>28,0699</u>
		26,8612	0,1621	24,1356
Конвективная с перемешиванием слоя	150	<u>14,8964</u>	<u>0,0985</u>	<u>26,4564</u>
		19,1243	0,1051	21,9890
То же	220	<u>21,5076</u>	<u>0,1500</u>	<u>27,9013</u>
		25,9646	0,1568	24,1583

Примечание. В числителе приведены значения характеристик для адсорбции, в знаменателе – для десорбции.

С ростом  $t$  от 20 до 225 °С диаметр пор возрастает от 17,98 до 22,24 нм, интегральный объем пор – от  $0,0777 \cdot 10^{-3}$  до  $0,1956 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/кг, интегральная площадь поверхности – от  $17,28 \cdot 10^3$  до  $35,18 \cdot 10^3$  м<sup>2</sup>/кг, т. е.  $V$  увеличивается в 2,5 раза,  $S$  – в 2,0 раза, диаметр – в 1,2 раза. При этом во всех испытанных образцах лигнина микропоры отсутствуют, макропоры составляют очень малую долю, а основным структурным элементом частиц являются мезопоры, параметры которых особенно чувствительны к условиям обезвоживания материала.

Сравнение показателей структуры, полученной при конвективной сушке, с характеристиками лигнина, обезвоженного в неподвижном слое, показывает, что перемешивание и обдув материала при сушке никаких преимуществ для развития пористости не дают.

На микроскопическом уровне структура древесины любой породы представляет собой капиллярно-пористое тело, центрами сорбции в котором являются практически все ОН-группы целлюлозы, гемицеллюлоз, лигнина [5, 10]. В нецеллюлозных полисахаридах ими могут служить также карбоксильные, карбонильные и ацетильные группы, в лигнине, кроме спиртовых и фенольных, – метоксильные, карбонильные и карбоксильные.

В гидролизной промышленности под лигнином понимают все компоненты растительного сырья, оставшиеся после завершения варки нерастворимыми; основным из них является полимеризованный природный лигнин клеточных стенок древесины, отличающийся в структурном отношении нерегулярным строением и сильной разветвленностью.

В действительности состав технического лигнина непостоянен. Он содержит 15...30 % непрогидролизированных полисахаридов, 2...10 % неотмытых моносахаров, 5...15 % лигногуминовых веществ [11]. Поэтому структура его частиц не может быть истолкована однозначно и представляет собой сложный фрагмент, состоящий из отдельных элементов клеточной стенки древесины, состав и строение которых обусловлены сырьевыми и технологическими факторами гидролиза. Следствием этого является большая, по сравнению с лигнином Класона [1], сорбционная способность технического лигнина. Так, в соответствии с данными Кристенсена и Кесли [12], для целлюлозы она составляет 4 %, для гемицеллюлоз – 37 %, для лигнина – лишь 16 %.

Согласно результатам работ [3, 7–9], система непостоянных капилляров клеточной стенки, являющихся основным носителем адсорбционных свойств, при адсорбции возрастает до максимума вблизи предела насыщения, а при десорбции сжимается до полного исчезновения. В действительности картина явлений, протекающих внутри скелета гидролизного лигнина при его сушке, значительно сложнее. Параллельно с выводом влаги происходит изменение размеров пор, в результате чего при соответствующем сближении и возникновении благоприятных условий между возможными центрами сорбции возникают водородные связи, наличие которых в лигнине подтверждено результатами исследований его ИК-спектров [6]. При их появлении усиливается усадка материала, снижаются объем, радиус и площадь поверхности пор.

Полученные при сушке гидролизного лигнина в различных условиях результаты, с одной стороны, являются подтверждением существующих взглядов на механизм протекающих в материале процессов, а с другой – доказательством того, что выбором метода и режима обезвоживания можно существенно воздействовать на структурные характеристики лигнина в целях приближения их значений к оптимальным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Браунс Ф.Э., Браунс Д.А. Химия лигнина. - М.: Лесн. пром-сть, 1964.- 864 с. [2]. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность и пористость.- М.: Мир, 1984.- 310 с. [3]. Колосовская Е.А., Лоскутов С.Р., Чудинов Б.С. Физические основы взаимодействия древесины с водой.- Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1989.- 216 с. [4]. Лигнин / Г.Ф. Закис, З.Н.Крейцберг, Л.Н.Можейко и др. // Клеточная стенка древесины и ее изменения при химическом воздействии.- Рига: Зинатне, 1972.- С.136-242. [5]. Муращенко Н.Ф., Эриньш П.П. Процессы сорбции, диффузии и набухания в древесных клеточных стенках // Клеточная стенка древесины и ее изменения при химическом воздействии.- Рига: Зинатне, 1972.- С.243-246. [6]. Никитин В.М., Оболенская А.В., Щеголев В.П. Химия древесины и целлюлозы.- М.: Лесн. пром-сть, 1978.- 368 с. [7]. Одинцов П.Н. Сорбция паров воды купроксам-лигнином и биолигнином // Изв. АН ЛатвССР.- 1957.- № 12.- С.113-117. [8]. Одинцов П.Н. Строение клеточной стенки трахеид древесины ели и его влияние на процессы набухания, гидролиза и адсорбции: Автореф. дис. ... д-ра хим. наук.- Рига,1956.- 52 с. [9]. Одинцов П.Н., Эриньш П.П. Субмикроскопическая капиллярность древесины, хо-



доцеллюлозы и лигнина по сорбции паров гексана // Изв. АН ЛатвССР.- 1961.- №2.- С.263-268. [10]. Рейзинь Р.Э. Основные компоненты древесной клеточной стенки // Клеточная стенка древесины и ее изменения при химическом воздействии.- Рига: Зинатне, 1972.- С.73-102. [11]. Холькин Ю.И. Технология гидролизных производств.- М.: Лесн. пром-сть, 1989.- 496 с. [12]. Christensen G.N., Kelsey K.E. The sorption of water vapour by the constituents of wood//Holz Rohwerkstoff.- 1959.- BD17,H5.- S.189-204.

Поступила 5 февраля 1996 г.

УДК 630\*866

**Р.А. СТЕПЕНЬ**

Институт леса СО РАН

Степень Роберт Александрович родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Сибирский технологический институт, доктор биологических наук, профессор кафедры химической технологии древесины Красноярской государственной технологической академии. Имеет около 200 печатных работ в области экологии, химии древесины и химической переработки древесных ресурсов.



## ИЗМЕНЕНИЕ ВЫХОДА И СОСТАВА ПИХТОВОГО МАСЛА В ПРОЦЕССЕ ОТГОНКИ

Показано, что богатые монотерпеноидами фракции, составляющие до половины всего количества масла, отгоняются в начальный период, продолжительность которого составляет 5...8 % от продолжительности всего процесса; основа других фракций – борнилацетат (45...55 %), являющийся сырьем для получения медицинской камфоры. В последней фракции (4...6 % от выхода масла, 25...30 % от продолжительности процесса) обнаружено сравнительно много (12...15 %) сесквитерпеноидов.

It has been shown that monoterpenoid-rich fractions accounting for up to the half of all quantity of oil are to be distilled at the early period the duration of which is 5...8 % of that

of the whole process; the base of other fractions is bornylacetate (45...55 %), being the stock for producing medicinal camphor. In the final fraction (4...6 % of oil yield, 25...30 % of the process duration) comparatively large amount of sesquiterpenoids (12...15 %) has been found.

Ценность пихтового масла в значительной мере определяется содержанием борнилацетата, чем обусловлено его преимущественное использование для получения медицинской камфоры. Пинены, лимонен и сесквитерпеноиды являются сырьем для парфюмерной и химической промышленности. Поэтому экономически оправданной представляется задача раздельного отбора фракций масла, отличающихся по составу, биологическим и потребительским свойствам.

Нами исследована кинетика выделения и варьирования компонентного состава эфирного масла при его отгонке из древесной зелени пихты сибирской – единственного сырья, перерабатываемого для этих целей в нашей стране в промышленных масштабах.

Изучению выхода и состава эфирных масел, а также их изменчивости под влиянием различных факторов посвящено большое количество работ [1, 3, 7, 8, 12]. Однако вопрос о скорости и продолжительности выделения пихтового масла и составе терпеноидов на различных стадиях отгонки практически не рассматривался.

При постановке исследований по кинетике проведена серия экспериментов с дробной отгонкой эфирного масла из древесной зелени пихты. В каждом из них навеску измельченного и усредненного сырья массой 400 г помещали в колбу вместимостью 2 л, заливали 1000 мл воды и методом гидродистилляции отгоняли эфирное масло. При этом волюмометрическим методом определяли количество масла, выделяемого с 10, 30, 50, 100, 200, 400, 600 и 830 мл флорентинной воды. Одинаковые фракции отдельных экспериментов для наработки препаратов объединяли и в каждом из полученных образцов традиционными способами находили плотность, показатель преломления, кислотность и массовую долю борнилацетата. Содержание борнилацетата определяли также по плотности [1] и методом газожидкостной хроматографии. Хроматографирование осуществляли с использованием неподвижной фазы с ЗЕ-30. Результаты анализов обрабатывали статистически. Кинетические данные использовали для нахождения эмпирической зависимости между выходом масла и продолжительностью опыта.

Результаты статистической обработки данных нескольких серий экспериментов по дробной отгонке эфирного масла, нормированных в процентах от максимальной величины показателей в каждом из опытов, приведены в табл. 1.

Сопоставление полученных сведений показывает, что количество отгоняемой из системы флорентинной воды пропорционально продолжительности эксперимента, т. е. между ними отмечается прямолинейная зависимость. Более сложная закономерность наблюдается при

Таблица 1

**Кинетические показатели процесса выделения фракций  
эфирного масла пихты**

Показатели	Значения показателей для фракции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Выход фракции по времени, %	1,5	3,6	6,2	11,9	24,1	47,1	72,5	100,0
Выделение, %:								
флорентин-воды	1,4	3,5	6,5	12,4	25,0	49,2	74,0	100,0
эфирного масла	24,5	36,1	45,5	57,1	71,2	85,5	94,7	100,0
Скорость выделения эфирного масла, мл/мин	79,0	26,9	17,5	9,8	5,0	2,9	1,6	0,9

Таблица 2

**Физико-химические показатели фракций эфирного масла пихты**

Показатели	Значения показателей для фракции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,8828	0,8908	0,9177	0,9232	0,9279	0,9269	0,9243	0,9183
Показатель преломления	1,4709	1,4707	1,4705	1,4698	1,4692	1,4689	1,4694	1,4694
Кислотное число, мг/г	0,27	0,35	0,29	0,37	0,50	0,60	0,68	0,57
Число омыления, мг/г	46,5	91,6	124,8	137,6	151,9	144,5	135,1	135,9
Эфирное число, мг/г	46,2	91,2	124,5	137,2	151,4	143,9	134,4	135,3
Доля борнилацетата*, %	17,1	31,6	44,2	48,7	53,1	51,5	49,2	46,8

\* Средние данные, найденные химическим путем и по плотности эфирного масла в образцах.

изучении накопления эфирного масла по времени. Она характеризуется интенсивным выходом летучих терпеноидов в начале процесса и существенным его снижением на заключительных стадиях. Интенсивность отгонки эфирного масла на начальной и конечной стадиях различается на 2–3 порядка, так что его последние порции практически полностью растворяются во флорентинной воде.

