

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

3

1997

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:

Проф. **Ю.Г. Бутко**, проф. **А.В. Веретенников**, чл.-кор. **Е.Д. Гельфанд**, чл.-кор. **И.И. Гусев**, акад. **Р.Е. Калитеевский**, акад. **А.Н. Кириллов**, акад. **В.И. Комаров**, проф. **Н.В. Лившиц**, акад. **Е.Г. Мозолевская**, доц. **О. А. Неволин**, акад. **А.Н. Обливин**, акад. **В.И. Онегин**, акад. **Г.С. 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**, чл.-кор. **Е.Н. Самошкин**, акад. **В.И. Санев**, акад. **О. А. Терентьев**, проф. **Ф. Х. Хакимова**, акад. **В. Я. Харитонов**, акад. **Г.А. Чибисов**, проф. **В.В. Щелкунов**, проф. **Х.-Д. Энгельман.**

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

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3

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

Перевод **Л.А. Корельской.**

Компьютерный набор **О.В. Деревцовой**, верстка **Е.Б. Красновой.**

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

Сдан в набор 08.04.97. Подписан в печать 06.06.97. Рег. № 745.

Форм. бум. 70x108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отг. 12,775.

Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1000 экз. Цена свободная.

Архангельский государственный технический университет

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- А.П. Рябоконт.* Структурно-функциональная организация и антропогенная динамика сосняков различного целевого назначения на Восточной Украине _____ 7
- Л.Т. Свиридов.* О классификации способов и устройств для обескрыливания семян хвойных пород _____ 14
- А.В. Лебедев, Э.А. Иванова.* Патология хвойных древостоев, пройденных низовыми пожарами _____ 20

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

- Г.М. Анисимов.* Об управлении экологической совместимостью системы движитель трелевочного трактора – лесная почва _____ 27
- Г.М. Анисимов.* Методика прогнозирования проходимости трелевочного трактора _____ 31
- В.С. Морозов, М.В. Попов.* О методике разработки банка данных для лесовозных дорог Архангельской области _____ 37
- О.М. Соколов, Я.Ю. Марко, В.Р. Ивко.* Экологическое равновесие застраиваемых территорий _____ 44
- А.М. Кулижников, Т.А. Метла, Е.Г. Карзин.* Методы и приборы для изысканий гидрогеологических условий на полосе варьирования трассы в залесенной местности _____ 50

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

- Ю.А. Варфоломеев, Е.Г. Костина.* Энергетический обмен растений при действии антисептиков для древесины _____ 59
- В.В. Таратин.* Влияние геометрических параметров фрезерного инструмента агрегатного оборудования на величину угла среза технологической щепы _____ 64
- О.И. Полубояринов, А.М. Сорокин.* Физические свойства сосновой коры и ее компонентов _____ 70
- В.Н. Ермолин.* Модель древесины как объекта пропитки _____ 75

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- Л.А. Малютина.* Влияние различных способов обезвоживания на извлечение биоактивных веществ из древесной зелени _____ 80
- Н.Д. Камакина, Е.В. Новожилов.* Об определении количества модификатора в модифицированных технических лигносульфонатах _____ 85
- И.С. Гелес.* Отходы окорки ели как сырье для получения хвойного эфирного масла _____ 89
- Э.И. Гермер, Л.О. Иоффе, Ю.С. Иванов, А.Б. Бродерзон, Н.И. Фомина.* Катализ кислородно-щелочной делигнификации щепы в пульсационной варочной установке с применением нового эффективного катализатора _____ 95

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

- С.И. Свищев.* «Экономическая теория» или «Теоретическая экономика»*. 110

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Л.Х. Езиев.* Рост вяза перистоветвистого и платана восточного в насаждениях южного Узбекистана _____ 114
- Т.С. Исупова.* К вопросу о динамике рычажно-грузового механизма натяжения пилы вертикального ленточнопильного станка.... 117
- В.Б. Кунтъиш, Н.Н. Стенин.* Теплообмен и сопротивление зигзагообразных ребристых пучков _____ 120
- С.И. Осташев, Э.Н. Сабуров, Н.В. Смолина.* Исследование циклонного потока в окрестности круглой соосной с ним трубы _____ 128

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Г.С. Войнов.* Развитие идей В.В. Докучаева в лесной биогеоценологии (К 150-летию со дня рождения В.В. Докучаева) _____ 141
-

CONTENTS

FORESTRY

<i>A.P. Ryabokon'.</i> Structural-and-Functional Organization and Anthropogenic Dynamics of Multiple-Purpose Pine Forests in Eastern Ukraine.....	7
<i>L.T. Sviridov.</i> On Classification of Methods and Devices for Dewinging Coniferous Seeds.....	14
<i>A.V. Lebedev, E.A. Ivanova.</i> Pathology of Coniferous Tree Stands Affected with Ground Fires.....	20

WOODEXPLOITATION

<i>G.M. Anisimov.</i> On Ecological Compatibility Control of Skidding Tractor's Propelling Device – Forest Soil System.....	27
<i>G.M. Anisimov.</i> Methods of Forecasting the Capacity of Skidding Tractor for Cross-Country Travel.....	31
<i>V.S. Morosov, M.V. Popov.</i> On Methods of Forest Roads' Data Bank Engineering in Archangelsk Region.....	37
<i>O.M. Sokolov, Ya.Yu. Marko, V.R. Ivko.</i> Ecological Balance of Developed Territories.....	44
<i>A.M. Kulizhnikov, T.A. Metla, E.G. Karzin.</i> Methods and Equipment for Examining Hydrogeologic Conditions along the Belt of Course Variation in a Forested Area.....	50

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>Yu.A. Varfolomeev, E.G. Kostina.</i> Plant Energy Exchange Acted upon by Wood Preservatives.....	59
<i>V.V. Taratin.</i> Influence of Geometrical Parameters of Cutting Tools of Gang Saws on Bevelling Angle of Chips.....	64
<i>O.I. Poluboyarinov, A.M. Sorokin.</i> Physical Properties of Pine Bark and its Components.....	70
<i>V.N. Ermolin.</i> A Model of Wood as an Object of Impregnation.....	75

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>L.A. Malyutina.</i> The Influence of Different Dehydration Processes on Extraction of Bioactive Substances from Woody Green.....	80
<i>N.D. Kamakina, E.V. Novozhilov.</i> On Quantity Determination of Modifier in Modified Technical Lignosulfonates.....	85
<i>I.S. Geles.</i> Spruce Barking Wastes as Raw Material for Producing Coniferous Volatile Oil.....	89
<i>E.I. Germer, L.O. Ioffe, Yu.S. Ivanov, A.B. Broderson, N.I. Fomina.</i> Catalysis of Oxygen-Alkaline Chip Delignification in Fluctuating Cooking Plant Using Recent Efficient Catalyst.....	95

METHODS AND PRACTICAL EXPERIENCE OF TEACHING

<i>S.I. Svishchev.</i> «Economic Theory» or «Theoretical Economics».....	110
--	-----

SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- L.Kh. Eziev.* Growth of Elm (*Ulmus pinnatoramosa* Diesk) and Plane (*Platanus orientalis* L.) Trees in Groves of Southern Uzbekistan _____ 114
- T.S. Isupova.* On Problem of Dynamics of Leverage-Loading Mechanism of Vertical Bandsaw Tensioning _____ 117
- V.B. Kuntysh, N.N. Stenin.* Heat Exchange and Resistance of Ribbed Zigzag Banks _____ 120
- S.I. Ostashev, E.N. Saburov, N.V. Smolina.* Investigation into Cyclone Flow in the Vicinity of a Round Coaxial Tube _____ 128

HISTORY OF SCIENCE

- G.S. Voinov.* Development of V.V. Dokuchaev's Concepts in Forest Biogeocenology (To the 150 th Anniversary of V.V. Dokuchaev's Birthday). 141
-

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*23

А.П.РЯБОКОНЬ

УкрНИИЛХА

Рябокоть Александр Петрович родился в 1949 г., окончил в 1970 г. Марийский политехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории лесоводства УкрНИИЛХА. Имеет 95 печатных работ в области лесной таксации, лесоводства, лесных культур, экологического лесоведения, квалиметрии древесного сырья.

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
И АНТРОПОГЕННАЯ ДИНАМИКА СОСНЯКОВ
РАЗЛИЧНОГО ЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ
НА ВОСТОЧНОЙ УКРАИНЕ**

Приведены экспериментальные данные о выращивании сосны по новым технологиям. Показано соотношение между биологическим и хозяйственным оптимумами густоты культур.

The experimental data on pine trees cultivation by new techniques have been presented. The correlation between biological and economic optimums of tree density is revealed.

Сосняки характеризуются широкой экологической амплитудой. В оптимальных условиях (B_{2-3} , C_{2-3}) лимитирующим фактором их роста является не плодородие почв, а освещенность деревьев главной породы, т.е. в процессе лесовыращивания главную роль играет лесоводственный аспект формирования структуры насаждений рубками ухода.

В пределах ареала сосна обыкновенная подвергается значительной изменчивости в разных климатических и лесорастительных услови-

ях, но многие ее биологические особенности стабильны. Для сосновых насаждений характерна только им свойственная биологическая совокупность эндогенных факторов (определенные экологические связи, характер дифференциации и естественного изреживания, формирование стволов и древесины, текущий прирост и продуктивность, устойчивость к фито- и энтомовам, снеголому, ветровалу, пожарам и т.д.).

Лесокультурное производство ориентировано на смыкание крон в сжатые сроки, поэтому саженцы высаживают густо в ряду (0,50 ... 0,75 м), междурядьями 2,2...2,5 м. Ранее на производстве применяли схему 1,50×0,75 м, которая встречается в опытных культурах разной густоты посадки (Тростянецкий гослесхоз - культуры 1927, 1940 гг., Боярская ЛОС - 1940 г., Житомирский гослесхоз - 1958 г.).

Обследование культур В.П. Головащенко в Житомирском гослесхозе показало, что в свежей субори за счет загущения деревьев в рядах (шаг посадки 0,4...0,5 м, междурядья 2,0; 1,5; 1,0 м) вследствие конкурентной борьбы (варианты без рубок ухода) наблюдается снижение средних диаметров за первые 30 лет роста культур: при междурядьях 2×1...2 м - 40, 1,5×1,5 м - 24, 1×1 м - 20 % [2]. Это отрицательное явление устраняется рубками ухода в рядах, где выявленная разница в значениях диаметров при междурядьях 2,0 м снивелирована до 30, 1,5 м - до 7, 1,0 м - до 14 %. Но вырубленные в рядах деревья относятся к IV - V классам роста по Г. Крафту; они не пригодны ни как новогодние елки, ни на хвойную зелень. А изготавливать технологическую щепу не позволяет отсутствие соответствующих механизмов и промышленных объемов древесины на компактных лесных площадях. Поэтому срубленные деревья, как правило, складывают в кучи прямо на лесных участках. Перегнивая, они захламляют сосновые леса, повышают пожарную опасность. Осветления и прочистки, как правило, экономически невыгодны.

В разработанных [3] экологически безопасных энергосберегающих технологиях эндогенные факторы увязаны с экзогенными, которые привносятся в древостой линейной технологией рубок ухода (условия работы машин и механизмов, повреждения деревьев и свежие пни как окна для спор корневой рубки, смена состояния почв и т.д.).

В заложенном В.П. Головащенко опыте есть два варианта с 1,5-метровыми междурядьями, но разным шагом посадки (1,5 и 0,4...0,5 м). По отношению к предложенным технологиям они полярны. Нормативы интенсивной технологии (по а.с. 1178358) занимают среднее положение между этими вариантами.

В схеме 1,5×0,5 м в каждом первом, втором, четвертом, пятом, седьмом, восьмом и т.д. рядах каждый второй саженец сосны заменяют кустарником или оставляют пустое посадочное место, в третьем ряду шаг посадки увеличивают от 0,5...0,7 до 1,0 м, в шестом - 0,75 м. В возрасте осветлений вырубают шестые ряды, прочисток - третьи (относительно густые), которые являются своеобразной «шубой» для более редких целевых рядов, формирующих основную древостой. Расче-

ты показывают, что ожидаемый запас 30-летних древостоев, созданных по предложенной схеме, составит не менее 180...220 м³/га; структура их будет оптимальной в будущем (55...59 % деревьев в 30 лет в основном пологе).

Лесовод-практик обычно вырубает лучшие экземпляры сосны на новогодние елки, оставляя для формирования основного древостоя менее качественные, не пользующиеся спросом. Предложенная технология позволяет от этого избавиться, но не в ущерб экономическим интересам лесного хозяйства. Высококачественные новогодние елки можно успешно заготавливать вырубая целые ряды (третьи и шестые – всего 2,7 тыс. шт./га).

При использовании ресурсосберегающей технологии (а.с. 1505477) культуры, созданные по схеме 1,5×1,5 м, уплотняют кустарником через каждое посадочное место главной породы в ряду, т.е. культуры оказываются близкими к схеме 1,5×1,5 м, где в ряду вместо каждой второй сосны высаживается кустарник, а двадцатый ряд создается с междурядьями 2 м для рубки его в возрасте 25...30 лет под магистральный технологический коридор, с первыми равномерными разреживаниями в 25...30 лет.

Мерами универсальности предложенных технологий служат: а) по а.с. 1178358 – единство линейной технологии рубок ухода и биологии сосновых насаждений, в том числе через оптимальное соотношение редких и густых рядов; б) по а.с. 1505477 – соответствие биологии выращиваемых сосновых насаждений на протяжении первых 25...30 лет.

Предложенные технологические схемы основаны на стабильных свойствах сосны, поэтому они могут быть применены в разных типах условий произрастания. Для каждого типа подбирают определенный кустарник, а сроки рубок ухода могут несколько варьировать в зависимости от трофности условий местопроизрастания. Рекомендованные способы можно использовать там, где раньше создавались как редкие, так и густые культуры (эти технологии объединяют в одном режиме положительные свойства тех и других насаждений).

Заложенные нами культуры сосны в свежей субори – В₂ (бедный подтип) в 1983 г. в Лебединском гослесхозе (ВЛО Сумылес) механизированным способом без предварительной подготовки почвы (ТДТ-40 в агрегате с ЛМД-1) достаточно успешно преодолели фазу индивидуального роста (практически без агротехнических уходов) и чащи. Кроме интенсивной и ресурсосберегающей технологий в состав опыта вошли: поисковая схема (каждый первый, второй, четвертый, пятый и т. д. ряды – шаг посадки 1,5 м, каждый третий, шестой и т.д. ряды – 0,75 м), а также рубка их в возрасте осветлений: контрольный вариант (1,50×0,75 м) и производственные культуры (2,20×0,75 м). Традиционный шаг посадки (0,75 м) приводит к «стрессу» растений в 10-летнем возрасте (табл. 1). Крона существенно деформируется вдоль ряда до 25...42 % (при $t > 2,01$). При шаге посадки 1,5 м культуры имеют правильную форму крон (диаметры их проекций в ряду и междурядьях

Таксационная характеристика 10-летних культур

Шаг посадки, м	n, шт.	Диаметр проекции крон, м				
		поперек ряда		в ряду		
		$M \pm m$	$\pm V, \%$	$M \pm m$	$\pm V, \%$	t^*
Поисковая						
1,50	28	1,5 ± 0,07	14,2	1,4 ± 0,07	28,1	1,0
1,50	30	1,5 ± 0,06	23,0	1,5 ± 0,06	24,7	0,5
0,75	48	1,7 ± 0,07	27,6	1,2 ± 0,05	31,9	6,7
Интенсивная						
1,50	35	1,4 ± 0,07	35,1	1,3 ± 0,07	31,6	0,2
1,50	37	1,6 ± 0,09	32,1	1,4 ± 0,07	30,9	2,3
1,00	49	1,7 ± 0,06	24,4	1,3 ± 0,04	23,6	5,7
0,75	65	1,5 ± 0,06	32,5	1,2 ± 0,04	28,6	4,9
Ресурсосберегающая						
1,50	28	1,4 ± 0,08	30,4	1,3 ± 0,08	32,0	0,4
1,50	29	1,5 ± 0,08	29,5	1,4 ± 0,08	29,9	0,4
1,50	30	1,4 ± 0,08	33,1	1,3 ± 0,07	29,1	0,5
Контрольный						
0,75	40	1,4 ± 0,07	31,3	1,1 ± 0,07	34,5	3,4
0,75	41	1,4 ± 0,08	39,1	1,0 ± 0,06	41,2	4,1
0,75	38	1,5 ± 0,08	35,6	1,1 ± 0,06	35,8	3,0
Производственные						
0,75	42	1,8 ± 0,06	22,4	1,3 ± 0,05	26,4	6,9
0,75	39	1,6 ± 0,08	30,2	1,2 ± 0,06	27,9	3,9
0,75	32	1,6 ± 0,09	29,8	1,2 ± 0,07	29,8	3,3

* Теоретическое значение критерия Стьюдента на 5% -м уровне

существенно не различаются ($t \leq 2,01$). Зависимость от схемы посадки в разных вариантах опыта по высоте ($h = 2,6...3,3$ м) и поверхности крон ($S = 6,3...8,7$ м²) не выявлена. Но наблюдается четкая тенденция разрушения связи между поверхностью кроны и высотой в рядах с шагом посадки 0,75 м от очень высокой и тесной ($R = 0,917...0,978$) до высокой и тесной ($R = 0,819...0,910$). В обычных культурах этот «стресс» растения продолжают испытывать и в процессе дальнейшего роста. В предложенных технологиях эти ряды своевременно вырубает (снимается своеобразная «шуба» с культур), и рост насаждения обеспечивают ряды без «стресса» с шагом посадки 1,5 м, где связь поверхности крон и высот деревьев в отдельных случаях приближается к функциональной, чем гарантируется дальнейший интенсивный рост растений.

На первый взгляд может сложиться впечатление, что слишком сложно реализовать схему посадки по интенсивной технологии. Однако

Таблица 1

сосны Лебединского гослесхоза

Высота (h), м				Поверхность крон (S), м ²				Коэффициент корреляции между S и h
min	max	$M \pm m$	$\pm V, \%$	min	max	$M \pm m$	$\pm V, \%$	

схема

1,3	4,2	$3,0 \pm 0,16$	28,0	1,7	16,5	$7,6 \pm 0,66$	46,1	0,942
0,7	4,5	$3,1 \pm 0,17$	29,4	0,7	15,0	$8,1 \pm 0,63$	43,0	0,942
1,7	4,5	$3,3 \pm 0,12$	26,4	1,6	20,3	$8,3 \pm 0,53$	44,5	0,846

технология

0,5	4,5	$2,7 \pm 0,08$	40,0	0,3	13,3	$6,8 \pm 0,64$	55,7	0,978
0,5	5,0	$2,9 \pm 0,16$	34,5	0,3	21,1	$8,0 \pm 0,69$	52,6	0,938
0,7	4,5	$3,2 \pm 0,10$	22,5	0,4	14,5	$8,0 \pm 0,42$	36,9	0,907
0,9	4,8	$3,1 \pm 0,12$	30,6	0,6	15,4	$7,4 \pm 0,45$	48,8	0,910

технология

0,9	4,3	$2,6 \pm 0,18$	35,8	1,2	13,9	$6,1 \pm 0,67$	58,4	0,939
1,4	4,3	$2,9 \pm 0,14$	25,9	1,8	17,2	$7,6 \pm 0,67$	47,6	0,917
0,5	4,0	$2,6 \pm 0,16$	33,5	0,6	11,4	$6,4 \pm 0,56$	48,4	0,919

вариант

0,5	4,4	$2,8 \pm 0,15$	34,3	0,8	15,7	$6,3 \pm 0,51$	51,6	0,864
0,7	4,3	$2,6 \pm 0,13$	31,5	0,5	13,3	$5,5 \pm 0,46$	17,6	0,875
1,3	4,7	$3,1 \pm 0,15$	29,7	1,4	19,9	$7,3 \pm 0,65$	55,2	0,819

культуры

2,0	4,5	$3,3 \pm 0,10$	19,7	2,6	15,0	$8,7 \pm 0,46$	34,6	0,841
1,5	4,2	$2,8 \pm 0,13$	28,6	2,2	14,3	$6,9 \pm 0,55$	49,1	0,882
1,5	4,2	$2,8 \pm 0,13$	26,4	1,4	15,4	$6,9 \pm 0,56$	45,8	0,900

значимости равно 2,01.

при посадке в предварительно подготовленные борозды через 1,5 м под меч Колесова это не сложнее, чем для обычных культур. Регулирование шага посадки в пределах будущего древостоя будет вознаграждено при выполнении традиционно экономически невыгодных, но лесоводственно необходимых осветлений и прочисток. При разработке интенсивной технологии преимущество было отдано биологическим особенностям сосны, в связи с чем данная технология находится в некотором противоречии с техническими возможностями современных лесопосадочных машин (переход от шага посадки 0,75 к 1,00 м). Можно использовать более простую поисковую схему, которая реализуется на практике как вручную (под меч Колесова), так и механизированным способом с получением тех же лесоводственных преимуществ перед современными производственными схемами, что и в случае использования интенсивной технологии.

В процессе роста древесных растений их потребности в элементах питания увеличиваются и удовлетворяются в достаточной мере до определенного момента, характеризующего динамическим равновесием между суммарными потребностями растений и возможностями экологического потенциала лесорастительного участка. В дальнейшем деревья продолжают расти благодаря их изменчивости и дифференциации полога.

Дифференциация полога тесно взаимосвязана с ростом древостоя. Она естественным путем разрешает противоречия между

Таблица 2

Представительство деревьев различных классов роста в 66-летних культурах в Балаклейском гослесхозе (ВЛО Харьковлес)

Режим густоты*	Число деревьев, шт. (числитель) и средний диаметр ствола, см (знаменатель)								Всего деревьев	Кроме того ва- лежника
	основного полога				оставшего в росте полога					
	I	II	III	Итого	IV	V	Сухо- стой	Итого		
I	<u>138</u>	<u>54</u>	<u>12</u>	<u>204</u>	-	-	-	-	<u>204</u>	-
	43,3	38,3	36,0	41,6	-	-	-	-	41,6	-
	<u>162</u>	<u>30</u>	<u>6</u>	<u>198</u>	-	-	-	-	<u>198</u>	-
II	42,5	36,8	32,0	41,4	-	-	-	-	41,4	-
	<u>198</u>	<u>102</u>	<u>114</u>	<u>420</u>	-	-	-	-	<u>420</u>	<u>6</u>
	37,2	32,1	28,9	33,6	-	-	-	-	33,6	28,0
III	<u>192</u>	<u>126</u>	<u>114</u>	<u>432</u>	-	-	-	-	<u>432</u>	-
	36,7	32,8	29,3	33,7	-	-	-	-	33,7	-
	<u>150</u>	<u>180</u>	<u>258</u>	<u>588</u>	<u>60</u>	-	-	-	<u>648</u>	<u>6</u>
IV	34,6	30,5	26,5	30,0	23,6	-	-	-	29,5	24,0
	<u>162</u>	<u>156</u>	<u>240</u>	<u>558</u>	<u>84</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>96</u>	<u>654</u>	-
	33,7	30,1	27,2	30,0	23,2	20,0	16,0	22,6	29,1	-
V	<u>24</u>	<u>108</u>	<u>426</u>	<u>564</u>	<u>582</u>	<u>102</u>	<u>6</u>	<u>390</u>	<u>954</u>	<u>60</u>
	34,0	29,6	25,2	26,4	20,0	17,8	24,0	19,5	23,8	18,3
	<u>42</u>	<u>156</u>	<u>504</u>	<u>702</u>	<u>228</u>	<u>48</u>	<u>6</u>	<u>282</u>	<u>984</u>	<u>42</u>
VI	29,8	29,6	24,5	26,2	20,1	17,1	20,0	19,6	24,5	19,4
	<u>24</u>	<u>96</u>	<u>504</u>	<u>624</u>	<u>258</u>	<u>348</u>	<u>30</u>	<u>636</u>	<u>1260</u>	<u>150</u>
	31,0	26,5	24,0	24,7	17,4	16,3	16,0	17,4	21,4	13,3
VII	<u>16</u>	<u>228</u>	<u>492</u>	<u>660</u>	<u>248</u>	<u>300</u>	<u>122</u>	<u>560</u>	<u>1220</u>	<u>136</u>
	29,0	26,3	22,2	23,4	18,9	16,1	17,5	17,4	20,9	14,5
	<u>88</u>	<u>125</u>	<u>163</u>	<u>376</u>	<u>112</u>	<u>62</u>	-	<u>174</u>	<u>550**</u>	-
VIII	33,9	29,3	27,2	29,4	23,9	20,1	-	22,5	27,6	-

* Варианты рубок ухода по В.И. Гаврилову: I – свободное стояние; II – быстрый прирост; III – ускоренный прирост; IV – умеренный прирост; V – контроль.

** Возраст 82 года.

потребностями деревьев и экологическим потенциалом участка, однако не устраняет их полностью. Отставшие в росте деревья существенно ограничивают рост деревьев верхнего полога. Так, деревья в более редких древостоях оказываются выше деревьев этих же классов роста в относительно густых насаждениях (табл. 2).

Особенности роста и дифференциации деревьев позволяют определить режим биологического (аутэкологического) оптимума [1]. Для его достижения необходимо управлять ростом древостоев на протяжении всего периода выращивания на уровне, обеспечивающем представительство деревьев только верхнего полога (т.е. выращивание в режиме верхней высоты). Следует проводить не периодические приемы рубок ухода, а систематическую вырубку выпавших из верхнего полога деревьев. Известный график изменения числа деревьев с возрастом имеет вид не ломаной линии, а плавной кривой. Как наиболее соответствующий природе роста чистых, абсолютно одновозрастных насаждений, режим биологического оптимума можно использовать при научно-исследовательских работах, когда опыты необходимо вести в сравнимых режимах лесовыращивания с максимальным учетом биологических особенностей роста древесных растений (выращивание опытных экологических, географических культур, экзотов и т.д.).

Хозяйственный (адаптивный) оптимум густоты выращивания насаждений, как правило, не совпадает с биологическим (аутэкологическим) и может достигаться в определенных диапазонах вокруг последнего благодаря значительному запасу экологической прочности каждого насаждения. При этом возможно или недоиспользование экологического потенциала лесорастительного участка, или развитие древостоя с определенными эндогенными противоречиями. И то и другое отражается на отставании эффективной продуктивности древостоев от потенциальной.

Рассмотренные технологии могут быть положены в основу целевых программ рубок ухода. Программа выращивания пиловочника предполагает использование интенсивной технологии (а.с. 1178358). При осветлениях вырубает каждый шестой ряд, при прочистках – каждый третий, но одновременно разреживают 2-рядные кулисы до густоты 1 тыс. шт./га. В возрасте 21...23 года проводят равномерно-выборочную рубку до 620...640, в 27...30 лет – 430...440 шт./га. Обрезку сучьев выполняют при осветлениях и прочистках до высоты 6-7 м у 450...470 лучших деревьев на 1 га. Технической спелости древостой достигает в 50 лет с запасом 300 м³/га. Для получения крупномерной древесины древостой оставляют на дорастивание до 80...100 лет без рубок ухода (кроме санитарных). При главном пользовании следует ожидать запас в 80 лет – 520...650; в 100 лет – 670...860 м³/га.

Программа рубок ухода на балансы (рудстойку) с обрезкой сучьев с 50-летним оборотом рубки при использовании интенсивной технологии (а.с. 1178358) при осветлениях предполагает вырубку каждого шестого, при прочистках – каждого третьего ряда. В возрасте прореживаний (21...23 года) вырубает отставшие в росте деревья до густо-

ты 1,0...1,2 тыс шт./га; 27...30 лет – 760...830; 34...40 лет – 650...700 шт./га. Сучья обрезают до высоты 6-7 м у 650...700 деревьев на 1 га. Техническая спелость наступает в 50 лет при запасе 320 м³/га.

В целевых программах реализуется и ресурсосберегающая технология (а.с. 1505477).

Выращивание древостоев определенного целевого назначения при помощи оптимизированных систем рубок ухода – наиболее эффективный путь удовлетворения разнообразных потребностей в древесине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Рябоконт А.П. Определение биологического оптимума густоты сосновых древостоев в условиях свежей сибиря. - Лесоведение. - 1979. - № 3. - С.16-23. [2]. Рябоконт А.П. Тридцатилетний опыт выращивания культур сосны с различными схемами размещения // Лесоведение. - 1991. - № 5. - С. 3-13. [3]. Рябоконт А.П. Перспективные технологии выращивания сосны // Лесоведение. - 1992. - № 1. - С. 16-21.

Поступила 24 февраля 1995 г.

УДК 630* 232:315.4

Л.Т. СВИРИДОВ

Воронежская государственная лесотехническая академия



Свиридов Леонид Тимофеевич родился в 1948 г., окончил в 1975 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 120 печатных работ в области изучения механизированных процессов обработки лесных семян и их физико-механических характеристик.

О КЛАССИФИКАЦИИ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОБЕСКРЫЛИВАНИЯ СЕМЯН ХВОЙНЫХ ПОРОД

Предложена классификация способов и технических средств для обескряливания лесных семян, позволяющая выбрать технологическую схему и конструкции обескряливателя и на базе этого создавать наиболее эффективные и перспективные лесные семяочистительные машины.

The classification of the methods and technical facilities for dewinging tree seeds allowing to choose a flow sheet and construction of dewinging equipment and on the basis of all these, to develop the most effective and perspective tree seed-cleaning machines has been offered.

Для научно обоснованного выбора способов и устройств для обескряливания семян необходима единая систематизация способов, технологических схем и конструкций узлов лесных семяочистительных машин. В данной работе предпринята попытка классифицировать эти способы и устройства, которые являются первичными элементами технологического процесса обработки семян и играют решающую роль при создании новых конструкций.

Создание новых эффективных технических средств для обработки семян в определенной мере сдерживается отсутствием единой классификации. Поэтому нами предложена схема для классификации способов обескряливания семян хвойных пород (рис. 1). При этом принято во внимание, что все указанные способы применялись и применяются в лесном хозяйстве, а наиболее перспективные могут быть использованы в будущем.

Выделены следующие способы обескряливания: ручной, водный, огневой, аэродинамический, механический и комбинированный. Ручные способы разделены на два: 1) перетряхивание семян в специальных мешках; 2) перетирание рукавицами через специальное сито. Эти способы примитивны, неэффективны и малопродуктивны, поэтому могут быть использованы при обработке небольших образцов семян для исследовательских целей в лабораториях.

Водное обескряливание в настоящее время применяется в отдельных лесхозах и лесничествах. Оно включает два пути: 1) смачивание водой семян, вышедших из шишкосушильни, просушивание на брезенте или других полотнах в течение 3...4 ч с одновременным перемешиванием и последующей очисткой от примесей на ветру или на воздушно-решетных устройствах; 2) замачивание семян с крылатками в емкости с водой в течение 5...10 мин, сушка в течение 10...15 ч и последующая очистка от примесей. Водные способы обескряливания также нельзя признать эффективными и универсальными по тем же причинам, что и ручные.



Рис. 1. Структурная схема существующих способов обескряливания семян и технических средств, осуществляющих их

Огневой способ обескряливания, заключающийся в обжигании крылаток огненной струей, нами включен в схему как имевший место в лесохозяйственной практике, однако он малопригоден и неперспективен.

Аэродинамический способ занимает промежуточное положение между ручным и механическим и выделен в отдельную группу. Для его осуществления необходим воздушный поток, создаваемый вентилятором или компрессором, и соответствующее устройство. Процесс же отделения крылатки (аэрошелушение) происходит в основном за счет ее истирания в результате сил трения, возникающих при движении семян по воздухопроводу и трении их о стенки и друг о друга. Здесь нет механического воздействия от какого-либо рабочего органа. Указанный способ заслуживает внимания, но для его реализации пока не создано эффективного и работоспособного устройства. Для обработки семян ели и лиственницы этот способ малопригоден, так как отделение крылаток у них возможно при комбинированном влиянии рабочих органов. Аэродинамическим способом его обеспечить практически нельзя.

Механический способ обескряливания, выделенный в большую группу, может осуществляться при простом и комплексном воздействии рабочих органов на семена. Первое характерно для ленточных и дисковых обескряливателей, где преобладает в основном эффект трения. В машинах периодического и непрерывного действия, при отсутствии сепарирующих рабочих поверхностей, кроме трения есть неупругий удар. При наличии сетчатой рабочей поверхности процесс обескряливания включает комплексное воздействие рабочих органов на семена: удар, истирание (шелушение) и прохождение частиц (проталкивание) через отверстия. Для реализации механического способа применяют различные конструкции, но наиболее широкое распространение получили обескряливатели барабанного типа.

Комбинированный способ обескрыливания может состоять из водного и аэродинамического или водного и механического. В первом случае семена смачивают водой и в сетчатом барабане продувают воздухом; во втором смоченные водой семена подвергают механическому воздействию рабочих органов обескрыливателя барабанного типа. Комбинированный способ, несмотря на неуниверсальность, для отдельных хвойных пород может найти применение в нашей стране и со временем усовершенствоваться.

Классификация нами приведена только для барабанных обескрыливателей, ввиду их значительных преимуществ перед другими. В основу классификации положены главные признаки: принцип действия обескрыливателя, расположение рабочих органов, форма барабана, тип рабочих органов и вид их воздействия на семена. В схему включены существующие обескрыливатели и оригинальные конструкции, предложенные и изготовленные на кафедре механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии. Предложенные конструкции защищены несколькими авторскими свидетельствами на изобретения [1-4].

По принципу действия обескрыливатели разделены на две группы (рис. 2): периодического (циклического) и непрерывного действия, которые, в свою очередь, разбиты на подгруппы с вертикальной, наклонной и горизонтальной осями вращения рабочих органов. Обескрыливатели периодического действия могут иметь рабочие органы бильные и штифтовые, а также постоянное воздействие рабочих органов на семена и дифференцированное. В первом случае обработка осуществляется в обескрыливающем барабане на одном скоростном режиме, во втором – в загрузочном бункере при подаче семян («мягком» режиме) и в барабане («жестком» режиме), т.е. процесс обескрыливания разделен на две или три части. Такие конструкции обескрыливателей уже созданы. Причем при дифференцированном воздействии рабочих органов возможны два варианта обработки: 1) семена (мелкие), обескрыливаясь в бункере, выделяются через его сетчатое дно; 2) обескрыленные семена вместе с остальной массой поступают в барабан и сепарируются через сетчатое дно. Для первого варианта созданы только экспериментальные образцы, которые имеют высокую эффективность работы [5]. Обескрыливатели для второго варианта установлены в малогабаритной машине ВГЛТА [6] и опытном образце модернизируемой машины МОС-1А*.