Математическая кинетика выделения эфирного масла ( $y$  - выход масла) из древесной зелени пихты описывается логарифмическим уравнением  $y = a(\lg \tau)^b$ . Коэффициент  $a = 0,1...0,2$ ,  $b = 1,9...2,3$ . Варьирование величины коэффициентов зависит от размера частиц сырья. В процессе выделения изменяются также и физико-химические показатели эфирного масла (табл. 2), которые, согласно ОСТ 13-221 – 86, характеризуют качество товарного продукта.

Плотность эфирного масла в ходе эксперимента сначала нарастает, затем, по достижении определенного уровня (0,928...0,929 г/см<sup>3</sup>), происходит ее снижение. Такой характер изменения находится в соответствии с изменением содержания борнилацетата в анализируемых фракциях. Кислотность фракций возрастает в ходе отгонки и к завершению процесса увеличивается в 2–2,5 раза. Повышение кислотности можно логично объяснить уменьшением интенсивности улетучивания

Таблица 3

**Изменение компонентного состава эфирного масла пихты  
в процессе выделения**

Компонент	Доля компонента, %, во фракции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Сантен	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	1,6	2,0	1,5
Трициклен	3,0	2,2	1,7	1,6	0,7	1,1	0,6	0,6
$\alpha$ -Пинен	16,2	12,5	7,6	6,8	6,0	5,8	6,3	6,6
Камфен	38,7	26,6	21,7	18,8	18,1	18,8	17,1	16,6
$\beta$ -Пинен	2,9	2,9	1,4	1,3	1,0	0,7	1,0	0,8
$\beta$ -Мирцен	1,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8
$\Delta^3$ -Карен	11,8	9,7	7,5	6,7	6,0	5,5	6,1	6,4
Лимонен+ $\beta$ -фелландрен	7,5	6,8	5,6	4,7	4,3	5,0	4,8	4,5
$\gamma$ -Терпинен	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	—
Терпинолен	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	1,0	0,9	0,5
Всего:								
а) монотерпеновых углеводородов	82,9	62,9	47,6	42,5	38,7	40,2	40,7	38,3
б) кислородсодержащих веществ	14,0	32,6	46,1	51,8	55,0	52,6	50,4	45,4
в том числе:								
борнеола	0,7	2,7	4,3	4,6	3,3	2,9	1,6	0,9
борнилацетата	13,0	29,4	40,8	46,4	51,2	48,9	48,2	43,7
в) сесквитерпеновых соединений	3,1	4,5	6,3	5,7	6,3	7,2	9,5	15,3

терпеноидных веществ из растительного сырья с сохранением скорости выделения органических кислот на заключительных стадиях. Исключение последних фракций из состава пихтового масла снижает кислотность товарного продукта, что является одним из факторов улучшения его качества. Для показателя преломления характерна тенденция к снижению по мере отгонки из древесной зелени легколетучих продуктов, хотя пределы такого варьирования незначительны.

Помимо борнилацетата в процессе выделения эфирного масла изменяется количественное содержание и других компонентов. Данные хроматографического анализа выделенных фракций пихтового масла приведены в табл. 3.

Суммарный вклад монотерпеновых углеводородов, в соответствии с их большей летучестью по сравнению с другими терпеноидами, уменьшается в ходе отгонки с 83 до 38 %. В 2–3 раза снижается в сравниваемых фракциях и содержание преобладающих компонентов —  $\alpha$ -пинена, камфена и  $\Delta^3$ -карена. Напротив, массовая доля кислородсодержащих и сесквитерпеновых соединений возрастает во время отгонки.

Происходящая дифференциация состава эфирного масла, осуществляемая при дробной отгонке исследуемого продукта, открывает перспективы для его эффективного использования. Результаты анализов свидетельствуют о возможности разделения масла на монотерпеновую и кислородсодержащую части и выделения из последней сесквитерпено-

вой фракции. Целесообразность такого разделения обуславливается существенным различием потребительского назначения и биологических свойств этих классов терпеноидов.

Монотерпеновые углеводороды эфирных масел малотоксичны и обладают широким спектром активности как в отношении человека, так и болезнетворных микроорганизмов [2, 4, 5]. Кислородсодержащие терпеноиды являются ценным сырьем для синтеза медицинской камфоры [9]. Сесквитерпеноидные соединения относятся к токсичным веществам и нашли применение, в частности, в препаратах против кровососущих насекомых [2, 10]. Учитывая эти сведения, первую, вторую и отчасти третью фракции масла целесообразно использовать для парфюмерии, товаров бытовой химии и оздоровления воздуха закрытых помещений. Наличие в них борнилацетата усиливает бактерицидность препаратов [4, 6], что важно при санации. Следует отметить, что фракции с преимущественным содержанием монотерпенов составляют около половины суммарного количества пихтового масла и выделяются в начальный период, составляющий 5...8 % от продолжительности процесса (см. табл. 1). Поэтому не исключено, что при избытке сырья, например полученного при очистке ложа водохранилищ от молодняка, будут отбирать лишь эту часть пихтового масла.

Остальные фракции с высоким содержанием борнилацетата и борнеола эффективны как сырье для производства медицинской камфоры. Массовая доля этих компонентов в 1,5-1,7 раза выше по сравнению с пихтовым маслом высшего сорта (ОСТ 13-221 - 86). Последнюю из отгоняемых фракций, имеющую повышенное содержание сесквитерпеноидов, можно применять как ингредиент аттрактивных препаратов.

Проведенные исследования позволяют количественно оценить интенсивность выделения и изменчивость компонентного состава эфирного масла на разных стадиях отгонки из древесной зелени пихты. Выявленные закономерности важны для оптимизации выделения масла из растительного сырья, разделения его на фракции с заданным составом и повышения их эффективного использования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Барakov Т. В. Технологические причины, влияющие на выход и качество пихтового масла // Производство и анализ пихтового масла. - Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1977. - С. 91-108. [2]. Кинтя П. К., Фадеев Ю. М., Акимов Ю. А. Терпеноиды растений. - Кишинев: Штиинца, 1990. - 151 с. [3]. Колесникова Р. Д. Эфирные масла некоторых хвойных // Растительные ресурсы. - 1985. - Т. 21, вып. 2. - С. 130-140. [4]. Комарова М. А., Степанов Э. В. Фитонцидность и биохимический состав пихтового препарата // Фитонциды. - Киев: Наук. думка, 1975. - С. 161-162. [5]. Немировский О. М. К биологической характеристике эфирных масел природного происхождения // Тр. Ленинград. санитарно-гигиен. мед. ин-та. - Л., 1975. - Вып. 3. - С. 55-60. [6]. Нетеса В. А., Вставская Ю. А., Кольга И. В. О возможности использования эфирного масла пихты для санации закрытых помещений // Производство кормовых и биологически активных продуктов из отходов и низкокачественного древесного сырья. - Красноярск: СибНИИЛП, 1990. -

С.144-149. [7]. Полтавченко Ю.А. Эфирные масла хвойных деревьев Прибайкалья и генезис монотерпенов: Автореф. дисс. ... канд. хим. наук.- Иркутск, 1974.- 24 с. [8]. Репях С.М., Ягодин В.И., Даугавиетис М.О. Состояние и перспективы использования древесной зелени в качестве органического сырья // Перспективы использования древесины в качестве органического сырья.- Рига: Зинатне, 1982.- С.211-222. [9]. Рудаков Г.А. Химия и технология камфоры.- М.: Лесн. пром-сть, 1976.- 208 с. [10]. Ткачев А.В., Хан В.А. Хвойные деревья Сибири и Дальнего Востока - источники сесквитерпеноидов // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук.- 1987.- Вып. 4, № 2.- С.95-104. [11]. Фитонциды в эргономике / А.М.Гродзинский, Н.М.Макарчук, Я.С.Лещинская и др.- Киев: Наук. думка, 1986.- 188 с. [12]. Черняева Г.Н., Долгодворова С.Я., Степень Р.А. Утилизация древесной биомассы.- Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1987. - 166 с.

---

Поступила 10 января 1995 г.

## МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

УДК 366.64

*И. В. СМЕРНОВА*

Институт экономики, финансов и бизнеса  
Архангельского государственного технического университета

Смирнова Ирина Валентиновна родилась в 1963 г., окончила в 1985 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита Института экономики, финансов и бизнеса Архангельского государственного технического университета. Имеет 3 печатные работы по проблемам финансов предприятий, финансового планирования, финансового менеджмента.

**АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ  
К ИЗМЕНЕНИЯМ ЦЕН И СТРУКТУРЫ ЗАТРАТ**

На примере гидролизного производства рассмотрена методика анализа влияния изменения цены продукции, уровня постоянных и переменных затрат на конечные результаты деятельности предприятия.

Analysis procedure on how the change of products price, level of fixed and variable costs affects the final results of enterprise activities has been observed at the example of hydrolytic production.

В настоящее время в условиях нестабильности цен и изменчивости рыночной конъюнктуры важно правильно оценить последствия возможных изменений на рынке и их влияние на финансово-экономическое положение предприятий.

Так, анализ деятельности АО «Архангельский гидролизный завод» (АО «АГЗ») показал, что на финансовые результаты наиболее существенно влияют рыночные цены на продукцию (спирт, дрожжи), сырье (зерно, меласса, древесина) и уровень управленческих расходов. Поэтому важно предвидеть возможную реакцию результатов финансово-хозяйственной деятельности на изменение рыночных условий. В этих целях используется анализ чувствительности финансовых результатов.

Одним из показателей финансовой деятельности предприятия является прибыль от реализации продукции ( $\Pi$ ) как разность между выручкой от реализации и затратами. Представим ее формулой

$$\Pi = ОП \cdot Ц - ФЗ - ОП \cdot ПЗ,$$

где  $ОП$  – объем производства и реализации продукции в натуральных единицах;

$Ц$  – цена единицы продукции;

$ФЗ$  – фиксированные или условно-постоянные затраты;

$ПЗ$  – переменные затраты на единицу продукции.

Таким образом, размер прибыли зависит от четырех основных факторов: цены продукции, объема производства и реализации продукции, постоянных и переменных затрат. Конечно, изменение этих факторов по-разному отражается на конечном результате.

Произведем оценку влияния рассматриваемых факторов на конечный финансовый результат на примере спиртового производства АО «АГЗ». В качестве исходного варианта примем фактические данные о цене продукции и издержках предприятия в 1995 г.: цена – 77 тыс. р. за 1 дал; средние переменные расходы – 40 тыс. р. на 1 дал.

Приняв объем производства и реализации спирта в размере 100 тыс. дал, оценим 10 %-е изменение трех рассматриваемых факторов: цены, постоянных и переменных затрат (см. таблицу).

Расчеты показали, что при уменьшении цены реализации спирта на 10 % прибыль снижается на 770 млн р., или на 37,4 %; при увеличении постоянных затрат на 10 % снижение прибыли составляет 165 млн р., или 8,0 %; при увеличении переменных затрат на 10 % прибыль уменьшается на 400 млн р., или на 19,4 %.