* Модернизация семяочистительной машины МОС-1А: Отчет о НИР/ Воронеж. лесотехн. ин-та; Руководитель Л.Т. Свиридов. - № ГР 01.92. 002550. - Воронеж, 1991. - 43 с.

создано [6-8 и др.]. В обескряливателях с наклонной и горизонтальной осями вращения рабочих органов, осуществляющих дифференцированное воздействие, семена, обескряленные в процессе подачи, можно подавать в барабан, где они сепарируются через сетчатую рабочую поверхность, а можно выделять через сетчатое днище загрузочного бункера.

Предложенная схема классификации способов обескряливания позволяет выбрать наиболее приемлемую схему и конструкцию и на этой базе создавать перспективные семяочистительные машины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А.с. 665851 СССР, МКИ³ А 01 G 23/ 00. Машина для обескряливания лесных семян / П.С. Нартов, Ю.И. Полупарнев, Л.Т. Свиридов (СССР). - № 2583040/30-15; Заявлено 22.02.78; Оpubл. 05.06.79, Бюл. № 21 // Открытия. Изобретения. - 1979. - № 21. - С.7. [2]. А.с. 967399 СССР, МКИ³ А 01 G 23/ 00. Машина для обескряливания и выделения из плодов-бобов лесных семян / П.С. Нартов, Ю.И. Полупарнев, Л.Т. Свиридов (СССР). - № 3224192/30-15; Заявлено 29.12.80; Оpubл. 23.10.82, Бюл. № 39 // Открытия. Изобретения. - 1982. - № 39. - С. 22. [3]. А.с. 1144655 СССР, МКИ³ А 01 G 23/ 00. Машина для обескряливания лесных семян / Л.Т. Свиридов, С.В. Белоусов (СССР). - № 3590842/30-15; Заявлено 12.05.83; Оpubл. 15.03.85, Бюл. № 10 // Открытия. Изобретения. - 1985. - № 10. - С. 8. [4]. А.с. 1286131 СССР, МКИ³ А 01 G 23/ 00. Машина для обескряливания лесных семян / Л.Т. Свиридов (СССР). - № 3902994/30-15; Заявлено 09. 04. 85; Оpubл. 30.01.87, Бюл. № 4 // Открытия. Изобретения. - 1987. - № 4. - С. 4. [5]. А.с. 1628958 СССР, МКИ³ А 01 G 23/ 00. Машина для обескряливания лесных семян / Л.Т. Свиридов (СССР). - № 4332765/15; Заявлено 24.11.87; Оpubл. 23.02.91, Бюл. № 7 // Открытия. Изобретения. - 1991. - № 7. - С.8. [6]. Свиридов Л. Т. Технологическая схема процесса обескряливания семян для малогабаритной семяочистительной машины // Лесохозяйственное производство. Рефераты на картах / ЦБНТИлесхоз. - М., 1984. - Вып. 8. - С. 11. [7]. Свиридов Л. Т. Эффективные технологические приемы и технические средства для обработки лесных семян // Механизация и автоматизация переместительных работ на предприятиях лесного комплекса: Тез. докл. V Всесоюз. науч.-техн. конф. - М.: Лесн. пром-сть, 1989. - С. 164 - 165. [8]. Свиридов Л. Т. Состояние и перспективы развития лесных семяочистительных машин // Вопросы комплексного использования лесосырьевых ресурсов: Межвуз. сб. ст. - Воронеж, 1990. - С. 107 - 111.

Поступила 9 марта 1995 г.

УДК 630* 453

А.В. ЛЕБЕДЕВ, Э.А. ИВАНОВА

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 30 печатных работ в области исследования патологии и устойчивости хвойных древостоев.



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

ПАТОЛОГИЯ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ, ПРОЙДЕННЫХ НИЗОВЫМИ ПОЖАРАМИ

Рассмотрены результаты изучения санитарного состояния типичных среднетаежных ельников и сосняков, не пройденных и пройденных низовыми пожарами прошлых лет. Определено влияние пирогенного фактора на устойчивость хвойных древостоев к патологическим воздействиям и представлен подробный анализ полученных данных.

The examination results of sanitary conditions of typical middle taiga spruce and pine forests unaffected and affected by ground fires of past years have been considered. The effect of pyrogenic factor on the resistance of coniferous tree stands to pathological actions has been determined, and a detailed analysis of the data obtained has been presented.

Изучение влияния лесопатологических факторов на состояние и устойчивость деревьев имеет решающее значение для разработки региональной системы мероприятий по оздоровлению древостоев [2]. Необходимость решения поставленной задачи очевидна и для лесов Европейского Севера, которые нередко страдают от патологических и сопутствующих им воздействий [3].

Особый интерес представляет изучение патологии хвойных древостоев, пройденных низовыми пожарами, которое в условиях Европейского Севера проводилось рядом исследователей [1, 7—9]. Однако рассматриваемую проблему нельзя считать полностью решенной; дальнейшие исследования в этом направлении весьма актуальны.

В нашей статье представлен один из фрагментов результатов лесопатологических обследований типичных среднетаежных хвойных древостоев Емцовского учебно-опытного лесхоза Архангельского государственного технического университета. Для изучения влияния низовых пожаров прошлых лет на состояние и устойчивость хвойных древостоев нами в 1991 г. были подобраны четыре участка. Исследования проводили в сходных среднеполнотных среднебонитетных ельниках и сосняках черничных IX класса возраста. Из них два участка с преобладанием каждой породы выбраны в качестве контрольных, два были подвергнуты пирогенному воздействию прошлых лет.

Детальное лесопатологическое обследование древостоев выполняли методом непровешенной ходовой линии [10]. Вдоль каждой линии проводили ленточный перечет по породам, ступеням толщины, категориям состояния, причинам ослабления или гибели деревьев. На каждом обследуемом участке в перечет включали по 200 деревьев главной породы — ели или сосны. При этом применяли шкалу категорий состояния деревьев и методы лесопатологической диагностики, приведенные в наших предыдущих работах [4—6].

Приводим результаты изучения влияния низовых пожаров на состояние и устойчивость еловых и сосновых древостоев (см. таблицу). Во всех рассматриваемых случаях суммарное число учетных единиц больше 200, так как одно и то же дерево может быть ослаблено разными причинами. Распределение деревьев по категориям состояния здесь и далее не полностью совпадает с табличными данными, так как в таблице приведена частота встречаемости не деревьев, а причин и следствий ослабления елей.

Нами установлено, что в древостое, не пройденном низовым пожаром, преобладают здоровые экземпляры ели, хотя участие других категорий достаточно велико (30,0 %), в том числе ослабленных деревьев 4,0, больных 20,0, мертвых 6,0 % от числа учтенных.

Причина ослабления деревьев ели — механические повреждения природного и антропогенного характера. В числе факторов паразитарной группы явно доминирует корневая гниль, вызванная корневой губкой (19,0 %). Заселение ослабленных деревьев ели короедами (типограф

Категория состояния деревьев	Причина и следствие болезней деревьев	Число деревьев, %, по ступеням толщины, см									Всего, уч. ед. %
		12	16	20	24	28	32	36	40	44	

Ельник контрольный

Здоровые	-	11,5	19,5	18,5	14,5	3,5	2,5	-	-	-	<u>140</u> 70,0
Ослабленные	Механические повреждения	0,5	0,5	1,5	1,0	0,5	-	-	-	-	<u>8</u> 4,0
Больные	Корневая гниль	1,5	6,0	6,5	3,0	1,5	0,5	-	-	-	<u>38</u> 19,0
	Заселение короедами	-	0,5	1,5	1,0	-	-	-	-	-	<u>6</u> 3,0
Мертвые	Сухостой	1,0	2,0	1,0	-	-	-	-	-	-	<u>8</u> 4,0
	Валежник	0,5	-	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	<u>4</u> 2,0
Итого, уч. ед./%	-	<u>30</u> 15,0	<u>57</u> 28,5	<u>59</u> 29,5	<u>40</u> 20,0	<u>12</u> 6,0	<u>6</u> 3,0	-	-	-	<u>204</u> 102,0

Ельник, пройденный низовым пожаром

Здоровые	-	3,0	2,0	8,5	10,5	4,5	2,0	-	-	-	<u>61</u> 30,5
Ослабленные	Механические повреждения	1,0	0,5	2,0	1,0	1,0	-	-	-	-	<u>11</u> 5,5
	Пожарные травмы	5,5	5,0	4,0	1,0	-	-	-	-	-	<u>30</u> 15,0
Больные	Корневая гниль	2,5	9,0	12,5	9,5	4,5	4,0	-	-	-	<u>76</u> 38,0
	Заселение короедами	-	1,5	0,5	1,0	-	-	-	-	-	<u>6</u> 3,0
Мертвые	Сухостой	1,0	1,5	1,5	-	1,0	-	-	-	-	<u>10</u> 5,0
	Валежник	2,0	3,5	1,0	1,0	-	-	-	-	-	<u>15</u> 7,5
Итого, уч. ед./%	-	<u>30</u> 15,0	<u>46</u> 23,0	<u>60</u> 30,0	<u>48</u> 24,0	<u>22</u> 11,0	<u>12</u> 6,0	-	-	-	<u>209</u> 104,5

Сосняк контрольный

Здоровые	-	2,0	6,5	13,5	13,5	15,5	11,5	8,0	7,0	5,5	<u>166</u> 83,0
Ослабленные	Механические повреждения	0,5	1,5	0,5	-	-	-	-	-	-	<u>5</u> 2,5

Продолжение таблицы

Категория состояния деревьев	Причина и следствие болезней деревьев	Число деревьев, % по ступеням толщины, см									Всего, уч. ед. %
		12	16	20	24	28	32	36	40	44	
Больные	Корневая гниль	-	-	-	-	-	1,5	0,5	1,0	-	<u>6</u> 3,0
	Стволовая гниль	-	-	-	1,0	0,5	1,5	0,5	1,0	3,0	<u>15</u> 7,5
	Заселение короедами	-	-	-	-	0,5	0,5	-	-	-	<u>2</u> 1,0
Мертвые	Сухостой	0,5	-	-	0,5	-	0,5	0,5	-	0,5	<u>5</u> 2,5
	Валежник	-	-	0,5	-	0,5	-	-	0,5	-	<u>3</u> 1,5
Итого, уч. ед./%	-	<u>6</u> 3,0	<u>16</u> 8,0	<u>29</u> 14,5	<u>30</u> 15,0	<u>34</u> 17,0	<u>31</u> 15,5	<u>19</u> 9,5	<u>19</u> 9,5	<u>18</u> 9,0	<u>202</u> 101,0

Сосняк, пройденный низовым пожаром

Здоровые	-	-	3,5	7,0	11,0	15,5	16,0	6,0	1,0	3,0	<u>126</u> 63,0
Ослабленные	Механические повреждения	-	1,0	1,0	0,5	1,0	0,5	-	-	-	<u>8</u> 4,0
	Пожарные травмы	-	3,0	3,5	2,0	1,5	1,5	0,5	0,5	-	<u>25</u> 12,5
Больные	Корневая гниль	-	-	-	1,5	1,5	1,5	-	0,5	-	<u>10</u> 5,0
	Стволовая гниль	-	-	0,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,0	0,5	<u>22</u> 11,0
	Заселение короедами	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	<u>4</u> 2,0
Мертвые	Сухостой	-	0,5	1,5	1,5	0,5	0,5	-	-	-	<u>9</u> 4,5
	Валежник	-	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5	-	-	-	<u>7</u> 3,5
Итого, уч. ед./%	-	-	<u>18</u> 9,0	<u>28</u> 14,0	<u>39</u> 19,5	<u>46</u> 23,0	<u>46</u> 23,0	<u>19</u> 9,5	<u>8</u> 4,0	<u>7</u> 3,5	<u>211</u> 105,5

и пушистый полиграф) в текущем году отмечено единично и хозяйственного значения в данном случае не имеет. Усыхание деревьев на корню вызвано причинами непаразитарного характера при участии корневой губки и короедов. Первопричины образования валежника – наличие поверхностных корневых систем у деревьев ели и поражение их корневыми гнилями. На свежем валежнике отмечены поселения короедов: типографа, обыкновенного гравера и черно-бурого лубоеда.

Ведущий фактор патологического ослабления деревьев ели – корневая гниль, вызванная корневой губкой (см. таблицу).

В древостое, пройденном низовым пожаром, здоровые экземпляры ели по числу стволов уступают представителям других категорий,

доля участия которых 69,5 %. Встречаемость ослабленных деревьев составляет 18,0, больных – 39,0, мертвых – 12,5 % от числа учтенных. Причинами ослабления являются пожарные травмы прошлых лет, а также механические повреждения природного и антропогенного характера. В числе факторов паразитарной группы явно преобладает корневая гниль, вызванная корневой губкой, зараженность деревьев ели которой составляет 38,0 %. Заселение деревьев ели короедами (типограф, пушистый полиграф и лубоед дендроктон) единичное, и его хозяйственное значение минимально. Образование сухостоя вызвано причинами непаразитарного характера при участии корневой губки и короедов. Основная причина снижения ветроустойчивости деревьев ели – наличие поверхностных корневых систем и поражение их корневыми гнилями. На свежем валежнике отмечены поселения короедов: типографа, двойника, обыкновенного гравера, черно-бурого и фиолетового лубоедов.

Каждой ступени толщины живых деревьев ели (2-й и 3-й категорий состояния) соответствуют различные причины ослабления: 12 см – пожарные травмы прошлых лет; 16 см – корневая гниль и пожарные травмы прошлых лет; 20...32 см – корневая гниль. Таким образом, ведущими факторами ослабления древостоя являются корневая гниль, вызванная корневой губкой, а также пожарные травмы прошлых лет.

Сравнивая результаты анализа состояния ели на обследованных участках, можно констатировать, что в древостое, пройденном низовым пожаром, доля здоровых деревьев резко уменьшается. Представленность ослабленных экземпляров на контрольном участке несколько ниже, что объясняется травматизмом растений. Участие больных елей в древостое, пройденном пожаром, значительно больше, чем на контроле, так как огневые травмы снижают защитные реакции деревьев против грибной инфекции. Доля мертвых деревьев также увеличивается, главным образом за счет валежника.

Таким образом, очевидно общее негативное пирогенное и патогенное воздействие на жизнеспособность деревьев ели и санитарное состояние древостоев.

В древостое, не пройденном низовым пожаром, явно преобладают здоровые экземпляры сосны, а участие представителей других категорий составляет только 17,0 %. Доля ослабленных деревьев не превышает 2,5, больных – 10,5, мертвых – 4,0 % от числа учтенных. Причиной ослабления деревьев сосны являются механические повреждения природного и антропогенного характера. В числе факторов паразитарной группы доминирует стволовая гниль, вызванная сосновой губкой (7,5 %). Второе место занимает корневая гниль, возбудителем которой является корневая губка (3,0 %). Заселение деревьев сосны короедами (большой сосновый лубоед и шестизубый короед-стенограф) в текущем году отмечено единично и хозяйственного значения в данном случае не имеет. Усыхание деревьев сосны на корню вызвано указанными причинами непаразитарного характера при участии корневых и стволовых гнилей, а также короедов. Первопричиной образования валежника

(бурелома) является поражение деревьев сосны стволовой гнилью, вызванной сосновой губкой. На свежем валежнике отмечены поселения большого соснового и малого соснового лубоедов. Каждой ступени толщины живых деревьев (2-й и 3-й категорий состояния) соответствуют следующие преобладающие причины ослабления: 12...20 см – механические повреждения; 24...28 см – стволовая гниль; 32...40 см – стволовая и корневая гнили; 44 см – стволовая гниль. Таким образом, ведущими факторами ослабления древостоя являются стволовая и корневая гнили, вызванные соответственно сосновой и корневой губками, а также механические повреждения деревьев.

В древостое, пройденном низовым пожаром, также преобладают здоровые экземпляры сосны, однако участие других категорий весьма значительно (37,0 %). Доля ослабленных деревьев составляет 13,0, больных – 16,0, мертвых – 8,0 % из числа учтенных. Причинами ослабления деревьев сосны являются пожарные травмы прошлых лет, а также механические повреждения природного и антропогенного характера. В числе факторов паразитарной группы преобладает стволовая гниль, вызванная сосновой губкой (зараженность – 11,0 %). Второе место занимает корневая гниль, вызванная корневой губкой, которой поражены 5,0 % деревьев. Заселение ослабленных деревьев сосны короedами (большой и малый сосновый лубоед и шестизубый короед-стенограф) в текущем году отмечено единично, и их хозяйственное значение минимально. Образование сухостоя вызвано указанными причинами непаразитарного характера при участии главным образом гнилевых болезней, а также короедов. Первопричиной образования валежника, представленного буреломом, является поражение стволовой гнилью, вызванной сосновой губкой. На свежем валежнике отмечены поселения короедов: большого и малого сосновых лубоедов, шестизубого короед-стенографа и вершинного короeda.

Каждой ступени толщины живых деревьев сосны (2-й и 3-й категорий состояния) соответствуют следующие преобладающие причины ослабления: 16...20 см – пожарные травмы; 24...32 см – пожарные травмы, стволовая и корневая гнили; 36...44 см – стволовая гниль. Таким образом, ведущими факторами ослабления древостоя являются пожарные травмы прошлых лет, стволовая и корневая гнили, вызванные соответственно сосновой и корневой губками.

Сравнивая результаты анализа состояния сосны на обследованных участках, можно констатировать, что в поврежденном огнем древостое доля здоровых деревьев заметно уменьшается. Представленность ослабленных деревьев на контрольном участке ниже, что объясняется травматизмом растений. Участие больных сосен в древостое, пройденном пожаром, больше, чем на контроле, так как огневые травмы снижают защитные реакции деревьев против грибной инфекции. Процент мертвых деревьев также увеличивается за счет обеих категорий отпада (сухостой и валежник).

Таким образом, очевидно общее негативное пирогенное и патогенное воздействие на жизнестойкость деревьев сосны и санитарное состояние древостоев.

Сравнивая результаты обследования типичных хвойных древостоев, можно констатировать, что ельники по сравнению с сосняками находятся в худшем санитарном состоянии. При сравнительно одинаковом участии деревьев в составе древостоев, поврежденных огнем, пораженность растений гнилевыми болезнями в ельниках выше, чем в сосняках. Следует особо отметить высокий возраст обследованных древостоев, в результате чего увеличивается возможность их поражения деразрушающими грибами.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Софронов М.А. Крупные лесные пожары. - М.: Наука, 1979. - 198 с. [2]. Воронцов А.И. Патология леса. - М.: Лесн. пром-сть, 1978. - 272 с. [3]. Вялых Н.И., Огибин Б.Н., Преображенский М.А. Пути улучшения охраны лесов от пожаров, вредителей и болезней в Архангельской области // Леса и лесное хозяйство Архангельской области.- Архангельск: АИЛилХ, 1988. - С. 99 - 111. [4]. Лебедев А.В., Иванова Э.А. Патология хвойных пород в типичных среднетаежных древостоях // Лесн. журн. - 1991.- № 5. - С. 11-15.- (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Лебедев А.В., Иванова Э.А. Патология деревьев ели в древостоях учебного назначения // Лесн. журн. - 1992. - № 5. - С. 39 - 43. - (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Лебедев А.В., Иванова Э.А. Патология деревьев сосны в древостоях учебного назначения // Лесн. журн. - 1993. - № 1. - С. 12 - 17.- (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. - М.; Л.: Гослестехиздат, 1948. - 126 с. [8]. Молчанов А.А. Влияние лесных пожаров на древостой // Тр. Ин-та леса.- М., 1954. - Т.16. - С. 314 - 335. [9]. Огибин Б.Н. Прогноз размножения стволовых вредителей и вероятного ущерба в сосняках, поврежденных пожарами // Достижения науки и передового опыта защиты леса от вредителей и болезней. - М.: ВНИИЛМ, 1987. - С.135 - 137. [10]. Тальман П.Н., Катаев О.А. Методы лесозащитно-патологических обследований. - Л.: Изд-во ВЗЛТИ, 1964. - 120 с.

Поступила 26 апреля 1994 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630* 377.044:629.017

Г.М.АНИСИМОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

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 142 печатные работы в области исследования повышения технического уровня и эксплуатационной эффективности лесосечных машин.



**ОБ УПРАВЛЕНИИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТЬЮ СИСТЕМЫ
ДВИЖИТЕЛЬ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА –
ЛЕСНАЯ ПОЧВА**

Предложена новая концепция управления экологической совместимостью системы движитель трелевочного трактора – лесная почва, которая позволит свести к минимуму экологический ущерб от функционирования трелевочного трактора и восстановить плодородие лесной почвы.

A new concept of control on ecological compatibility of the skidding tractor's propelling device – forest soil system which will make it possible to minimize ecological damage of skidding tractor's functioning and to recover forest soil's fertility has been offered.

Изучение взаимодействия движителя лесопромышленного трактора, в частности трелевочного, с лесной почвой является весьма сложной теоретической задачей и важной научно-технической проблемой в науке об использовании машин в лесных технологических процессах.

В течение нескольких десятилетий решается проблема экологической совместимости движителя сельскохозяйственного трактора с почвой, имеются значительные научные достижения в этой области. Применительно к лесопромышленным тракторам аналогичных разработок практически нет.

Цель нашего исследования – наметить пути решения проблемы управления экологической совместимостью системы движитель лесопромышленного трактора – лесная почва с учетом условий эксплуатации, лесозаготовительного производства, характерных особенностей и свойств трелевочной системы (трелевочный трактор – пачка древесины), режимов работы трактора.

Управление экологической совместимостью системы движитель трелевочного трактора – лесная почва целесообразно вести по следующим направлениям.

О р г а н и з а ц и о н н о е. Это весьма эффективный путь снижения экологического ущерба при лесозаготовках. По данным ЦНИИМЭ [2], наиболее благоприятным для организации всех фаз лесозаготовительного производства является зимнее время года. Так, в 1975 г. по Минлеспрому СССР комплексная выработка на лесозаготовках в I квартале составила 188 м³ на одного рабочего, во II – только 107 м³, а себестоимость заготовки 1 м³ древесины в I квартале была на 2 р. (в ценах 1975 г.) ниже, чем во II. Понятно, что в зимнее время года, когда почва промерзает на глубину более 10 см и покрыта снегом, уплотнения и разрушения ее структуры не происходит. Перспективные гусеничные и особенно колесные трелевочные тракторы будут широко использоваться для трелевки на большие расстояния и на прямой вывозке по грунтовым временным подъездным путям – дорожным усам, а в зимнее время – по снежным поливным дорогам. Установлено [2], что себестоимость вывозки 1 м³ по специальным зимним дорогам в 4 раза ниже, чем по грунтовым.

В процентном отношении автомобильные лесовозные дороги Минлеспрома СССР распределялись следующим образом: постоянные (магистральи) – 4; ветки – 13; усы (временные) – 83 %. Грузонапряженность этих дорог обратно пропорциональна их протяженности и составляет соответственно 85, 12 и 3 %.

Необходимо провести анализ структуры лесозаготовок по периодам года и лесным регионам; экологически, экономически и с социальной точки зрения определить целесообразность организации лесозаготовок на грунтах* переувлажненных и с низкой несущей

* Под термином «грунт» понимаем почву и снег.

способностью. Следует ли треловать древесину в весенне-осеннюю распутицу при высокой энергоемкости процесса трелевки, низкой производительности, разрушении структуры почвы? Можно провести аналогию с сельским хозяйством, где предпосевную обработку почвы и посев зерновых начинают после того, как почва «созреет». Преждевременные обработка почвы и посев разрушают плодородие почвы и отрицательно влияют на развитие растений и урожай. В зимний период года полевые сельскохозяйственные работы сведены к минимуму, а в ряде регионов вообще не проводятся.

Технологическое. Транспортная схема освоения лесосеки определяется видом рубок и технологией работ. Трелевка древесины как в полупогруженном, так и в полностью погруженном положении (сортиментовоз) происходит по пасечному и магистральному волокам. При одних и тех же характеристике древостоя, виде рубок и применяемой системе машин технология лесосечных работ оказывает определяющее влияние на площадь и степень уплотнения лесной почвы. Если до сих пор наиболее квалифицированной концепцией, которой придерживается автор, можно считать первичность технологии и вторичность машины, то созрели условия, при которых приоритетной становится степень экологического ущерба от применяемого технологического процесса. Составление технологической карты и технологический процесс освоения лесосеки должны базироваться на управлении экологическим ущербом, сводя его, естественно, к минимуму.

Конструкторское. Это направление наиболее перспективное с точки зрения управления экологической совместимостью системы движитель трелевочного трактора – лесная почва. Исследования необходимо нацелить на поиск и использование прогрессивных технических решений для трансмиссии, ходовой системы и органов управления, а также оптимизацию параметров как отдельных деталей (например звена гусеницы), механизмов, систем, так и машин в целом. При этом необходимо иметь представление о специфике движения трелевочной системы и взаимодействия движителя с волоком.

Исследователи сельскохозяйственных тракторов оценивают уплотнение почвы только от нормального давления движителя на почву и от напряжений сдвига, возникающих от касательной силы тяги, т.е. «уплотнение по следу». Механизм уплотнения лесной почвы трелевочной системой значительно сложнее. Исследованиями сотрудников кафедры лесных гусеничных и колесных машин С. - Петербургской лесотехнической академии установлено, что при трелевке по волоку в реальных производственных условиях до 70 % времени работы трактор находится в режиме поворота. При этом интенсивно разрушаются стенки колеи, а площадь уплотнения почвы движителем значительно увеличивается. Ширина кроны пачки деревьев и сучьев пачки хлыстов в несколько раз больше ширины движителя. Влияние объема и структуры пачки древесины, характера кроны, состава сучьев на уплотнение лесной почвы с различными физико-механическими свойствами не исследовано.

Установлено, что давление двигателя сельскохозяйственного трактора на почву не должно превышать 0,05 МПа. Только в этом случае двигатель считается экологически совместимым с почвой. В мировом лесном машиностроении освоен выпуск колесных и гусеничных лесотранспортных машин с давлением двигателя на почву менее 0,05 МПа, при этом используют новые материалы, технические решения, технологии. С нашей точки зрения, стоимость таких машин очень высока, однако ее необходимо сравнивать с потерями, вызванными экологическим ущербом от взаимодействия двигателя с лесной почвой.

Э к с п л у а т а ц и о н н о е. Это направление следует сузить до оптимизации рейсовой нагрузки и режимов работы трелевочного трактора. Суммарное механическое воздействие двигателя на почву определяется рейсовой нагрузкой и числом рейсов – проходов трелевочной системы по волокам лесосеки. При оптимальных рейсовых нагрузках, а следовательно, и числе рейсов, экологический ущерб будет наименьшим. Большие рейсовые нагрузки вызывают увеличение давления двигателя и кроны пачки на почву и усложняют поворот трелевочной системы, что приводит к повышенному разрушению стенок колеи. При малых нагрузках возрастают число проходов трелевочной системы по волокам и площадь уплотнения лесосеки. Необходима методика, позволяющая оптимизировать рейсовую нагрузку, при которой обеспечивается наименьший экологический ущерб.

В настоящее время существуют методика, математические модели и программы ЭВМ, позволяющие определить оптимальную рейсовую нагрузку с точки зрения производительности и энергозатрат на трелевку для конкретного сочетания энергонасыщенности трактора и свойств волока [1].

Механизм взаимодействия двигателя трелевочного трактора с почвой сложнее, чем у сельскохозяйственного. Почвы для возделывания сельскохозяйственных культур однородны по структуре и различаются только типами. Физико-механические их свойства хорошо изучены. Они резко ухудшаются от воздействия влаги. Трелевочный трактор в летнее время работает на сухой почве, зимой – на мерзлой почве и по снежному покрову. Лесная почва насыщена корнями, что повышает ее несущую способность и снижает уплотнение. Есть и другие характерные особенности. Трелевочный волок имеет значительную извилистость в плане, что влияет на режим работы трактора. Изучение взаимодействия двигателя со значительными микронеровностями волока – трудная теоретическая задача, которая усложняется при работе трелевочного трактора на резкопересеченном рельефе. Для повышения проходимости трелевочного трактора волок выстилают порубочными остатками, вершинами и даже стволами деревьев. Если исследователи сельскохозяйственных тракторов изучают уплотнение почвы от трех- и четырехкратных проходов трактора, то при аналогичных исследованиях на лесосеке – от десятков проходов.

Эксплуатационное направление весьма эффективно с точки зрения снижения экологического ущерба от первичного транспорта леса. Работа не требует значительных финансовых и материальных затрат.

Л е с о в о д ч е с к о е. Задача сводится к изучению влияния уплотнения почвы на «возделывание» лесных культур и разработке способов разуплотнения почвы. Необходимо исследовать целесообразность разуплотнения почвы механическим способом, тем более что уплотненная площадь лесосеки небольшая. Можно прогнозировать, что собранные на волоке порубочные остатки в процессе гниения будут выполнять разуплотняющие функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Анисимов Г. М. Эксплуатационная эффективность трелевочных тракторов. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 208 с. [2]. Барановский В. А., Некрасов Р. М. Система машин для лесозаготовок. - М.: Лесн. пром-сть, 1977. - 266 с.

Поступила 19 июня 1995 г.

УДК 630* 377. 44: 629.017

Г.М.АНИСИМОВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОХОДИМОСТИ ТРЕЛЕВОЧНОГО ТРАКТОРА

Предложены новые методика и показатели, позволяющие прогнозировать проходимость трелевочного трактора.

New methods and indices permitting forecast of the skidding tractor's capacity for cross-country travel have been offered.

Известно, что проходимость лесосечных машин зависит от технических решений и параметров ходовой системы, их поворотливости и процессов, возникающих в зоне контакта движителя с опорной поверхностью, которые определяются коэффициентами сопротивления качению f , сцепления движителя с грунтом ϕ и буксования (или потери от буксования) δ .

При исследовании проходимости лесосечных машин необходимо иметь в виду, что их генеральная совокупность подчиняется закону нормального распределения. Подавляющее большинство машин эксплуатируется в нормальных (типичных для лесопромышленной зоны) условиях и только небольшая часть в очень легких и очень тяжелых.

Характерная особенность взаимодействия трелевочной системы с волоком состоит в том, что с увеличением трелеваемой пачки древесины сила сопротивления волока растет медленнее, чем сила сцепления движителя с опорной поверхностью, поэтому в нормальных условиях эксплуатации потери от буксования не должны превышать значения, регламентированного ГОСТом (при прямолинейном движении гусеничного трактора – 5 %, колесного – 18 %). На поворотах потери от буксования значительно выше.

Для оценки проходимости машин различного назначения применяют геометрические, тяговые и опорно-сцепные показатели. Рассмотрим некоторые из них.

Удельная мощность системы N_y :

$$N_y = N_{ен} / G_c, \quad (1)$$

где $N_{ен}$ – номинальная мощность двигателя;

G_c – вес трелевочной системы.

Удельная мощность характеризует проходимость любой транспортной системы только качественно. Применительно к трелевочным системам этот показатель, с нашей точки зрения, неприемлем, так как с ухудшением условий движения уменьшается рейсовая нагрузка, что приводит к увеличению удельной мощности и возможному снижению проходимости.

К качественным показателям можно отнести также давление движителя на опорную поверхность и коэффициент его сцепления с грунтом. Их применение весьма ограничено. Максимальное давление гусеничного движителя на грунт может превышать его среднее значение в 2 – 4 раза, а колесного – на 30...40 %. Этот показатель не отражает энергонасыщенности машины и энергоемкости процесса трелевки.

Для предварительной оценки проходимости автомобилей применяют качественный критерий проходимости $\Pi_{сц}$ [2, с. 264–266]:

$$\Pi_{сц} = 1 - \frac{f}{\phi K_{сц}}, \quad (2)$$

где $K_{сц}$ – коэффициент сцепного веса системы.

Анализ показал невозможность применения этого критерия для оценки проходимости трелевочного трактора, так как он не учитывает энергетических свойств трелевочной системы, соотношения несущей

способности грунта и давления движителя. Кроме этого, отношение коэффициентов сопротивления и сцепления неприменимо для трелевочного трактора, трелеющего пачку в полупогруженном положении.

Более 30 лет в научных изданиях и учебниках используют комплексный фактор проходимости, предложенный в НАМИ [2]. Применительно к трелевочным тракторам этот фактор Π можно записать следующим образом:

$$\Pi = \frac{Q_1 v_1 g_1}{Q_2 v_2 g_2}, \quad (3)$$

где Q_1, Q_2 – рейсовая нагрузка соответственно при трелевке пачки по тяжелому волоку (с большим значением коэффициента сопротивления движению) и эталонному или типичному для конкретных производственных условий;

v_1, v_2 – средняя скорость движения трелевочной системы;

g_1, g_2 – путевой расход топлива.

Чем больше значение Π , тем лучше проходимость машины. Формула (3) учитывает энергозатраты на трелевку и производительность, однако этот метод не позволяет прогнозировать время движения при трелевке пачки по тяжелому и эталонному волокам (t_1 и t_2) и путевой расход топлива, следовательно, проходимость трелевочной системы можно оценить после завершения процесса трелевки, что не имеет практического смысла.

Выполненные исследования [1] позволяют трансформировать формулу (3) для прогнозирования проходимости трелевочного трактора. Например, путевой расход топлива g_2 можно выразить через удельный технологический расход топлива при трелевке по эталонному волоку $g_{y,э}$, г/(м³ · км) или г/(т · км), [1] на участке длиной S_2 :

$$g_2 = g_{y,э} Q_2 S_2. \quad (4)$$

При оценке эксплуатационной эффективности трелевочных тракторов удельный технологический расход топлива представлен зависимостью [1]

$$g_y = \frac{\psi_y g_k}{\eta_{т.т}}, \quad (5)$$

где ψ_y – условный коэффициент сопротивления движению пачки;

g_k – удельный расход топлива в зависимости от загрузки двигателя по мощности;

$\eta_{т.т}$ – тяговый показатель трелевочного трактора.

Преобразовав выражения (3) и (5), можно получить формулу для оценки проходимости трелевочного трактора:

$$\Pi = \frac{g_{y,z} l_z}{g_{y,t} l_t} = K_u K_\eta K_l K_g, \quad (6)$$

где $K_u = \frac{\psi_{y,z}}{\psi_{y,t}}$; $K_\eta = \frac{\eta_{t,t}^z}{\eta_{t,t}^y}$; $K_l = \frac{l_z}{l_t}$; $K_g = \frac{g_{k,z}}{g_{k,t}}$.

Индексы «т» и «з» отражают принадлежность показателя к условиям эксплуатации.

Условный коэффициент сопротивления движению пачки можно выразить через коэффициент сопротивления движению трелевочной системы ψ_c и коэффициент условной тяги системы K_G [1]:

$$\psi_y = \psi_c K_G,$$

где $K_G = \eta_{t,t} / \eta_G$ (η_G – коэффициент полезного использования веса системы, $\eta_G = Q / G_c$;

Q – рейсовая нагрузка.

Коэффициенты сопротивления движению системы определяются по почвенно-грунтовым условиям или экспериментальному материалу, например приведенному в работе [1]. В ней вскрыта сущность тягового показателя трелевочного трактора, определены и исследованы его значения. Графические зависимости для широкого диапазона энергонасыщенности трелевочного трактора и рейсовых нагрузок приведены на рис. 1.

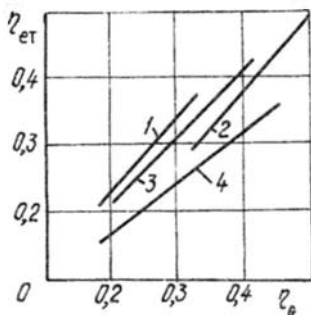


Рис. 1. Зависимость тягового показателя $\eta_{ет}$ от коэффициента полезного использования веса системы η_G : 1 – ТБ-1, ТБ-1М, энергонасыщенность трактора $N_G = 5,3 \dots 6,7$ кВт/т, лето; 2 – ТДТ-55А, ТЛТ-100, $N_G = 5,5 \dots 7,3$ кВт/т, осень; 3 – ТДТ-55, ТДТ-55А, ТЛТ-100, $N_G = 5,0 \dots 7,3$ кВт/т, зима; 4 – ТБ-1М, $N_G = 6,7$ кВт/т, весна

Разработанная теория прогнозирования использования передач по времени [1] позволяет определить время трелевки на отдельных передачах и средневзвешенное значение коэффициента загрузки двигателя по мощности для нахождения удельного расхода топлива двигателя. Таким образом, все необходимые показатели и коэффициенты прогнозируются, и формула (6) пригодна для определения проходимости трелевочной системы в различных условиях.

По данным, приведенным в работе [1, табл. 4.2], поясним методу прогнозирования проходимости трелевочной системы на базе трактора ТДТ-55А для следующих условий: тяжелый волок, лето:

$Q = 52$ кН; $\psi_{y,t} = 0,340$; $\eta_{r,t} = 0,55$; $K_N = 0,70$; эталонный волок, зима:
 $Q = 65$ кН; $\psi_{y,z} = 0,247$; $\eta_{r,t}^z = 0,56$; $K_N = 0,64$.

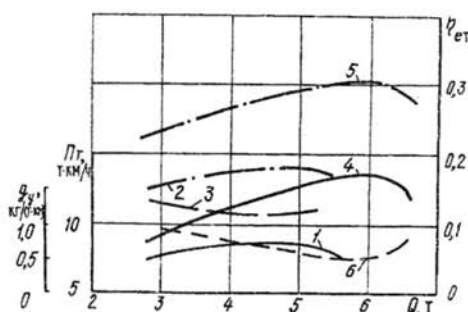
Находим $K_w = 0,726$; $K_t = 0,751$; $K_n = 0,980$; $K_g = 1,28$;
 $\Pi = 0,726 \cdot 0,980 \cdot 0,751 \cdot 1,28 = 0,683$. Здесь K_N – коэффициент загрузки двигателя по мощности, K_t и K_g вычисляются по полученным экспериментом t и g .

Следовательно, в тяжелых условиях при трелевке пачки по легкому волоку проходимость составляет 0,683 от проходимости по эталонному зимнему.

Принципиальный недостаток оценки проходимости по формуле (3) и полученному после ее трансформации выражению (6) – отсутствие методики прогнозирования оптимальной рейсовой нагрузки для конкретного сочетания энергонасыщенности и свойств трелевочного волока, при котором производительность трелевочной системы максимальна.

В работе [1] обоснован эффективный показатель трелевочного трактора η_{er} . Теоретически и экспериментально доказано, что только у этого показателя графическая зависимость от рейсовой нагрузки имеет экстремум, в зоне которого достигается максимальная транспортная производительность и минимальный удельный расход топлива (рис. 2). При оптимальной массе трелеваемой пачки (6 т) на осеннем волоке-полигоне длиной 1500 м получены производительность 14,3 т · км/ч, удельный технологический расход топлива 0,76 кг/(т · км), время трелевки 0,629 ч; при массе пачки 3 т соответственно 10,0 т · км/ч, 1,14 кг/(т · км) и 0,450 ч [1].

Рис. 2. Зависимость технико-эксплуатационных показателей трактора ТДТ-55А от рейсовой нагрузки Q_r : сплошная линия – Π_r ; штриховая – g_y ; штрих-пунктирная – η_{er} ; 1 – 3 – зимний снежный; 4 – 6 – осенний волок



По формуле (6) определим проходимость. Для массы 6 т имеем $g_{y6}t_6 = 0,76 \cdot 0,629 = 0,478$; для массы 3 т $g_{y3}t_3 = 1,14 \cdot 0,45 = 0,513$. Тогда

$$\Pi_3 = \frac{g_{y3}t_3}{g_{y6}t_6} = \frac{0,513}{0,478} = 1,073;$$

$$\Pi_6 = \frac{g_{y6}t_6}{g_{y3}t_3} = \frac{0,478}{0,513} = 0,931.$$

Пример показывает, что при массе 3 т проходимость выше, чем при оптимальной (6 т), но в последнем случае достигаются высшая производительность и минимальный удельный технологический расход топлива, т.е. минимум энергоемкости процесса трелевки. Следовательно, в зоне экстремального значения $\eta_{\text{ет}}$ наблюдается такая проходимость, при которой эксплуатационная эффективность работы трелевочного трактора максимальна.

Еще пример. Оценим проходимость трактора ТДТ-55А в различных условиях трелевки с использованием эффективного показателя. Сравним проходимость трактора при трелевке пачки древесины объемом 3 м³ по осеннему и снежному зимнему волокам.

Из примера (7) для осеннего волокна

$$g_{y.o} t_o = 1,14 \cdot 0,45 = 0,513.$$

Данные, полученные при трелевке пачки древесины по снежному зимнему волоку, берем из работы [1]: $\Pi_T = 6,8 \text{ т} \cdot \text{км/ч}$; $g_{y.z} = 1,31 \text{ кг/(т} \cdot \text{км)}$; $t_z = 0,692$; $g_{y.z} t_z = 1,31 \cdot 0,692 = 0,904$. За эталонный принимаем осенний волок, тогда проходимость по тяжелому зимнему волоку

$$\Pi = 0,513 : 0,904 = 0,576.$$

Таким образом, проходимость трелевочного трактора по тяжелому зимнему снежному волоку составляет 0,576 от проходимости по осеннему волоку.

Отметим, что в зоне экстремального значения $\eta_{\text{ет}}$ достигаются минимальные удельные потери от буксования, а следовательно, минимальное уплотнение и разрушение лесной почвы от воздействия движителя.

Выводы

1. Существующие аналитические зависимости и методы оценки проходимости не учитывают некоторых параметров трелевочной системы и свойств волокна. Они непригодны для прогнозирования проходимости трелевочного трактора и оптимизации рейсовой нагрузки.

2. Формула (6) позволяет прогнозировать проходимость трелевочного трактора в различных производственных условиях.

3. Эффективность работы трелевочного трактора определяется не проходимостью, а максимальной производительностью при минимальном удельном технологическом расходе топлива, которые достигаются при оптимальном соответствии рейсовой нагрузки и энергонасыщенности свойствам волокна. Оптимальную рейсовую нагрузку для данного сочетания энергонасыщенности и свойств волокна можно прогнозировать на основании эффективного показателя трелевочного трактора.

4. Разработанная методика позволяет прогнозировать экстремальное значение эффективного показателя трелевочного трактора, при котором эксплуатационная эффективность и проходимость трелевочного трактора максимальны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Анисимов Г.М. Эксплуатационная эффективность трелевочных тракторов. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 208 с. [2]. Лесные машины / Под ред. Г. М. Анисимова. - М.: Лесн. пром-сть, 1989.

Поступила 19 июня 1995 г.

УДК 630* 383.2 : 630*

В.С.МОРОЗОВ, М.В.ПОПОВ

Архангельский государственный технический университет

Морозов Владимир Станиславович родился в 1955 г., окончил в 1978 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и сопротивления материалов Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных работ в области строительства и эксплуатации зимних лесовозных дорог.



Попов Михаил Витальевич родился в 1951 г., окончил в 1973 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики Архангельского государственного технического университета. Имеет более 40 научных трудов в области конструирования, технологии ремонта и содержания верхнего строения лесовозных узкоколейных железных дорог и теоретической механики.



О МЕТОДИКЕ РАЗРАБОТКИ БАНКА ДАННЫХ ДЛЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Разработана методика построения электронной карты лесовозных дорог Архангельской области. Изложены различные способы ввода картографического материала в память компьютера, редактирование полученной информации. Рассмотрены способы вывода рисунков на печать.

The methods of electronic mapping of logging roads in Archangelsk region have been developed. Different ways of mapping materials input into computer memory and those of editing the information obtained are presented. The inking output procedures of printing have been considered.

Северные территории России богаты лесом, нефтью, газом и другими полезными ископаемыми. В настоящее время их освоение осложнено неразвитой транспортной инфраструктурой, недостаточной протяженностью железных и автомобильных дорог общего пользования, отсутствием надежной транспортной связи между населенными пунктами. Все это затрудняет развитие производственных сил в северных регионах России, создание хозяйственных, трудовых, товарных, бытовых и культурных связей.

Значительная часть Европейского Севера покрыта лесами. Для вывозки древесины построена развитая сеть лесовозных дорог. Их протяженность, например в Архангельской области, составляет примерно 12 тыс. км, в том числе автомобильных гравийных – 1900, железобетонных – 1500, лежневых – 2200, грунтовых – 1000, сезонных зимних – 2700, лесовозных УЖД – 2200 км и т.д.

Использование трасс действующих (и выведенных из эксплуатации вследствие истощения лесосырьевой базы) лесовозных дорог позволит:

- снизить затраты на проектирование и строительство дорог районного, областного, государственного и международного значения;

- ускорить создание развитой транспортной инфраструктуры северных регионов России;

- включить часть лесовозных дорог (после необходимой реконструкции) в единую транспортную сеть России;

- обеспечить благоприятные условия для освоения материальных ресурсов северных регионов с выходом как на государственный, так и на межгосударственный рынок товаров и услуг;

- отказаться от строительства параллельных транспортных путей и снизить тем самым потребность в дополнительных капиталовложениях;

- способствовать экологическому оздоровлению северных территорий за счет ликвидации молевого сплава и сокращения объема плотового сплава.

Для оперативного решения многих вопросов планирования и управления строительством дорог, проведения перспективного анализа и разработки долгосрочных прогнозов, а также мероприятий по развитию транспортной сети в регионах Севера существенную помощь окажет создание на ЭВМ банка данных для лесовозных дорог Архангельской области.

Он предназначен для хранения картографической и справочной информации и должен обеспечивать свободный доступ к ней, а также возможность его систематического пополнения и корректировки.

Разработка банка данных для лесовозных дорог Архангельской области начата нами в 1995 г. по договору с Архангельским автодорогом. Он предусматривает создание программного продукта, накопление картографического материала и справочных данных, формирование банка и решение сопутствующих методических вопросов.

Основной картографический массив состоит из серии карт-планшетов территории области масштаба 1:100 000 (километровки), изданных в 1995 г. Они содержат информацию о наличии и расположении дорог различного назначения, гидрографию районов. На картах показаны: автомобильные дороги круглогодичного действия с различными типами покрытий, автомобильные дороги без покрытия (грунтовые, полевые, лесные), лесовозные зимние и узкоколейные железные дороги (в том числе полотно разобранных УЖД), железные дороги широкой колеи, болота, водотоки, мосты, переправы, населенные пункты и другая информация. Всего в серии выйдет 150 карт-планшетов.

Другой обработанный картографический массив включает карты-планшеты территории лесовозных дорог, тяготеющих к автодороге Луковецкий -- Пинега -- Широкое -- Лешуконское в масштабе 1:200 000. На планшетах показаны: магистрали действующих лесовозных дорог и их ветки, трассы строящихся и проектируемых лесовозных дорог, действующие и строящиеся автомобильные дороги общего пользования, водотоки, озера, болота, населенные пункты и другая информация.

При создании банка данных картографическую информацию надо ввести в память ЭВМ, что возможно с помощью графических редакторов и специальных электронных устройств: сканеров и графических планшетов.

Сканер считывает графическую и текстовую информацию с выполненных заранее чертежей, схем, рисунков и текста и одновременно записывает ее в память компьютера. С помощью программного обеспечения компьютер может различать и распознавать отдельные символы с введенной в его память графической и текстовой информации на первой стадии.

Нами был использован черно-белый сканер HP ScanJet 3p Scanner с достаточно высокой разрешающей способностью – 300 точек на дюйм. Он позволяет считывать информацию с листа бумаги формата А4.

Введенный в память ЭВМ рисунок можно вызвать на экран монитора. Исходное изображение является черно-белым, но с помощью графического редактора его можно раскрасить в любые цвета, выделив отдельные детали карты.

Графический планшет (дигитайзер) представляет собой устройство для ввода в память ЭВМ чертежей и контурных изображений. Здесь чертеж, рисунок, карту размещают на планшете и с помощью линейного устройства и манипулятора «мышь» перерисовывают в монитор. При работе с планшетом применяют систему автоматизации чертежно-графических работ Autocad (автокад).

Автокад позволяет располагать выбранные фрагменты карты (чертежа) по отдельным слоям (что можно сравнить с наложением друг на друга прозрачными кальками). Например, на одном слое графического изображения имеются города, поселки и другие населенные пункты, на втором – гидрографическая обстановка местности, на третьем – дороги круглогодочного действия и т.д. Каждый слой можно выводить на экран монитора по отдельности, но можно вывести и несколько слоев. Количество слоев не ограничено. С каждым из них связывают цвет и тип линий.

По мере создания рисунка можно вводить новые слои и менять свойства существующих. Каждому слою присваивают имя, которое хранят в специальном списке. При вызове слоя или их комбинации на экран рабочее изображение фрагмента является цветным.

Готовую графическую и текстовую информацию выводят из памяти ЭВМ с помощью принтера (печатающего устройства). Нами были использованы принтеры трех типов: матричные, струйные и лазерные.

Матричный принтер модели Epson – FX800 имеет печатающую головку с 9 металлическими стержнями (иголками), скорость печати от 3 до 200 с на страницу. Качество печати карт посредственное. Его можно улучшить при печати в несколько проходов (от двух до четырех), что приводит, однако, к увеличению времени вывода.

В струйном принтере изображение формируется микрокаплями специальных чернил, выдуваемых на бумагу. Этот способ обеспечивает более высокое качество изображения. Однако струйные принтеры дороже матричных, требуют более тщательного ухода и обслуживания. Скорость печати приблизительно такая же, как у матричных принтеров.

Лучше всего использовать лазерные принтеры, обеспечивающие высокое качество печати (близкое к типографскому). Они наиболее удобны для получения черно-белых документов. Разрешающая их способность 300 точек на дюйм и выше. Нами был использован принтер типа HP Laserjet 4p, работающий по специальной технологии повышения качества изображения.

При выводе цветных изображений с экрана монитора на печать необходимо использовать цветные струйные или лазерные принтеры. Такие изображения нами получены, но, к сожалению, они не могут быть приведены в статью. В качестве иллюстраций некоторые картографические фрагменты представлены в черно-белом изображении.

На рис.1 дана карта Ленского района, введенная в ЭВМ с помощью сканера и распечатанная на струйном принтере.

Качество изображения на экране монитора, а следовательно, и распечатки существенно зависят от состояния исходной картографической информации. Она выводится на экран с помощью графического пакета Picture Map и может быть отредактирована, дорисована или подчищена. Так, фрагмент карты на рис.1 вырезан из карты области, а прилегающие части карты удалены с помощью команд трансформации.

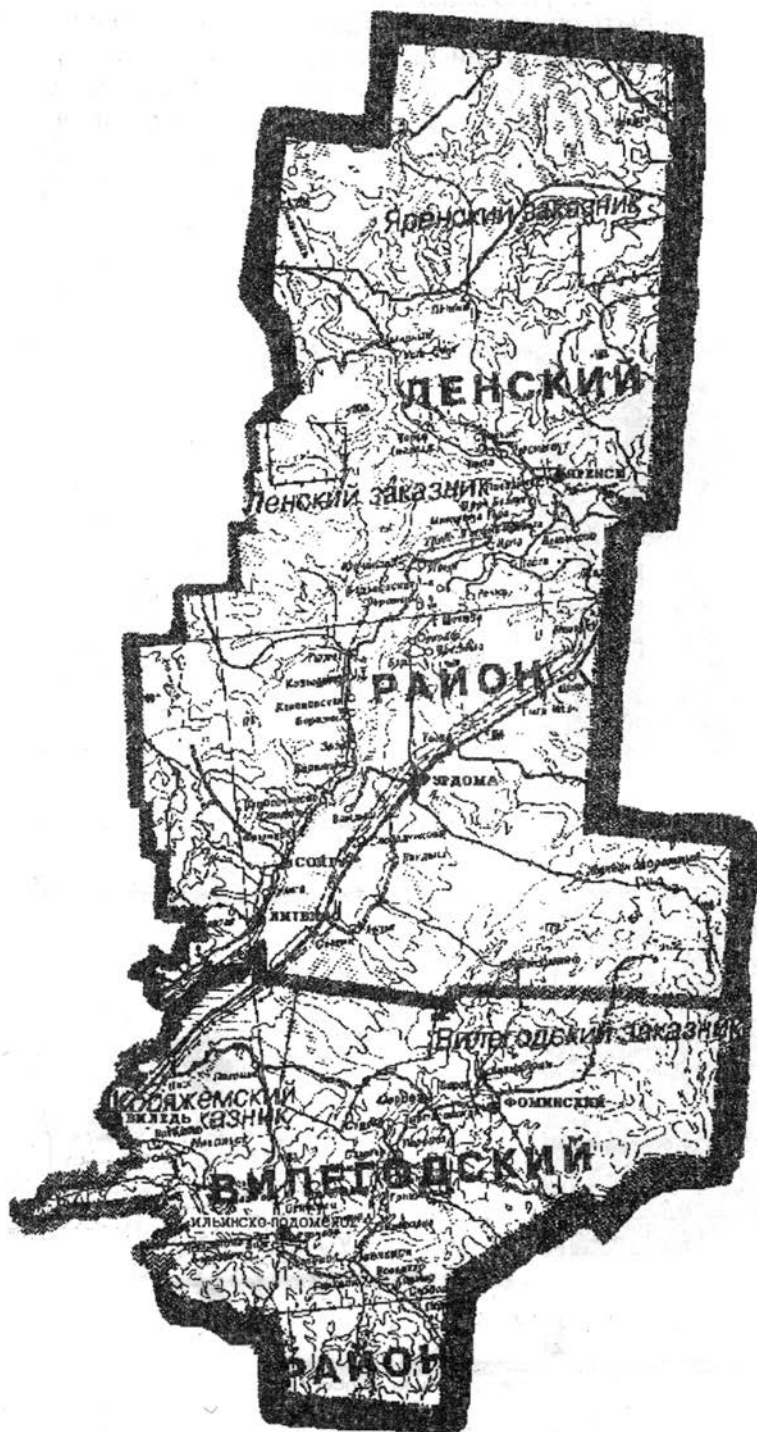


Рис. 1. Карта Ленского района

Текст и изображение линий на картах, содержащихся в памяти ЭВМ, должны быть обязательно отредактированы. В частности, необходимо прорисовать все надписи, линии рек и дорог, контуры района, болот и другие необходимые объекты на карте. Влияние редактирования на качество записанного картографического материала проиллюстрировано на рис.1. Здесь приведены карты двух районов. Для Ленского района изображение карты на экране отредактировано практически полностью. Раскрашивание карты на экране еще больше повышает информативность материала. Отредактированная карта хранится в памяти компьютера.

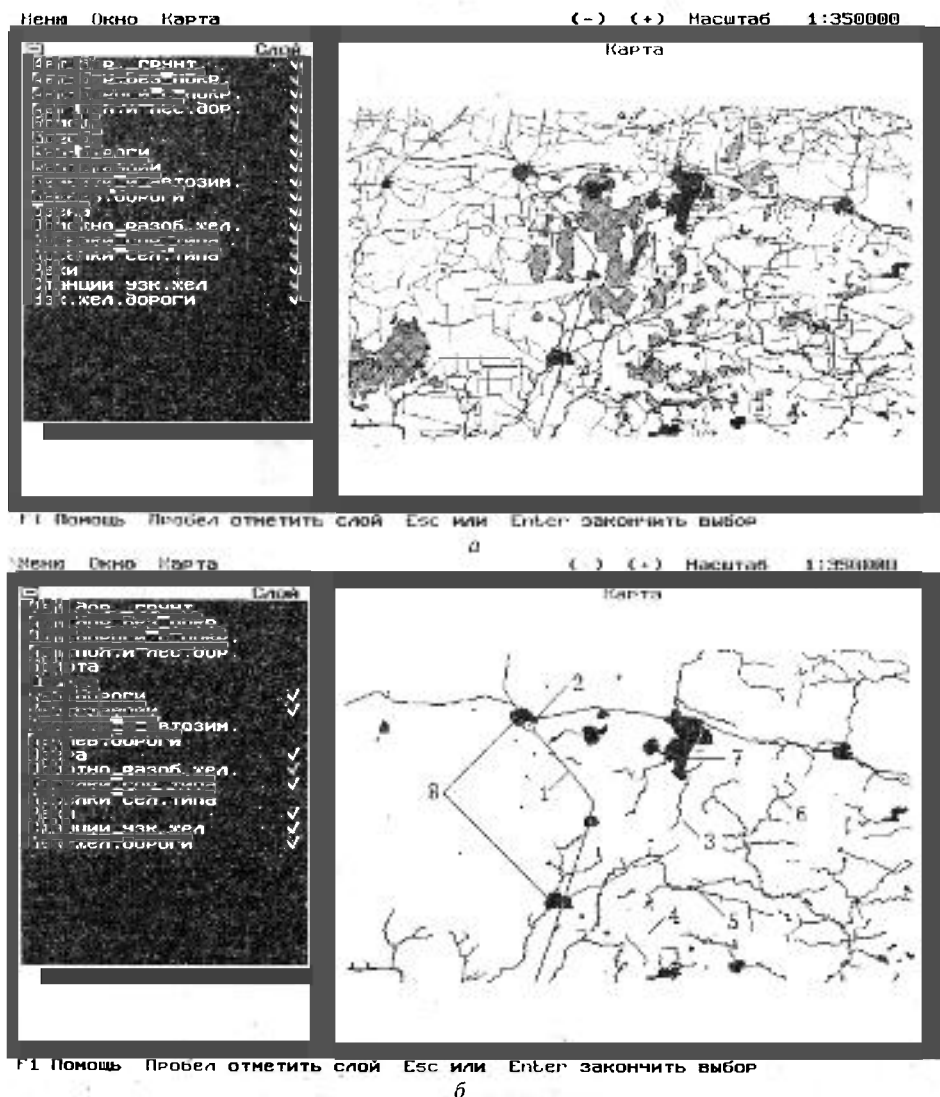


Рис. 2. Электронная карта участка Пуксоозеро: а – сводная карта всех слоев; б – карта железных дорог

На рис. 2, а приведено изображение сводной электронной карты участка Пуксоозеро, введенной в память ЭВМ с помощью дигитайзера. На полоске с левой стороны карты приведен перечень слоев, которые можно вывести на экран как по отдельности, так и в любой комбинации. Например, на рис. 2, б приведена сводная карта следующих слоев: железные дороги широкой колеи (1) и станции (2), узкоколейные железные дороги (3) и станции (4), полотно разобранных железных дорог (5), реки и водотоки (6), озера (7), поселки городского типа (8).

При необходимости на полоску с левой стороны карты можно вместо перечня слоев вывести краткую информацию по каждому изображенному на карте объекту.

На экране монитора изображение карты является цветным, поэтому отдельные картографические объекты легко различимы.

Таким образом, в 1995 г. полностью отработана методика построения электронной карты лесовозных дорог области с помощью ЭВМ.

Сравнивая различные способы ввода и вывода картографической информации, можно сделать следующие выводы.

1. Использование сканера для ввода в компьютер картографической информации не требует большого времени и обеспечивает получение на экране монитора достаточно хорошего изображения. С помощью графического редактора возможно повышение качества рисунка, изменение его масштаба, изучение рисунка по фрагментам.

Из-за относительно низкой разрешающей способности большинства сканеров качество изображения является невысоким, что не позволяет пропечатывать полную текстовую информацию даже при использовании лазерного принтера.

2. Ввод в компьютер графической информации с помощью дигитайзера позволяет получить на экране высококачественные картинки. Их можно рассматривать по слоям для детального анализа отдельных природных и дорожно-транспортных объектов.

Недостатком этого способа является его трудоемкость. Однако последующего редактирования карт практически не требуется.

Методика, приведенная в этой статье, может быть использована при создании электронной карты Архангельской области и аналогичных карт для других регионов Европейского Севера.

Поступила 23 января 1996 г.

УДК 502. 55

О.М. СОКОЛОВ, Я.Ю. МАРКО, В.Р. ИВКО

Архангельский государственный технический университет



Соколов Олег Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, доктор химических наук, профессор, ректор, заведующий кафедрой химии древесины, целлюлозы и гидролизного производства Архангельского государственного технического университета, академик Международной академии наук, РИАН, Академии проблем качества РФ. Имеет более 170 научных трудов в области исследования процессов сульфатной варки, изучения свойств и применения технических лигнинов.



Марко Ярослав Юрьевич родился в 1943 г., окончил в 1970 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета. Имеет около 60 печатных работ в области технической мелиорации торфяных грунтов.



Ивко Вячеслав Ростиславович родился в 1958 г., окончил в 1987 г. Архангельский лесотехнический институт, ассистент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов Архангельского государственного технического университета. Имеет 12 печатных работ в области экологии и инженерных конструкций.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ ЗАСТРАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

На конкретном примере рассмотрено нарушение баланса экологической системы при освоении территорий под застройку.

A specific example of ecological system disbalance when developing territories has been considered.

Вопросам сохранения экологического баланса при освоении новых территорий придается все большее значение. Государственной Думой Российской Федерации 19.07.95 г. принят закон «Об экологической экспертизе».

В настоящей статье анализируется влияние различных факторов на окружающую среду в процессе застройки и эксплуатации района санатория «Беломорье». Он расположен в 40 км к югу от г. Архангельска на берегу оз. Смердье и предназначен для лечения органов пищеварения и дыхательных путей. В качестве природных лечебных средств используют минеральные воды сульфатно-хлоридно-натриевого состава с минерализацией 12...14 г/л, а также лечебные грязи оз. Опогра.

Район застройки расположен в левобережной части бассейна нижнего течения р. Северной Двины между ее притоками Кехтой и Брусовицей. Рельеф местности холмисто-грядовый. Превышения холмов и понижений составляют 15...25 м. Возвышенные части рельефа заняты хвойным и смешанным лесом, пониженные заболочены.

Основными водными артериями района являются р. Брусовица и цепь озер Заднее, Среднее, Смердье, Опогра, вытянутых с северо-запада на юго-восток. Их фрагмент приведен на рис.1. Все озера соединены между собой протоками. Водоприемником поверхностного и грунтового стока является оз. Смердье, площадь водной поверхности которого равна 2,7 км². Из озера вытекает река с одноименным названием.

Около половины площади района занимают болота. По характеру растительности они подразделяются на мохово-грядово-мочажинные, мохово-травянистые, мохово-слабооблесенные и лесные.

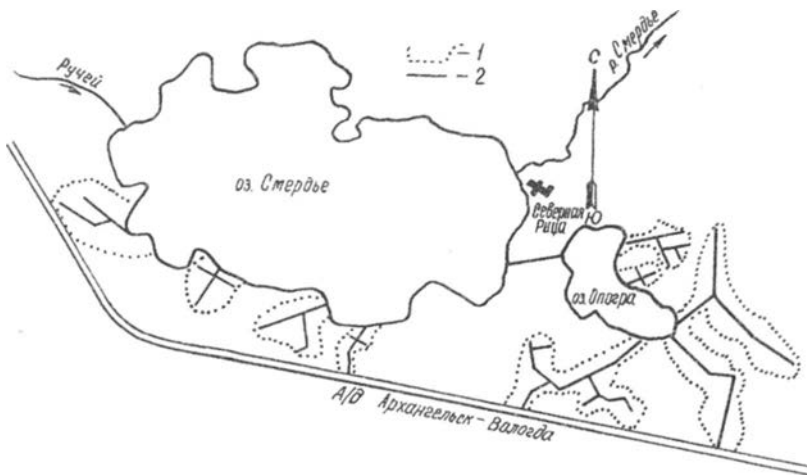


Рис. 1. Фрагмент водных объектов с указанием осушаемых территорий: 1 – граница осушаемой территории; 2 – осушители

Результаты гидрогеологических и санитарных исследований на стадии проектирования показали полное соответствие биоценозов и зоопланктонов природному району севера Архангельской области. Индикаторами чистоты озерной воды служили озерные раки.

В соответствии с проектом в санитарном комплексе возведены и эксплуатируются водозаборные и водоочистные сооружения, соответствующие установленным ПДК для условно чистой воды. Твердые отходы вывозят на общегородскую свалку.

Однако со второй половины 80-х гг. были отмечены потеря устойчивости лесного биоценоза и начало его дигрессии, изменение гидрогеологического режима оз. Смердь и химического состава его воды, частичное усыхание древостоя в зоне очистных сооружений.

Изучение причин нарушения экологического равновесия территории санатория начато сотрудниками кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов АГТУ в марте 1988 г. В ходе работ оборудовано семь опытных участков для наблюдения за торфяной залежью. План-схема опытного участка осушаемой залежи представлена на рис. 2. Для выполнения химического анализа воды отбирали пробы с различных мест и глубин водных объектов, расположенных на прилегающей к санаторию территории. Основным установленным признаком нарушения гидрохимического режима озера являлось повышенное содержание аммиака, а возможными причинами могли быть мелиоративные стоки торфяных болот или же аварийные сбросы сточных вод санатория. Поэтому под контроль были взяты места, где эти факторы могли реально действовать: напротив устьев собирателей и осушителей, в местах пробных отборов целебных грязей, вдоль подземной трассы «условно чистых» стоков, в месте их сброса.

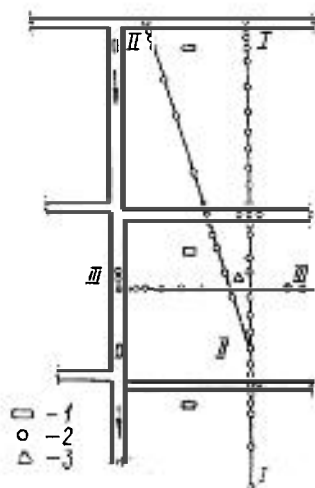


Рис. 2. План-схема оборудования исследуемого участка торфяной залежи: 1 – место отбора проб воды торфяной залежи; 2 – пьезометр; 3 – нивелировочная стоянка; I – I, II – II, III – III – пьезометрические створы

В целях определения гидрогеологического режима водных объектов, в первую очередь оз. Смердье, были организованы экспедиции по определению приходной и расходной частей водного баланса. Водный баланс озера рассчитывали по формуле

$$x + y_n + y_{гр} = z + y_{ст} + y_{ф} + q + \Delta w,$$

где x – атмосферные осадки, выпадающие на поверхность озера, $x = x_1 F_{оз} \cdot 10^{-3}$ млн м³ (где x_1 – слой осадков, выпавших в течение года; $F_{оз}$ – площадь озера);

y_n – приток вод, стекающих из осушительной системы;

$y_{гр}$ – приток грунтовых вод;

$z, y_{ст}$ – расходная часть вследствие испарения и стока;

$y_{ф}$ – расход на фильтрацию;

q – безвозвратный расход воды из озера на хозяйственные нужды;

Δw – изменение объема воды за время T .