Как видим, на финансовый результат в наибольшей степени повлияло изменение цены продукции. Поэтому предприятию необходимо обратить особое внимание на формирование ценовой политики в условиях конкурентной борьбы.

Показатель	Исходный вариант	Новый вариант при 10 %-м изменении фактора		
		Снижение цены	Увеличение затрат	
			постоянных	переменных
Выручка от реализации	7700	6930	7700	7700
Переменные затраты	100,0	100,0	100,0	100,0
Валовая маржа	4000	4000	4000	4400
Постоянные затраты	51,9	57,7	51,9	57,1
Прибыль	3700	2930	3700	3300
	48,1	42,3	48,1	42,9
	1640	1640	1804	1640
	21,3	23,7	23,5	21,3
	2060	1290	1895	1660
	26,8	18,6	24,6	21,6

Примечание. В числителе – млн р.; в знаменателе – %.



Важно также определить, как можно избежать потери прибыли при изменении различных факторов путем наращивания объемов производства и реализации. Для этого следует рассчитать объем продукции (*ОП*), который обеспечит постоянный результат при изменении одного из рассматриваемых факторов:

при изменении цены

$$ОП_1 = \frac{ВМИ \cdot 100}{ПВМН \cdot ЦН};$$

при изменении постоянных расходов

$$ОП_2 = \frac{(ПИ + ФЗН) \cdot 100}{ПВМИ \cdot ЦИ};$$

при изменении переменных расходов

$$ОП_3 = \frac{ВМИ \cdot 100}{ПВМН \cdot ЦИ};$$

где *ВМИ, ВМН* – соответственно исходная и новая валовая маржа;  
*ПВМИ, ПВМН* – исходный и новый процент валовой маржи к выручке от реализации;

*ЦИ, ЦН* – соответственно исходная и новая цена;

*ПИ* – исходная прибыль;

*ФЗН* – новые постоянные затраты.

Используя данные таблицы, получаем

$$ОП_1 = \frac{3700 \cdot 100}{42,3 \cdot 69,3} = 126,2 \text{ тыс. дал.};$$

$$ОП_2 = \frac{(2060 + 1804) \cdot 100}{48,1 \cdot 77} = 104,3 \text{ тыс. дал.};$$

$$ОП_3 = \frac{3700 \cdot 100}{42,9 \cdot 77} = 112,0 \text{ тыс. дал.}$$

Таким образом, 10 %-е сокращение цены на продукцию может быть компенсировано увеличением объема реализации спирта на 26,2 %. При 10 %-м возрастании постоянных затрат снижение прибыли можно компенсировать ростом объема реализации на 4,3 %. Для сохранения финансового результата при 10 %-м увеличении переменных затрат необходимо увеличить реализацию на 12 %.

Поступила 28 июня 1996 г.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*587.3

*В.А. ДРУЖИНИН, А.Н. СМОЛЬЯНОВ*

Воронежская государственная лесотехническая академия



Дружинин Владимир Анатольевич родился в 1967 г., окончил в 1991 г. Воронежский лесотехнический институт, аспирант кафедры лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии.



Смолянков Анатолий Николаевич родился в 1950 г., окончил в 1971 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 80 научных работ.

**ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА  
ПРИ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ  
ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ**

Получены уравнения множественной регрессии для определения таксационных показателей насаждений через прямые дешифровочные признаки, определенные по аэро-снимкам. Предложенные модели могут быть использованы при таксации разновозрастных сосняков.

The equations of multiple regression have been obtained for determining inventory indices of stands through direct decoding attributes, derived from aerial photographs. Models suggested could be used at inventory of pine stands of different age.

Использование дистанционных методов при инвентаризации лесов давно вошло в практику лесоустройства. Одним из самых сложных видов дистанционной оценки является таксационное дешифрирование. Составленные разными исследователями уравнения зависимостей таксационных показателей от дешифровочных позволяют получить таксационную характеристику выдела с достаточной точностью, но их следует применять в условиях, близких к тем, в которых проводились исследования. Изменение условий роста неизменно сказывается на взаимоотношениях между таксационными признаками насаждения. Средний диаметр кроны и высота зависят от полноты насаждения, его географического положения. Следовательно, нормативы дешифрирования, пригодные в одних условиях, нельзя использовать в других. Это обстоятельство необходимо учитывать при таксационном инструментально-измерительном дешифрировании насаждений.

Если по снимку достаточно просто определить дешифровочные показатели одноярусного древостоя, то в сложных по составу, многоярусных насаждениях таксационное дешифрирование затруднено вертикально-ступенчатой структурой, и на снимке не находит отображения большее число деревьев по сравнению с одноярусным древостоем. Большинство авторов осторожно отзываются о возможности получить таксационную характеристику таких насаждений методом дешифрирования в связи с плохой просматриваемостью полога в глубину и затруднениями при измерении размеров крон.

Объектом исследований стали разновозрастные сухие сосняки ленточных боров Алтая и насаждения Правобережного лесничества УНПЛОП Воронежской ГЛТА. На Алтае была выбрана группа полнот 0,3...0,5 для I яруса, в Воронежской области исследовали наиболее распространенные там насаждения. Все работы проводили на выделах, отвечающих названным требованиям. В частности, для выявления взаимосвязей между показателями насаждения использовали модельные деревья. Для каждого из них определяли высоту, диаметр, возраст, диаметр кроны, высоту ее наибольшего диаметра, степень перекрытия другими кронами. В разновозрастных насаждениях на дешифровочные показатели большое влияние оказывает угнетенный ярус; таксационная характеристика одновозрастного и разновозрастного насаждений в одинаковых условиях различны. Поэтому для оценки разновозрастных насаждений дистанционными методами необходим параметр, учитывающий наличие и размеры в насаждении элементов угнетенного яруса. Таким показателем является сомкнутость полога разновозрастного насаждения, представляющая собой сумму проекций крон I яруса и площадь, занимаемую деревьями II яруса (в условиях, где проводился эксперимент, второй ярус располагается куртинами).

Фрагмент данных обмера модельных деревьев приведен в таблице.

Номер выдела	Сомкнутость полога	Возраст, лет	Диаметр кроны $D_{кр}$ , см	Высота $H$ , м	Таксационный диаметр $D$ , см
4	0,47	53	5,1	11,5	20
		58	6,5	12,5	29
		58	3,2	14,5	19
		63	3,3	14,0	18
		92	10,5	16,0	50
5	0,52	61	5,4	14,5	18
		62	3,8	14,5	17
		76	6,2	18,5	25
		82	6,0	18,0	27
		91	7,6	18,0	35

Из таблицы видно, как велико варьирование таксационных показателей в разновозрастных сосняках сухого бора. Оно характерно для всех насаждений в этих условиях. Чтобы достоверно определить какой-либо таксационный показатель через дешифровочные, необходимо рассматривать связь с ним нескольких других. Так, средний диаметр можно найти инструментально-измерительным дешифрированием через средний диаметр кроны и высоту насаждения с учетом сомкнутости полога.

В исследуемых на Алтае типичных выделах сомкнутость полога варьирует в пределах 0,4...0,6, следовательно, и уравнения получены для этих значений сомкнутости.

Используя стандартную программу, позволяющую решать полином 2-го порядка относительно диаметра насаждения, получили следующие конкретные уравнения:

для сомкнутости 0,4

$$D = -37,26 + 7,16D_{кр} + 3,84H - 0,24D_{кр}^2 - 0,09H^2 - 0,06D_{кр}H,$$

критерий Фишера  $F = 6,86$ ;

для сомкнутости 0,5

$$D = 18,38 + 0,77D_{кр} - 1,58H + 0,33D_{кр}^2 + 0,11H^2 - 0,14D_{кр}H,$$

критерий Фишера  $F = 9,40$ ;

для сомкнутости 0,6

$$D = -39,81 - 14,01D_{кр} + 14,36H - 0,84D_{кр}^2 - 0,97H^2 + 1,97D_{кр}H,$$

критерий Фишера  $F = 16,02$ .

Во всех случаях вычисленный критерий больше стандартного, а значит, полином хорошо описывает данную зависимость.

По материалам 50 пробных площадей были установлены зависимости для простых одноярусных насаждений Правобережного лесничества. Так, таксационный диаметр дуба I-II классов бонитета (группа полнот 0,7...0,8) определяется по уравнению

$$D = -0,666 + 0,235H^2 + 0,312D_{кр}H + 0,0017D_{кр}^2 H - 0,0162D_{кр}H^2 + 0,056H^2, F = 4,2;$$

для более низких групп полнот (0,5...0,6)

$$D = 15,695 + 1,291D_{кр}^2 - 0,158D_{кр}H - 0,079D_{кр}^2 H + 0,0188D_{кр}H^2 + 0,0148H^2;$$

для порослевого дуба III-IV классов бонитета (группа полнот 0,6...0,7)

$$D = 5,476 + 0,0439D_{кр}^2 + 0,0285D_{кр}H + 0,0261D_{кр}^2 H - 0,009D_{кр}H^2 + 0,060H^2, F = 3,87 > F_{0,95}.$$

Исследовали взаимосвязи и второй по распространенности в лесхозе породы – сосны (I класс бонитета, группа полнот 0,7...0,8):

$$D = 6,182 + 0,344D_{кр}^2 + 0,018D_{кр}H - 0,013D_{кр}^2 H + 0,005D_{кр}H^2 + 0,023H^2.$$

И, наконец, для осины (I класс бонитета, группа полнот 0,6...0,7)

$$D = -23,237 - 1,445D_{кр}^2 + 0,885D_{кр}H + 0,075D_{кр}^2 H - 0,044D_{кр}H^2 + 0,104H^2, F = 4,95 > F_{0,95} = 2,1.$$

Итак, полученные уравнения достоверны и могут использоваться для определения среднего диаметра насаждения с помощью дешифровочных показателей. Сомкнутость полога и полнота как разновозрастных, так и простых одноярусных насаждений существенно влияют на их таксационную характеристику.

УДК 630\*453

*О. Н. ЕЖОВ*

С.-Петербургская лесотехническая академия

Ежов Олег Николаевич родился в 1972 г. окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет 3 печатные работы в области патологии и устойчивости хвойных древостоев.



### **ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ ПЛОДОВЫХ ТЕЛ СОСНОВОЙ ГУБКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ**

Рассмотрены результаты изучения состояния сосновых древостоев, подверженных рекреационной нагрузке. Установлены закономерности в распространении плодовых тел сосновой губки по стволу в зависимости от степени рекреации.

The results of investigating on the state of pine stands, exposed to the recreational load have been analysed. The regularities of spreading the fruit bodies of pine fungus along the stem depending on the recreational degree has been stated.

С увеличением рекреационной нагрузки на лесные биогеоценозы возрастает общее число ослабленных и больных деревьев [5], в том числе пораженных стволовой гнилью [3, 4, 7, 8]. Большое количество плодовых тел на участке леса свидетельствует о явном неблагополучии в нем [2].

В приведенных работах показана только связь между степенью рекреационной нагрузки и процентом поражения деревьев сосновой губкой (*Phellinus pini* [Thore et Fr.] Pil.), и лишь в работе [9] есть указание, что с повышением степени рекреации увеличивается количество плодовых тел на дереве.

Цель наших исследований – установить связь между количеством плодовых тел на дереве, их размером, высотой прикрепления, количеством здоровых, ослабленных и больных деревьев и степенью рекреационной нагрузки.