Приток грунтовых вод и фильтрацию определяли по методике [1]. В расчетах использовали результаты многолетних наблюдений болотной станции Брусовица. Были проанализированы зависимости запаса воды в оз. Смердье от осадков в 1990 г. (рис. 3), испарения от температуры воздуха во времени (рис. 4), определены гидрографы притока и стока, уточнен приток в период половодья и затяжных осенних дождей. При этом изучено влияние насыпи автомобильной дороги

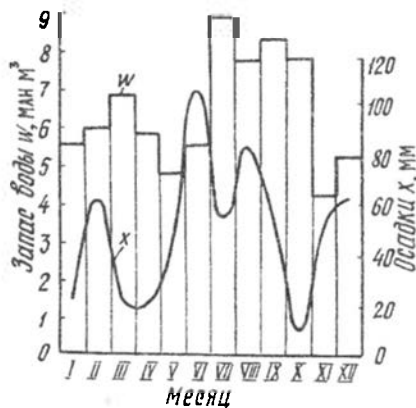


Рис. 3. Зависимость запаса воды в оз. Смердье от осадков

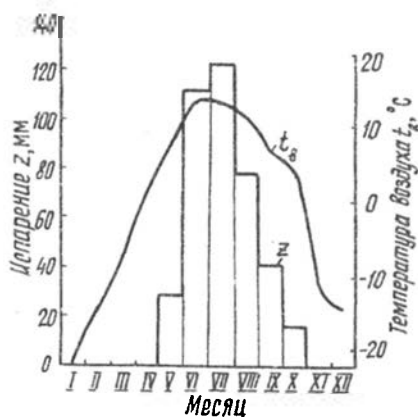


Рис. 4. Зависимость испарения от температуры воздуха

Архангельск – Вологда, отсекающей часть площади водосбора оз. Смердье (см. рис. 1). Асфальтирование полотна дороги с выторфовкой основания примерно совпало с началом строительства санатория. На водосборе за насыпью выявлено сильное заболачивание местности, определена его площадь. Относительная невязка водного баланса оз. Смердье из-за отсутствия условий беспрепятственного прохождения воды через насыпь снижалась на 0,2 %, уменьшалась интенсивность оборота вод озера.

С учетом потребления воды в хозяйственных целях, снижения притока с осушаемых территорий общая невязка водного баланса составила 3,9 %, т.е. близка к предельно допустимой.

Результаты расчета водного баланса с учетом перспективы развития водозабора представлены в таблице.

Баланс	Значение, млн м ³
Приход:	
осадки на зеркало озера	1,981
приток из осушительной системы	3,431
Итого	5,412
Расход:	
испарение с поверхности озера	1,105
сток через руч. Смердье	4,180
водозабор на хозяйственные нужды	0,584
Итого	5,869

В данном случае абсолютная невязка водного баланса оз. Смердье составляет 0,457 млн м³, относительная 7,8 %, что превышает ее предельную норму.

Исследование гидрохимического режима водных объектов подтвердило длительное превышение ПДК по аммиаку (рис. 5) и кратковременное или близкое к ПДК по железу, кратковременное по хлоридам; содержание сульфатов значительно ниже ПДК.

В местах сброса сточных вод (болото-отстойник), представляющих собой пониженный участок рельефа торфяно-сфагнового болота, облесенного елью, сосной и березой (рис. 6), оборудовали гидропосты наблюдения. По направлению естественного стока отбирали пробы воды. Результаты химических анализов показали, что при прохождении

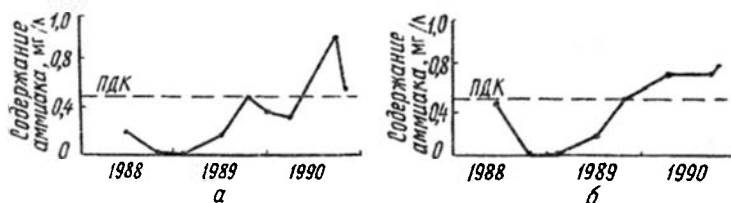


Рис. 5. Содержание аммиака в пробах воды оз. Смердье: а – пробы в точке 5; б – пробы в точке 9

через растительность и верхние слои почвы химические показатели сточных вод изменяются. Содержание аммиака, сульфатов, хлоридов, БПК₅, окисляемость, щелочность резко уменьшаются, растворенного кислорода – увеличивается. При ежедневном сбросе условно очищенных вод основная концентрация аммиака, хлоридов, сульфатов отмечена в радиусе 150...200 м. Те же показатели перед стеканием в руч. Сторонний (место отбора проб № 25 – рис. 6) приближаются к значениям, характерным для контрольного болота.

Рис. 6. Схема движения сточных вод очистных сооружений: 1 – подтопленные участки; 2 – гидропост наблюдения за уровнем воды; 3 – место отбора проб воды; 4 – участок отбора проб древесины



По результатам комплексных исследований можно сделать следующие обобщения. В оз. Смердье происходит процесс постепенного накопления аммиака, что подтверждается результатами химического анализа проб озерной воды. Содержание аммиака в воде, отобранной в двух точках оз. Смердье, представлено на рис. 5 и зависит, прежде всего, от поступления мелиоративных стоков. Минимумы и максимумы концентрации аммиака связаны с сезонным поступлением стоков и периодом профилактической очистки осушителей. На эпизодическое возрастание концентраций хлоридов влияет поступление минеральной воды из скважин специального хозяйства санатория.

Гибель древостоя на прилегающих к болоту-отстойнику территориях связывается как с изменением общего химического состава, так и с увеличением уровня грунтовых вод, негативно влияющим на корневую систему деревьев. Анализы образцов в расчете на воздушно-сухое вещество показали, что концентрация таких веществ, как P₂O₅ (мг на 100 г), определяемого по Кирсанову, K₂O (мг на 100 г) по Пейве, общего азота (%), рН солевой суспензии для почвенных грунтов более равномерна в местах фильтрации сточных вод и носит более или менее локальный характер в торфяных отложениях. Это указывает на способность торфа аккумулировать отдельные вещества.

Выводы

Комплексные исследования, проведенные на территориях, прилегающих к санаторию «Беломорье», указывают на необходимость более детального исследования параметров, определяющих экологическое равновесие осваиваемой территории, в первую очередь, на стадии проектно-изыскательских работ. В целях предотвращения накопления аммиака рекомендовано прекратить дальнейшую эксплуатацию осушителей вдоль береговой линии озера, для чего создать грунтовые перемычки на выходе.

Поступила 15 июля 1996 г.

УДК 625.726 : 519.863 : [624.131.1 + 556] : 625.7(470.11)

А. М. КУЛИЖНИКОВ, Т. А. МЕТЛА, Е. Г. КАРЗИН

Архангельский государственный технический университет
С.-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет



Кулижников Александр Михайлович родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобильных дорог Архангельского государственного технического университета. Имеет более 90 печатных работ в области регулирования водно-теплового режима грунтов земляного полотна, исследования местных материалов в дорожном строительстве, пространственного моделирования рельефа, геологии и гидрогеологии местности.



Метла Татьяна Александровна родилась в 1967 г., окончила в 1990 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант С.-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Имеет одну печатную работу в области моделирования поверхности рельефа.



Карзин Евгений Георгиевич родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 печатных трудов в области изучения дорожно-строительных и строительных материалов.

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗЫСКАНИЙ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОЛОСЕ ВАРЬИРОВАНИЯ ТРАССЫ В ЗАЛЕСЕННОЙ МЕСТНОСТИ

Рассмотрены основные геофизические методы определения грунтово-гидрогеологических условий местности, области их применения в дорожном строительстве.

The principal geophysical methods of determining the soil hydrologic conditions of a terrain, their uses in road-building have been considered.

Для выбора оптимальных решений при системном автоматизированном проектировании автомобильных и магистральных лесовозных дорог в залесенной местности Европейского Севера России необходима информация о грунтово-гидрогеологических условиях в широкой полосе варьирования, достигающей 1/3 длины трассы. Она позволяет снизить объемы земляных работ на 20...60 %, обеспечивая требуемую надежность и работоспособность дорог [2].

Целью данной работы является анализ существующих геофизических методов изысканий грунтово-гидрогеологических условий местности и разработка рекомендаций по выбору методики и приборов для решения различных задач дорожного строительства.

При выполнении грунтово-гидрогеологических изысканий преимущество отдают производительным экспресс-методам с использованием геофизических приборов. В настоящее время применяют следующие экспресс-методы определения грунтово-гидрогеологических условий местности: космическая и аэрофотосъемка, сейсмоакустический, радиолокационный, электроразведка.

Космические методы и аэрофотосъемка позволяют получить достаточную информацию о строении грунтов и гидрогеологии местности. Однако они дорогостоящи и могут быть использованы при проложении многокилометровых трасс, проходящих, как правило, в отдалении от больших населенных пунктов и имеющих принципиальные направления. Поскольку автомобильные и лесовозные дороги большой протяженности в основном уже проложены, проектируют чаще всего их небольшие участки между населенными пунктами и местами лесозаготовок. В этом случае целесообразно использовать наземные геофизические методы.

Сейсмоакустический метод основан на различии в скорости распространения упругих волн в разных грунтах. Он нашел применение в дорожном строительстве, при поиске месторождений полезных ископаемых, определении глубины коренных пород и уровня грунтовых вод, обнаружении карстовых полостей, оползней и границ мерзлых грунтов. Однако применение данного метода для изысканий гидрогеологических условий трасс неэффективно из-за низкой производительности.

сти, в то время как для небольших участков местности площадью 1...2 км² (карьер, карстовые и оползневые участки и т.д.) сейсмоакустический метод является незаменимым.

Суть радиолокационного метода (чаще всего применяют его разновидность – подповерхностную радиолокацию) заключается в том, что радиолокационное устройство (георадары) при помощи антенны излучает электромагнитные волны, которые, распространяясь в грунте, отражаются от многочисленных границ пород с различными электрофизическими свойствами. Определенная часть энергии электромагнитной волны отражается, остальная, преломляясь, распространяется глубже до следующего горизонта, где вновь отражается и преломляется. Через некоторые промежутки времени начинают приходить сигналы, отраженные от границ геологических слоев. По скорости распространения сигнала устанавливают тип грунтов и глубину заложения слоев.

Преимуществами данного метода являются:

а) возможность применения в зимнее и летнее время при любых погодных-климатических условиях;

б) большая маневренность и высокая производительность работ в залесенной местности при использовании георадаров с вездеходами или автомобилями. В труднопроходимых местах, заросших лесом, замеры могут быть выполнены при ручной транспортировке георадара и регистрирующего оборудования; на заболоченных участках – в зимний период на снегоходах типа «Буран»;

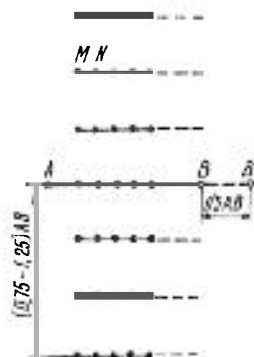
в) малая погрешность при выполнении измерений (не более 3 %);

г) большой опыт использования георадаров в условиях Севера Европы (Финляндия, георадары фирмы FinnRA).

Метод подповерхностной радиолокации наиболее приемлем для геологической и гидрогеологической разведки трасс автомобильных и магистральных лесовозных дорог протяженностью более 3...4 км. В то же время он может быть использован и на небольших территориях для обследования точечных объектов.

Суть метода электроразведки заключается в том, что в геологической среде с помощью питающих электродов возбуждают постоянное или низкочастотное переменное поле, а затем измеряют разность потенциалов в грунтовой среде между приемными электродами. По разности потенциалов и току вычисляют сопротивление грунта, по которому судят и о его типе. Как правило, удельное сопротивление различных типов грунтов различается на порядок. В зависимости от схемы размещения питающих и приемных электродов различают электропрофилирование (геологический разрез по длине) или электротондирование (геологический разрез по глубине) грунтов. Из всех рассмотренных схем электроразведки с заземленными установками (электропрофилирование комбинированное, дипольное, методом срединного градиента, симметричное и т.д.) наиболее производительным и эффективным для изыскания гидрогеологических условий трасс автомобильных дорог является метод срединного градиента, который позволяет охватывать при измерениях

Рис. 1. Схема измерения по методу срединного градиента: AB , AB' – начальный и максимальный разнос питающих электродов; MN – разнос приемных электродов



большие площади без переноса питающих электродов (рис.1) [1]. Этот метод может быть рационально использован для определения грунтово-гидрологических условий на участках местности небольшой площади (1...2 км²) при изысканиях карьеров дорожно-строительных материалов и болотистых участков.

При выполнении изыскательских работ в зимний период возникают сложности с забивкой электродов. В этом случае целесообразно применить методику бесконтактного измерения электрического поля с незаземленной полупетлей или прямоугольной петлей [1]. Область применения бесконтактного метода такая же, как и у контактного метода срединного градиента.

Важно правильно подобрать измерительные приборы. Изыскания сейсмоакустическим методом проводят с помощью сейсмических станций, состоящих из сейсмических каналов (сейсмоприемник, усилитель и регистрирующее устройство). Рекомендуемой аппаратурой для регистрации грунтово-гидрогеологических условий может служить полностью автоматизированная 96-канальная сейсмическая станция «Горизонт».

Таблица 1

Модель георадара	Частота измерения, МГц	Размер, см	Масса, кг	Глубина измерения, м	Разрешающая способность, см
3112	80	38×132×84	64	40	46
3207	100	26×96×55	-	30	37
3110	120	31×97×55	19	30	31
3020	120	25×97×127	54	-	31
3105	300	19×64×77	31	15	12
3102	500	15×31×36	4	6	8
3101D	900	8×18×33	2,3	2	4
3100	1000	4×10×17	8,8	1	-
ЕСНО-80	80	17×125×105	27	40	46

При изысканиях радиолокационными методами целесообразно пользоваться оборудованием, положительно себя зарекомендовавшим и дающим точные результаты измерений, например георадарами фирмы FinnRA (табл. 1) [3] и отечественными (табл. 2).

В табл. 3 даны рекомендации по применению финских георадаров в различных условиях местности [3].

Для изысканий грунтово-гидрологических условий полосы варьирования автомобильных и магистральных лесовозных дорог нами предложена следующая технология выполнения работ (рис. 2).

Таблица 2

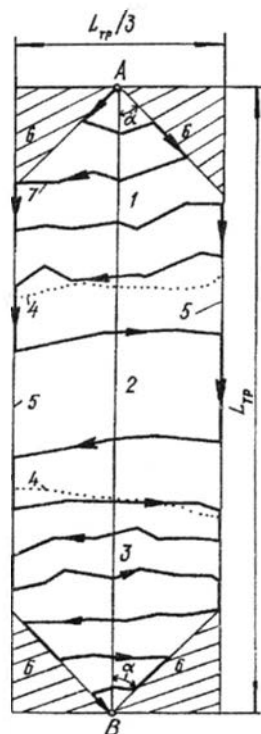
Характеристика приборов	Георадары		Георадиолокатор ЛОКАС-2
	ОКО	ГРОТ	
Глубина зондирования, м	3	10	≥120
Диапазон частот, МГц	-	25...150	30...250
Диапазон температур, град	-30...+50	-10...+40	-
Напряжение, В	-	12	≥ 35
Мощность, Вт	8	4...30	8000
Масса, кг	9	<10	-
Область применения	Определение УГВ, степени уплотнения грунта, карстовых коммуникаций		Определение УГВ, типов грунтов, степени уплотнения грунта, карстовых полостей и подземных коммуникаций
Фирма-изготовитель	« Логические системы НИИ приборостроения », г. Жуковский	НПО « Инфиз-прибор », г. Троицк	-

Примечание. Информация об отечественных георадарах предоставлена консалтинговой фирмой «GIC».

Таблица 3

Условия изысканий	Необходимая техника		Штат, чел.	Производительность работ	
	летом	зимой		км/ч	км/см.
Трудные	Ручная транспортировка	-	3	0,3...1,0	1...3
Нормальные Легкие	Вездеход	-	2	1...3	3...10
	Автомобиль	Вездеход, снегоход	1-2	3...9	10...30

Рис. 2. Схема движения вездехода: AB – воздушная линия между начальной A и конечной B точками трассы; $L_{тр}$ – длина трассы по воздушной линии, равная длине полосы варьирования; $L_{тр}/3$ – ширина полосы варьирования трассы; 1, 2, 3 – участки местности с различными грунтово-гидрогеологическими условиями, разделенные границами (4); 5 – граница полосы варьирования; 6 – участки местности, через которые нецелесообразно прокладывать трассу; 7 – маршрут движения вездехода с георадаром



Сначала в камеральных условиях по топографической карте в зависимости от рельефа местности и ситуации определяют границы полосы варьирования трассы, координаты которых с помощью сканера заносят в память ПЭВМ. Полосу варьирования разбивают на зоны с различными грунтово-гидрогеологическими условиями (например участки болотистые, оползневые, карстовые, просадочные, с обеспеченными и необеспеченными поверхностными стоками и т.д.). Координаты границ зон с различными грунтово-гидрогеологическими условиями, определенными по растительным признакам, заносят в память ПЭВМ по точкам путем сканирования. В каждой зоне устанавливают расстояние между маршрутами движения вездехода. Из рассмотрения и последующих изысканий отбрасывают участки местности, прилегающие к начальной и конечной точкам трассы и образующиеся границей полосы варьирования и прямыми, направленными под углами $35...55^\circ$ к воздушной линии. Задают начальное направление движения вездехода в зависимости от рельефа и ситуации, например под углом $\alpha = 45^\circ$ вправо к направлению воздушной линии между начальной и конечной точками трассы.

При проведении работ вездеход с георадаром фирмы FinnRA движется от начального положения к правой границе полосы варьирования трассы, обходя встречающиеся деревья и другие препятствия.

По маршруту движения на экране дисплея просматривают и записывают на магнитные носители геологический разрез местности, на котором фиксируется положение уровня грунтовых вод. При движении вездехода его положение в декартовой системе координат определяют и записывают на магнитные носители с помощью спутниковой системы GPS по установленному на вездеходе Р-кодovому приемнику ASHTECH P-12, который определяет геодезические координаты с точностью выше 5 мм и обладает значительной устойчивостью к помехам. Потребляемая приемником мощность менее 12 Вт, питание осуществляют от сети постоянного тока при напряжении 10...36 В.

При достижении правой границы полосы варьирования трассы вездеход проходит параллельно воздушной линии, связывающей начальный и конечный пункты трассы.

Далее маршрут движения вездехода идет в обход деревьев к левой границе полосы варьирования трассы с учетом принятого расстояния между грунтово-гидрогеологическими разрезами. Вездеход может двигаться по интересующим участкам местности с возможностью маневрирования. При этом ПЭВМ по программе контролирует переход из одной зоны грунтово-гидрогеологических условий в другую. Достигнув левой границы полосы варьирования, вездеход движется параллельно воздушной линии и вновь направляется к правой границе и так далее до выхода в конечную точку трассы.

При определении гидрогеологических условий местности контактными методами электроразведки мы рекомендуем аппаратуру низкой частоты АНЧ-3, которая, по данным Новодвинской геолого-геофизической экспедиции, малочувствительна к колебаниям влажности и температуры в условиях Севера. Аппаратура АНЧ-3 состоит из стационарного и переносного генераторов, а также избирательного микровольтметра. Для бесконтактных методов электроразведки целесообразно использовать аппаратуру ЭРА-625.

Из зарубежных аналогов вертикальное электроразведывание может быть выполнено с помощью резистометра SYSCAL R1 французской фирмы IRIS Instruments. Французский резистометр позволяет хранить сведения непосредственно в памяти прибора, а с помощью встроенной в него подзаряжающейся аккумуляторной батареи можно на протяжении нескольких дней произвести 1000 считываний по 10 с каждое.

Технические характеристики перечисленного электроразведочного оборудования приведены в табл.4.

Анализ возможностей применения при изысканиях методов электроразведки показывает, что он эффективен при выполнении работ на небольших участках (карьеры дорожно-строительных материалов, болота, площадки под производственные базы и т.д.). При этом сначала методом электропрофилирования определяют либо границы полезной толщи в карьерах, либо границы смены подстилающих грунтов; затем методом электроразведывания устанавливают геологическое сечение в интересующих точках и разрезах.

Таблица 4

Техническая характеристика прибора	АНЧ-3	SYSCAL R1
Рабочая частота, Гц	4,88	-
Максимальная мощность генератора, Вт:		
стационарного	300	-
переносного	30	50
Максимальный ток генератора, А:		
стационарного	2	-
переносного	0,1	1
Максимальное напряжение генератора, В:		
стационарного	350	-
переносного	250	200...400
Нестабильность фиксированных значений тока, %	1	1
Измеряемое микровольтметром напряжение (разрешающая способность), мкВ	10...30 000	1000
Погрешность измерения напряжения, %	3	1
Масса генератора, кг:		
стационарного	10	-
переносного	6	9,5
Масса микровольтметра, кг	3,5	-

При электропрофилировании методом срединного градиента (рис. 1) рекомендуется принимать разнос питающих электродов $AB = 50...100$ м, а приемных $MN = 1...3$ м, что позволяет фиксировать удельное сопротивление грунта до глубины $5...10$ м; при электроразведывании разнос питающих электродов также не должен превышать 100 м.

По производительности получения информации электроразведка значительно уступает методам подповерхностной радиолокации, поэтому ее не следует рекомендовать для получения сведений в широкой полосе варьирования трассы автомобильных и магистральных лесовозных дорог.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

1. В настоящее время может быть осуществлен переход на методы автоматизированного проектирования автомобильных дорог и сооружений на них по математическим моделям рельефа, геологии и гидрогеологии местности, так как существующие геофизические методы и аппаратура позволяют получить исходную информацию для достоверного моделирования. Использование современных геофизических приборов позволяет сократить трудозатраты на гидрогеологические изыскания участка автомобильных и магистральных лесовозных дорог протяженностью 10 км до 100 чел.-см., получив при этом цифровую модель грунтово-гидрогеологических условий в широкой полосе варьирования трассы.

2. Для выполнения грунтово-гидрогеологических изысканий автомобильных и магистральных лесовозных дорог могут применяться все известные геофизические методы (сейсмоакустика, радиолокация, электроразведка), дополняющие друг друга в тех или иных условиях.

3. Наиболее целесообразно использовать приведенную технологию выполнения работ с георадарами финской фирмы FinnRA модификаций 3102 или 3105, в основу работы которых заложен метод подповерхностной радиолокации.

4. Для грунтово-гидрогеологических изысканий карьеров, строительных площадок, искусственных сооружений и болот могут быть применены сейсмическая станция «Горизонт» и аппаратура низкой частоты АНЧ-3, обеспечивающие достаточную точность измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Инструкция по электроразведке: Наземная электроразведка, скважинная электроразведка, шахтно-рудничная электроразведка, аэроэлектроразведка, морская электроразведка / М-во геологии СССР. - Л.: Недра, 1984. - 352 с. [2]. Кулижников А.М., Турабов М.А., Волков А.А. Пространственное проектирование автомобильных дорог // Актуальные проблемы рационального использования природных и энергетических ресурсов Европейского Севера: Сб. науч. тр. - Архангельск: РИО АЛТИ, 1994. - С. 142 - 145. [3]. Ground penetrating radar / The Finnish Geotechnical Society. - The Finnish Building Centre Ltd (Rakennustieto Oy), 1992. - 65 p.

Поступила 14 апреля 1996 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.048

Ю.А. ВАРФОЛОМЕЕВ, Е.Г. КОСТИНА

ЦНИИМОД

Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, заведующий лабораторией защиты древесины Центрального научно-исследовательского института механической обработки древесины. Имеет около 200 научных трудов в области повышения эксплуатационной надежности деревянных конструкций и защитной обработки древесины экологически безопасными методами.



Костина Елена Геннадьевна родилась в 1969 г., окончила в 1991 г. Казанский государственный университет, кандидат биологических наук. Имеет 3 печатных труда в области экологических исследований влияния на растения антисептиков для древесины.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН РАСТЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ АНТИСЕПТИКОВ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

На примере проростков пшеницы экспериментально изучено действие бесхлорфенольных водорастворимых антисептиков К-12, ЭОК и катана на энергетический обмен растительных тканей, определяющий процессы жизнедеятельности растений.

By an example of wheat germs the effect of chlorophenolless water-soluble preservatives K-12, EOK and katan on plant tissues' energy exchange determining vital activity processes of plants has been experimentally studied.

В настоящей работе рассмотрено действие бесхлорофенольных антисептиков К-12, ЭОК и катана на энергетический обмен растений.

Важнейшими показателями энергетического обмена являются дыхание и тепловыделение. Дыхание – это процесс, в ходе которого поставляется энергия E , необходимая для деления, роста, размножения клеток и различных синтезов. Теплота Q , выделяемая живыми тканями в окружающую среду, имеет различное происхождение. Рассматривают [1] «первичную» и «вторичную» теплоту. Первичная теплота возникает за счет рассеивания энергии непосредственно в ходе окислительных реакций. Большая часть освобожденной энергии сразу не рассеивается, а трансформируется в энергию макроэргических связей и лишь после этого превращается во вторичную теплоту.

Эффективность дыхания растений определяют по способности данного процесса компенсировать энергетические потери организма, суммарным выражением которых является теплоотдача. Очевидно, чем в большей степени количество поставляемой дыханием энергии превышает теплоотдачу (или чем меньше соотношение Q/E), тем большим избытком свободной энергии располагает живая система для проведения идущих в ней эндотермических процессов.

Основными токсическими ингредиентами антисептика К-12 являются соединения фтора, ЭОК – щелочные соли карбоновых и органических кислот, катана – соединения четвертичного аммония.

В качестве объекта исследования использовали отсеченные корни шестидневных проростков пшеницы, выращенных на дистиллированной воде.

Выделение теплоты фиксировали с помощью дифференциально-микрокалориметра ЛКВ-2277 «Bioactivity Monitor» с высокой разрешающей способностью.

Навеску отсеченных корней массой $(30 \pm 0,5)$ мг помещали в стеклянные измерительные ампулы вместимостью 3 см^3 , где находилось $0,6 \text{ см}^3$ жидкости. (В контрольном опыте – это дистиллированная вода; в остальных – катан или К-12 концентрацией $0,001 \%$; ЭОК – $0,01 \%$.) Ампулы герметично опечатывали металлической крышкой с закрепленным на ней подвесом и помещали в калориметр. В положении термостатирования ампулы выдерживали $10...15$ мин, после чего их опускали в измерительное положение и включали режим регистрирования. (За начало отсчета принимали максимальное положение пера самописца.)

Количество выделяемой теплоты находили по следующей формуле:

$$Q = \frac{3600 \cdot 0,239 \cdot l \cdot n}{10^6 \cdot m}$$

где Q – выделяемая теплота, кал/(ч · г сырой массы);

0,239 – коэффициент для перевода ватт в калории;

l – отклонение от базовой линии, мм;

n – константа калибровки самописца, мВт;

m – навеска растительного материала, г.

На основе балансового уравнения



общее количество освобождаемой при дыхании энергии E вычисляли по формуле

$$E = KV,$$

где K – калорический коэффициент, характеризующий количество энергии, выделяющейся на объем V поглощенного при дыхании растений кислорода.

Проведение вычислений на основе балансового уравнения возможно при условии, что дыхательный коэффициент близок к единице. Только в этом случае можно с достоверностью полагать, что субстратом дыхания служат именно сахара, подвергающиеся полному окислению. При окислении сахаров $K = 5,12$ кал/мкл. Объем поглощенного кислорода регистрировали манометрическим методом в аппарате Варбурга [2]. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице.

Показатели энергетического обмена растений в процессе дыхания при воздействии на них антисептиков для древесины (числитель) и дистиллированной воды (знаменатель)

Антисептик	Концентрация антисептика, %	Продолжительность воздействия, ч	Энергия, кал/(ч · г)	Теплота, кал/(ч · г)	Соотношение Q/E
Катан	0,001	1	2,5/3,5	1,2/2,4	0,47/0,68
		2	2,8/4,3	1,2/2,5	0,44/0,57
		3	3,5/4,6	1,4/2,8	0,41/0,61
		4	2,5/3,1	1,8/3,3	0,73/1,09
		5	3,2/3,1	2,1/3,6	0,65/1,17
ЭОК	0,010	1	2,8/3,8	2,6/2,3	0,92/0,62
		2	4,1/4,0	2,5/2,3	0,62/0,56
		3	4,6/3,3	2,6/2,5	0,58/0,76
		4	4,1/2,8	2,7/2,9	0,66/1,04
		5	2,1/2,1	2,5/3,5	1,15/1,66
К-12	0,001	1	1,5/3,6	1,8/2,6	1,26/0,72
		2	2,8/4,7	1,8/2,8	0,68/0,60
		3	2,4/4,6	1,9/3,1	0,78/0,66
		4	3,2/3,5	2,2/3,6	0,63/1,02
		5	2,9/3,0	2,9/3,8	1,03/1,26

Как видно из таблицы, при действии антисептика катан термогенез значительно снижается по сравнению с контрольным опытом (данные в знаменателе). Это связано с тем, что катан может оказывать двойной эффект: ингибирование первого сегмента дыхательной цепи и блокирование выхода из клеток ионов калия. Блокирование выхода ионов калия из клеток (снижение проводимости плазмалеммы для этих ионов) является одной из причин снижения соотношения Q/E .

Под влиянием антисептика ЭОК термогенез в корнях усиливается. При этом в первые 2 ч инкубации корней происходит увеличение соотношения Q/E . Можно предположить, что в этот период под его влиянием возрастает проницаемость плазмалеммы для протонов и калия, переносчиком которых являются остатки жирных кислот, входящих в состав ЭОК. Ранее при выявлении причин стимуляции дыхания ЭОК было показано, что эта стимуляция опосредуется активацией фермента аденозинтрифосфотазы, работа которой сопровождается выделением теплоты и, следовательно, возрастанием соотношения Q/E . Через 4 ч инкубации корней в растворе антисептика ЭОК потребление кислорода и термогенез приближаются к значениям, полученным в контрольных опытах, что свидетельствует о снижении энергетических затрат на транспорт ионов калия и протонов. Можно полагать, что за этот период времени происходит компенсация потерь клетками ионов калия: концентрация ионов калия в среде инкубации контрольных опытов составила 0,33 мкэкв/г, а в остальных – 0,27 мкэкв/г. Одновременно имело место снижение пассивного поступления протонов в клетку, поскольку величина рН среды инкубации снизилась с 6,9 до 5,8. Подтверждением снижения энергетических затрат на транспорт ионов является уменьшение соотношения Q/E по сравнению с контролем.

При действии антисептика К-12 на корневые клетки наблюдается корреляция между снижением интенсивности дыхания и термогенезом по сравнению с контрольными опытами. Влияние К-12 направлено в основном на гликолитическую систему, что обусловлено наличием ионов фтора. В литературе практически нет данных о влиянии специфических ингибиторов дыхания на термогенез. Можно допустить, что ингибирование энергетического обмена в течение 2...4 ч будет сопровождаться именно снижением термогенеза, так как последний в значительной степени определяется активностью окислительных реакций. При более длительной (8...12 ч) инкубации корней в растворе К-12 могут включаться альтернативные пути окисления глюкозы, жирных кислот и других субстратов. При этом вполне возможно не подавление, а усиление термогенеза. Действительно, в наших экспериментах термогенез корневых клеток через 8...12 ч резко усиливается (см. рисунок).

Таким образом, уровень термогенеза, а также соотношение Q/E определяются спецификой действия конкретного вида антисептика. Непосредственное действие катана и К-12 на энергетический аппарат растительных клеток в начальный период времени сопровождается ингибированием термогенеза. Антисептик ЭОК модифицирует мембранную



Термогенез корней проростков пшеницы при действии дистиллированной воды (1) и водного раствора К-12 концентрацией 0,001 % (2)

проницаемость, при этом обнаруживается возрастание термогенеза корневых клеток. В большинстве опытов интенсивность термогенеза коррелирует с интенсивностью потребления кислорода.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что бесхлорфенольные антисептики катан и К-12 (концентрация 0,001 %), а также ЭОК (0,01 %) оказывают влияние на растения только в первые часы воздействия. При длительном контакте с ними включаются защитные механизмы, направленные на детоксикацию антисептиков в клетках растений. Следовательно, рассмотренные бесхлорфенольные антисептики не оказывают на растения необратимого разрушающего действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Жолкевич В. Н. Энергетика дыхания высших растений в условиях водного дефицита. - М.: Наука, 1968. - 230 с. [2]. Семихатова О. А., Чулановская М. В. Манометрические методы изучения дыхания и фотосинтеза растений. - М.: Наука, 1965. - 168 с.

Поступила 6 марта 1995 г.

УДК 674.055: 621.914.2

В.В. ТАРАТИН

Архангельский государственный технический университет



Таратин Вячеслав Викторович родился в 1955 г., окончил в 1977 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета. Имеет свыше 30 научных работ в области разработки, освоения и внедрения агрегатного лесопильного оборудования, совершенствования фрезерного инструмента.

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА АГРЕГАТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ УГЛА СРЕЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЩЕПЫ

Получена зависимость между углом среза технологической щепы и геометрическими параметрами цилиндрических фрез агрегатного лесопильного оборудования. Результаты вычислений подтвердили ее полную сопоставимость с ранее предложенной методикой.

The relationship between the chips' bevelling angle and geometrical parameters of cylindrical milling cutters of gang saws has been obtained. The calculation results proved its complete correlation with the previously offered methods.

В настоящее время агрегатное лесопильное оборудование оснащают цилиндрическими и торцово-коническими (много- и малоножевыми) фрезами, которые перерабатывают бревна и брусья на пиломатериалы и технологическую щепу методами либо продольного (когда ось вращения инструмента перпендикулярна направлению волокон и вектору подачи), либо поперечного (когда ось вращения инструмента параллельна направлению волокон и перпендикулярна вектору подачи) фрезерования.

Первый метод наиболее распространен. На его основе работают большинство агрегатных станков [1], второй метод встречается реже в агрегатном лесопилении и используется за рубежом, в основном, для получения пилопродукции сложного профиля по копиру, например четырехкратных или восьмикратных брусьев и технологической щепы [2].

Согласно ГОСТ 15815–83 «Щепа технологическая. Технические условия» важным качественным показателем является угол среза щепы $\varphi_{щ}$, который должен составлять от 30 до 60 %. Стандарт допускает несоответствие этому требованию не более 30 % щепы от объема партии.

Если режущая кромка инструмента перпендикулярна волокнам древесины (рубительные машины без разворота загрузочного патрона и традиционные резцы (без закоса режущей кромки) цилиндрических фрез линий агрегатной переработки бревен модели ЛАПБ), то угол среза щепы равен кинематическому углу встречи θ и измеряется на кромке щепы в плоскости, параллельной направлению волокон древесины и перпендикулярной срезу щепы. При фрезеровании древесины торцово-коническими фрезами, когда режущая кромка инструмента расположена не под прямым углом к волокнам, угол $\varphi_{щ}$ определяли по двум углам: углу на пласти $\varphi_{п}$ и углу на кромке $\varphi_{к}$ с использованием специальной номограммы [1], что и давало фактическое значение $\varphi_{щ}$.

Для обоснования рациональности геометрических параметров вновь проектируемого и действующего фрезерного инструмента и с учетом вышеуказанного ограничения по параметру $\varphi_{щ}$ целесообразно определить связь этого параметра с геометрическими параметрами фрезерного инструмента.

Однако получение общей зависимости для трех типов фрезерного инструмента (цилиндрического, торцово-конического при продольном фрезеровании и цилиндрического при поперечном фрезеровании) достаточно трудоемко, так как аргументы функции угла $\varphi_{щ}$ будут разными для указанных типов инструмента.

При фрезеровании цилиндрическими фрезами, когда режущие кромки резцов закошены [3], угол $\varphi_{щ}$ зависит от угла встречи θ , угла резания в основной секущей плоскости δ_c (в плоскости, перпендикулярной оси вращения фрезы), угла разворота режущей кромки резца относительно оси вращения фрезы λ .

При фрезеровании торцово-коническими малоножевыми фрезами угол $\varphi_{щ}$ зависит от угла встречи θ ; угла наклона режущей кромки ножа к плоскости, перпендикулярной оси вращения фрезы, φ ; угла разворота режущей кромки ножа в плоскости, перпендикулярной оси вращения фрезы относительно диаметральной плоскости, ε [4].

При поперечном фрезеровании цилиндрическими фрезами с двухкромочными Г-образными ножами угол $\varphi_{щ}$ зависит от угла резания δ_c , угла наклона режущих кромок ножа друг к другу $\varphi_{п}$, углов скоса режущих кромок ножей λ_1, λ_2 [5].

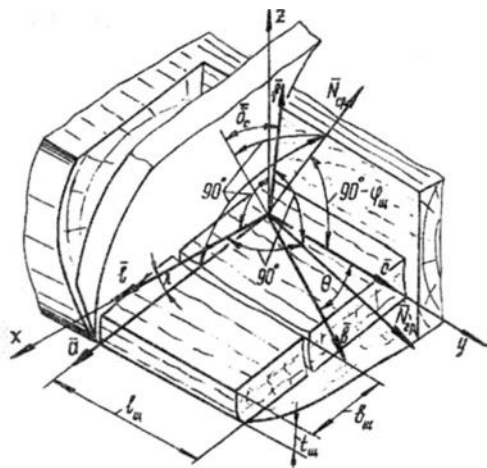


Рис. 1. Расчетная схема для определения зависимости угла среза щепы $\varphi_{ш}$ от кинематического угла встречи θ , угла резания в основной секущей плоскости резца δ_c и угла разворота режущей кромки резца относительно оси вращения фрезы λ

Методические положения по определению зависимости угла $\varphi_{ш}$ от перечисленных параметров аналогичны для всех трех типов фрезерного инструмента. Поэтому рассмотрим их на примере цилиндрических фрез (продольное фрезерование) линий агрегатной переработки бревен модели ЛАПБ, когда режущая кромка резца закошсна, т. е. $\lambda \neq 0$ [3].

Угол среза щепы $\varphi_{ш}$ – угол между вектором \vec{c} , который совпадает с направлением волокон древесины (рис. 1), и его проекцией на срез щепы (в качестве допущения за угол среза щепы принимали плоскость). Согласно рис. 1, угол $\varphi_{ш}$ определяли через угол между нормалью к плоскости среза щепы $\vec{N}_{ср}$ и вектором \vec{c} . Этот угол $\varphi_{ш} = 90^\circ$.

Методика определения зависимости угла $\varphi_{ш}$ от параметров θ , δ_c , λ состоит в следующем.

1. Задать основную систему координат xuz , две оси которой (z и y) расположены в плоскости вращения фрезы, причем ось y совпадает с направлением волокон древесины (вектор \vec{c}). Ось x (и вектор \vec{l}) параллельна оси вращения фрезы.

2. Определить координаты векторов \vec{l} , \vec{f} , \vec{a} и нормали $\vec{N}_{гр}$ к передней грани резца (за переднюю грань дугообразного резца принята плоскость) во вспомогательной системе координат $x'y'z'$, построенной на плоскости, которая нормальна к передней грани резца. За счет использования поворота осей основной системы xuz определить координаты вектора \vec{a} , совпадающего с режущей кромкой резца.

3. Найти координаты нормали к плоскости среза щепы $\vec{N}_{ср}$ на основании признака компланарности векторов, координаты двух из которых, \vec{b} и \vec{a} , определить на основании пунктов 1 и 2.

4. По координатам векторов \vec{c} и $\vec{N}_{ср}$ определить искомую зависимость $\varphi_{ш}$ от параметров θ , δ_c , λ .

С помощью математической символики эта методика представлена в таблице.

Определение зависимости угла среза щепы от угловых параметров резца

<p>Координаты исходных векторов $\vec{i}, \vec{b}, \vec{c}, \vec{f}$ и нормали $\vec{N}_{гр}$ к передней грани резца</p>	<p>Координаты векторов $\vec{i}, \vec{f}, \vec{N}_{гр}, \vec{a}$ в системе координат $x'y'z'$ и вектора \vec{a} в системе $x y z$</p>	<p>Координаты нормали к плоскости среза щепы $\vec{N}_{сп}$</p>	<p>Зависимость угла среза щепы $\varphi_{щ}$ от координат $\vec{N}_{сп}$</p>
<p> $\vec{i} \{1, 0, 0\};$ $\vec{b} \{0, \cos\theta, -\sin\theta\};$ $\vec{c} \{0, 1, 0\};$ $\vec{f} \{0, m_2, n_1\} = -\cos(\theta + \delta_c) \times$ $\quad \times \vec{j} + \sin(\theta + \delta_c) \vec{k};$ $\vec{N}_{гр} \{A_{гр}, B_{гр}, C_{гр}\} =$ $-\begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & n_1 \end{vmatrix} = -\sin(\theta + \delta_c) \vec{j} -$ $-\cos(\theta + \delta_c) \vec{k}$ </p>	<p>Система координат $x' y' z'$:</p> <p> $x' \rightarrow \vec{i} \{1, 0, 0\};$ $y' \rightarrow \vec{N}_{гр} \{0, 1, 0\};$ $z' \rightarrow \vec{j} \{0, 0, 1\};$ $\vec{a} \{\cos\lambda, 0, \sin\lambda\}.$ </p> <p>Система координат $x y z$:</p> <p> $\vec{a} \{l_2, m_2, n_2\} = (\cos\lambda -$ $-\sin\lambda) \vec{i} + \sin\lambda \cos(\theta + \delta_c) \times$ $\times \vec{j} - \sin\lambda \sin(\theta + \delta_c) \vec{k}$ </p>	<p> $\vec{N}_{сп} \{A_{сп}, B_{сп}, C_{сп}\} =$ $= \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ l_2 & m_2 & n_2 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta \end{vmatrix} = [-\sin\theta \sin\lambda \times$ $\times \cos(\theta + \delta_c) + \cos\theta \sin\lambda \times$ $\times \sin(\theta + \delta_c)] \vec{i} + \sin\theta (\cos\lambda -$ $-\sin\lambda) \vec{j} + \cos\theta (\cos\lambda -$ $-- \sin\lambda) \vec{k}$ </p>	<p> $\varphi_{щ} = \arcsin [B_{сп}(A_{сп}^2 + B_{сп}^2 +$ $+ C_{сп}^2)^{-0.5}]$ </p>

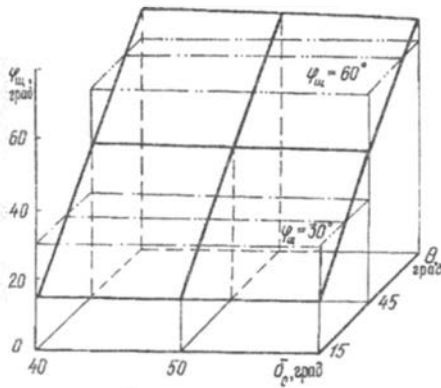


Рис. 2. Зависимость угла $\varphi_{ш}$ от δ_c при $\lambda = 15^\circ$

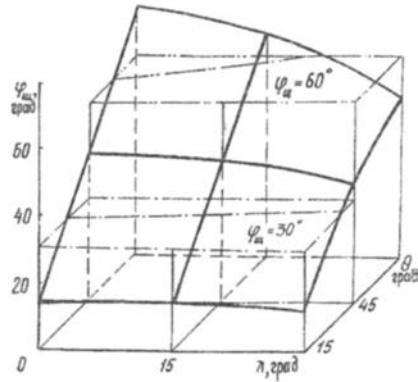


Рис. 3. Зависимость угла $\varphi_{ш}$ от θ и λ при $\delta_c = 50^\circ$

На основании методики зависимость $\varphi_{ш}$ от углов θ , δ_c , λ представлена следующим выражением:

$$\varphi_{ш} = \arcsin \left(\sin \theta (\cos \lambda - \sin \lambda) \left\{ \sin \theta \sin \lambda \cos(\theta + \delta_c) - \cos \theta \sin \lambda \sin(\theta + \delta_c) \right\}^2 + (\cos \lambda - \sin \lambda)^2 \right)^{-0.5}$$

Результаты вычислений по этой зависимости графически представлены на рис. 2, 3.

В качестве центральных и граничных значений диапазонов изменения углов θ и δ_c взяты рекомендуемые их значения [1]. Центральное значение угла λ принято равным 15° , что соответствует рекомендуемой величине угла для формирования цилиндрическими фрезами ступенчатого двухкантного бруса и его горизонтальной поверхности; граничное значение $\lambda = 30^\circ$ соответствует рекомендуемому значению угла для формирования боковых пластей четырехкантного бруса [3].

Как видно из рис. 2, 3, увеличение кинематического угла встречи ведет к значительному росту $\varphi_{ш}$, причем при $\lambda = 15^\circ$ (см. рис. 2) эта зависимость носит линейный характер, при $\delta_c = 50^\circ$ (рис. 3) и увеличении угла λ в диапазоне $15...30^\circ$ указанная зависимость приобретает слегка выраженный криволинейный характер.

В диапазоне $15...75^\circ$ угол $\varphi_{ш}$ увеличивается в 4,68 раза при $\delta_c = 40^\circ$, $\lambda = 15^\circ$ и в 4,62 раза при $\delta_c = 60^\circ$, $\lambda = 15^\circ$ (см. рис. 2); а также в 5,00 раза при $\lambda = 15^\circ$, $\delta_c = 50^\circ$ и в 3,77 раза при $\lambda = 30^\circ$, $\delta_c = 50^\circ$ (рис. 3).

Углы δ_c и λ оказывают значительно меньшее влияние на $\varphi_{ш}$, чем кинематический угол встречи. Характер этого влияния является слабо выраженным линейным во всем диапазоне изменения угла δ_c при $\lambda = 15^\circ$

(рис. 2) и в диапазоне $0^\circ < \lambda < 15^\circ$ при $\delta_c = 50^\circ$ (рис. 3). Угол $\varphi_{ш}$ при варьировании параметров δ_c и λ изменяется незначительно.

Так, в диапазоне $40^\circ < \delta_c < 60^\circ$ угол $\varphi_{ш}$ уменьшается на 2,16 % при $\theta = 15^\circ, \lambda = 15^\circ$ и на 3,35 % при $\theta = 60^\circ, \lambda = 15^\circ$; в диапазоне $0^\circ < \lambda < 15^\circ$ – на 4,84 %; в диапазоне $15^\circ < \lambda < 30^\circ$ при $\theta = 45^\circ, \delta_c = 50^\circ$ – на 20,2 %.

Допустимые значения угол $\varphi_{ш}$ принимает в следующих диапазонах: $30,0^\circ < \theta < 60,0^\circ$ при $\lambda = 0^\circ$; $35,9^\circ < \theta < 64,5^\circ$ при $\lambda = 15^\circ, \delta_c = 50^\circ$; $37,5^\circ < \theta < 75,0^\circ$.

Результаты расчетов по вышеприведенной формуле полностью соответствуют определенным по номограмме [1] на основании опытных замеров углов $\varphi_{ш}$ и $\varphi_{к}$.

Полученную зависимость угла среза щепы от кинематического угла встречи, угла разворота режущей кромки резца и угла резания можно использовать как составляющую системы зависимостей для обоснования параметров фрезерного инструмента агрегатного лесопильного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Боровиков Е.М., Фефилов Л.А., Шестаков В.В. Лесопиление на агрегатном оборудовании. - М.: Лесн. пром-сть, 1985. - 216 с.
[2]. Виллистон Эд. Производство пиломатериалов (конструирование и технология на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях) / Пер. с англ.; Под ред. С. М. Хасдана. - М.: Лесн. пром-сть, 1981. - 384 с. [3]. Елькин В.П. Повышение эффективности фрезернопильного оборудования на основе разработки конструкций цилиндрических фрез для получения технологической щепы: Автореф. дис ... канд. техн. наук. - Л., 1989. - 17 с. [4]. Таратин В.В., Авксентьев М.П. Взаимосвязь параметров торцово-конических фрез и технологической щепы // Деревообраб. пром-сть. - 1993. - №3. - С. 19 - 20.
[5]. Таратин В.В. Исследование геометрических параметров ножей и щепы при торцовке пиломатериалов фрезерованием // Надежность и эксплуатация лесопильно-деревообрабатывающего оборудования: Науч. тр. / ЦНИИМОД. - 1990. - С. 90 - 96.

Поступила 20 сентября 1995 г.

УДК 630* 526.1

О.И. ПОЛУБОЯРИНОВ, А.М. СОРОКИН

С.-Петербургская лесотехническая академия



Полубояринов Олег Иванович родился в 1931 г., окончил в 1956 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры древесиноведения и фитопатологии С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 120 научных трудов в области научного обоснования весового учета древесного сырья, исследования технических свойств древесины и коры, основатель нового научного направления – биологического древесиноведения.



Сорокин Александр Михайлович родился в 1943 г., окончил в 1965 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры древесиноведения и фитопатологии С.-Петербургской лесотехнической академии, Имеет более 20 научных трудов в области древесиноведения и лесного товароведения, фитопатологии, защиты и консервирования древесины.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОСНОВОЙ КОРЫ И ЕЕ КОМПОНЕНТОВ

Исследован характер изменения весового содержания и плотности коры в продольном направлении ствола. Определены плотность и усушка коры и ее компонентов по трем возрастным группам древостоев.

The change character of weight content and density of the bark in the bole endways has been studied. The density and shrinkage of the bark and its components to three age groups of tree stands have been determined.

Настоящая статья продолжает ряд публикаций авторов по данному вопросу [5–7] и посвящена исследованию физических свойств сосновой коры.

Структура коры сосны обыкновенной наиболее подробно изучена В.М. Ереминым [2] и Л.И. Лотовой [4]. Однако как в этих работах, так и в других публикациях отсутствуют данные о количественном соотношении луба и корки. Обнаруженные в литературе сведения о базисной плотности сосновой коры приведены в табл. 1. Работа [1] содержит информацию о плотности корки и луба сосны, повторенную затем в известном учебнике Б.Н. Уголева [9]. Из-за отсутствия описания методики работ данные о плотности луба и корки трудно интерпретировать.

В настоящем исследовании изучены следующие физические свойства сосновой коры, луба и корки: плотность (в абсолютно сухом состоянии ρ_0 и базисная ρ_b) и полная объемная усушка β_v . Получены также данные о весовом (массовом) соотношении луба и корки и об изменении массового содержания коры вдоль ствола.

Исследования проводили на образцах размером 5×5 см, взятых на высоте 1,3 м (и других высотах) в разных насаждениях Лисинского учебно-опытного лесхоза (Ленинградская область): молодняки (средний возраст 15 лет), средневозрастные (50...70 лет) и спелые (120...140 лет) древостои. Для изучения изменения массового содержания и плотности коры вдоль ствола в 50-летнем сосняке на разных высотах у 3 срубленных деревьев были выпилены диски толщиной 50 мм.

В лабораторных условиях часть образцов коры разделили на лубяную и корковую составляющие. Это дало возможность определить физические свойства как коры в целом, так и ее компонентов. Исключение составили образцы, взятые от молодых деревьев. Особенности структуры коры этих деревьев не позволили производить разделение на корковую и лубяную части без повреждения последней; поэтому у таких образцов определяли физические свойства коры в целом.

Таблица 1

Базисная плотность сосновой коры в различных географических районах

Район	Место взятия образца	Плотность, кг/м ³	Источник
Бурятия	Не указано	291	[3]
Иркутская область	То же	297	[3]
Хабаровский край	»	289	[3]
Якутия	»	304	[3]
ФРГ	Середина хлыстов	307	[10]
Швейцария	То же	293	[10]
Финляндия	Ветви	311	[11]
То же	Бревна	305	[12]
Швеция	Хлысты	301	[13]

Методика изучения физических свойств сосновой коры и ее компонентов приведена в ранее опубликованных нами статьях [5–7]. Массовое содержание луба и корки на разных высотах ствола определяли в абсолютно сухом состоянии. Последний показатель (в процентах) для выпиленных сосновых дисков находили из следующего соотношения: масса коры / (масса коры + масса древесины). Результаты исследований представлены в табл. 2–3 и на рис. 1–2.

Из данных табл. 2 и с учетом результатов, ранее полученных нами при изучении коры других пород, следует, что по своей структуре, определяемой соотношением массы луба и корки, сосновая кора очень сильно отличается от коры ели, березы и осины. Эти отличия особенно значительны, если сравнивать долю луба в коре комлевой части деревьев спелых древостоев: у ели, березы и осины она соответственно составляет 31,60; 72,40; 49,70 % против 8,72 % у сосны. Невысокое массовое содержание луба в коре сосны определяется, с одной стороны, значительной толщиной корки, с другой – более низкой базисной

Таблица 2

Соотношение луба и корки в коре деревьев сосны разного возраста

Возраст, лет	Высота взятия образца, м	Массовая доля, %	
		луба	корки
15	1,3	52,44	47,56
50	1,3	12,03	87,97
120	1,3	8,72	91,28
120	10,0	18,50	81,50
120	18,0	57,72	42,28

Таблица 3

Физические свойства сосновой коры

Насаждения	Число образцов	Плотность в абс. сухом состоянии, кг/м ³	Базисная плотность, кг/м ³	Полная объемная усушка, %
Молодняки (луб+корка)	23	434/363...529	250/209...310	41,6/27,6...56,3
Средневозрастные:				
луб+корка	14	414/368...446	279/238...325	32,3/20,5...44,8
луб	14	647/542...774	169/147...195	73,0/66,5...80,0
корка	14	358/326...418	320/281...378	10,7/ 6,2...13,9
Спелые:				
луб+корка	16	382/310...456	285/269...318	23,7/17,3...31,0
луб	16	559/503...646	172/154...208	64,6/58,7...77,1
корка	16	355/282...424	316/249...390	11,2/ 8,3...14,3

Примечания. 1. Отбор образцов произведен на высоте 1,3 м. 2. В числителе приведены средние значения показателей, в знаменателе – их диапазон.

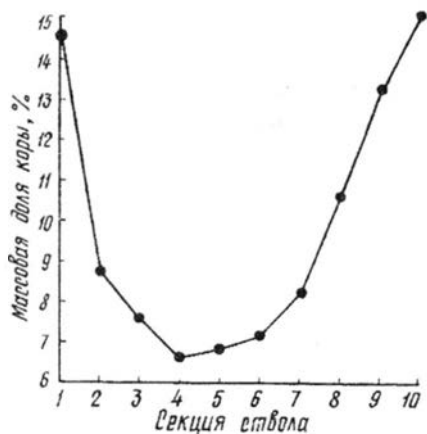


Рис. 1. Изменение массовой доли коры в продольном направлении ствола 50-летней сосны. (Здесь и далее, на рис. 2, нумерация секций ствола от комля к вершине.)

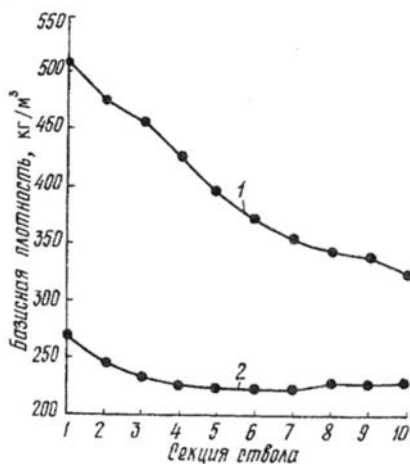


Рис. 2. Изменение базисной плотности древесины (1) и коры (2) 50-летней сосны

плотностью луба по сравнению с коркой (табл. 3). Представленный на рис. 1 график изменения массового содержания коры в продольном направлении ствола дополняет полученные в работе [8] данные о распределении органического вещества в общей биомассе дерева сосны.

Проведенные исследования позволили установить различия в плотности сосновой коры по сравнению с плотностью корки и луба, а также возрастные изменения этих показателей (табл. 3). Оказалось, что с возрастом изменяются показатели плотности не только коры в целом, но и ее компонентов. Закономерность изменения базисной плотности коры вдоль ствола (рис. 2) аналогична закономерности изменения базисной плотности древесины. Большая плотность коры (и древесины) наблюдается в комлевой части ствола, где преобладает корковая составляющая.

Для объяснения явления растрескивания коры, а также для характеристики коры как сырьевого материала определенным интерес представляют приведенные в табл. 3 данные о полной объемной усушке β_v луба, корки и коры в целом. Показатели объемной усушки древесины и коры сосны, полученные по литературным данным и в рамках настоящей статьи, %:

Древесина	_____	13,2
Кора	_____	32,5
Луб	_____	45,9
Корка	_____	10,9

Как видно из приведенных выше данных, по показателям полной объемной усушки корка несколько уступает древесине, а кора и луб

значительно ее превосходят. В этом отношении сосновая кора и ее компоненты ведут себя аналогично компонентам коры осины и березы [5–7].

Следует иметь в виду, что при высыхании коры, особенно ее лубяной части, наряду с физическими процессами, сопровождающими усушку компонентов коры, происходит и их коллапс, т.е. сморщивание анатомических элементов, прежде всего паренхимных тканей. При использовании применительно к коре термина «усушка» следует учитывать это обстоятельство, хотя в зарубежной литературе [10, 12] этот термин является общепринятым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Большаков А.В. Физико-механические свойства анатомических компонентов еловой, сосновой и березовой коры // Сб. тр. / Свердл. НИИДрев. - 1970. - № 5. - С. 41 - 51. [2]. Еремин В.М. Сравнительная анатомия коры сосновых: Автореф. дис... д-ра биол. наук. - Кишинев, 1984. - 47 с. [3]. Изменчивость базисной плотности и процентного содержания коры и отходов окорки древесного сырья целлюлозно-бумажной промышленности / Т.М. Мадеева, И.А. Нахабцев, А.Х. Ошкаев, В.Н. Крылов // Химия и технология производства целлюлозы: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: ЛТА, 1987. - С. 106 - 114. [4]. Лотова Л.И. Анатомия коры хвойных. - М.: Наука, 1987. - 152 с. [5]. Полубояринов О.И., Сорокин А.М. Содержание в стволе и физические свойства основных компонентов березовой коры // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр. - Л.: ЛТА, 1993. - С. 27 - 31. [6]. Полубояринов О.И., Сорокин А.М. Физические свойства еловой коры и ее компонентов // Лесн. журн. - 1994. - № 3. - С. 42 - 47. - (Изв. высш. учебн. заведений). [7]. Полубояринов О.И., Сорокин А.М. Физические свойства осиновой коры и ее компонентов // Лесн. журн. - 1992. - № 3. - С. 67 - 69. - (Изв. высш. учебн. заведений). [8]. Стаканов В.Д. Распределение органического вещества в различных частях деревьев сосны обыкновенной // Лесоведение. - 1990. - № 4. - С. 25 - 33. [9]. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. - М.: Лесн. пром-сть, 1986. - 368 с. [10]. Dietz P. Dichte und Rindegehalt von Industrieholz // Holz als Roh- und Werkstoff. - 1975. - N 4. - S.135 - 141. [11]. Kärkkäinen M. Density and moisture content of wood and bark, and bark percentage in the branches of birch, Norway spruce and Scots pine // Silva Fenn. - 1976. - N 3. - P. 212 - 236. [12]. Kärkkäinen M. Havutukkien kuoren tiheys ja kosteus // Commun. Inst. For. Fenn. - 87.5 - 1976. - 24 pp. [13]. Tamminen Z. Fuktighet, volymvikt, m.m. hos ved och bark // K. Skogshögsk Inst. Virkeslara Rapp. - Upps 41. - 1962. - 46 pp.

Поступила 21 ноября 1995 г.

УДК 674.048

В. Н. ЕРМОЛИН

Красноярская государственная технологическая академия

Ермолин Владимир Николаевич родился в 1957 г., окончил в 1979 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии композиционных материалов Красноярской государственной технологической академии. Имсет 30 научных трудов в области сушки, пропитки древесины, древесиноведения.



МОДЕЛЬ ДРЕВЕСИНЫ КАК ОБЪЕКТА ПРОПИТКИ

Определены пути переноса жидкости в древесине при пропитке; предложена модель древесины как объекта пропитки в виде пространственно ориентированной системы капилляров определенной формы и размеров.

The ways of liquid transfer in wood by impregnation have been determined; a pattern of wood as the object of impregnation in a kind of space-oriented system of capillaries of a definite form and sizes has been offered.

Цель данного исследования – разработать структурную модель древесины с позиций ее пропитки.

Древесина может быть отнесена к капиллярно-пористым телам, теория фильтрации через которые разработана достаточно полно и изложена в трудах Л.С. Лейбензона, М. Маскета, В.И. Аравина, Р. Коллинза и др. В этой теории моделью капиллярно-пористой структуры является воображаемое тело, состоящее из системы гипотетических капилляров и эквивалентное по каким-то свойствам (проницаемость, пористость) исследуемому. Разработано много способов моделирования структуры капиллярно-пористых тел и их адаптации к данным экспериментов.

Подобные же подходы использовали применительно к моделированию древесины. Так, например, Н.А. Оснач [5] предложил всю капиллярно-пористую систему древесины заменить одним эффективным капилляром, имеющим ту же величину проницаемости, что и опытный образец. В работе [6] древесину рассматривают как систему параллельных капилляров. Для приближения к экспериментальным данным вводят коэффициент извилистости и функцию распределения радиусов капилляров.

Перечисленные способы моделирования не вскрывают сути процесса пропитки. Кроме того, они пригодны только для легкопроницаемой древесины, тогда как проблемой при пропитке является низкая проницаемость древесины. Эти модели не позволяют увидеть пути повышения проницаемости. Дальнейшие исследования по совершенствованию модели древесины в этом направлении представляются нам неперспективными. Тем более, что древесина, в отличие от других пористых тел, имеет не стохастическую, а строго организованную структуру, обусловленную физиологической целесообразностью.

Для разработки модели древесины как объекта пропитки сделаем следующие допущения.

1. Под пропиткой древесины будем понимать имеющий наибольшее практическое значение процесс переноса жидкости под действием избыточного давления.

2. Древесину будем рассматривать как объект пропитки поперек волокон в радиальном направлении.

Необходимое условие проницаемости – наличие системы сообщающихся капилляров. В древесине есть система постоянных и непостоянных капилляров. Постоянные капилляры представляют собой полости клеток, сообщающиеся между собой через поры в стенках, непостоянные – обусловлены коллоидной природой клеточных стенок [9]. В абсолютно сухом состоянии капилляры в клеточных стенках отсутствуют. Полярная жидкость, проникая в клеточную стенку, адсорбируется на внутренней поверхности и образует разветвленную систему непостоянных капилляров. Для построения модели древесины необходимо определить по каким капиллярам движется жидкость при пропитке.

Исследования путей движения жидкости в древесине поперек волокон проводили неоднократно по примерно одинаковой методике. Древесину пропитывали подкрашенной жидкостью. Затем делали микросрезы и фиксировали локализацию красителя. Полученные результаты значительно отличались между собой. Ряд исследователей считают, что капилляры клеточных стенок являются одним из возможных путей переноса жидкости [7, 10]. В частности, Е.В. Харук утверждает, что непостоянные капилляры клеточных стенок служат основным путем переноса жидкости при пропитке.

Полученные нами результаты [1] показывают, что в процессе пропитки жидкость движется по капиллярам клеточной стенки. Происходит это по механизму диффузии. Интенсивность подобного переноса очень мала, его вклад в общий процесс незначителен и им можно пре-

небрежь, а клеточную стенку считать непроницаемой. Следовательно, проницаемой древесина может быть только в случае, если она имеет систему сообщающихся постоянных капилляров.

Для выявления системы постоянных капилляров, по которой происходит перенос жидкости при пропитке, используемая ранее нами методика была доработана. Было предложено древесину пропитывать неполярной жидкостью. В предыдущих исследованиях использовали подкрашенные полярные жидкости. Это искажало истинную картину. Жидкость проникала в древесину по одним путям, а из них диффундировала в окружающие анатомические элементы. Неполярная жидкость двигается только по постоянным капиллярам и из них никуда не диффундирует. Пропитке с помощью подкрашенного Суданом-1 гексана подвергали ядровую и заболонную древесину сосны обыкновенной с комнатно-сухой влажностью. Ее осуществляли поперек волокон в радиальном направлении при температуре 20 °С и давлении 0,4 МПа. После этого проводили микроскопические исследования пропитанной древесины.

Исследованиями [2] установлено, что неполярная жидкость не пропитывает ядровую древесину, т.е. в последней нет системы сообщающихся постоянных капилляров. В образцах из заболонной части пропиточная жидкость была обнаружена в сердцевинных лучах, вертикальных смоляных ходах и полостях поздних трахеид. Серцевинные лучи имели интенсивную окраску по всей глубине пропитанной зоны. В клеточных стенках пропитанная жидкость не обнаружена. Однако следует отметить, что не все анатомические элементы, в которых была обнаружена пропиточная жидкость, проводят ее в направлении поперек волокон. Например, полости поздних трахеид соседних годовичных слоев содержат пропиточную жидкость, а в разделяющих их ранних трахеидах ее нет. Следовательно, поздние трахеиды не проводят пропиточную жидкость в радиальном направлении, она в них попадает из других анатомических элементов. Аналогичная ситуация и с вертикальными смоляными ходами. Серцевинные лучи сообщаются через поры с трахеидами и смоляными ходами. Вероятно, они являются единственным путем переноса жидкости в радиальном направлении, по которому пропиточная жидкость проникает в глубь древесины и далее – в другие анатомические элементы.

Расположение сердцевинных лучей в древесине не хаотичное, а упорядоченное, что обусловлено физиологией дерева. Так, например, в древесине хвойных пород каждая вертикальная трахеида обязательно контактирует с одним или несколькими сердцевинными лучами [8]. Контакт с сердцевинными лучами является важным фактором в выживании вертикальных инициалей при внутрикамбиальной конкуренции [4]. Серцевинные лучи начинаются от сердцевины или на некотором расстоянии от нее и продолжаются до коры. В процессе роста по мере увеличения периметра ствола сохраняются старые и образуются новые сердцевинные лучи. Если предположить, что каждая трахеида контактирует с двумя сердцевинными лучами (по нашим наблюдениям это встре-

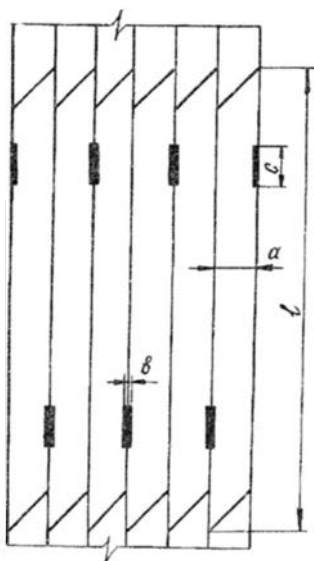


Рис. 1. Схема тангенциальной поверхности древесины

чается часто), то фрагмент тангенциальной поверхности древесины может быть представлен схематично (рис. 1). На предложенной схеме введены следующие обозначения: l — длина трахеиды; a — тангенциальный размер трахеиды; b , c — соответственно ширина и высота сердцевинного луча.

Рассмотрим квадратный участок тангенциальной поверхности со стороны, равной длине трахеиды. Суммарная площадь сердцевинных лучей на этом участке [2]

$$\sum S_{\text{сн}} = \frac{cbl}{a} + cb. \quad (1)$$

Относительная площадь сердцевинных лучей

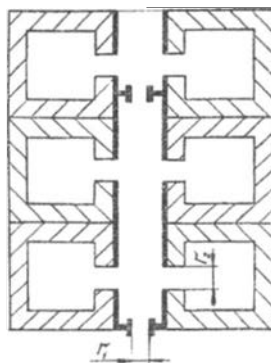
$$S_{\text{отн}} = \frac{\sum S_{\text{сн}}}{l} = \frac{cb}{al} + \frac{cb}{l^2}. \quad (2)$$

Расчеты, проведенные на основании известных данных о размерах анатомических элементов древесины разных хвойных пород, показывают, что не существует зависимости между $S_{\text{отн}}$ и проницаемостью древесины. Это обусловлено тем, что сердцевинные лучи имеют сложное строение. Они состоят из нескольких рядов паренхимных клеток. По верхней и нижней границе лучей хвойных пород (кроме пихты) проходят лучевые трахеиды. С помощью пор клетки лучей сообщаются между собой в вертикальном и горизонтальном направлениях. В местах контакта с вертикальными трахеидами (поле перекреста) также есть поры. Форма и размеры пор у разных пород сильно отличаются. Модель радиальной проводящей системы древесины изображена на рис. 2. Для предложенной модели имеем: r_1 — размер пор между клетками сердцевинного луча; r_2 — размер пор между клетками сердцевинного луча и вертикальных трахеид на полях перекреста. Совмещая рис. 1 и 2, получаем пространственную модель древесины как объекта пропитки.

Процесс пропитки древесины на основании предложенной модели происходит следующим образом. Пропиточная жидкость под действием избыточного давления через пору r_1 проникает в полость клетки сердцевинного луча, оттуда в соседнюю клетку луча и одновременно через поры r_2 в полости вертикальных трахеид.