Для изучения этих закономерностей нами были отобраны участки разной посещаемости в Емцовском учебно-опытном лесхозе АГТУ (Архангельская область, средняя подзона тайги).

На основании имеющихся рекомендаций по выделению стадий деградации по напочвенному покрову и площади тропиной сети [1, 7] в рекреационных лесах нами выделены четыре стадии дигрессии участков: I – вне зоны учебных практик; II – в зоне учебных практик; III – на территории, примыкающей к поселку; IV – территория поселка.

Все эти участки имеют сходные лесоводственно-таксационные показатели и представлены сосняками-черничниками IX класса возраста. Детальное лесопатологическое обследование древостоев выполняли методом непровешенной ходовой линии [6]. Вдоль каждой линии проводили ленточный пересчет по ступеням толщины, категориям состояния, причинам ослабления или гибели деревьев. Поражение сосновой губкой учитывали по наличию плодовых тел гриба, определяя высоту их расположения на стволах, ориентацию по сторонам света и категориям крупности (мелкие, средние, крупные). К мелким относили плодовые тела размером менее 3×3×3, к средним – от 3×3×3 до 6×6×6, к крупным – более 6×6×6 см. Для получения более точных результатов на участках, где проводятся учебные практики (II стадия дигрессии), заложены три пробы. В таблице представлены результаты наших исследований для различных стадий дигрессии.

Резкое повышение степени распространения гнили отмечается по мере увеличения стадии дигрессии насаждений, особенно на рубеже III-IV стадий. Именно здесь проходит граница естественной устойчивости биогеоценоза к рекреации [1]. Число здоровых деревьев уменьшается, а с механическими повреждениями – увеличивается по мере повышения нагрузок на древостой. Среднее число плодовых тел уменьшается от I к IV стадии дигрессии, что расходится с данными, полученными при исследованиях рекреационных сосняков на Алтае [9]. Возможно, это происходит из-за сбивания, сбора части

Показатели	Стадия дигрессии			
	I	II	III	IV
Количество деревьев, %:				
здоровых	65,5	52,7	54,8	38,9
с механическими повреждениями	2,3	7,8	21,7	38,5
с плодовыми телами	5,9	8,1	19,4	19,9
Отношение числа здоровых деревьев к числу ослабленных	3,74	1,95	1,45	0,67
Число плодовых тел на одном дереве, шт.:				
среднее	2,45	2,25	1,83	1,75
пределы	1...6	1...9	1...5	1...5
Высота прикрепления плодовых тел, м:				
средняя	5,87	5,44	4,88	4,16
пределы	0,5...10,0	0,5...12,0	0,4...10,5	0...12,0
Количество плодовых тел на высоте до 4 м, %	30	36	44	59
Количество плодовых тел, %:				
мелких	11	14	25	42
средних	31	23	31	38
крупных	58	63	44	20

крупных низкорасположенных плодовых тел сосновой губки студентами во время практик. Отношение мелких плодовых тел к крупным повышается с ростом рекреационной нагрузки. Увеличение числа мелких плодовых тел при III и IV стадиях дигрессии, возможно, связано и с факторами внешней среды (отсутствие подроста, хорошая освещенность, большее колебание температур в период развития плодовых тел).

Средняя высота прикрепления плодовых тел увеличивается пропорционально уменьшению рекреационной нагрузки, колебания высот приблизительно равны. Показателем связи заражения с рекреационным воздействием служит число плодовых тел сосновой губки в нижней части ствола. Так, в IV стадии дигрессии около 3/5 тел гриба располагаются до высоты 4 м, а в I – всего 1/3. Этот показатель, по нашему мнению, позволяет выделять стадии дигрессии насаждений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Грибы-разрушители леса Звенигородской биостанции МГУ / Е.С. Ключникова, Л.Н. Левнина Т.П. Сизова и др. // Вестн. МГУ. - 1970. - № 5. - С. 52 - 55. [2]. Казанская Н.С., Ланина В.В., Марфенин Н. Н. Рекреационные леса. - М.: Лесн. пром-сть, 1977. - 96 с. [3]. Крутов В.И., Кивиниеми С.Н., Тимофеев А.Ф. К лесопатологической характеристике рекреационных насаждений о. Валаам // Природные комплексы Валаама и воздействие на них рекреации. - Петрозаводск, 1983. - С. 93 - 100. [4]. Лебедев А.В., Иванова Э.А. Патология деревьев сосны в древостоях учебного назначения // Лесн. журн. - 1993. - № 1. - С. 12 - 17. - (Изв. высш. учеб.

заведений). [5]. Нечаев Ю.А. Влияние рекреационной нагрузки на патологическое состояние сосновых лесов Приэльбрусья // Защита хвойных насаждений от вредителей и болезней. - Каунас, 1978. - С. 197 - 199. [6]. Тальман П.Н., Катаев О. А. Методы лесознтомологических обследований. - Л.: Изд-во ВЗЛТИ, 1964. - 120 с. [7]. Татаринцев А.И. Особенности распространения и развития стволовой гнили сосны (возбудитель *Phellinus pini* [Thore et Fr.] Pil.) в лесах Красноярского Приангарья и меры ограничения вредоносности болезни: Автореф. ... канд. биол. наук. - СПб., 1994. - 23 с. [8]. Чураков Б.П. Грибы и грибные болезни сосны обыкновенной в ленточных борах Алтайского края. - Иркутск: Изд-во Иркутск. ун-та, 1983. - 152 с.

УДК 331.45:630\*3

А. И. ЗЕМЛЯНУХИН

Воронежская государственная лесотехническая академия



Землянухин Андрей Иванович родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры деталей машин и инженерной графики Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 140 печатных работ в области охраны труда в лесной отрасли.

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

Дан анализ состояния производственного травматизма, причин возникновения опасных факторов и их последствий. Показана необходимость разработки соответствующих изменений и дополнений в нормативных документах.

The analysis of industrial injuries situation, the causes of the dangerous factors occurring and their consequences is given. The necessity of elaborating corresponding alterations and supplements to normative documents is revealed.

Анализ состояния охраны труда на предприятиях лесной отрасли показал, что причины производственного травматизма и профзаболеваний обуславливаются отсутствием системы своевременной и достоверной информации о факторах риска, а также недостаточной эффективностью применяемых средств профилактики.

Наибольший процент травматизма приходится на лесозаготовительные и деревообрабатывающие работы. Так, на лесосечных работах его доля за три года по Воронежскому территориальному производственному объединению в среднем составила 28,1 %. Из всего комплекса профессий, используемых на лесосечных работах, наибольшую опасность испытывают, кроме сучкорубов, вальщики леса (31,3 % от общего уровня травматизма на лесосеке).



Высок производственный травматизм (35,7 %) среди рабочих, занятых деревообработкой, что объясняется нарушением правил техники безопасности, отсутствием или неисправностью ограждения, заземления, предупреждающих знаков.

Как показал анализ, 68,9 % несчастных случаев среди механизаторов связано с эксплуатацией производственного оборудования, 12,8 % – с выполнением ремонта машин и оборудования.

Основные причины травматизма вальщиков вызваны несовершенством технологии работ, неудовлетворительной организацией производства, низким уровнем обучения рабочих и недостаточностью их профессионального отбора.

В причинах травматизма, как правило, сочетаются нарушение технологии валки и правил техники безопасности, неподготовленность лесосек, отсутствие или неисправность защитных средств, недостатки в контроле за выполнением требований правил безопасности. Из-за нарушений правил техники безопасности произошло 34,6 % несчастных случаев, что свидетельствует о низком контроле за соблюдением правил. Значительная доля травм (15,4 %) является следствием неподготовленности лесосек, что свидетельствует о недостаточном внимании к проведению подготовительных работ на предприятиях объединения. Главная же причина травматизма – нарушение технологии валки: неправильный подпил, ошибочно выбранное направление валки и др. (20,1 % несчастных случаев). Травмы наносились главным образом зависшими, спиленными деревьями и сучьями (12,9 % случаев).

Одной из причин травмирования рабочих являются метеорологические условия (ветер, туман, снегопад). Они требуют повышенного внимания, дополнительных физических усилий и, как следствие, вызывают быструю усталость, невнимательность. Вследствие плохой метеорологической обстановки произошло 7,7 % несчастных случаев.

Кроме того, имели место травмы при выполнении работ, не связанных с прямыми обязанностями механизаторов (13,3 %). Это явилось следствием плохой организации труда, при которой рабочие выполняли другие виды работ, не имея определенных навыков и знаний техники безопасности.

Грубым нарушением техники безопасности является работа неисправными инструментами, на неисправных машинах, механизмах и оборудовании (7,8 % несчастных случаев).

Как показал анализ травматизма, каждый четвертый несчастный случай произошел при выполнении погрузочно-разгрузочных работ и вывозке древесины. Особенно опасными операциями являются формирование и разобшение пачек деревьев. Наибольшее количество несчастных случаев произошло на стреловых кранах.

Показатели травматизма при прочих равных условиях существенно зависят от времени года. Наибольшее число несчастных случаев происходит зимой (35,5 %), меньше весной и осенью (22,1 и 26,2 %), еще меньше летом (15,9 %). Причина большого травматизма на лесозаготовках зимой обусловлена, в первую очередь, глубиной снежного по-

крова, затрудняющего передвижение при необходимости в процессе работы, состоянием транспортных путей, сложными метеорологическими условиями и др.

Анализ несчастных случаев позволил установить их причины.

Основные из них:

- несоблюдение правил техники безопасности, отсутствие или некачественное проведение инструктажа, недостаточный контроль;
- нарушение технологического процесса;
- неисправность машин, станков и другого оборудования;
- несоответствие рабочих мест и помещений требованиям нормативных документов;
- недостаточное освещение, неблагоприятный микроклимат и наличие в воздухе вредных веществ;
- неисправность инструментов;
- загромождение рабочих мест и проходов;
- природные факторы;
- неудовлетворительная организация труда;
- недостаточное профессиональное мастерство и усталость из-за длительной работы;
- отсутствие должного медицинского освидетельствования.

Перечисленные причины несчастных случаев требуют тщательного анализа применительно к рабочим местам, что позволит разработать соответствующие мероприятия по обеспечению безопасных условий работы.

Результаты выполненного нами анализа показали необходимость разработки и внесения соответствующих изменений и дополнений в действующие нормативные документы, направленные на повышение безопасности труда и предупреждение производственного травматизма и заболеваемости.

УДК 634\*. 863:541.183.12

### **В. В. ЗАЛЯЖНЫХ**

Архангельский государственный технический университет



Заляжных Владимир Васильевич родился в 1960 г., окончил в 1982 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации, метрологии и сертификации Архангельского государственного технического университета. Имеет 12 печатных трудов в области биохимической переработки растительного сырья, гидролизных и сульфитных щелоков.

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СУЛЬФАТА АММОНИЯ ИЗ ГИДРОЛИЗАТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Предложено вместо нейтрализации гидролизатов проводить извлечение из них серной кислоты ионитом АН-31 с последующей конверсией в сульфат аммония.

The sulfuric acid extraction from hydrolysates by AN-31 ionite has been suggested with further conversion into ammonium sulfate instead of hydrolysates neutralization.