В предложенной модели фигурируют только размеры анатомических элементов, которые, особенно r_1 и r_2 , у разных пород значительно отличаются. Это позволяет построить модель древесины конкретной породы как пространственной системы капилляров определенной формы и размеров. В настоящее время хорошо изучены (но в основном с

Рис. 2. Модель радиальной проводящей системы древесины



позиций ксилотомии) поры на полях перекреста [8]. Поры между клетками сердцевинных лучей с точки зрения пропитки вообще не изучались. В литературе есть только некоторые отрывочные сведения. Так, в экспресс-информации [3] приведены данные шведских исследователей о том, что размеры пор между клетками сердцевинных лучей и проницаемость у древесины сосны больше, чем у ели. Это служит подтверждением правильности предложенной нами модели. Изучение анатомического строения сердцевинных лучей как фактора, определяющего проницаемость древесины, является предметом дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Ермолин В.Н. Проницаемость клеточной стенки древесины // Модифицирование и защитная обработка древесины: Тез. докл. ВСНТК.- Красноярск, 1989. - С.124 - 125. [2]. Ермолин В.Н. Разработка модели древесины как объекта пропитки // Проблемы химико-лесного комплекса: Сб. науч. тр. ВНИПК. - Красноярск, 1993. - Т. 3. - С.55 - 60. [3]. Защитная обработка еловой древесины // Экспресс-информ.: Зарубеж. опыт. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985.- Вып.8. - С.14. [4]. Крамер П., Козловский Т. Физиология древесных растений. - М.: Лесн. пром-сть, 1983. - 485 с. [5]. Оснач Н.А. Проницаемость и проводимость древесины.- М.: Лесн. пром-сть, 1964.- 183 с. [6]. Потякин В.И., Тишин Ю.Г., Базаров С.М. Техническая гидродинамика древесины. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 304 с. [7]. Харук Е.В. Лесоводственно-биологические основы проницаемости жидкостями ядровой и спелой древесины хвойных пород Сибири: Автореф. дис...д-ра с.-х. наук. - Л., 1982. - 36 с. [8]. Чавчавадзе Е.С. Древесина хвойных. - Л.: Наука, 1979.- 192 с. [9]. Чудинов Б.С. Вода в древесине. - Новосибирск: Наука, 1984. - 270 с. [10]. Wardrop A.V., Davies G.W. Morphological factors relating to the penetration of liquids into wood. - *Holzforschung*, 1961. - 15. - P.129.

Поступила 22 декабря 1995 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 630* 866

Л.А. МАЛЮТИНА

Архангельский государственный технический университет



Малютина Лидия Александровна родилась в 1946 г., окончила в 1969 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры общей и аналитической химии Архангельского государственного технического университета. Имеет 24 печатных работы в области изучения вопросов химической переработки древесных отходов.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ БИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ

Установлено, что наиболее эффективным способом извлечения суммы биоактивных веществ, зеленых и желтых пигментов является предварительное обезвоживание древесной зелени сосны и ели и последующая экстракция с удалением влаги парами неполярного растворителя; получаемый продукт в 1,5–2,0 раза богаче пигментами.

It has been found that the most efficient process of extracting the amount of bioactive substances, green and yellow pigments is pre-dehydration of pine and spruce green and consequent extraction followed by moisture removal by nonpolar solvent vapor. The resultant product is 1,5–2,0 times higher in pigments.

Древесная зелень (ДЗ) хвойных пород служит сырьем для получения ценных биоактивных продуктов, используемых для производства лекарств и кормовых добавок в рационе животных.

В промышленных условиях биологически активные вещества (БАВ) извлекают бензином из свежезаготовленной древесной зелени, содержащей 45...70 % влаги. Существующий процесс извлечения БАВ из древесной зелени характеризуется большой продолжительностью экс-

тракции (от 3 до 5 ч) и невысоким выходом бензинорастворимых веществ (не превышает 50...60 % от исходного содержания в ДЗ). Одним из факторов, влияющих на извлечение БАВ неполярным растворителем, является исходная влажность древесной зелени. Влага клеточных оболочек, протоплазмы, вакуолей, пластид, а в зимних условиях и находящаяся на поверхности ДЗ, препятствует проникновению неполярного растворителя к БАВ, затрудняя их извлечение.

Проведенные исследования влияния гидродинамических факторов на процесс извлечения БАВ из древесной зелени с исходной влажностью 46...58 % [2] показали, что при существующих способах подготовки сырья перед экстракцией исходная влажность экстрагируемого материала определяет конечные результаты экстракции, особенно в случае извлечения зеленых (хлорофилл) и желтых (каротин и каротиноиды) пигментов. Установлено [1], что в значительной степени отрицательное влияние влаги проявляется в пределах от 25...30 до 70 %. Для повышения эффективности извлечения БАВ неполярным растворителем необходимо удалять влагу из экстрагируемой ДЗ.

Цель исследования – изучить влияние различных способов обезвоживания древесной зелени на процесс извлечения суммы БАВ, зеленых и желтых пигментов.

В качестве сырья использовали свежезаготовленную измельченную в производственных условиях древесную зелень сосны и ели влажностью соответственно 50,5 и 57,7 %. Исследовали следующие способы обезвоживания: 1 – предварительный механический отжим влаги и последующее высушивание ДЗ в процессе экстракции парами растворителя; 2 – предварительный механический отжим влаги путем прессования; 3 – подсушивание ДЗ до влажности, равной влажности ДЗ после механического обезвоживания; 4 – высушивание ДЗ в процессе экстракции парами растворителя. Влажность ДЗ, поступающей на экстракцию после предварительного механического обезвоживания, составляла для ДЗ сосны и ели соответственно 38,3 и 36,6 %, после подсушивания теплоносителем – 38,0 и 36,5 %. Экстракцию проводили дефлегмационно-оросительным методом. Общая продолжительность экстракции 3 ч. Для сравнения выполнены контрольные опыты с ДЗ, не подвергнутой обезвоживанию. Экстракт анализировали на содержание суммы бензинорастворимых веществ (суммы БАВ), зеленых и желтых пигментов.

На рис. 1 представлены кинетические кривые извлечения суммы БАВ и пигментов, которые для ДЗ сосны и ели имели одинаковый характер. Как при любом способе обезвоживания, так и в контрольных опытах основная масса суммы БАВ и пигментов от всех извлеченных за 3 ч экстракции извлекается в первые 15...30 мин путем растворения и смыва с поверхности экстрагируемого материала из легко доступной для растворителя нарушенной клеточной структуры ДЗ. Так, за 30 мин экстракции из ДЗ сосны извлекается 70...85 % суммы БАВ, 50...70 % зеленых пигментов, 63...87 % желтых пигментов. Для ДЗ ели эти показатели составляют соответственно 63...79, 48...67, 56...75 %. Через 2 ч про-

цесс экстракции БАВ из предварительно обезвоженной древесной зелени (рис. 1, кривые 1–3) в основном заканчивается -- извлекается из ДЗ как сосны, так и ели до 95...97 % суммы БАВ, 95...97 % зеленых пигментов, 94...98 % желтых пигментов от всех

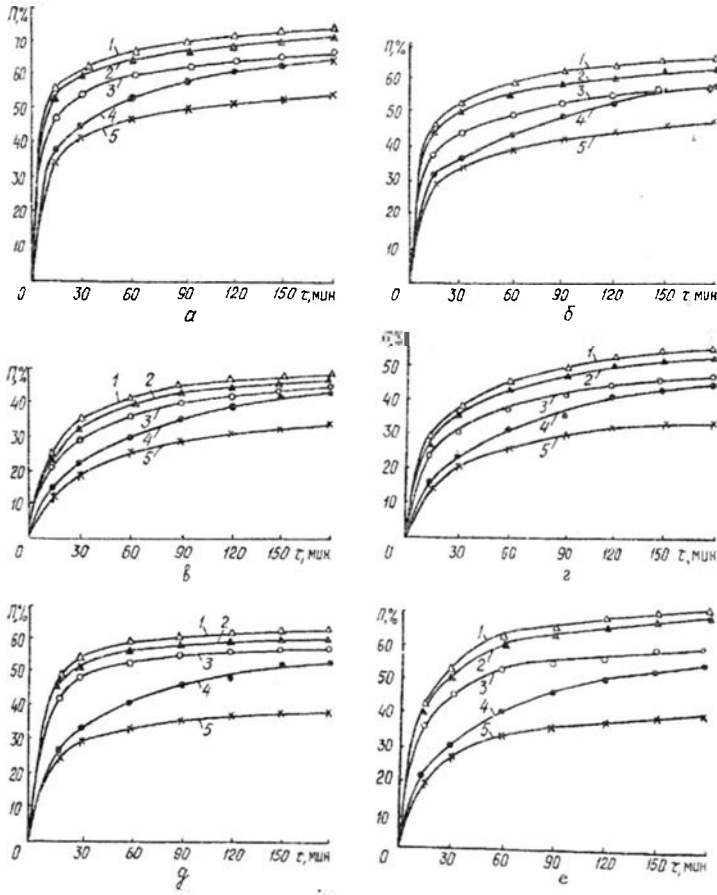


Рис. 1. Кинетика извлечения БАВ из ДЗ сосны (а, в, д) и ели (б, г, е): а, б – сумма БАВ; в, г – зеленые пигменты; д, е – желтые пигменты; 1 – предварительный механический отжим влаги и последующее высушивание ДЗ в процессе экстракции парами растворителя; 2 – предварительный механический отжим влаги; 3 – предварительное подсушивание ДЗ; 4 – высушивание ДЗ в процессе экстракции парами растворителя; 5 – контрольные (экстракция ДЗ, не подвергнутой обезвоживанию) опыты (П – процент извлечения БАВ от исходного их содержания)

извлеченных за 3 ч экстракции. При экстракции с высушиванием ДЗ парами растворителя (кривая 4) за 2 ч извлекается 93...95 % суммы БАВ, 80...82 % зеленых пигментов, 85...89 % желтых пигментов от всех извлеченных за 3 ч экстракции. Следовательно, применение различных способов обезвоживания значительно повышает выход БАВ.

Результаты исследования влияния различных способов обезвоживания на повышение выхода БАВ в процессе экстракции представлены на рис. 2.

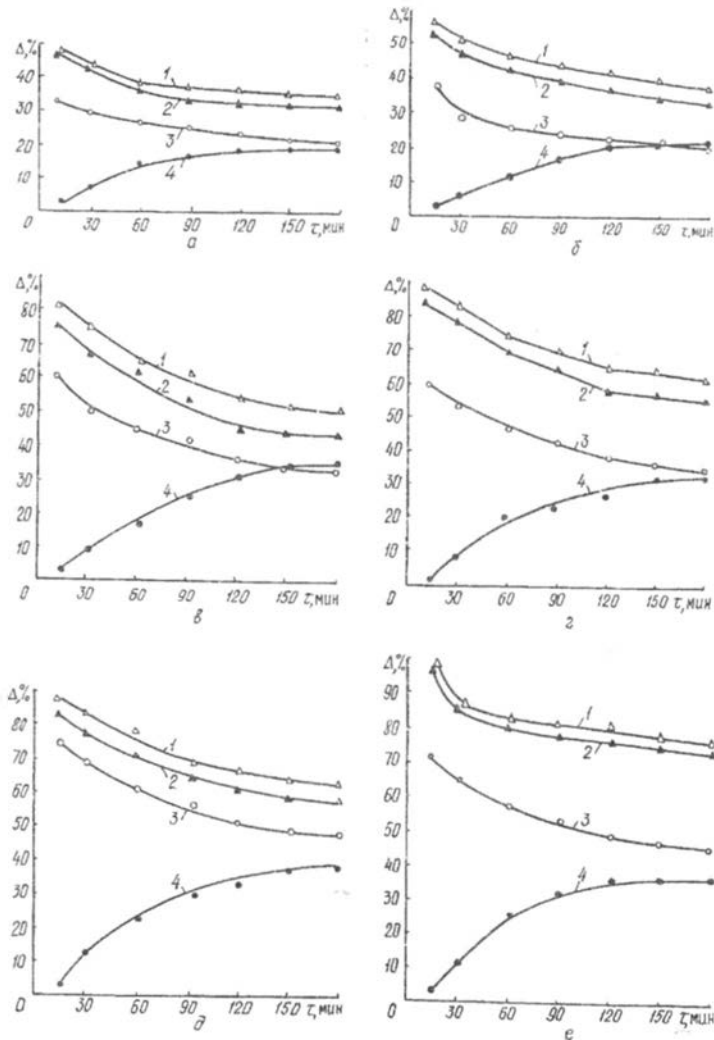


Рис. 2. Влияние способа обезвоживания на относительное (по сравнению с контрольными опытами) повышение Δ выхода БАВ из ДЗ сосны (а, в, д) и ели (б, г, е) (обозначения приведены на рис. 1)

Во всех случаях эффект обезвоживания для зеленых и желтых пигментов гораздо выше, чем для суммы БАВ, вследствие чего продукт, получаемый из бензинового экстракта, значительно обогащен пигментами, причем желтыми в большей мере.

Как показали проведенные эксперименты, менее всего повышается выход БАВ при высушивании ДЗ парами растворителя в процессе экстракции. При этом в начале эффект обезвоживания незначителен, но по мере удаления влаги возрастает, особенно при извлечении пигментов. За 3 ч экстракции в случае ДЗ сосны относительное повышение выхода БАВ для суммы БАВ составляет 19,7 %, для зеленых пигментов – 34,6 %, для желтых пигментов – 37,9 %; в случае ДЗ ели соответственно – 20,4; 32,6; 36,6 %. Конечный продукт экстракции зелеными пигментами богаче в 1,6–1,7 раза, желтыми – 1,8–1,9 раза по сравнению с исходным.

При использовании остальных способов обезвоживания максимальный эффект достигается в начале экстракции, с течением процесса он снижается.

Наибольший эффект обезвоживания наблюдается в опытах с предварительным механическим отжимом влаги и последующей экстракцией с удалением оставшейся влаги парами растворителя. За 3 ч экстракции в случае ДЗ сосны относительное повышение выхода БАВ для суммы БАВ составляет 34,9 %, для зеленых пигментов – 51,7 %, для желтых пигментов – 63,9 %; в случае ДЗ ели – 39,3; 62,5; 76,6 %. К концу третьего часа экстракции дополнительно извлекается 3,0...8,0 % БАВ по сравнению с опытами, в которых экстрагировали механически обезвоженную ДЗ без удаления оставшейся влаги парами растворителя.

Эффект предварительного высушивания ДЗ теплоносителем до влажности, соответствующей влажности ДЗ после механического обезвоживания, на протяжении всей экстракции в случае ДЗ сосны на 10...15 %, а ели – на 15...25 % ниже по сравнению с предварительным механическим обезвоживанием. Следовательно, при механическом отжиме влаги на последующее извлечение БАВ влияет не только обезвоживание, но и дополнительное нарушение клеточной структуры ДЗ в процессе прессования и, возможно, выдавливание БАВ из внутренних полостей к поверхности экстрагируемого материала, которое в большей мере проявляется в случае ДЗ ели. Эффект предварительного механического обезвоживания сильнее проявляется при извлечении пигментов, особенно желтых. Конечный продукт зелеными пигментами богаче в 1,5–1,6 раза, желтыми – в 1,8–2,0 раза.

Проведенные исследования показали, что применение различных способов обезвоживания ДЗ ускоряет процесс извлечения БАВ с одновременным значительным повышением их выхода. Вследствие этого процесс экстракции можно сократить с 3,0...5,0 до 2,0...2,5 ч. Наиболее эффективным способом обезвоживания является механический отжим с последующим удалением оставшейся влаги парами растворителя в процессе экстракции, позволяющий за 2 ч экстракции выход суммы

БАВ увеличить с 45...52 до 64...72 %, зеленых пигментов – с 30...32 до 54...65 %, желтых пигментов – с 37...39 до 66...67 %. Получаемый продукт в 1,5–2,0 раза обогащается пигментами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Малютина Л.А., Выродов В.А. Влияние влаги на извлечение биологически активных веществ из древесной зелени // Химическая и механическая переработка древесины и древесных отходов: Межвуз. сб. науч. тр. - Л., 1979. - Вып. 5. - С. 96 - 98. [2]. Малютина Л.А., Выродов В.А. Кинетика извлечения биологически активных веществ из древесной зелени // Гидролиз. и лесохим. пром-сть, 1979. - № 8. - С. 8 - 9.

Поступила 14 декабря 1994 г.

УДК 676.11.082

Н.Д. КАМАКИНА, Е.В. НОВОЖИЛОВ

Архангельский государственный технический университет

Камакина Наталья Дмитриевна родилась в 1953 г., окончила в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 10 печатных работ и авторских свидетельств в области переработки сульфитных шелоков.



Новожилов Евгений Всеволодович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры химии древесины, целлюлозы и гидролизных производств Архангельского государственного технического университета, лауреат премии им. М.В. Ломоносова Архангельской областной комсомольской организации. Имеет свыше 100 научных трудов в области технологии целлюлозы и технологии переработки сульфитных шелоков.



ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЛИЧЕСТВА МОДИФИКАТОРА В МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЛИГНОСУЛЬФОНАТАХ

Разработана методика количественного определения содержания модификатора по массовой доле пентозанов в навеске модифицированных технических лигносульфонатов марки ЛСТ-МЩЦ1.

The methods of quantitative determination of modifier content to pentosans' unit of weight in a weighed portion of modified technical lignosulfonates LST-MSHCH1 have been worked out.

На основе технических лигносульфонатов (ЛСТ), получаемых из хвойных сульфитных щелоков, в Архангельском государственном техническом университете разработан разжижитель цементного сырьевого шлама марки ЛСТ-МЩЦ1, который в качестве модифицирующей добавки содержит 5...10 % (по сухим веществам) нейтрально-сульфитного щелока [3]. Добавка нейтрально-сульфитного щелока уменьшает пенообразование ЛСТ и позволяет увеличить их долю в составе сырьевого шлама. При этом снижается влажность шлама, расход топлива на обжиг, возрастает производительность обжиговых печей и одновременно решается важная природоохранная задача по использованию не находящихся сбыта лигносульфонатов.

Нейтрально-сульфитный щелок после варки лиственной древесины также содержит лигносульфонаты, но в меньшем количестве и с более низкой молекулярной массой, чем хвойный сульфитный щелок, и поэтому обладает худшими пластифицирующими свойствами, чем ЛСТ. Его добавка свыше 20 % понижает разжижающие свойства пластификатора.

Разжижитель ЛСТ-МЩЦ1 может быть приготовлен как смешением концентратов, так и совместным упариванием сульфитно-дрожжевой бражки и нейтрально-сульфитного щелока [1, 2].

Цель исследования – разработать методику определения доли модификатора в лигносульфонатах марки ЛСТ-МЩЦ1 для контроля качества продукта.

Характерным отличием нейтрально-сульфитного щелока от других сульфитных щелоков является присутствие в нем гемицеллюлоз, которые на 80...85 % состоят из пентозанов. Поэтому было предложено контролировать долю модификатора (нейтрально-сульфитного щелока) по массовой доле пентозанов в навеске разжижителя ЛСТ-МЩЦ1.

Согласно ГОСТ 10820–75 массовую долю пентозанов определяют по массе фурфурола, образовавшегося при их гидролизе и последующей дегидратации пентоз. Поскольку сульфитный щелок и продук-

ты его переработки содержат пентозы, уроновые кислоты и другие вещества, способные в условиях анализа образовывать фурфурол, то возможна неточность (в сторону завышения) при определении величины добавки модификатора. Чтобы исключить влияние низкомолекулярных веществ, перед анализом гемицеллюлозы выделяют, осаждая этанолом.

Для исследования использовали растворы концентратов нейтрально-сульфитных щелоков нескольких комбинатов, а также гемицеллюлозы, осажженные этанолом. Образовавшийся при этом осадок отделяли центрифугированием в течение 5 мин при частоте вращения ротора центрифуги 3000 об/мин, смывали его, добавляя 100 мл 13 %-го раствора HCl в круглодонную колбу вместимостью 0,5 л. Далее анализ проводили согласно ГОСТ. Полученные результаты представлены в табл. 1.

С гемицеллюлозами этанолом осаждается 81...82 % пентозанов от их содержания в нейтрально-сульфитном щелоке, остальная часть остается в водно-спиртовом растворе. Эксперимент показал, что массовая доля пентозанов, осажженных этанолом, составляет в среднем $(10 \pm 0,5)$ % от сухих веществ исследованных концентратов нейтрально-сульфитных щелоков.

Для проверки предложенной методики в лаборатории были приготовлены смешением концентратов три образца разжижителя марки ЛСТ-МЩ1. Один из компонентов смеси – ЛСТ Архангельского ЦБК (масса – 0,01 кг, содержание сухих веществ – 50,0 %), другой – концентраты нейтрально-сульфитных щелоков Архангельского, Котласского и Пермского комбинатов (количество – 10 % от сухих веществ ЛСТ). Из этих образцов готовили 10 %-й водный раствор, 50 мл которого затем обрабатывали 9-кратным объемом этанола. Выпавший осадок гемицеллюлоз отделяли центрифугированием и определяли в нем массовую долю пентозанов по ГОСТ 10820–75. Массовую долю

Таблица 1

Определение массовой доли пентозанов в образцах нейтрально-сульфитных щелоков различных предприятий

Целлюлозно-бумажный комбинат	Концентрация, кг/м ³			Массовая доля пентозанов, выделенных с гемицеллюлозами, % от сухих веществ
	сухих веществ	пентозанов	пентозанов, выделенных с гемицеллюлозами	
Архангельский	102,0	13,1	10,8	10,6
Котласский	126,0	16,5	13,4	10,6
Пермский	105,0	12,1	9,8	9,4

модификатора в процентах по отношению к массе абсолютно сухой навески испытуемого образца определяли по формуле

$$X = \frac{П \cdot 100}{10(1 - \frac{W}{100}) \cdot 1000 \cdot 0,10}$$

где П – содержание пентозанов в пробе, мг;

10 – масса навески ЛСТ-МЦ1, г;

W – влажность навески ЛСТ-МЦ1, %;

0,10 – массовая доля пентозанов от сухих веществ нейтрально-сульфитного щелока.

За окончательный результат принимали среднее арифметическое двух определений. Предварительно было рассчитано теоретическое содержание пентозанов в этих образцах по величине добавки сухих веществ нейтрально-сульфитного щелока.

Таблица 2

**Определение массовой доли модификатора
в образцах разжижителя ЛСТ-МЦ1 на основе
щелоков различных предприятий**

Целлюлозно- бумажный комбинат	Массовая доля, % от сухих веществ разжижителя	
	пентозанов	модификатора
Архангельский	1,06/1,00	10,0/9,40
Котласский	1,06/1,10	10,0/10,40
Пермский	0,94/0,90	10,0/9,60

Примечание. В числителе приведены данные для фактически заданной концентрации, в знаменателе – для экспериментально определенной.

Как видно из табл. 2, при использовании данной методики нами получена хорошая сходимость экспериментальных результатов с заданным расходом модификатора – нейтрально-сульфитного щелока. Точность определения составляет 0,4...0,6 % (абсолютных), что достаточно для практических целей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А.с. 1289840 СССР, МКИ С 04 В 7/38. Способ приготовления цементного сырьевого шлама/ О. М. Соколов, Б. Д. Богомолов, Е. В. Новожилов и др. (СССР). - № 3896077 / 29 –33 ; Заявлено 16.05.85; Опубл. 15.02.87, Бюл. № 6 // Открытия. Изобретения. - 1987. - № 6. - С.93. [2]. А.с. 1395718 СССР,

МКИ Д 21 С 11/00. Способ получения концентрата технических лигносульфонатов / Е. В. Новожилов, О. М. Соколов, Б. Д. Богомолов, Н. Д. Камакина (СССР). - № 4108693 / 31-12 ; Заявлено 20.08.86; Опубл. 15.05.88, Бюл. № 18 // Открытия. Изобретения. - 1988. - № 18. - С.114. [3]. Разжижитель цементно-сырьевого шлама ЛСТ-МЦ1 / О. М. Соколов, П. П. Тиранов, Б.Д. Богомолов и др. // Расширение использования технических лигносульфонатов в народном хозяйстве: Тез. докл. Всесоюзн. науч.-техн. семинара, Пермь, 22 - 23 апр. 1987 г. - М., 1987. - С. 15 - 16.

Поступила 13 апреля 1995 г.

УДК 668.48:674.8

И. С. ГЕЛЕС

Петрозаводский государственный университет

Гелес Иосиф Соломонович родился в 1933 г., окончил в 1956 г. Ленинградский технологический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Петрозаводского государственного университета. Имеет около 300 печатных трудов в области научного обоснования и разработки экологически чистых ресурсосберегающих технологий при использовании древесной биомассы, применения отходов древесного сырья для очистки сточных вод различных производств.



ОТХОДЫ ОКОРКИ ЕЛИ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХВОЙНОГО ЭФИРНОГО МАСЛА

Установлено влияние некоторых факторов на содержание хвойного эфирного масла, присутствие которого выше в корке, чем в лубе ели. Обнаружено до 45 компонентов, главным из которых является α -пинен.

The influence of some factors on the content of coniferous volatile oil, the presence of which is higher in the bark than in the bast fiber of spruce, has been stated. Up to 45 components have been revealed, α -pinene predominating.

Вещества природного происхождения находят все большее признание в качестве исходного материала при производстве самой разнообразной продукции [1, 4, 7, 12]. Большое внимание уделяется эфирным маслам (ЭМ), получаемым из древесной зелени (ДЗ), в частности пихты [5, 6, 8, 9]. Являясь основными лесообразующими породами на северо-западе европейской части России, сосна и ель также были предметом неоднократного внимания исследователей [2, 3, 10, 11, 17]. На основании полученных данных был сделан вывод, что ДЗ сосны и, особенно, ели по сравнению с пихтой содержат намного меньше ЭМ. Поэтому получать ЭМ из ДЗ только этих двух пород экономически нецелесообразно [17]. Из результатов исследований также следует, что географический фактор оказывает сильное влияние на содержание ЭМ в ДЗ сосны и ели (сравнить данные [10, 17] и [2, 3, 11]). К наиболее ценным компонентам ЭМ пихты относится борнилацетат, массовая доля которого достигает 30 % и более, в ЭМ сосны и ели этот компонент присутствует в незначительных количествах [3].

Кора, как структурная составляющая ДЗ, содержит меньше ЭМ по сравнению с хвоей [8, 11], но больше, чем кора стволовой части. Причем, если у сосны Красноярского края в лубе коры ствола находится в 4 – 6 раз больше ЭМ, чем в пробковом слое [11], то для коры сосны Карелии таких различий не обнаружено [14].

С точки зрения расширения сырьевой базы, для получения ЭМ заслуживает внимания кора ели, корковая часть которой этих компонентов содержит значительно больше [13], чем ДЗ сосны и ели. Однако при анализе работы [13] обращает на себя внимание, что при разделении методом ГЖХ на обычно употребляемых фазах борнилацетат расположен после основной группы сесквитерпенов, тогда как в других литературных источниках он находится перед ними, после монотерпенов [8, 11, 16]. Необходимо отметить, что в работе [15] при очень близких к [13] условиях хроматографического анализа были получены результаты, согласующиеся с данными других авторов [8, 11, 16]. Такое положение борнилацетата было подтверждено нами при анализе образцов пихтового масла в условиях, идентичных указанным в работе [13].

В отличие от ДЗ, сбор и доставка которой к месту переработки требует больших затрат, кора ели концентрируется на деревоперерабатывающих предприятиях. Данные о количестве и составе ЭМ в такой коре практически отсутствуют.

Цель данной работы – определить содержание ЭМ в отходах окорки ели, образующихся на предприятиях Карелии, и изучение их состава в зависимости от условий подготовки и окорки древесины.

Пробы отходов неоднократно отбирали непосредственно после процесса окорки, сразу отсортировывали древесные частицы и полученную кору делили на две неравные части, большую из которых в свою очередь разделяли на луб и корку. Полученные таким образом три образца из каждой пробы отходов измельчали до размера частиц не более 10 мм. Количество ЭМ определяли методом гидродистилляции. После освобождения от водной фазы и растворения в гексане ЭМ анализировали методом ГЖХ, как указано в работе [13]. Количественное содержание индивидуальных веществ рассчитывали методом внутренней нормализации.

Пределы колебаний содержания ЭМ в образцах коры и ее составляющих для различных предприятиях Карелии приведены в табл. 1. Установлено, что наименьшее количество ЭМ содержали отходы окорки Кондопожского ЦБК. Поэтому на этом предприятии, кроме образцов отходов, были отобраны для сравнения пробы коры с баланса, поступающего на окорку (исходный баланс). Проведенные опыты показали, что массовая доля ЭМ в коре больше, чем в отходах. Анализируя данные табл. 1, можно сделать вывод, что на содержание

Таблица 1

Предприятие	Массовая доля ЭМ в анализируемом материале, %			Температура воды при окорке, °С	Особенности процесса окорки
	Кора	Луб	Корка		
Кондопожский ЦБК	0,13...0,16	0,07...0,14	0,18...0,22	40 + 5	«Мокрая» окорка в барабанах Исходный баланс
	–	–	0,35...0,44		
Кондопожский деревообрабатывающий завод	–	–	0,21...0,31	–	Сухая окорка
Петрозаводский лесопильно-мебельный комбинат	0,16...0,28	0,12...0,20	0,29...0,69	Не регулируется	Бассейн, окорочные станки
Петрозаводский деревообрабатывающий завод	–	0,13...0,18	0,29...0,39	10...15	Бассейн, окорочные станки
	0,20...0,25	0,11...0,15	0,37...0,66		
Олонецкий КЛПХ	–	–	0,16...0,28	–	Горбыль неокоренный

Примечание. Массовая доля рассчитана в процентах от исходной абс. сухой массы.

ЭМ в коре влияет ряд факторов, в частности температура производственной воды. Так, при поддержании температуры воды в пределах $(40 \pm 5)^\circ\text{C}$ (Кондопожский ЦБК) доля ЭМ в отходах минимальна и в 2 раза ниже, чем в коре исходного баланса. С понижением температуры содержание ЭМ в коре возрастает. Согласно нашим наблюдениям положение и толщина коры влияют на выход ЭМ. У пиловочника из комлевой части кора (корка) имеет большую толщину и содержит меньше ЭМ. В относительно тонкой корке вершинной части ствола доля ЭМ возрастает. ЭМ можно также обнаружить в коре горбылей ели после 2–3 мес. их хранения. Кроме того, корка и луб из отходов окорки ели существенно различаются между собой по содержанию ЭМ.

При оценке общего числа индивидуальных соединений на хроматограмме выявлено 45 пиков. При этом некоторые из компонентов не поддавались количественной оценке или присутствовали в следовых количествах (в табл. 2 использованы термины «присутствие» и «следы»). При высоте пика основного компонента (α -пинена) до 90 % шкалы число надежно обнаруживаемых соединений значительно сокращалось, исчезали вещества с минимальным содержанием. В этих условиях некоторые компоненты переходили в категорию не поддающихся количественной оценке.

В ходе экспериментов было установлено, что качественный состав ЭМ корки и луба обследованных предприятий несколько отличается, меняется соотношение между отдельными компонентами. Отмеченные особенности иллюстрируют данные табл. 2, где приведен состав ЭМ корки и луба из отходов окорки ели на Петрозаводском лесопильно-мебельном комбинате. Массовая доля корки и луба в них соответственно равна 0,29 и 0,14 %. Как видно из табл. 2, в отходах окорки ели преобладающим компонентом является α -пинен, который вместе с тремя последующими монотерпенами составляет 58 % от общей массы ЭМ. Борнилацетат, содержится в незначительных количествах. Луб и корка ели отличаются содержанием β -пинена, но суммарная доля пиненов в них примерно одинакова. Обращает на себя внимание разнообразие углеводов с высокой температурой кипения, которые отгоняются водяным паром.

При взятии проб отходов окорки встречались образцы коры, у которой лубяная часть полностью или в значительной степени была разрушена энтомовыми вредителями. Однако анализ сохранившейся корки такой коры показал, что ЭМ присутствуют в количестве 0,22...0,28 %. Их состав существенно не отличается от обычной корки. На наш взгляд, это наблюдение заслуживает внимания, так как считается, что подобная кора непригодна для промышленной переработки.

Проведенные исследования показали, что в отходах окорки ели различных предприятий эфирных масел больше, чем в ДЗ, где, согласно [17], этих веществ в среднем присутствует 0,15 %. Независимо от способа окорки в корковой части содержание ЭМ больше, чем в

Таблица 2

Компонент	Массовая доля компонента в ЭМ, %	
	Корка	Луб
Трициклен	Следы	Следы
α -пинен	32,60	40,50
Камфен	10,60	10,70
β -пинен	7,20	1,36
Δ^3 -карен	7,80	5,44
X ₁	–	0,17
Лимонен	1,35	1,67
β -фелландрен	–	0,66
Терпинолен	–	0,34
Камфора	Следы	0,68
γ -терпинеол	4,06	Следы
α -копаен	Присутствие	Следы
X ₂	Следы	0,51
Борнеол	1,46	1,02
X ₃	8,47	0,51
Борнилацетат	Следы	0,85
X ₄	0,68	Следы
Лонгифолен	2,04	10,60
Кариофилен	7,68	3,91
ϵ -муролен	5,40	0,51
β -гумулен	0,56	–
γ -муролен	Присутствие	0,34
β -бизаболен	0,23	Следы
X ₅	–	2,55
X ₆	0,68	Следы
Кадинен	Следы	Следы
X ₇	0,90	0,51
X ₈	0,68	1,87
X ₉	0,79	–
X ₁₀	0,56	Следы
X ₁₁	–	6,11
X ₁₂	2,36	0,76
X ₁₃	0,79	–
X ₁₄	–	4,93
X ₁₅	1,13	–
X ₁₆	–	0,99
X ₁₇	1,13	–
X ₁₈	–	1,70
X ₁₉	0,93	–
X ₂₀	–	1,95

Примечание. X₁ – X₂₀ – неидентифицированные компоненты.