Гидролизаты древесины перколяционных варок содержат около 0,5 % свободной серной кислоты, что обуславливает необходимость их нейтрализации в процессе подготовки к биохимической переработке. В настоящее время в промышленности применяют как известково-аммиачную, так и аммиачную нейтрализацию. При этом по нашей оценке на гидролизных заводах России ежегодно образуется около 60 тыс. т сульфата аммония. Его концентрация в нейтрализованном гидролизате составляет не более 1 %. Почти весь сульфат аммония попадает со сточными водами в водоемы, загрязняя их, прежде всего, минеральным азотом. Кроме того, при известково-аммиачной нейтрализации гидролизатов ежегодно образуется порядка 60 тыс. т сульфата кальция в виде не утилизируемого гипсового шлама.

Как известно, сульфат аммония является многотоннажным продуктом промышленного производства, который используют в основном как удобрение. Следовательно, выделение сульфата аммония из гидролизатов древесины представляется важной научной и практической задачей.

В последнее время в качестве готовых удобрений или сырья для их получения все большее применение находят регенераты – растворы, образующиеся при регенерации ионитов. В монографии [1] описана схема ионообменной очистки сточных вод от продувки систем оборотного водоснабжения, в которой после смешивания кислых и щелочных регенератов образуется раствор, содержащий в качестве основного компонента сульфат аммония. После 5–10-кратного упаривания получают 20...40 %-й рассол, который используют в качестве удобрения. Описанная схема имеет высокую экономическую эффективность.

Полагаем, что сульфат аммония также может быть получен при обработке гидролизатов растительного сырья ионитами анионного типа (анионитами) в ОН-форме. Таким образом из гидролизата можно извлечь часть сульфат-ионов при одновременном уменьшении избыточной кислотности, что позволило бы снизить расход нейтрализующего агента. При регенерации ионита раствором аммиака регенерат будет содержать в основном сульфат аммония.

Представляет также интерес обработка анионитом гидролизного субстрата и отработанной культуральной жидкости (ОКЖ), что позволило бы уменьшить количество аммиака, подаваемого в ферментаторы гидролизно-дрожжевого производства (в том числе и при разбавлении субстрата отработанной культуральной жидкостью), а также на нейтрализацию сточных вод.

Следует отметить, что в гидролизной промышленности имеется опыт обработки гидролизных сред ионитами. Начиная с пятидесятых годов, при получении ксилита используют многоступенчатую обработку ионитами пентозных гидролизатов сельскохозяйственных отходов и ксилозных сиропов с целью их осветления и деминерализации [4, 6].

Для экспериментальной проработки возможности получения сульфата аммония из гидролизных сред был выбран слабоосновной анионит АН-31, поскольку он хорошо регенерируется раствором аммиака и его можно применять в водных растворах при температурах до 100 °С. При этом анионит нетоксичен и устойчив по отношению к растворам кислот и щелочей: он практически полностью сохраняет обменную емкость при кипячении в течение 30 мин в растворах серной кислоты и гидроксида натрия 5 н. концентрации [3]. АН-31 признается перспективным для извлечения анионов сильных кислот из производственных растворов [1]. Ионит выпускается отечественной промышленностью и находит применение в различных отраслях.

На рис. 1 показана кинетика ионообмена при взаимодействии АН-31 с 0,5 %-й серной кислотой в статических условиях при температуре 20 °С и дозировке ионита 10 г/л. Как видно из представленных данных, скорость ионообмена наиболее высока в первые 10...15 мин, после чего заметно снижается. При анионировании гидролизата не стояла задача полного удаления сульфат-ионов (т. е. в динамических условиях допустим значительный пророскок сульфат-ионов в фильтат).

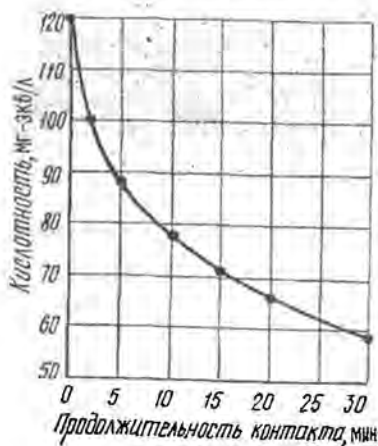


Рис. 1. Изменение кислотности раствора  $H_2SO_4$  при контакте с ионитом АН-31 (дозировка 10 г/л)

Поэтому для уменьшения расхода ионита в динамических условиях целесообразно было бы вести анионирование при продолжительности контакта раствора со слоем ионита не более 10...15 мин, т. е. при удельной нагрузке не менее 4...6 л гидролизата на 1 л объема загрузки набухшего ионита в час (4...6 л/(л·ч)), что при удельном объеме набухшего ионита 3,3 мл/г составляет 13,2...19,8 м<sup>3</sup>/(т·ч).

Гидролизаты растительного сырья характеризуются значительным содержанием взвешенных веществ, что затрудняет их анионирование путем пропускания через слой ионита в направлении сверху вниз. Поэтому в исследовании использовали принцип восходящего фильтрования – в направлении снизу вверх, что позволяло при значительном повышении гидравлического сопротивления ионита кратковременным увеличением скорости фильтрования переводить ионит во взвешенное состояние и удалять из него взвеси. Кроме того, восходящее фильтрование обеспечивает более высокую грязеемкость фильтрующего слоя и более медленное нарастание гидравлического сопротивления. Возможна также непрерывная работа ионита во взвешенном слое [1].

Исследование ионообмена в динамических условиях проводили при комнатной температуре в колонке диаметром 20 мм при загрузке ионита 10 г. Подготовку ионита к работе осуществляли по методике, изложенной в работе [5]. Фильтрат отбирали фракциями по 200 мл и определяли в них кислотность, летучие кислоты, фосфат-ион и химическое потребление кислорода (ХПК) по стандартным методикам [2]. Всего за рабочий цикл пропускали через колонку 1 л гидролизата, субстрата или ОКЖ. Перед регенерацией и после нее для удаления остаточных количеств рабочих растворов колонку промывали водой (в промышленных условиях при анионировании гидролизных сред промывка ионита водой необязательна). Исследуемые среды имели следующие показатели: гидролизат – рН 1,45, общая кислотность 157 мг-экв/л, концентрация серной кислоты 122 мг-экв/л, взвешенные вещества 0,38 г/л; субстрат – рН 4,02, общая кислотность 35 мг-экв/л, фосфаты (в пересчете на Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>) 283 мг/л, взвешенные вещества 0,55 г/л; ОКЖ (после отстаивания в лабораторных условиях) – рН 4,12, общая кислотность 27 мг-экв/л, фосфаты (в пересчете на Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>) 141 мг/л, ХПК= 4550 мг О<sub>2</sub>/л, взвешенные вещества 0,07 г/л.

Пропускание через колонку воды с различной линейной скоростью показало, что при скорости, не превышающей 5 м/ч, ионит не разрыхляется; при скорости от 5,0 до 7,5 м/ч происходит разрыхление слоя ионита и перевод его во взвешенное состояние (при этом возможен вынос из колонки наиболее мелких частиц ионита); при скорости около 10 м/ч вынос ионита становится значительным.

С целью изучить закономерности анионирования и регенерации ионита проведено шесть циклов работы колонки на гидролизате и по

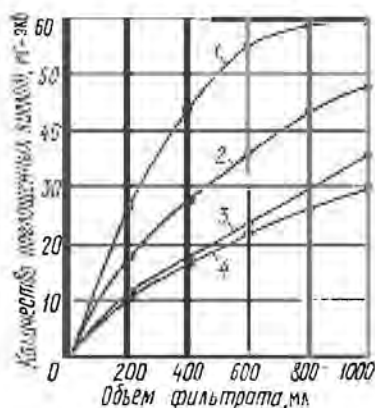


Рис. 2. Обработка гидролизных сред ионитом АН-31 в динамических условиях при удельной нагрузке 5 л/(л·ч) (кривые 1, 3, 4) и 50 л/(л·ч) (кривая 2) (загрузка ионита 10 г): 1, 2 – гидролизат; 3 – ОКЖ; 4 – субстрат

одному циклу на гидролизном субстрате и ОКЖ. На рис. 2 представлены кривые, отражающие нарастание с начала цикла общего количества удаляемых в процессе анионирования кислот. Как и следовало ожидать, наиболее эффективной оказалась обработка гидролизата (кривые 1 и 2) вследствие низкой величины его рН. При этом анионирование гидролизата через неразрыхленный слой ионита при удельной нагрузке 5 л/(л·ч) (кривая 1) более эффективно, чем через взвешенный слой при удельной нагрузке 50 л/(л·ч) и линейной скорости 6 м/ч (кривая 2). Учитывая, что с увеличением температуры возрастает скорость ионообмена (рис. 3), можно ожидать достаточно эффективного анионирования неохлажденного гидролизата и во взвешенном слое. При этом АН-31, обладающий невысокой механической прочностью, вряд ли можно использовать во взвешенном слое. Его целесообразно заменить на иониты АН-221 или АН-511, имеющие близкие к АН-31 характеристики при высокой механической прочности.

При анионировании гидролизата с удельной нагрузкой 5 л/(л·ч) концентрация летучих кислот в общем объеме фильтрата (в пересчете на уксусную) составила 2,10 г/л, в исходном гидролизате – 2,16 г/л. Таким образом, органические кислоты в данных условиях практически не

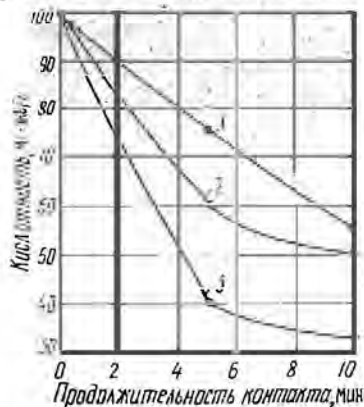


Рис. 3. Изменение кислотности раствора  $H_2SO_4$  в процессе контакта с ионитом АН-31 при различной температуре (дозировка 10 г/л) 1 – 20; 2 – 50; 3 – 90 °C

поглощаются АН-31. Поэтому все изменение кислотности может быть отнесено за счет поглощения ионитом сульфат-ионов. Изменение концентрации сульфат-ионов в фильтрате при анионировании гидролизата с удельной нагрузкой 5 л/(л·ч) представлено на рис. 4. В целом за цикл около половины свободной серной кислоты не задерживается ионитом и проходит в фильтрат. (В данном случае перед нами не стояла задача полного удаления из гидролизата сульфат-ионов.) Наличие определенного количества серной кислоты в фильтрате даже желательно, поскольку при этом отпадает необходимость отмывки регенерирующего раствора из ионита после регенерации. Кроме того, в случае удаления из регенерата избытка аммиака путем продувки воздухом или паром аммиак может быть направлен на нейтрализацию фильтрата.

Анионирование гидролизного субстрата и ОКЖ менее эффективно по сравнению с анионированием гидролизата, но тем не менее оно также может представлять интерес для производства.

При анионировании субстрата концентрация фосфатов в общем объеме фильтрата в пересчете на  $P_2O_5$  снизилась с 283 до 202 мг/л, что указывает на заметное поглощение ионитом фосфат-ионов. Следовательно, для исключения потерь фосфатов при анионировании субстрата фосфорное питание следует вводить уже в фильтрат.