лубяной. В компонентном составе луба и корки наблюдаются определенные различия. Учитывая, что в настоящее время при производстве душистых веществ используют в основном пинены [7, 12], отходы окорки ели, в известной степени, можно рассматривать как источник сырья при их синтезе. Дальнейшие исследования в этом направлении необходимо проводить, принимая во внимание разнообразие условий окорки и неоднородность сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Войцеховская А.Л., Зильберг Л.Л., Косульникова Н.А. Новые продукты переработки живицы пихты, лиственницы, кедра и их использование в косметической промышленности // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. - 1992. - № 2. - С. 25 - 26. [2]. Горностаева Л.И., Репях С.М., Левин Э.Д. О монотерпенах эфирных масел хвойных пород Сибири // Химия природных соединений. - 1977. - № 6. - С. 784 - 786. [3]. Горностаева Л.И., Репях С.М., Левин Э.Д. Состав сесквитерпенов хвойных эфирных масел семейства *Pinaceae* // Химия древесины. - 1981. - № 5. - С.111 - 113. [4]. Григорюк Г.П., Шавырин С.В., Кислицын А.Н. Использование терпеноидов хвойных пород семейства *Pinaceae* в качестве биологически активных веществ: Обзор. инф. - М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987. - 40 с. [5]. Изменение содержания биологически активных веществ в древесной зелени пихты в процессе хранения / В.Г. Новик, Н.А. Чупрова, Л.И. Ченцова, С.М. Репях // Лесн. журн. - 1989. - № 5. - С.101 - 105. - (Изв. высш. учебн. заведений). [6]. Калинин А.М., Никифоров Г.В. Производство пихтового масла. - М., 1969. - 104 с. [7]. Поддубная С.С., Черкаев В.Г., Войткевич С.А. Синтез дигидромирценола // Химия древесины. - 1983. - № 4. - С.93 - 96. [8]. Производство и анализ пихтового масла. - Красноярск, 1977. - 110 с. [9]. Состав экстрактивных веществ древесной зелени пихты сибирской / В.И. Рошин, Л.А. Колодынская, Р.А. Баранова // Химия древесины. - 1989. - № 5. - С. 96 - 105. [10]. Состав экстрактивных веществ хвои и побегов ели европейской / В.И. Рошин, Р.А. Баранова, О.А. Белозерских, В.А. Соловьев // Химия древесины. - 1983. - № 4. - С. 55 - 61. [11]. Степень Р.А., Климова Л.С. Содержание и состав терпеновых компонентов эфирного масла отдельных частей сосны обыкновенной // Химия древесины. - 1985. - № 4. - С.101-106. [12]. Трофимов А.Н., Шавырин С.В. Лесохимия – кладовая уникальных продуктов // Гидролиз. и лесохим. пром-сть. - 1992. - № 2. - С.22 - 25. [13]. Фуксман И.Л. Состав и содержание эфирных масел в различных элементах фитомассы ели европейской // Химия древесины. - 1990. - № 5. - С. 83 - 86. [14]. Фуксман И.Л. Эфирные масла элементов фитомассы *Pinus sylvestris* // Растительные ресурсы. - 1991. - Т. 27. - № 2. - С. 73 - 76. [15]. Чернобровкина Н.П., Степанов А.А. Состав эфирных масел хвои ели, сосны, почек березы и листьев багульника // Липидный обмен древесных растений в условиях Севера. - Петрозаводск, 1983. - С. 132 - 140. [16]. Ягодин В.И., Кокшаров А.С. Экспрессные микрометоды определения эфирного масла в древесной зелени и продуктах ее переработки // Изучение химического состава древесной зелени. Методические основы. - Рига: Зинатне, 1983. - С. 53 - 58. [17]. Ягодин В.И. Основы химии и технологии переработки древесной зелени. - Л., 1981. - 204 с.

УДК 676.1:66.097

*Э.И. ГЕРМЕР, Л.О. ИОФФЕ, Ю.С. ИВАНОВ,
А.Б. БРОДЕРЗОН, Н.И. ФОМИНА.*

Всероссийский научно-исследовательский институт
целлюлозно-бумажной промышленности
ВНИИБ

Гермер Эмиль Исакович родился в 1937 г., окончил в 1962 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института бумаги. Имеет свыше 140 научных трудов по химии и технологии варки целлюлозы, в настоящее время занимается технологией, химией и катализом новых способов делигнификации древесины.



Иоффе Лазарь Ошеревич окончил в 1957 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, кандидат технических наук, зав. отделом новых методов делигнификации Всероссийского научно-исследовательского института бумаги, создатель непрерывно действующей пульсационной варочной установки, не имеющей зарубежных аналогов. Имеет около 200 печатных трудов и авторских свидетельств в области производства сульфатной целлюлозы, регенерации химикатов, создания экологически чистого производства кислородно-щелочной целлюлозы.



Иванов Юрий Сергеевич окончил в 1965 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии целлюлозы С.-Петербургского технологического университета растительных полимеров. Имеет более 80 печатных работ, 10 патентов и авторских свидетельств в области теории деструкции углеводов при сульфатной варке и разработки технологии кислородно-щелочного способа делигнификации древесины.





Бродерзон Александр Борисович окончил в 1973 г. МВТУ им. Н.А. Баумана. Имеет более 10 печатных работ. Работает во Всероссийском научно-исследовательском институте бумаги над вопросами разработки технологии кислородно-щелочного способа делигнификации древесины.



Фомина Наталья Ивановна окончила в 1975 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, научный сотрудник АО ВНИИБ. Имеет 29 научных трудов в области разработки кислородно-содового способа получения целлюлозы и создания новых схем отбелки целлюлозы с использованием смесителей массы средней концентрации.

КАТАЛИЗ КИСЛОРОДНО-ЩЕЛОЧНОЙ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ЩЕПЫ В ПУЛЬСАЦИОННОЙ ВАРОЧНОЙ УСТАНОВКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВОГО ЭФФЕКТИВНОГО КАТАЛИЗАТОРА

Проведены кислородно-щелочные варки еловой щепы с новым эффективным катализатором и без него в пульсационной варочной установке, созданной для этих целей. Установлен период варки, в течение которого катализатор, ускоряя делигнификацию в 15 раз, сохраняет свою эффективность. Показано, что он стабилен при температуре 150 °С. Рекомендованы условия, при которых действие катализатора сохраняется на всем протяжении процесса.

Oxygen-alkali spruce chip cookings using recent efficient catalyst and without it in the fluctuating cooking plant designed for these purposes have been done. A cooking period has been determined during which the catalyst accelerating delignification by 15 times retains its efficiency. It has been shown that it is stable at 150 °C. The conditions under which catalyst's action is maintained during the whole process are recommended.

Ранее нами [2, 4, 5] показана необычно высокая эффективность при варке древесины нового катализатора кислородно-щелочной (КЩ) делигнификации, условно названного КДК (в настоящее время данный катализатор патентуется). Исследования проводили с опилками или стружкой при использовании для улучшения массообмена качающихся автоклавов или автоклавов с возвратно-поступательным движением в горизонтальной плоскости.

Специально для КЩ варки нормальной щепы во ВНИИБе создан пульсационный варочный аппарат как в лабораторном исполнении [6], так и в виде пилотной установки [7, 8].

Кислородно-щелочная варка в пульсационной аппаратуре (ПА) имеет ряд характерных особенностей. Варка ведется на специальных перфорированных тарелках. Волокна наружных слоев, подвергающиеся делигнификации в первую очередь, отделяются от поверхности щепы в результате трения отдельных щепок между собой. Этому способствует возвратно-поступательное спиралеобразное движение щепы на тарелках в вертикальном направлении, достигаемое за счет пульсационного воздействия на варочный раствор, заполняющий аппарат. Это воздействие осуществляется пульсатором, расположенным в нижней части варочного аппарата. Сваренное волокно выводится из аппарата потоком циркулирующего щелока и отделяется на ситах в специальном стакане, откуда его периодически удаляют. Пульсация способствует весьма эффективному диспергированию кислорода на перфорированных тарелках, что улучшает равномерность распределения его в реакционном объеме и увеличивает поверхность контакта с раствором и щепой. В варочном аппарате непрерывного действия щепка перемещается в процессе варки с тарелки на тарелку сверху вниз, а в лабораторном аппарате периодического действия варка щепы с начала до конца проходит на тех тарелках, на которые она была помещена при загрузке аппарата.

Методическая часть

В ходе эксперимента была проведена серия варок, в основном отличающихся лишь способом подачи катализатора в систему, на лабораторной установке с пульсационным варочным автоклавом (ПВА) периодического действия [6]. Масса навески сосновой щепы толщиной 3 мм составляла 350 г (в расчете на абс. сухую массу).

Общие условия всех варок: температура 150 °С; подъем температуры на конечную около 40 мин; давление в автоклаве в процессе варки 1,94 МПа; циркуляция 40 л/ч (соответствует кратности циркуляции 4,3); интенсивность пульсаций (произведение амплитуды, выраженной в миллиметрах, на частоту) – 3500; рН 7,5±0,3. Указанное значение рН поддерживали за счет периодической подачи в автоклав через дозатор раствора соды (Na₂CO₃) концентрацией 153 г/л. Соду подавали перед началом варки в заполненный водой или водным раствором катализатора автоклав (8 г Na₂CO₃ или 7 % от общего ее расхода на варку, что соответствовало ее концентрации в растворе 0,85 г/л). Кислород поступал непрерывно в процессе всей варки (скорость 1,8 л/ч) с начала

нагрева. За начало варки принят момент достижения температуры 150 °С. Для катализатора была выбрана повышенная дозировка КДК (0,55 % от массы абс. сухой древесины), чтобы яснее проявились особенности, возникающие при его использовании в ПА. Катализатор вводили в автоклав в виде водного раствора.

Характеристики варок:

Варка 1 – контрольная (без катализатора и предварительной пропитки щепы).

Варка 2 – щепу предварительно пропитывали при комнатной температуре в течение 19 ч в водном растворе КДК, содержащем всю его добавку (0,32 г/л). Влажность щепы после пропитки 50,7 %. Затем всю щепу вместе с пропиточным раствором равномерно распределяли по тарелкам ПВА (аналогично и в других варках с предварительной пропиткой щепы). Оставшийся свободный объем ПВА заполняли водой, после чего концентрация КДК в расчете на весь объем жидкости, участвовавшей в варке, составляла 0,21 г/л.

Варка 3 – щепу предварительно пропитывали в течении 48 ч в водном растворе КДК, содержащем всю его добавку (0,64 г/л). Температура раствора в начале пропитки около 90 °С (в процессе пропитки раствор естественно остывал до комнатной температуры). Влажность щепы после пропитки 41,7 %.

Варка 4 – щепу под грузом (для предотвращения всплывания) подвергали вакуумизации в отдельном автоклаве в течение 30 мин (остаточное давление 0,18 кПа). Затем при работающем вакуум-насосе в течение 1 мин в автоклав подавали 2,7 л раствора КДК (0,71 г/л), что обеспечивало полное покрытие щепы. Вакуум-насос отключали, автоклав соединяли с атмосферой и щепу пропитывали в течение 30 мин. Влажность щепы после пропитки 40,4 %.

Варка 5 – без предварительной пропитки щепы. Катализатор в количестве 50 % от необходимой добавки вводили в автоклав по достижении в нем температуры 150 °С, остальные 50 % – через 135 мин варки, что составляет 40 % от общей продолжительности при 150 °С.

Варка 6 – без предварительной пропитки щепы. Катализатор в количестве 33 % от всей добавки вводили в воду, заливаемую в автоклав перед варкой; еще 33 % – через 66 мин варки при 150 °С (31 % от общей продолжительности варки); оставшееся количество – через 180 мин (86 % от общей продолжительности варки). Эта варка из-за возникшей технической неисправности была прервана до ее завершения. Однако в течение 210 мин при температуре 150 °С она протекала нормально. Результаты, полученные до этого момента, можно сравнить с результатами других варок за тот же период.

Результаты и их обсуждение

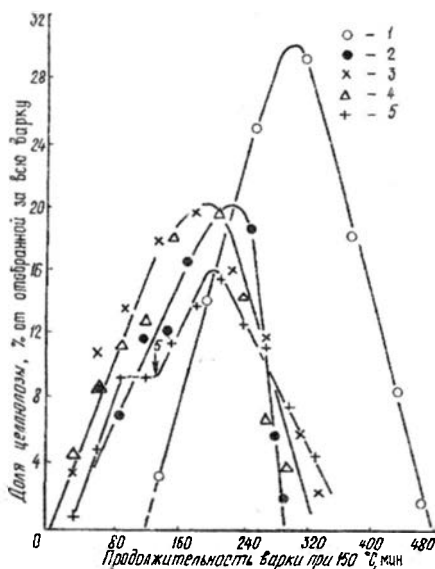
В данном исследовании влияние КДК на КЩ варку накладыва-ется на специфические особенности КЩ делигнификации не только в

ПА вообще, но и в ПА периодического действия в частности. Поэтому для корректной интерпретации результатов необходимо ясно представлять себе также и особенности КЩ варки в ПА периодического действия. В основном они связаны с тем, что в ПА непрерывного действия одновременно присутствует щепы после совершенно различной продолжительности варочного процесса, тогда как в ПА периодического действия вся щепы в варочном аппарате в любой момент находится на одной и той же стадии варки.

Из рис. 1 видно, что дифференциальная кинетическая кривая изменения выхода целлюлозы для контрольной варки (варка 1) имеет вид равнобочной параболы, начало которой соответствует появлению целлюлозы (при выбранном режиме - примерно через 2 ч варки при 150 °С). Этому моменту предшествует открытый (индукционный) период превращения лигнина (преимущественно поверхностных слоев) в твердой фазе. Это характерный вид кинетической кривой изменения выхода целлюлозы при КЩ варке в ПА периодического действия. Ее форма обусловлена сочетанием процессов как типичных для КЩ делигнификации растительных материалов, так и вызванных спецификой варки в ПА периодического действия.

Наиболее интенсивной делигнификации подвергается наружный слой щепы. Однако одновременно она протекает и в более глубоких слоях, причем тем интенсивнее, чем ближе они находятся к поверхности. Это обусловлено значительным градиентом концентрации кислорода по толщине делигнифицируемого материала. Когда поверхностный слой сварится и отделится в виде волокон, то следующий за ним слой, ставший наружным, уже частично проварен и поэтому доваривается до точки отделения волокна от основной части щепы уже

Рис. 1. Кинетические кривые изменения выхода целлюлозы: 1 - варка 1; 2 - 2; 3 - 3; 4 - 4; 5 - 5. (Здесь и далее, на рис. 2 - 6, обозначения кривых совпадают с номерами варок; стрелка показывает момент подачи второй половины добавки КДК в варку 5.)



значительно быстрее, чем предыдущий наружный слой, и т. д. Это способствует быстрому возрастанию количества получаемой целлюлозы. Однако по мере уменьшения в автоклаве древесины снижается реакционная поверхность щепы и площадь трения ее частиц друг о друга. Это уменьшает отделение сваренных волокон от древесного остатка и приводит к заметному отличию гидродинамических условий работы от оптимальных, что замедляет варку и выражается на параболической кривой изменения ее скорости появлением экстремума и нисходящей ветви (рис. 1).

Опыт работы с ПА периодического действия показал, что из-за чрезмерного нарастания на заключительном этапе варки указанных выше явлений процесс целесообразно не доводить до конца, а прекращать его, когда количество остающегося в автоклаве древесного остатка достигает 1,5...2,0 % от массы исходной древесины. Определяется этот момент ориентировочно по количеству образовавшейся целлюлозы и скорости ее уменьшения в последних отборах. При этом возможно некоторое отличие в количестве оставшейся в автоклаве целлюлозы даже в параллельных варках. Поэтому для сопоставления результатов разных варок скорость изменения выхода целлюлозы рассчитывали в процентах не от массы исходной древесины, как при обычной технике варок, а от массы целлюлозы, полученной за варку (т. е. от суммарной массы целлюлозы во всех отборах).

Кроме того, для более корректного и информативного сопоставления кривых (рис. 1) количество целлюлозы в отборах каталитических варок оказалось целесообразней рассчитать для тех же моментов времени, когда производились отборы в контрольной варке. Результаты такого приведения каталитических варок к контрольной представлены на рис. 2.

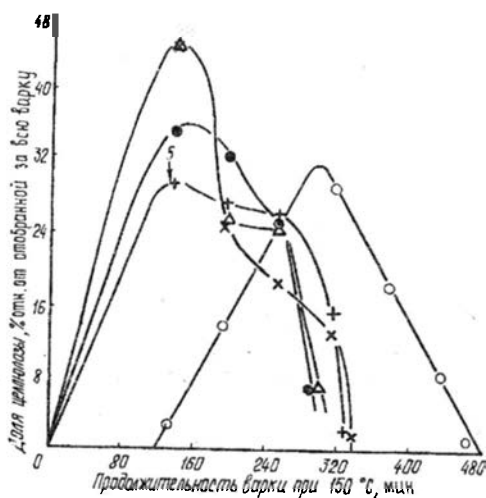


Рис. 2. Кинетические кривые варок 1 – 5, приведенные по времени отбора целлюлозы к контрольной варке. (Условные обозначения приведены на рис. 1.)

Из рис. 2 видно, что за первые 135 мин стоянки на конечной температуре при 150 °С в контрольной варке образовалось лишь 3 % от общей массы целлюлозы, полученной за всю варку, тогда как в варках 2–4 с добавкой КДК, отличающихся интенсивностью предварительной пропитки, образовалось 37...45 % от всей целлюлозы. Следовательно, скорость варки с КДК в начальный период до 15 раз выше, чем без катализатора. Эти результаты согласуются с данными, полученными ранее без использования пульсационной аппаратуры [2, 4].

Из рис. 1, 2 видно, что способ введения КДК в варочный процесс может влиять на эффективность его действия. Так, если при почти одинаковой концентрации раствора КДК (0,64 и 0,71 г/л), содержащего всю его добавку, длительная предварительная пропитка при повышенной температуре в ее начале (варка 3) и относительно короткая пропитка после вакуумирования щепы (варка 4) дали примерно одинаковые результаты, то длительная пропитка значительно более слабым (0,32 г/л) раствором КДК (содержащим всю добавку) при комнатной температуре (варка 2) приводит к заметно меньшему эффекту при реализации действия КДК в первой половине процесса.

Обращает на себя внимание весьма резкое снижение скорости образования целлюлозы в варках 3 и 4 после первых 135 мин варки при 150 °С (рис. 1, 2). Это явное свидетельство того, что КДК сорбируется не равномерно по толщине щепы, а только ее поверхностными слоями. Когда они отслаиваются, скорость варок с катализатором становится фактически равной скорости контрольной варки. Об этом свидетельствует почти одинаковый наклон нисходящих ветвей параболы, соответствующих варкам 1–4 (см. рис. 1). Это позволяет предположить, что КДК, иммобилизованный на волокне и соединенный неидентифицированным пока видом связи с лигнином, не возвращается в процесс после элиминирования в щелок фрагмента лигнинной макромолекулы, с которым КДК связан, или отслаивания волокна, в состав которого входит такой лигнинный фрагмент.

Вышеизложенное позволяет также предположить, что ранее упомянутое меньшее ускорение варки 2, при которой пропиточный раствор имеет вдвое более низкую концентрацию КДК, чем в варках 3 и 4, объясняется более равномерным распределением КДК по толщине щепы и, следовательно, меньшей его концентрацией в поверхностных слоях щепы – источнике образования целлюлозы в начальный период варки. С этим объяснением согласуется тот факт, что ко времени второго отбора в контрольной варке (195 мин при 150 °С) общее количество полученной целлюлозы в варках 2–4 фактически выравнивается. Это хорошо видно из расположения интегральных кинетических кривых, соответствующих этим трем варкам (рис. 3). Кроме того, как видно из рис. 2, снижение скорости образования целлюлозы после перехода кривых через максимум в этой варке было менее резким, чем в варках 3 и 4, что также свидетельствует о более равномерном распределении КДК по толщине щепы.

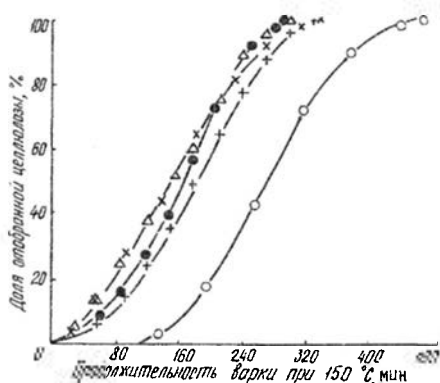


Рис. 3. Интегральные кинетические кривые варок 1 – 5. (Условные обозначения приведены на рис. 1.)

На рис. 1–3 ниже всех кривых, соответствующих варкам с катализатором, расположена очень специфическая по форме кинетическая кривая варки 5. Ее аномальная форма на рис. 1, 2 также имеет объяснение. Меньшее значение в максимуме (29 % отн., 135 мин варки при 150 °С – см. рис. 2) по сравнению с варками 2–4, главным образом, обусловлено тем, что в начале стоянки на конечной температуре в этой варке действует только 50 % катализатора от количества, участвующего в каждой из варок 2–4. Причем первая половина добавки введена после завершения подъема температуры на конечную, вторая – через 135 мин варки при 150 °С. Это привело к тому, что образование целлюлозы на втором участке варки (от 135 до 195 мин при 150 °С) оставалось почти на максимальном уровне, тогда как для каталитических варок 2–4 на этом участке наблюдалось резкое его снижение (рис. 2). Когда же от древесного остатка отслоилось волокно, на котором иммобилизовалась вторая порция катализатора (рис. 2, варка 2, 255 мин варки), снижение образования целлюлозы (скорости варки) стало таким же, как при других каталитических варках, и резче, чем при контрольной варке 1 (рис. 2). Это вполне объяснимо, если учесть, что сокращение продолжительности варки поверхностных слоев вследствие иммобилизации на них катализатора, должно привести в один и тот же момент времени к несколько меньшей, чем в контрольной варке, степени провара более глубоко лежащих слоев, которых катализатор не достигает.

Кроме того, в каталитических варках к моменту резкого их замедления количество древесного остатка в автоклаве и, следовательно, поверхность щепы, с которой отслаивается целлюлоза, значительно меньше, чем в контрольной варке. Это также способствует более сильному замедлению каталитических варок на конечном этапе по сравнению с аналогичным участком варки 1. Представленные выше результаты варок 1–4, подтверждая весьма высокую каталитическую активность КДК, тем не менее, не дают возможности сделать какие-либо выводы относительно его стабильности и активности в жестких температурных условиях КЩ варки. Так как катализатор в этих варках вводится в варочную систему еще до начала подъема температуры, нельзя исключить возможность того, что фрагментирующее действие КДК на

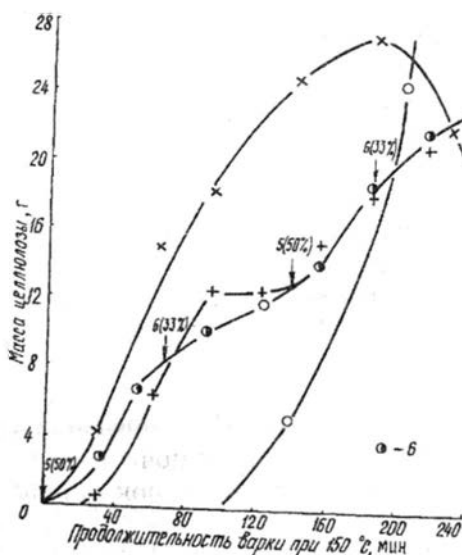
лигнин было реализовано еще на стадии подъема на эту температуру с последующим разрушением катализатора, являющегося комплексом [1], при стоянке на температуре варки.

Однако обсуждавшиеся выше результаты варки 5 однозначно позволяют сделать вывод, что комплекс, представляющий собой КДК [1], сохраняет стабильность, активность и способность взаимодействовать с лигнином волокна даже при 150 °С, т.к. обе добавки катализатора в этой варке были введены в процесс уже по достижении этой конечной температуры и оказали сильное ускоряющее воздействие на делигнификацию.

Результаты варки 5 получили подтверждение при проведении варки 6, в которой КДК подавали тремя одинаковыми порциями в разные моменты варочного процесса при таком же общем количестве катализатора, как и в варках 2–5. Так как варка 6 по техническим причинам не была доведена до конца, на рис. 4, где сопоставлены кинетические кривые варок 5 и 6, варки 3 (с подачей всего катализатора до начала подъема температуры) и контрольной варки 1, результаты представлены не в процентах от общего количества целлюлозы, сваренной за всю варку, как на рис. 1–3, а непосредственно в граммах целлюлозы, полученной в фактических точках отбора за 210 мин стоянки при 150 °С (момент прерывания варки 6).

Интересно отметить, что хотя в варке 5 доля первой порции составила 50 % от общего количества КДК, а в варке 6 – лишь 33 %, тем не менее, в первый час стоянки на конечной температуре (еще до введения в варку 6 второй порции КДК) скорость варки 6 была выше, чем варки 5 (рис. 4). Это связано с тем, что первую порцию КДК при варке 6 вводили с варочным раствором еще до ее начала и она присутствовала

Рис. 4. Кинетические кривые первой половины варок 1, 3, 5, 6. (Условные обозначения приведены на рис. 1; б – варка 6; стрелки показывают момент подачи КДК, цифры над стрелками – номер варки; цифры в скобках – долю от всей добавки.)



при заварке, имеющей среднюю температуру всего 85 °С. Очевидно КДК, как и 1,10-фенантролин [3], начинает ускорять фрагментацию лигнина еще в твердой фазе при температуре значительно более низкой, чем температура варки. Реализация этой скрытой фрагментации в виде ускорения варки наблюдается при ее развитии (на стоянке при конечной температуре), когда существенно повышается скорость диффузии из волокна в щелок ранее образовавшихся фрагментов лигнина.

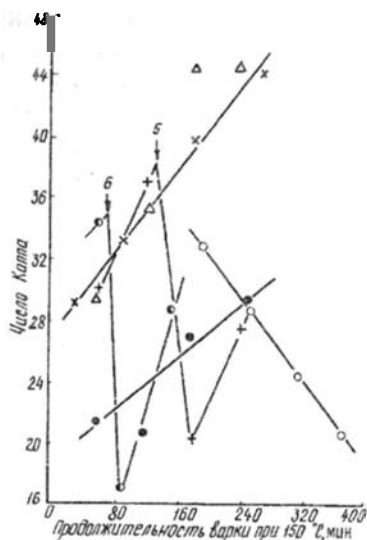
Сказанное выше подтверждается также существенным превышением на рис. 4 кривой, соответствующей варке 3, над кривыми варок 5 и 6, поскольку при варке 3 во время подъема температуры на конечную в процессе принимало участие все количество катализатора. Тем не менее, даже после введения в варки 5 и 6 всего количества КДК, его эффективность в этих варках так и не достигает эффективности варки 3 (рис. 4).

По-видимому, этот факт обусловлен несколькими причинами. Не исключено, что одной из них является некоторое снижение стабильности комплекса КДК при 150 °С по сравнению со средней температурой заварки (85 °С). О такой возможности свидетельствуют результаты работ [2, 4, 5], где величина ускорения делигнификации под действием КДК при относительно низких температурах (95...100 °С), пересчитанная с учетом температурного коэффициента Вант-Гоффа на обычную температуру КЩ варки, показала заметно более высокое ускорение (до 25–28 раз), чем полученное при той же добавке КДК и тех же условиях делигнификации при обычной для КЩ варки температуре.

В некоторой степени обсуждаемое явление может быть связано с тем, что большая часть катализатора в варках 5 и 6 добавляется, когда из находившихся в автоклаве щепок уже удалена значительная часть лигнина. (Как отмечалось выше, при КЩ варке в пульсационной аппаратуре частично (без отслаивания) провариваются также и волокна, лежащие глубже поверхностного слоя.) При этом в оставшемся лигнине возрастает доля наиболее трудно фрагментируемых структур, что снижает эффективность действия катализатора.

Кроме того, порции КДК, добавленные в процессе варки, не успевают проникнуть внутрь древесного остатка, реагируя лишь с самыми поверхностными, быстро отделяемыми его слоями (см. ниже обсуждение результатов, представленных на рис. 5), что существенно снижает их вклад в общее ускорение варки. По нашему мнению, это и является основной причиной меньшей эффективности дробной добавки одного и того же количества катализатора по сравнению с однократным его введением перед варкой с предварительной пропиткой щепы. Сказанное выше объясняет также почему на рис. 3, где представлены интегральные кинетические кривые варок, кривая, соответствующая варке 5, лежит ниже кривых, соответствующих варкам с катализатором, введенным до начала подъема температуры (варки 2–4).

Рис. 5. Изменение числа Каппа целлюлозы в процессе варок 1–6 (см. примечание к табл. 4)



В каждой из выполненных варок были определены числа Каппа для нескольких отборов целлюлозы в различные моменты варочного процесса.

В ПА непрерывного действия в любой момент установившегося процесса число Каппа колеблется крайне незначительно ($\pm 2...3$ ед.). При этом подбором значений факторов варки (главным образом интенсивности пульсаций) можно получать целлюлозу в широком диапазоне степени делигнификации (число Каппа от 10 до 40 ед.).

Несколько иная картина наблюдается при варке в ПА периодического действия. Причем сравнение результатов, полученных для контрольной и каталитических варок, дает интересную информацию, позволяющую понять некоторые особенности действия КДК в процессе КЩ варки.

Их рис. 5 видно, что с увеличением продолжительности варочного процесса число Каппа целлюлозы в контрольной варке снижается, причем строго пропорционально ее продолжительности. Это безусловно связано с топахимией варки в ПА периодического действия и объясняется наличием градиента по толщине щепы для процессов фрагментации лигнина и делигнификации щепы. Так как отслаивание волокон идет только с поверхности щепы, то чем позже конкретный внутренний слой в исходной щепе становится поверхностным, тем больше делигнифицированным он будет к моменту отслаивания.

В ПА непрерывного действия в установившемся процессе поверхностными одновременно становятся волокна, находящиеся на разном расстоянии от поверхности исходной щепы, и поэтому число Каппа целлюлозы, непрерывно удаляемой из ПА, усредняется.

Совершенно противоположная картина имеет место в каталитических варках 2–4, где весь катализатор вводился одновременно до

начала варочного процесса. Как видно из рис. 5, по мере углубления варки число Каппа образующейся целлюлозы существенно растет, причем тоже практически пропорционально ее продолжительности. Это, на первый взгляд неожиданное, явление говорит о том, что за счет ускоренной варки наружных слоев щепы в случае добавки катализатора внутренние слои становятся наружными при заметно более высоком содержании в них лигнина. Это также объясняет почему диапазон, где меняется число Каппа целлюлозы в каталитических варках, находится в области более высоких значений этого показателя. По-видимому, выбранной интенсивности пульсационного воздействия в сочетании с другими показателями варки (температура, рН) оказывается достаточно, чтобы с наружной поверхности щепок отслаивались волокна даже с числом Каппа выше 40.

Со сказанным выше не находится в противоречии тот факт, что первые отборы волокна в каталитических варках имеют число Каппа, фактически равное контрольной варке (сравнить 29...34 и 32 в варке 1 на рис. 5). Это безусловно связано с тем, что примерно первые два часа стоянки на конечной температуре в варках 2–6 целлюлоза образуется из тех слоев щепы, которых достиг катализатор, что приводит не только к быстрой, но и к достаточно глубокой делигнификации волокон наружных слоев.

Резкое снижение числа Каппа целлюлозы в варках 5, 6 сразу после добавки катализатора в процессе стоянки при 150 °С (рис. 5) еще раз подтверждает сказанное выше о большой активности КДК (следовательно, и о достаточно высокой его стабильности) даже при высоких температурах типичных КЩ варок.

Однако быстрый рост числа Каппа в последующих отборах свидетельствует о том, что глубина проникновения катализатора в этом случае весьма невелика. Вероятнее всего, КДК целесообразней вводить в щепу перед варкой, когда легче специальными приемами скорость диффузии его в глубь щепы сделать более высокой, чем скорость взаимодействия с волокном. Это должно обеспечить присутствие катализатора во всем объеме щепы.

Результаты этой работы позволяют дать приблизительную количественную оценку глубины диффузии КДК в глубь щепы. Поскольку за время интенсивной делигнификации под действием КДК (примерно первые 135 мин при 150 °С) в варках 2–4 успевает образоваться 36...45 % от общего количества целлюлозы, получаемой за время всей варки, после чего скорость резко падает. Из этого можно предположить, что к данному моменту варки уже в основном отслоились те волокна, которых достиг катализатор при пропитке и последующей варке (вероятнее всего, только при пропитке). Так как образование целлюлозы при КЩ варке в ПА происходит в результате отслаивания только с поверхности щепы, то количество полученной целлюлозы должно быть пропорционально уменьшению толщины щепы. Следовательно, за время пропитки и последующей варки катализатор сумел проникнуть в

глубину щепы на расстояние, составляющее до 35...45 % от ее толщины или общего объема.

Уточненные расчеты, выполненные с учетом фактического количества полученной при варке целлюлозы (в граммах), ее выхода и толщины щепы показывают, что в условиях данного эксперимента КДК проник в щепу на общую глубину 1,0...1,3 мм, т. е. по 0,5...0,6 мм с каждой стороны щепы толщиной 3 мм. Для обеспечения равномерной пропитки раствором КДК всего объема щепы необходимо, чтобы скорость пропитки превышала скорость взаимодействия КДК с древесными волокнами. Приведенные выше результаты показывают, что решение подобной технической задачи, по-видимому, возможно. Кроме того, эти результаты подтверждают возможность равномерной пропитки растворами КДК с последующей КЩ делигнификацией разволокненных целлюлозы или полуфабрикатов высокого и сверхвысокого выхода. Реализация последнего решения в лабораторном масштабе уже выполнена с получением положительных и перспективных результатов [5].

На рис. 6 показано изменение относительной скорости образования целлюлозы в течение каждого часа варочного процесса (рассчитано на основании экспериментальных данных, представленных на рис. 1). Из рис. 6, а также рис. 1 и 2, видно, что скорости образования волокна в каталитических варках фактически на два часа опережают аналогичный момент в контрольной варке 1. В этот момент относительная скорость каталитических варок в 13–16 раз выше, чем контрольной. Однако в дальнейшем (после первых двух часов) скорость контрольной варки практически равна скорости каталитических варок со сдвигом на эти два часа. Например, из рис. 6 видно, что скорость контрольной варки через 3, 4 и 5 ч стоянки на конечной температуре равна или очень близка к скорости каталитических варок через 1, 2 и 3 ч стоянки.