При анионировании ОКЖ в общем объеме фильтрата также снизилась концентрация фосфатов в пересчете на  $P_2O_5$  со 141 до 93 мг/л или на 34 %. Это позволяет значительно уменьшить загрязненность сточных вод гидролизных заводов по фосфорсодержащим соединениям.

Изменение ХПК фильтрата при анионировании ОКЖ отражено на рис. 5. В первой фракции показатель ХПК почти в два раза ниже, чем в исходной ОКЖ, затем он повышается почти до исходного уровня, после чего заметно снижается. Возможно, характер изменения ХПК обусловлен сорбцией ионитом из первых фракций органических кислот и последующим вытеснением их сульфат-ионом. В среднем за цикл снижение ХПК культуральной жидкости составляет около 25 %.

Регенерацию слабоосновных анионитов рекомендуется проводить растворами щелочей концентрацией 0,5...1,5 н. с использованием противотока, т. е. в направлении, противоположном анионированию.

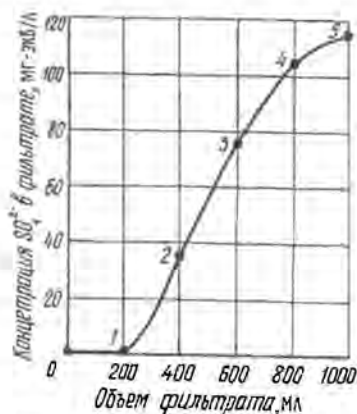


Рис. 4. Изменение концентрации сульфат-иона во фракциях гидролизата, обработанного АН-31 в динамических условиях (Здесь и на рис. 5 цифрами обозначены номера фракций.)

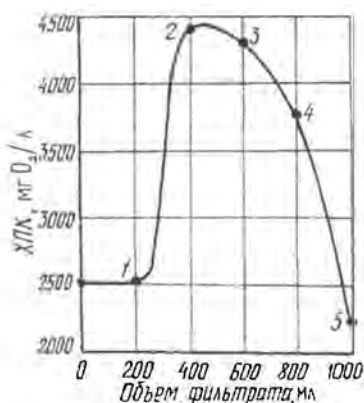


Рис. 5. Изменение ХПК во фракциях ОКЖ, обработанной АН-31 в динамических условиях (удельная нагрузка 5 л/(л·ч))

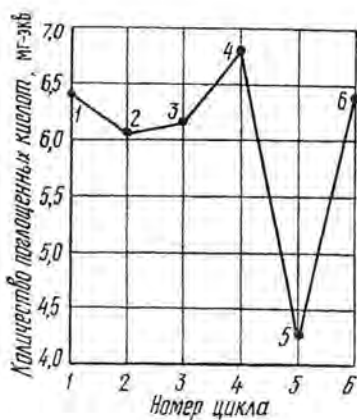
Это позволяет при близком к стехиометрическому расходе щелочи получать регенераты относительно высоких концентраций [1]. При регенерации АН-31 в  $\text{SO}_4$ -форме раствором аммиака (концентрация 1,5 н.) концентрация сульфата аммония в регенерате составляет около 90...100 г/л. В целях увеличения концентрации сульфата аммония в регенерате нами исследована возможность регенерации ионита растворами с большим содержанием аммиака. Для этого ионит регенерировали растворами аммиака (концентрация 3 н. и 6 н.) при противотоке и удельной нагрузке 3...4 л/(л·ч). Регенерат отбирали фракциями по 10 мл и определяли в них содержание сухих веществ, которые состоят в основном из сульфата аммония. Результаты представлены в таблице, из данных которой видно, что, при концентрации аммиака в регенерирующем растворе 3 н. и 6 н. содержание сухих веществ, следовательно сульфата аммония, не выше, чем при концентрации 1,5 н. Таким образом, целесообразно регенерировать ионит раствором аммиака концентрацией 1,5 н.

Номер фракции регенерата	Концентрация сухих веществ в регенерате, г/л
1	66,2 / 73,5
2	97,9 / 99,5
3	114,6 / 102,6
4	111,2 / 104,9
5	53,3 / 51,1
6	12,4 / 9,7

Примечание. В числителе приведены данные при концентрации аммиака в регенерирующем растворе 6 н., в знаменателе — 3 н.



Рис. 6. Поглощение кислот ионитом АН-31 при обработке его гидролизатом в динамических условиях (удельная нагрузка 5 л/(л·ч); объем гидролизата 1 л; в цикле 5 удельная нагрузка составила 50 л/(л·ч); взвешенный слой; цифрами обозначены номера циклов)



При этом допустимо наличие в регенерате некоторого количества свободного аммиака, который при необходимости можно нейтрализовать серной кислотой или удалить продувкой воздухом или паром, а затем направить на донейтрализацию гидролизата или в ферментаторы. Получаемый при регенерации раствор, содержащий в качестве основного компонента около 90...100 г/л сульфата аммония, может быть использован либо как удобрение или сырье для производства кристаллического сульфата аммония (возможно непосредственно на гидролизном предприятии), либо предварительно упарен до рассола с массовой долей сухих веществ 20...40 %.

Коллоидные и красящие вещества гидролизатов растительного сырья растворимы в щелочах, поэтому основное их количество, сорбированное ионитом, при регенерации должно переходить в регенерат. Однако ионит, имеющий изначально желто-оранжевую окраску, после первого же цикла работы приобретает темнокоричневый цвет, не устранимый при регенерации, что говорит о необратимой сорбции части красящих веществ. Однако это не ухудшает ионообменные свойства АН-31: после восьми циклов работы его статическая обменная емкость не изменилась. На рис. 6 показан характер изменения количества кислот, поглощаемых ионитом из гидролизата, в зависимости от числа циклов. Как видно из данных рис. 6, рабочая обменная емкость ионита за шесть циклов не уменьшилась.

Продолжительность службы АН-31 в водоподготовке составляет не менее 4 лет [1]. С учетом достаточно жестких условий при анионировании горячего гидролизата этот срок для АН-31 может составить, вероятно, около года. Более точные данные о сроках службы ионита могут быть получены в процессе длительных испытаний.

Проведенная нами примерная оценка экономической эффективности показала, что производство сульфата аммония в сочетании со снижением загрязненности сточных вод при анионировании гидролизных сред ионитом АН-31 может быть высокорентабельным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Аширов А. Ионнообменная очистка сточных вод, растворов и газов. - Л.: Химия, 1983. - 295 с. [2]. Емельянова Е.З. Химико-технический контроль гидролизных производств. - М.: Лесн. пром-сть, 1976. - 328 с. [3]. Иониты. Каталог / Сост. под рук. А. Б. Пашкова. - Черкассы: Отд. НИИТЭ-ХИМ. - 1975. - 37 с. [4]. Холькин Ю.И. Технология гидролизных производств. - М.: Лесн. пром-сть, 1989. - 496 с. [5]. Цитович И.К. Курс аналитической химии: Учеб. для с.-х. вузов. - 6-е изд., испр. и доп. - М.: Высш. шк., 1994 - 495 с. [6]. Шарков В.И. Технология гидролизных производств. - М.: Лесн пром-сть, 1973. - 408 с.

УДК 536.253:66.041

## С.И. ОСТАШЕВ, Э.Н. САБУРОВ

Архангельский государственный технический университет



Осташев Сергей Иванович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры теплотехники Архангельского государственного технического университета. Имеет более 70 печатных трудов в области исследования аэродинамики и конвективного теплообмена в циклонных устройствах различного технологического назначения.



Сабуров Эдуард Николаевич родился в 1939 г., окончил в 1961 г. Архангельский государственный лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники, проректор по научной работе Архангельского государственного технического университета, академик Российской и Международной инженерных академий, Российской академии естественных наук, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет более 300 публикаций в области аэродинамики и конвективного теплообмена в сильно закрученных потоках, их использования для интенсификации процессов теплообмена в аппаратах различного технологического назначения.

## ТЕПЛООТДАЧА В ЦИКЛОННОМ ТЕПЛООБМЕННОМ УСТРОЙСТВЕ

На основе экспериментального исследования и обобщения опытных данных получены рекомендации для расчета теплоотдачи на круглой цилиндрической теплопередающей поверхности циклонного теплообменного устройства.

Based on experimental investigation and generalization of experimental data the recommendations have been derived for calculating heat emission on round cylindrical heat-transmitting surface of cyclone heat exchanger.

Сложная структура потока в циклонных нагревательных и теплообменных устройствах, применяемых на деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных предприятиях [3], значительно затрудняет использование математических моделей в исследовании конвективного теплообмена. Поэтому основным направлением в решении как внешних, так и внутренних задач теплоотдачи в них все еще остаются экспериментальные методы [2].

Особенность рассматриваемой задачи теплообмена заключается в том, что в циклонном потоке возникают инерционные массовые силы, которые оказывают значительное влияние на условия теплоотдачи. В общем случае в циклонном устройстве наблюдается неоднородность распределения по радиусу не только центростремительного ускорения, но и плотности среды. В работе [4] разработана методика обобщения опытных данных, учитывающая отмеченные особенности циклонного потока. Влияние геометрических и режимных характеристик циклонной камеры на интенсивность теплоотдачи учитывалось косвенно через выбор в качестве характерных параметров потока максимальных значений тангенциальной скорости и центростремительного ускорения, а также радиусов, определяющих их положение. В то же время при проведении ряда расчетов, в том числе и связанных с энергоэкономической оптимизацией геометрических и режимных характеристик циклонных теплообменников, оказалось целесообразнее использовать уравнения теплоотдачи, формально построенные с использованием параметров, заданных в условиях однозначности задачи. Как известно, такие зависимости наглядны и включают непосредственно относительные геометрические характеристики поверхности теплоотдачи и потока.

В работе использованы как новые экспериментальные данные, так и полученные ранее для аналогичной задачи теплообмена [4].

Экспериментальные исследования выполнены на циклонных теплообменных устройствах с внутренним диаметром  $D_k$  рабочего объема, равным 0,201 и 0,310 м (рис. 1). Относительные геометрические характеристики теплообменных устройств варьировали в следующих

относительных диапазонах: длину  $\bar{L}_k = L_k / D_k$  — от 0,54 до 1,58;

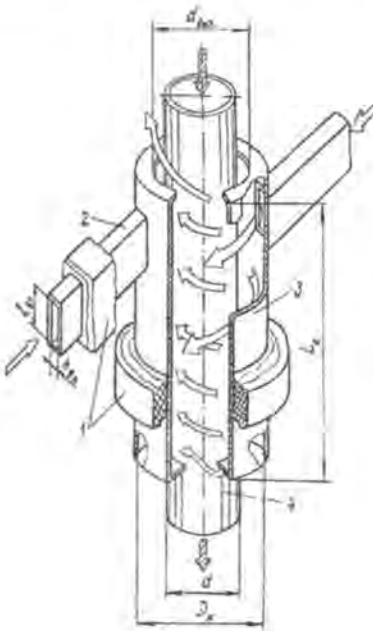


Рис. 1. Схема циклонного теплообменного устройства: 1 - изоляция; 2 - входной канал; 3 - корпус; 4 - теплопередающая труба

площадь каналов для ввода потока  $f_{вх} = 8 h_{вх} l_{вх} / \pi D_k^2 = 4 f_{вх} / \pi D_k^2$  - от  $0,5 \cdot 10^{-2}$  до  $10,21 \cdot 10^{-2}$ ; диаметр выходного отверстия  $\bar{d}_{вых} = d_{вых} / D_k$  - от 0,2 до 1,0; диаметр теплопередающей трубки  $\bar{d} = d / D_k$  - от 0,145 до 0,503. Труба с  $\bar{d} = 0,324$  имела три типоразмера

относительной высоты шероховатости рабочей поверхности  $\bar{\Delta} = \Delta / D_k$ :  $0,020 \cdot 10^{-2}$ ,  $0,216 \cdot 10^{-2}$  и  $0,623 \cdot 10^{-2}$ . В экспериментах длина рабочего участка трубы-калориметра равнялась длине рабочего объема камеры  $L_k$ . При проведении экспериментов нами выполнено около 500 опытов. Используемая в работе методика измерений [2] обеспечивала требуемую точность и хорошую воспроизводимость результатов. Относительная погрешность измерения расхода составляла 1,9 %, коэффициента теплоотдачи - 2,4 %.

В результате обобщения опытных данных получена следующая корреляционная зависимость:

$$Nu = 0,0139 Re^{0,8} Pr^{0,43} Ko_{г\epsilon_{ш}} \epsilon_{т}, \quad (1)$$

где  $Nu$  - число Нуссельта,  $Nu = \alpha d / \lambda_{вх}$ ;

$\alpha$  - средний для поверхности трубы коэффициент теплоотдачи;  
 $\lambda_{вх}$  - коэффициент теплопроводности при температуре потока на входе в теплообменное устройство  $T_{вх}$ ;

$Re$  - число Рейнольдса,  $Re = v_{вх} d / \nu_{вх}$ ;

$v_{вх}$  - скорость потока в каналах для ввода потока в циклонное устройство;

$\nu_{\text{вх}}$  – коэффициент кинематической вязкости при  $T_{\text{вх}}$ ;

$\text{Pr}$  – число Прандтля при  $T_{\text{вх}}$ ;

$\text{Ko}_r$  – безразмерный геометрический комплекс,

$$\text{Ko}_r = (\bar{f}_{\text{вх}} / \bar{f}_{\text{вх}}^{\text{нск}})^{0,49} \bar{d}^{0,2} (D_k / D_k^{\text{нск}})^{0,39} (\bar{d}_{\text{вых}} / b)^0;$$

$\bar{f}_{\text{вх}}^{\text{нск}}, D_k^{\text{нск}}$  – соответственно безразмерная площадь входа и диаметр камеры, при которых выполнен основной объем исследований,  $\bar{f}_{\text{вх}}^{\text{нск}} = 0,0477$ ,  $D_k^{\text{нск}} = 0,31$  м;

$a, b$  – коэффициенты, зависящие от  $\bar{d}_{\text{вых}}$  (при  $\bar{d}_{\text{вых}} < 0,4$  имеем

$$a = -0,65, \quad b = 0,4; \quad \text{при } \bar{d}_{\text{вых}} = 0,4 \dots 0,6 \text{ имеем } a = 0;$$

$$\text{при } \bar{d}_{\text{вых}} > 0,6 \text{ имеем } a = -1,10, \quad b = 0,60);$$

$E_{\text{ш}}$  – поправочный множитель, отражающий влияние  $\Delta$  на интенсивность теплоотдачи;

$e_r$  – поправка на неизотермичность потока.

Формула (1) справедлива в диапазоне изменения  $\text{Re}$  от  $1,07 \cdot 10^4$  до  $4,68 \cdot 10^5$ . Вероятное относительное среднеквадратическое отклонение опытных точек от расчетной зависимости (1) при значении коэффициента надежности  $P = 0,95$  не превышает  $\pm 13,3\%$ .

Результаты обобщения опытных данных и их сопоставление с зависимостью (1) приведены на рис. 2.

Корреляционная взаимосвязь (1) между уровнем теплоотдачи и геометрическими параметрами теплообменника с технически гладкой поверхностью рабочего канала свидетельствует об увеличении интенсивности теплоотдачи с ростом площади входа ( $\alpha \sim \bar{f}_{\text{вх}}^{0,49}$ ) и ее снижении с увеличением диаметра теплопередающей трубы ( $\alpha \sim \bar{d}^{0,4}$ ). Влияние диаметра выходного отверстия на  $\alpha$  не монотонно: при  $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,4 \dots 0,6$  оно практически не проявляется, а в области меньших и больших значений  $\bar{d}_{\text{вых}}$  коэффициент  $\alpha$  уменьшается с ростом  $\bar{d}_{\text{вых}}$  (соответственно  $\alpha \sim \bar{d}_{\text{вых}}^{0,65}$  и  $\alpha \sim \bar{d}_{\text{вых}}^{-1,1}$ ). Более сложный характер имеет зависимость  $\alpha$  от внутреннего диаметра рабочего объема теплообменного устройства. Увеличение  $D_k$  приводит к уменьшению интенсивности теплоотдачи при  $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,4 \dots 0,6$  ( $\alpha \sim D_k^{-0,4}$ ) и к ее увеличению при  $\bar{d}_{\text{вых}} < 0,4$  и  $\bar{d}_{\text{вых}} > 0,6$  ( $\alpha \sim D_k^{0,25}$  и  $D_k^{0,70}$  соответственно). Коэффициент теплоотдачи практически не зависит от безразмерной длины циклонной камеры в рассмотренном диапазоне ее изменения. Общие закономерности теплоотдачи, установленные применительно к технически гладким теплопередающим трубам, сохраняются и для шероховатых. Уровень

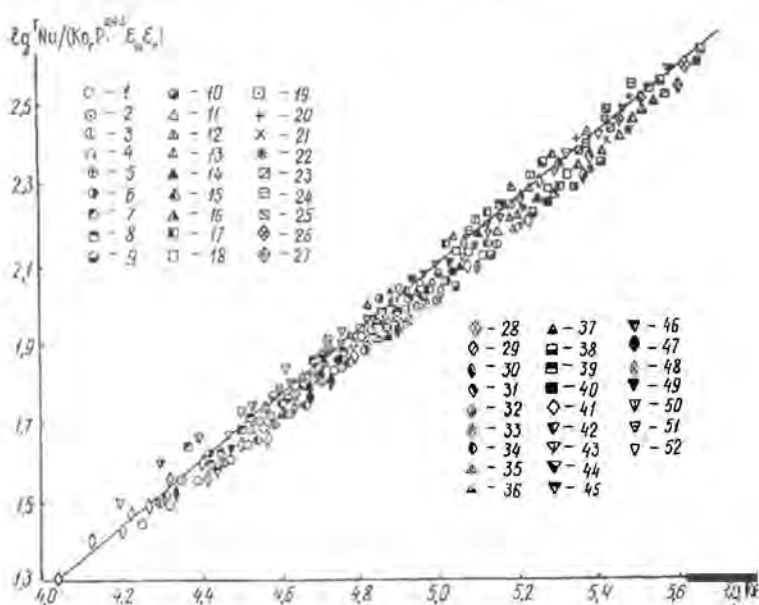


Рис. 2. Обобщение экспериментальных данных по теплоотдаче на поверхности теплопередающей трубы циклонного теплообменного устройства:  $l - 40 - D_k = 0,310$  м;  $4l - 52 - 201$ ;  $l - 5 - \bar{d} = 0,145$ ;  $6 - 10 - 0,177$ ;  $47 - 49 - 0,200$ ;  $11 - 14 - 0,242$ ;  $17 - 40 - 0,342$ ;  $41 - 46 - 0,370$ ;  $50 - 53 - 0,500$ ;  $23 - \bar{f}_{вх} \cdot 10^2 = 0,5$ ;  $24 - 2,39$ ;  $41 - 43$ ,  $47 - 52 - 4,00$ ;  $1 - 22$ ,  $26 - 40 - 4,77$ ;  $25 - 9,54$ ;  $44 - 46 - 10,20$ ;  $1 - 34$ ,  $41 - 52 - \bar{\Delta} \cdot 10^2 = 0,02$ ;  $35 - 37 - 0,213$ ;  $38 - 40 - 0,623$ ;  $26, 30, 34 - L_k = 0,5$ ;  $27, 31 - 0,73$ ;  $28, 32 - 0,87$ ;  $33 - 1,01$ ;  $1 - 25$ ,  $35 - 40 - 1,12$ ;  $41 - 52 - 1,57$ ;  $1, 6 - \bar{d}_{вх} = 0,2$ ;  $49 - 0,25$ ;  $2, 7, 11 - 0,3$ ;  $3, 8, 12, 17, 23 - 29, 35, 38, 43 - 0,4$ ;  $48 - 0,45$ ;  $4, 9, 13, 15, 18, 34, 36, 39, 42 - 0,5$ ;  $52 - 0,55$ ;  $5, 10, 14, 16, 19, 37, 40, 41, 47, 51 - 0,6$ ;  $20, 50, - 0,70$ ;  $21 - 0,85$ ;  $22 - 1,00$

теплоотдачи повышается с увеличением относительной шероховатости их поверхности. Влияние  $\Delta$  на конвективный теплообмен может быть учтено поправочными коэффициентами:

при  $d_{вх} = 0,4$

$$\epsilon_{ш} = \exp [-615 (\bar{\Delta} - 0,0002)] \text{Re}^{59 (\bar{\Delta} - 0,0002)}; \quad (2)$$

при  $d_{вх} = 0,5 \dots 0,6$

$$\epsilon_{ш} = \exp [-210 (\bar{\Delta} - 0,0002)] \text{Re}^{20 (\bar{\Delta} - 0,0002)}. \quad (3)$$

Для газообразных теплоносителей влияние на теплообмен изменения их физических свойств от температуры можно учесть, как это обычно делается, введением в уравнение подобия дополнительного со-

множителя  $\varepsilon_T$ , называемого температурным фактором. Он представляет отношение температуры наружной поверхности трубы  $T_w$  к характерной температуре для потока  $T_0$ , взятое в некоторой степени. Отличительная особенность рассматриваемой задачи (как уже отмечалось) состоит в том, что при вращении теплоносителя в потоке возникают центробежные силы. Они влияют на формирование пограничного слоя на поверхности трубы и, следовательно, на теплоотдачу. Влияние неизотермичности на теплообмен в этих условиях проявляется дополнительно через изменение плотности теплоносителя в пограничном слое. Анализ поправки, учитывающий влияние изменения плотности потока на распределение центростремительного ускорения и его величину, показал, что фактически она является тем же температурным фактором. Поправка на изменение центробежных сил в связи с изменением плотности потока у поверхности теплоотдачи  $(1 \pm \beta \Delta T) = T_w / T_0$  (где  $\beta = 1 / T_0$ ;  $\Delta T$  – температурный напор, при нагреве среды  $\Delta T = T_w - T_0$ , при охлаждении  $\Delta T = T_0 - T_w$ ) [2].

Таким образом, для рассматриваемой задачи результирующий показатель степени отношения  $T_w / T_0$  должен определяться как с учетом общих рекомендаций, связанных с влиянием неизотермичности на теплофизические характеристики среды в пограничном слое (например [1]), так и требований, связанных с ее влиянием на центробежные силы [2]. В первом приближении (до проведения специальных опытов) можно предположить, что он может быть определен сложением значений показателей степени при температурном факторе по имеющимся рекомендациям для каждой из рассмотренных составляющих общего влияния неизотермичности на течение в пограничном слое на поверхности трубы.

Для учета влияния физических особенностей газового потока на коэффициент теплоотдачи в уравнение (1) в соответствии с общепринятым подходом введено число Прандтля.

Разработанные расчетные рекомендации позволяют сравнивать интенсивность теплоотдачи на поверхности теплопередающей трубы циклонного теплообменного устройства и на внешней поверхности внутренней трубы кольцевого канала при их одинаковых геометрических параметрах и расходных характеристиках. Сопоставление показало, что в циклонном теплообменнике с  $D_k = 201$  мм,  $d = 41 \dots 101$  мм,

$\bar{f}_{вх} = 0,04$ ,  $\bar{d}_{вых} = 0,6$  при  $Re = 1 \cdot 10^5$  интенсивность теплоотдачи в 3,90 ... 4,85 раза выше, чем в кольцевом канале.

### Выводы

1. В результате экспериментального исследования конвективно-го теплообмена в кольцевом циклонном теплообменном устройстве получено обобщающее уравнение, позволяющее рассчитать коэффициент теплоотдачи на поверхности внутренней теплопередающей круглой цилиндрической трубы. Уравнение справедливо в широком диапазоне основных геометрических и режимных характеристик циклонных теплообменных устройств.

2. Теплоотдача на поверхности теплопередающей трубы в циклонном теплообменном устройстве отличается высокой интенсивностью и значительно превышает ее уровень на поверхности внутренней трубы в кольцевых каналах аналогичной геометрии при аксиальном движении теплоносителя.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 320 с.
  2. Сабуров Э.Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. - 240 с.
  3. Сабуров Э.Н., Карпов С.В. Циклонные устройства в деревообрабатывающем и целлюлозно-бумажном производстве. - М.: Экология, 1993. - 368 с.
  4. Сабуров Э.Н., Осташев С.И. Исследование теплоотдачи цилиндрической вставки, соосной с рабочим объемом циклонной камеры // Энергетика, - 1979. - № 6. - С. 66-72. - (Изв. высш. учеб. заведений).
-



## ЮБИЛЕИ

УДК 06.091.5

## ВЛАДИМИР МИХАЙЛОВИЧ ИВОНИН

13 декабря 1998 г. исполняется 60 лет заведующему кафедрой экологии и лесных мелиораций Новочеркасской государственной мелиоративной академии, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, действительному члену Российской академии аграрного образования и Нью-Йоркской академии наук, заслуженному деятелю науки Российской Федерации Владимиру Михайловичу Ивонину.

Вся его трудовая и научная деятельность связана с мелиорацией эродированных и овражно-балочных земель, охраной окружающей среды. В 1968 г. Владимир Михайлович окончил лесохозяйственный факультет Новочеркасского инженерно-мелиоративного института (ныне Новочеркасская государственная мелиоративная академия). Он начал свою деятельность инженером-лесомелиоратором в проектно-институте Южгипрозем. С 1969 г. по 1975 г. он учился в аспирантуре и работал в Донском сельскохозяйственном институте, где защитил кандидатскую диссертацию, посвященную системе мер борьбы с эрозией на водосборах. С 1975 г. по 1979 г. В. М. Ивонин сначала заведующий Саратовским опорным пунктом ВНИИЛМ, а затем старший научный сотрудник отдела эрозии почв ВНИАЛМИ. В 1979 г. он организовал и стал руководить лабораторией по борьбе с эрозией почв Западно-Сибирского филиала ВНИАЛМИ в г. Барнауле. В 1984 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Агролесомелиорация склоновых земель на лессовидных породах в районах овражной эрозии РСФСР».

Исследованиями были охвачены крупные регионы России: бассейн Среднего и Нижнего Дона, Приволжская возвышенность, Бийско-Чумышская возвышенность. Весомым вкладом в науку явились фундаментальные разработки ученого:

развитие теории овражной эрозии на основе раскрытия особенностей оврагообразования в пылеватых (лессовых) и глинистых породах, опоках и меллах; изучение механизма трансображного размыва в техногенно преобразованных или нарушенных породах; разработка инженерно-геологической классификации оврагов, позволяющей дифференцировать применение технических средств регулирования оврагов и методов ландшафтно-инженерных работ на эродированных склонах;

формирование основ теории агролесомелиорации водосборов в результате обоснования ее основной теоретической концепции в виде «противоэрозионной инженерно-биологической системы» водосбора как целостности множества технических и биологических элементов, взаимоотношения и связи которых друг с другом и окружающей средой направлены на достижение устойчивости, продуктивности, оптимизации агроландшафтов и охрану природы.

В 1985 г. В. М. Ивонин был приглашен на заведование кафедрой биологии и охраны природы Новочеркасского инженерно-мелиоративного института.



В 1987 г. ВАК присвоил ему ученое звание профессора. В НИМИ (с 1996 г. – НГМА) Владимир Михайлович организовал и возглавил кафедру экологии и охраны природы (с 1997 г. кафедра экологии и лесных мелиораций).

С этого времени круг научных интересов В. М. Ивонина значительно расширился. Он провел крупные исследования по экологии степных лесов и лесных насаждений, их средозащитной роли и охране почв от загрязнения в районах путей транспорта, животноводческих комплексов, свалок твердых бытовых и токсичных промышленных отходов, а также при охране малых рек; разработал модели лесоаграрного обустройства балочных земель для повышения биоразнообразия, устойчивости и средозащитной роли древесно-травянистых фитоценозов. В последнее время он изучает рекреационную систему Сочинского национального парка и средозащитную роль горных лесов.

В. М. Ивонин развивает новые направления в науке:

теория оврагообразования в связи с динамикой инженерно-геологической обстановки;

формирование, повышение устойчивости и продуктивности овражных и балочных псевдопойм;

теория противозрозионных инженерно-биологических систем водосборов;

теория лесоаграрного обустройства балочных земель для повышения устойчивости, биологического разнообразия и средозащитной роли древесно-травянистых фитоценозов при допустимых рекреационных нагрузках;

лесомелиорация урбанизированных ландшафтов.

В научной литературе прижились термины, которые ввел В. М. Ивонин: «трансображательный размыв», «ображательная или балочная псевдопойма», «противозрозионная инженерно-биологическая система» и др.

Много внимания В. М. Ивонин уделяет учебно-методической работе. С 1988 г. он подготовил и издал десять учебных пособий, учебников по вопросам экологии, охраны природы и защитного лесоразведения, которые используются в учебном процессе аграрных и лесных вузов России и стран СНГ. По результатам научных исследований издано пять монографий общим объемом около 53 печ. л., пять нормативных документов для производства. Всего В. М. Ивониным опубликовано более 250 научных и учебно-методических работ.

Под руководством Владимира Михайловича успешно защитили кандидатские диссертации 8 человек. Он является членом диссертационного совета Д 120.76.01 по специальности 06.01.02 – «Сельскохозяйственные мелиорации», председателем диссертационного совета К 120.76.01 по специальности 11.00.11 – «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», а также членом совета по защите диссертаций в Воронежской лесотехнической академии.

Кафедра, возглавляемая В. М. Ивониным, осуществляет связи и ведет обмен научной информацией с учебными и научными организациями 12 стран Европы, Азии, Америки.

Поздравляем В. М. Ивонина с юбилеем, желаем здоровья, творческих успехов в решении намеченных проблем, направленных на развитие лесомелиоративной науки и подготовку высококвалифицированных специалистов для лесного дела.

И. В. Ревяко, Е. В. Полуэктов, А. А. Кульгин,  
Н. Ф. Кулик, В. С. Майоров, П. В. Сидаренко  
Новочеркасская государственная  
мелиоративная академия  
В. И. Петров, И. Г. Зыков  
ВНИАЛМИ

# Для специалистов

## и студентов



**Факультет** природных ресурсов и кафедра промышленного транспорта Архангельского государственного технического

университета готовят к изданию в 1999 г. учебное пособие «Проектирование, строительство и эксплуатация kolejных покрытий из сборных железобетонных плит на автомобильных дорогах промышленного транспорта». Авторы - Ф. А. Павлов и Н. Н. Буторин. В пособии определена область применения kolejных покрытий на промышленном транспорте, охватывающая дороги лесозаготовительных и торфодобывающих предприятий, нефтегазопромыслов и карьеров. Дается современный расчет плит на компьютере, а также приводятся технологические карты строительства, ремонта и содержания дорог данного типа. Пособие объемом около 200 страниц обобщает большой опыт применения автомобильных дорог с данным типом покрытия.

ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ

ЦЕНА ИЗДАНИЯ 19 РУБ.



**ЗАЯВКИ НА ПРИОБРЕТЕНИЕ**

просим направлять по адресу:

163007, Архангельск, наб. Северной Двины, 17,  
АГТУ, кафедра промышленного транспорта.

(818-2) 44-91-51.

# Подписывайтесь

на первое полугодие 1999 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 «Роспечать».

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 направлять редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, бесплатные номера журнала высылаются на территории СНГ и за рубежом.

**Адрес редакции:**

163007, г. Архангельск,  
ул. Северная Двина, 17, АИГУ, «Лесной журнал».

ISSN 0536 - 1036. Изв. вузов. Лесной журнал, № 4, 1 - 146

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Статьи, представляемые в журнал, следует оформлять в соответствии с ОСТ 29.115-88 «Оригиналы авторские и текстовые издательские. Общие технические требования». Объем статьи должен составлять 6-7 страниц машинописного текста, статьи библиографического характера - 3 страницы. Над названием статьи проставляется индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и место работы. Рукописи направляются в редакцию в двух экземплярах, печатаются через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной 30 мм. Все страницы рукописи нумеруются. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные - двумя черточками сверху.

Для отличия без подчеркиваются красным синим.

Приводим журнал не должен Никакие сокращения правило, не должны лишь обихода учреждения и т. п., употребительный раз, пишется сокращается это наименование кратко.

При ссылах других авторов фамилию автора Имена иллюстраций транскрипции, работы - на тиснены. В необходимо ук-

название работы, номер тома, год издания, страницы).

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» и должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы, и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в список литературы. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Иллюстрации представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для сканирования (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью на ватмане, тени на рисунках - при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка указывается его порядковый номер и фамилия автора. Подписи к рисункам прилагаются на отдельном листе.

Рукопись должна быть подписана автором, должны быть написаны дата ее отправки, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Для ускорения публикации статей текст необходимо представлять только на дискете 3,5 дюйма.

Для компьютерной верстки журнала используется IBM PC совместимые компьютеры и

ws. Для  
титель-  
Word for

едстав-  
с BMP.

а крат-  
кафед-  
графич-  
ия, имя,  
т (како-  
и место  
в науч-

ить со-  
руко-  
тк пра-

ются.  
могут  
по заяв-

05  
У-332

ISSN 0536 - 1036

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

# ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ 4'98