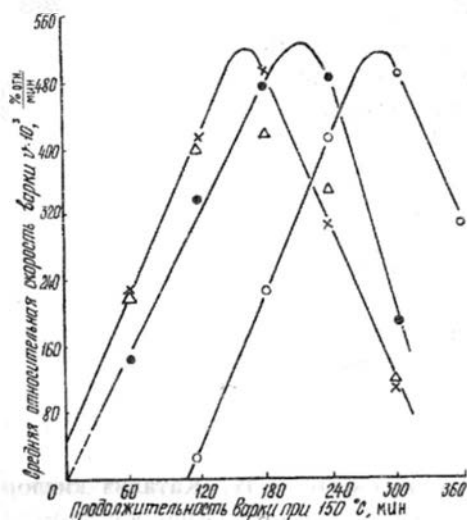


Рис. 6. Изменение средней относительной скорости варок 1–5. (Условные обозначения приведены на рис. 1.)

Это свидетельствует о том, что после первых двух часов варки на конечной температуре дальнейшее развитие процесса (сначала с увеличением скорости, а затем с ее снижением) идет одинаково, как в варках с катализатором, так и без него, т. е. действие катализатора уже не наблюдается. Это позволяет сделать вывод, что зона проникновения катализатора в щепу имеет довольно четкую, а не размытую границу. Интересно также отметить, что интерполяция на ось абсцисс восходящих ветвей парабол, соответствующих каталитическим варкам на рис. 6, показывает, что начало отслаивания волокон от щепы в этих варках происходит к моменту достижения конечной температуры 150 °С. Весь индукционный (открытый) период варки, не сопровождающийся появлением целлюлозы, который в контрольной варке захватывает первые два часа стоянки при 150 °С, в каталитических варках завершается за 40 мин заварки, имеющей среднюю температуру 85 °С.

Выводы

1. При кислородно-щелочной варке нормальной (толщиной 3 мм) сосновой щепы в пульсационном аппарате под действием катализатора КДК (0,55 % от массы абс. сухой древесины) в условиях данного исследования получено 15-кратное ускорение примерно за первые два часа варки при температуре 150 °С.

2. КДК сохраняет высокую активность при температуре, обычной для кислородно-щелочной делигнификации древесины (150 °С). Тем не менее, его подача в автоклав в процессе варки нецелесообразна.

3. Ускоренно с участием КДК было сварено 35...45 % целлюлозы от общего ее количества, полученного за всю варку. Этому соответствует глубина его проникновения в щепу на 0,5...0,6 мм со стороны каждой из двух ее граней. Это предполагает (и уже подтверждено лабораторными испытаниями [1, 5]) возможность значительного ускорения с помощью КДК кислородно-щелочной делигнификации разделенных на волокна полуфабрикатов сверхвысокого или высокого выхода, а также целлюлозы.

4. Граница проникновения КДК в глубь щепы четкая. Часть щепы, оставшаяся после отделения волокна, вступившего во взаимодействие с катализатором, варится фактически с той же скоростью, что и в его отсутствие.

5. При обеспечении превышения скорости пропитки щепы раствором КДК над скоростью его взаимодействия с волокном щепы можно достичь высокого ускорения варки в ПА на всем протяжении варочного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гермер Э.И. Катализ кислородно-щелочной делигнификации древесного сырья и его реализация // Pap-Fog'94: Информац. сообщ. - С.31-32.
[2]. Гермер Э.И. Катализ кислородной делигнификации при получении цел-

люлозы из древесины // Pap-Fog' 92: Информац. сообщ. - С.38 - 40. [3]. Гермер Э.И. Катализ 1,10-фенантролином кислородно-щелочной делигнификации древесины при низких температурах и на начальной стадии варки // Лесн. журн.- 1993. - № 2-3. - С.68 - 73. - (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Гермер Э.И., Сиротенко А.А. Кинетика делигнификации при кислородно-щелочной варке с наиболее эффективными катализаторами // Pap-Fog'93: Информац. сообщ. - С. 12 - 13. [5]. Гермер Э.И. Эффективный катализ – путь получения качественной кислородно-щелочной целлюлозы // Целлюлоза. Бумага. Картон. - 1994. - № 5 - 6. - С.20 - 22. [6]. Иванов Ю.С., Иоффе Л.О., Воробьев Ю.П., Двоскин С.Ф. Получение целлюлозы с непрерывным отделением волокна в пульсационном аппарате. Сер. Целлюлоза, бумага и картон. Отечеств. произв. опыт: Экспресс-информ. / ВНИИПИЭИлеспром. - 1987. - Вып. 5. [7]. Кислородно-щелочная делигнификация древесины / Л.О. Иоффе, Ю.С. Иванов, Ю.П. Воробьев и др. // Бум. пром-сть. - 1989. - Спец. вып. - С.7 - 11. [8]. Установка для варки целлюлозы с непрерывной сепарацией волокна / Л.О. Иоффе, Ю.С. Иванов, Ю.П. Воробьев и др. // Бум. пром-сть.- 1989. - № 3. - С.22.

Поступила 29 мая 1995 г.

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

УДК 33 (075.5)

С.И. СВИЩЕВ

Калужский областной институт развития образования



Свищев Сергей Иванович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Московский институт народного хозяйства им. Г.В. Плеханова, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и организации управления народным хозяйством и образованием Калужского областного института развития образования. Имеет более 90 печатных работ в области экономики и организации народного хозяйства, ресурсосбережения.

**«ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ»
ИЛИ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЭКОНОМИКА»***

Дано обоснование для изменения названия экономической научной дисциплины.

The substantiation of changing the name of economic scientific discipline has been given.

За последние годы в учебных планах высших учебных заведений, техникумов, различных учебных центров взамен политической экономики появилась учебная дисциплина «Экономическая теория». С внешней стороны такое название не вызывает сомнений, однако если посмотреть поглубже, то приходится признать его неудачным.

Во-первых, даже с точки зрения этимологии было бы правильнее писать «Теория экономики» по аналогии с «Теорией экономической

* В порядке обсуждения.

эффективности», «Теорией управления», «Теорией механизмов и машин», «Теорией относительности» и т. д. Во-вторых, экономической науке известно много экономических теорий. При рассмотрении учебного плана, естественно, возникает вопрос, какая из них имеется в виду: теория трудовой стоимости, предельной полезности и т. п. или все вместе взятые?

Хотелось бы привлечь внимание всех, кто связан с учебными планами, и весь профессорско-преподавательский корпус к поставленному вопросу. Для убедительности совершим краткий исторический экскурс в формирование и развитие отдельных экономических течений.

Возникновение экономической мысли можно отнести еще к XX в. до н. э. Первые законы в государствах Древнего Востока уже отражали правила экономического поведения граждан, отношения между ними и государством. В древнеавилонском царстве действовали законы царя Хаммурапи, в которых отражались экономические правила и нормы рабовладельческих отношений и денежного обращения. В «Законах Ману», господствовавших в Индии в IV в. до н. э., регламентировались отношения собственности. Древнекитайский философ Конфуций изложил научные взгляды на умственный и физический труд. Древнегреческие философы в I в. до н. э. углубили и систематизировали экономические воззрения и попытались придать им научный облик. В частности, Ксенофонт написал работы «О доходах» и «Экономикос» (учение о хозяйстве). Платон развил мысль о разделении и специализации труда. Аристотель приблизился к пониманию стоимости, природы богатства, денег и сути денежного обращения.

Для первого тысячелетия новой эры характерно сильное влияние церкви на экономические воззрения. Многие религиозные заповеди в тот период трактовались как правила экономического поведения.

Появление достаточно целостных экономических теорий относится примерно к XV-XVI вв. Одно из первых научных экономических течений получило название «меркантилизм». В его основе лежит исследование закономерностей в сфере обращения. Меркантилисты рассматривали деньги как абсолютную форму богатства и считали, что оно накапливается в форме прибыли от торговли или непосредственно в ходе добычи благородных металлов.

Следующее экономическое направление – физиократия, что в переводе с греческого означает «власть природы». Ее сторонники источником дохода считали производство. Однако этот источник они видели только в сельском хозяйстве, где, по их мнению, природный потенциал земли превращается в богатство, и недооценивали роль промышленности, ошибочно считая труд в ней непроизводительным, не создающим новых ценностей.

Одно из важных направлений экономической мысли вошло в историю экономических учений под названием «классическая школа политической экономии». Классики политической экономии поставили в центр экономики и экономических исследований труд как созидательную силу и стоимость как воплощение ценности. Они положили начало

теории трудовой стоимости, выработали научное представление о прибавочной стоимости, прибыли, налогах, земельной ренте. Первым представителем классической школы был английский экономист Уильям Петти. Его идеи развили известные мыслители Адам Смит и Давид Рикардо. Человечество и экономическая наука обязаны им созданием завершенной теории политической экономии, раскрытием действия закона стоимости, построением трудовой теории стоимости, познанием закономерностей денежного обращения и товарного производства.

Значительное место в экономических воззрениях занимает социализм как научное направление. Социалистические и коммунистические идеи зрели в обществе с XVI в. Однако наиболее благоприятная почва для их развития сложилась в конце XVII – начале XIX вв., когда в полной мере проявились такие негативные черты возникающей капиталистической экономической системы, как накопление капитала в руках небольшой группы людей, углубление частной собственности, поляризация уровня жизни различных слоев населения. Такие явления вызывали критику капитализма, поэтому многие выдающиеся мыслители выступали поборниками новых общественно-экономических систем, основанных на принципах коллективизма, справедливости, равенства и братства. Идеи социализма пронизывали труды Томаса Мора, Клода Анри де Рувруа, Сен-Симона, Шарля Фурье и других мыслителей того времени. В истории экономических учений их взгляды охарактеризованы как утопические. Идеи социализма и коммунизма получили дальнейшее развитие в трудах К. Маркса и В.И. Ленина. Нынешние сторонники и противники социалистической ориентации нередко допускают определенные перегибы в оценке марксистско-ленинского учения. Но как бы то ни было, теория социализма заняла определенное место в истории экономических учений и наряду с другими теориями должна находить отражение в учебных программах теоретической экономики.

Мировой экономической науке известны и другие современные экономические теории: маржинализм, монетаризм, неолиберализм, кейнсианство и др.

Даже этот далеко не полный перечень экономических теорий подтверждает несостоятельность названия курса «Экономическая теория». Но важность его очень велика и под названием «Теоретическая экономика», в нем следует изучать все экономические теории с учетом конкретных исторических и социально-политических условий.

Ярко выраженное противоречие между названием учебного пособия и его содержанием можно проследить на следующем примере. В 1993 г. коллектив кафедры экономической теории МГИМО МИД РФ подготовил «Курс экономической теории» под общей редакцией М.Н. Чепурина и Е.А. Киселевой. В нем, наряду с упомянутыми, затрагивается ряд других теорий экономики: занятости, экономического развития, ценности, денег, абсолютной земельной ренты, капиталистического процесса производства, прибыли и процента, циклов, общественно-экономических формаций, цивилизационная теория общественного развития и др.

Естественно, возникает явное несоответствие между наименованием «Курс экономической теории» (в единственном числе ?) и множеством экономических теорий, рассматриваемых в нем. Чтобы снять это противоречие, учебное пособие следовало бы назвать «Курс экономических теорий» (по типу курса «История экономических учений»), но лучше и правильнее – «Курс теоретической экономики» (по типу «Курса теоретической механики»).

Во многих учебных заведениях кафедры политической экономии переименованы, как правило, в кафедры экономической теории, что порождает уже упомянутое противоречие между наименованием кафедры и содержанием ее учебной, учебно-методической и научной деятельности.

Хотелось бы надеяться, что после обсуждения поставленных вопросов в учебных планах вместо курса «Экономическая теория» появится курс «Теоретическая экономика». То же самое должно произойти с названиями учебных программ по данному курсу и с наименованием соответствующих кафедр.

От редакции. Для обсуждения можно предложить и название «Теория экономики» с учетом того, что есть еще и курс «Истории экономических учений».

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК [674.031.635.12 + 674.031.732.2] (575.1)

Л.Х.ЕЗИЕВ

Каршинский государственный университет



Езиев Лутфулло Хабibuллаевич родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Ташкентский сельскохозяйственный институт, докторант Каршинского государственного университета. Имеет более 40 научных трудов в области создания высокопродуктивных лесных насаждений из быстрорастущих древесных экзотов в условиях южного Узбекистана.

**РОСТ ВЯЗА ПЕРИСТОВЕТВИСТОГО
И ПЛАТАНА ВОСТОЧНОГО
В НАСАЖДЕНИЯХ ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА**

Изучена динамика роста вяза и платана. Рекомендовано использование их в насаждениях специального назначения для получения деловой древесины.

The elm and plane trees growth dynamics has been studied. It has been recommended that those species be used in special-purpose stands for producing merchantable timber.

Республика Узбекистан бедна лесами. Ее лесистость – лишь 3,5 %, поэтому потребность промышленных предприятий в древесине полностью удовлетворяется за счет завоза из других регионов. В связи с этим ставится вопрос о создании искусственных насаждений специального назначения для получения деловой древесины.

В период освоения степных районов Узбекистана в защитных и декоративных насаждениях древесные растения высаживали в ограниченном ассортименте. Из 800 тыс. га полезащитных полос половина

состояла из вяза перистоветвистого [2]. Благодаря неприхотливости ведущее место в посадках занял также платан восточный.

Для определения роста и продуктивности вяза перистоветвистого и платана восточного мы анализировали ход роста деревьев в условиях южного Узбекистана. Брали по одному модельному дереву каждого вида с хорошо развитым, здоровым и одновершинным стволом. Возраст модельного дерева вяза – 18, платана – 17 лет. Анализ выполняли по методу Н.П. Анучина [1] по однолетним периодам. Стволы разделяли на секции длиной 1 м, посередине каждой секции делали поперечные срезы. Объем ствола в различные периоды жизни деревьев определяли по сложной формуле срединных сечений. Изучали динамику роста ствола модельных деревьев по высоте, диаметру и объему, определяли текущий и средний прирост, а также видовое число.

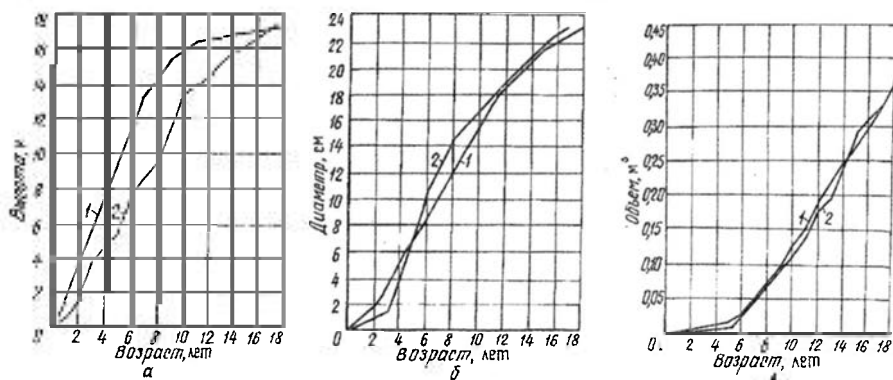
Ядро древесины вяза перистоветвистого коричневое, занимает основную часть поперечного среза, заболонь желтоватая, узкая. Годичные слои видны отчетливо. Ядро древесины платана восточного розовое, заболонь более светлая, узкая. Годичные слои различаются с трудом. У обоих видов годичные слои в ядровой части широкие, в заболонной узкие, вторичные и ложные слои не замечены.

Анализ хода роста показал, что вяз перистоветвистый и платан восточный в условиях Узбекистана растут очень быстро, их рост соответствует Ia классу бонитета по шкале проф. М.М. Орлова.

Рост модельных деревьев в высоту изображается кривой линией на рис. а. Темп их роста усиливается со второго года жизни. У вяза с 7-летнего возраста рост уменьшается незначительно, с 14 лет – заметно. При этом текущий прирост до 7 лет составляет 2 м в год, с 14 лет – 0,15 м. У платана кривая роста несколько волнистая, иногда приближается к прямой. С 10-летнего возраста наблюдается некоторый спад роста. Наибольший текущий прирост 2 м (в возрасте 5, 8, 9 лет), наименьший 0,5 м (в 13 лет). Наибольший средний прирост по высоте отмечается у вяза в возрасте 7 лет (1,93 м в год), у платана в 10 лет (1,35 м в год), после чего он становится выше текущего. Средний годичный прирост по высоте с возрастом изменяется значительно более плавно, чем текущий.

Рост модельных деревьев по диаметру (рис. б) также изображается в виде плавных кривых линий. Скачки в росте у обоих видов наблюдаются только в раннем возрасте (2-3 года). Модельные деревья, несмотря на значительное уменьшение роста в высоту, продолжают усиленно расти по диаметру.

Текущий годичный прирост по диаметру в разные годы колеблется у вяза от 0,6 до 2,1 см, у платана от 0,6 до 3,3 см, достигая максимума соответственно в 10 и 6 лет. Средний годичный прирост по диаметру изменяется более плавно: от 0,95 до 1,57 см у вяза и от 0,47 до 1,81 см у платана. У вяза наибольший средний прирост совпадает с текущим, у платана они различны.



Рост модельных деревьев по высоте (а), диаметру (б) и объему (в):
1 – вяз перистоветвистый; 2 – платан восточный

Графики на рис. в свидетельствуют о быстром росте модельных деревьев по объему начиная с 5-6-летнего возраста. Резких скачков в росте нет. У вяза наибольший текущий ($0,0393 \text{ м}^3$) и средний ($0,0224 \text{ м}^3$) прирост наблюдается в 18 лет; у платана наибольший текущий ($0,0487 \text{ м}^3$) – в 14 лет, средний ($0,0208 \text{ м}^3$) – в 17 лет.

Видовое число ствола в коре у вяза равно $0,44$, у платана $0,45$.

Проведенный анализ хода роста показал, что в условиях южного Узбекистана 18-летнее дерево вяза перистоветвистого имеет объем $0,4037 \text{ м}^3$, 17-летний платан восточный $0,3542 \text{ м}^3$. При оптимальной схеме размещения $2 \times 3 \text{ м}$ (1650 деревьев на 1 га) запас древесины на 1 га у вяза и платана составляет соответственно 666 и $582 \text{ м}^3/\text{га}$. Это, несомненно, высокий запас.

На основании изучения физико-механических свойств древесины пород Узбекистана Д.М. Фузайлов [3] установил их полную пригодность для применения в мебельной промышленности. По его мнению, древесина вяза перистоветвистого вполне может заменить древесину бука и дуба. Она очень устойчива против гниения. Известно, что двери архитектурных памятников Самарканда в прошлом были изготовлены в основном из вяза перистоветвистого. Они сохранились в целостности и сохранности до наших дней.

Древесина платана относится к числу наиболее декоративных. Широкие и относительно частые лучи делают ее текстуру на радиальном и особенно тангентальном срезах чрезвычайно красивой. Хорошей полировкой изделий достигается высокий художественный эффект.

В США древесина платана довольно широко используется для изготовления фанеры, столярных изделий, специальной тары (ящики для табака, сигар и т.д.), а также в автомобильной промышленности [3].

Приведенные данные позволяют утверждать, что в условиях южного Узбекистана вяз перистоветвистый и платан восточный могут занять достойное место в насаждениях специального назначения для получения деловой древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Анучин Н.П. Лесная таксация. - М.: Лесн. пром-сть, 1982. - 551 с. [2]. Озолин Г.П., Шамсиев К.Ш., Стыпинский В.В. Интродукция и выращивание быстрорастущих пород в Узбекистане. - Ташкент: Фан, 1969. - 148 с. [3]. Фузайлов Д.М. Древесина Узбекистана. - Ташкент: Фан, 1983. - 133 с.

УДК 674.053: 621.935

Т.С. ИСУПОВА

Архангельский государственный технический университет

К ВОПРОСУ О ДИНАМИКЕ РЫЧАЖНО-ГРУЗОВОГО МЕХАНИЗМА НАТЯЖЕНИЯ ПИЛЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЛЕНТОЧНОПИЛЬНОГО СТАНКА

Рассмотрена динамическая модель рычажно-грузового механизма натяжения пилы вертикального ленточнопильного станка с учетом массы и жесткости подвески нижнего пильного шкива и сделана попытка установить влияние радиального биения нижнего пильного шкива на формирование напряженного состояния полотна пилы.

The dynamic model of leverage-loading mechanism of vertical bandsaw blade tensioning with reference to mass and rigidity of lower saw pulley suspension has been considered as well as an attempt to determine the influence of radial pulsation of lower saw pulley on forming saw blade stress has been made.

В конструкциях вертикальных ленточнопильных станков часто применяют рычажно-грузовой механизм натяжения, так как он достаточно прост и не требует серьезных затрат на обслуживание. Изучению работы этого механизма в различных условиях уделяют достаточно много внимания.

В предыдущих работах [1, 2] рычажно-грузовой механизм натяжения мы рассматривали как двухмассовую динамическую модель.

Жесткость подвески нижнего пильного шкива считали бесконечно большой, а нижний пильный шкив имел идеальную форму и не мог служить источником возмущений. На самом деле это не так. Жесткость подвески нижнего пильного шкива действительно значительно больше жесткости подвески груза противовеса, но нижний пильный шкив (как и верхний) может быть источником возмущений системы.

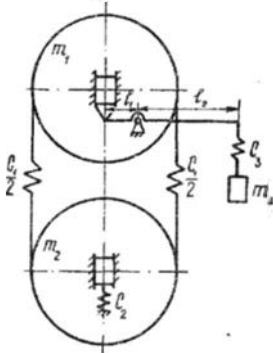


Рис. 1.

Для оценки степени влияния радиального биения и дисбаланса нижнего пильного шкива на изменение напряженного состояния полотна ленточной пилы рассмотрим трехмассовую динамическую модель механизма резания с рычажно-грузовым механизмом натяжения (рис. 1). Здесь обозначено: C_1 – продольная жесткость ленточной пилы; C_2 и C_3 – соответственно жесткости подвесок нижнего пильного шкива и груза противовеса; m_1 , m_2 и m_3 – соответственно массы подвесок верхнего и нижнего пильных шкивов и груза противовеса.

Уравнения Лагранжа в данном случае имеют вид:

$$m_1 \ddot{x}_1 + C_1 x_1 + C_3 x_1 \frac{l_2^2}{l_1^2} - C_1 x_2 + C_3 x_3 \frac{l_2}{l_1} = Q_1(t) ;$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + C_1 x_2 + C_2 x_2 - C_1 x_1 = Q_2(t) ;$$

$$m_3 \ddot{x}_3 + C_3 x_1 \frac{l_2}{l_1} + C_3 x_3 = Q_3(t) ,$$

где x_1 , x_2 и x_3 – соответственно обобщенные координаты центров верхнего и нижнего пильных шкивов и центра тяжести подвески груза противовеса;

l_1 и l_2 – соответственно меньшее и большее плечи рычага механизма натяжения;

$Q_i(t)$ – обобщенная возмущающая сила.

Считаем, что возмущающие силы изменяются по гармоническому закону. Рассматривая отдельно возмущения по верхнему и нижнему пильным шкивам, определим перемещения трех сосредоточенных масс системы:

возмущения по верхнему шкиву

$$x_1 = \frac{Q_1(C_1 + C_2 - m_2\omega^2)(C_3 - m_3\omega^2)}{D} \sin \omega t ;$$

$$x_2 = \frac{Q_1 C_1 (C_3 - m_3 \omega^2)}{D} \sin \omega t;$$

$$x_3 = \frac{Q_1 C_3 \frac{l_2^2}{l_1} (C_1 + C_2 - m_2 \omega^2)}{D} \sin \omega t;$$

возмущения по нижнему шкиву

$$x_1 = \frac{Q_2 C_1 (C_3 - m_3 \omega^2)}{D} \sin \omega t;$$

$$x_2 = \frac{Q_2 (C_1 + C_3 \frac{l_2^2}{l_1^2} - m_1 \omega^2) (C_3 - m_3 \omega^2) - Q_2 C_3^2 \frac{l_2^2}{l_1^2}}{D} \sin \omega t;$$

$$x_3 = \frac{-Q_1 C_1 C_3 \frac{l_2}{l_1}}{D} \sin \omega t .$$

Здесь ω – циклическая частота вращения пильных шкивов;

$$D = (C_1 + C_3 \frac{l_2^2}{l_1^2} - m_1 \omega^2) (C_1 + C_2 - m_2 \omega^2) (C_3 - m_3 \omega^2) -$$

$$- (C_1 + C_2 - m_2 \omega^2) C_3^2 \frac{l_2^2}{l_1^2} - (C_3 - m_3 \omega^2) C_1^2 .$$

На рис. 2 представлена зависимость изменения напряжений в полотне ленточной пилы от жесткости подвески нижнего пильного шкива. Кривая 1 соответствует возмущению по верхнему пильному шкиву, кривая 2 – по нижнему шкиву с радиальным биением $r = 0,3$ мм.

Как показывают проведенные исследования, радиальное биение оказывает более существенное влияние на величину изменения напряжений в полотне ленточной пилы по сравнению с дисбалансом пильного шкива.

Как видно из рис. 2, радиальное биение нижнего пильного шкива влечет за собой большее изменение напряженного состояния инструмента нежели такое же радиальное биение верхнего пильного шкива.

При жесткости подвески нижнего пильного шкива на два порядка больше продольной жесткости ленточной пилы величина C_2 практически не влияет на $\Delta\sigma$.

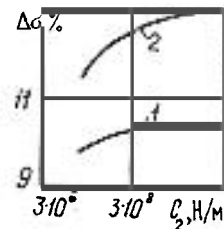


Рис. 2.

Инерционное возмущение (дисбаланс) нижнего пильного шкива меньше влияет на изменение напряжений в полотне пилы, чем аналогичное инерционное возмущение верхнего пильного шкива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Распиловка древесины на ленточнопильных станках с рычажно-грузовым механизмом натяжения // Актуальные проблемы развития лесопромышленного комплекса и организации строительства: Тез. научн.-техн. конф., Архангельск, 14–15 апр. 1982 г. - Архангельск, 1982. - С. 89. [2]. Теоретическое исследование влияния основных возмущающих факторов на условия работы ленточных пил // Рациональное использование и восстановление природных ресурсов на Европейском Севере: Тез. научн.-техн. конф., Архангельск, 11–13 нояб. 1980 г. - Архангельск, 1980. - С. 65.

УДК 536.244

В.Б. КУНТЫШ, Н.Н. СЕНИН

Архангельский государственный технический университет



Кунтыш Владимир Борисович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики Архангельского государственного технического университета, чл.-кор. Международной энергетической академии и Международной академии холода. Имеет более 270 печатных трудов в области интенсификации конвективного теплообмена развитых поверхностей при внешнем обтекании их однофазными газовыми теплоносителями и теоретических основ для проектирования высокоэффективных теплообменников воздушного охлаждения энергоносителей.



Сенин Николай Николаевич родился в 1941 г., окончил в 1968 г. Одесский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры физико-математических дисциплин Поморского международного педагогического университета. Имеет 21 печатный труд в области промышленной теплоэнергетики.

ТЕПЛООБМЕН И СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗИГЗАГООБРАЗНЫХ РЕБРИСТЫХ ПУЧКОВ

Приведены данные экспериментального исследования средней теплоотдачи и аэродинамического сопротивления шахматных четырехрядных пучков с зигзагообразным расположением в поперечных рядах биметаллических обтекаемых перпендикулярным потоком воздуха труб с круглыми накатными алюминиевыми ребрами.

The experimental data of investigations into mean heat exchange and aerodynamic resistance of staggered 2-stack banks with zigzag geometry in cross rows of bimetallic, perpendicular air flow pipes with round rolled aluminium ribs have been presented.

Пучки из биметаллических круглых труб с накатными алюминиевыми ребрами широко применяют в воздухонагревателях паровых содорегенерационных котлов, калориферах лесосушильных камер и систем вентиляции залов бумагоделательных машин, теплообменных секциях аппаратов воздушного охлаждения энергоносителей и технологических продуктов, воздухоохладителях компрессоров и газотурбинных установок, а также в системах утилизации теплоты отходящих из турбины газов. В теплообменниках используют преимущественно шахматные пучки труб из-за их более высокой энергетической эффективности по сравнению с коридорными. Для таких пучков характерны невысокие значения допускаемого перепада давления воздуха в межтрубном пространстве, что достигается при относительно низких скоростях потока в сжатом сечении пучка и сопровождается ростом размеров фронтального (лобового) сечения и габаритно-массовых характеристик конфузorno-диффузорных устройств. Предотвратить появление этих нежелательных факторов можно за счет повышения энергетической эффективности пучка и величины сжатого сечения его для неизменных исходных шагов разбивки оребренных труб в решетках.

Нами в соавторстве [5] разработан новый тип шахматного поперечнообтекаемого пучка (рис. 1) с зигзагообразным расположением труб. Его конструкция получена из традиционного шахматного пучка с компоновкой труб в решетке по вершинам равностороннего треугольника за счет преобразования прямолинейных поперечных рядов в зигзагообразные. На рис. 1 трубы 2 каждого поперечного ряда смещены по продольной оси относительно труб 1 в направлении движения воздуха на величину e . Оси двух смежных труб 1 и 2 в 1-м поперечном ряду и трубы 1 во 2-м ряду расположены в вершинах равнобедренного треугольника с боковой стороной S'_2 , равной диагональному шагу, и углом β при вершине, которая совпадает с осью трубы 2 первого ряда. Расположение труб в последующих четных и нечетных рядах идентично первым трем рядам. Формулы для вычисления поперечного S_1 , продольного S_2 шагов и угла β для заданных значений S'_2 и e приведены в [5].

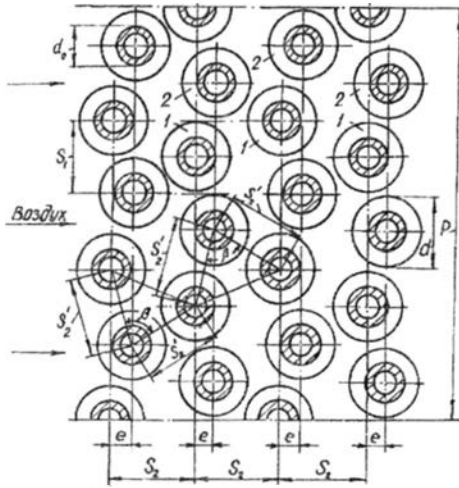


Рис. 1. Схема расположения оребренных труб в зигзагообразном пучке: 1, 2 – оребренные трубы

Ширина традиционного шахматного пучка равносторонней компоновки труб с $S_1 = S_2'$

$$P_0 = S_1 i = S_2' i, \quad (1)$$

где i – число труб в поперечном ряду.

Ширина зигзагообразного пучка

$$P = S_2' \sin(\arccos \frac{e}{S_2'}) i. \quad (2)$$

Относительное уменьшение ширины зигзагообразного пучка

$$\delta P = P / P_0 = \sin(\arccos \frac{e}{S_2'}). \quad (3)$$

Зигзагообразный пучок сжат с боковых сторон в «гармошку», площадь фронтального сечения уменьшена, материалоемкость подводящего диффузора и отводящего конфузора снижена, улучшены их аэродинамические характеристики.

В работах [3, 4] приведены теплоаэродинамические характеристики зигзагообразных пучков из биметаллических труб с накатными алюминиевыми ребрами, имеющих следующие значения коэффициента оребрения: средние – $\phi = 9,91; 12,05$; максимальное – $\phi = 17,50$. Исследования подтвердили лучшие энергетические характеристики этих пучков, коэффициенты теплоотдачи которых для одинаковых затрат мощности $N_0 = \text{idem}$ на прокачку воздуха на 2...17 % больше по сравнению с теплоотдачей соответствующих исходных равносторонних пучков. В доступной литературе не обнаружено исследований зигзагообразных пучков из труб с $\phi \approx 20$. (Это значение ϕ близко к предельно достигнутому [3] при крупносерийном производстве.) Увеличение коэффициента

оробрения позволяет уменьшить габариты теплообменника, его массу и повысить надежность из-за меньшего числа труб в аппарате.

В статье приведены результаты экспериментальных исследований по определению теплоотдачи, аэродинамического сопротивления и энергетической эффективности зигзагообразных пучков, собранных из биметаллических оребренных труб с высоким коэффициентом оребрения.

Опыты были проведены на разомкнутой аэродинамической трубе с поперечным сечением 350 × 350 мм [3] по общепринятой методике [3, 4]. Использовали метод локального теплового моделирования с помощью парозлектрического калориметра [3], поочередно устанавливаемого в середине 1-го, 2-го, 3-го поперечных рядов пучка. Температура кипения воды внутри трубки-калориметра составляла 100 °С.

Средний приведенный коэффициент теплоотдачи i -го поперечного ряда труб определяли по формуле

$$\alpha_i = \frac{Q_i}{F_i(t_{ст_i} - t'_1)}, \quad (4)$$

где Q_i – количество теплоты, переданной конвекцией воздуху калориметром i -го ряда;

F_i – полная наружная площадь оребренной поверхности калориметра;

$t_{ст_i}$ – средняя температура наружной поверхности трубы калориметра у основания ребер;

t'_1 – температура воздуха перед пучком.

Средний приведенный коэффициент теплоотдачи α всех рядов пучка вычисляли арифметическим усреднением коэффициентов теплоотдачи α_i , погрешность определения которых не превышала 2,6 %.

Опытные данные обрабатывали и представляли в безразмерных числах подобия

$$\begin{aligned} Nu_i &= \alpha_i d_0 / \lambda; & Nu &= \alpha d_0 / \lambda; \\ Re &= w d_0 / \nu; & Eu &= \Delta p / \rho w^2, \end{aligned}$$

где λ , ν , ρ – физические параметры воздуха;

w – скорость воздуха в наименьшем сжатом сечении пучка, м/с;

Δp – перепад статического давления воздуха в пучке, Па.

Физические параметры воздуха λ , ν , ρ принимали по его средней температуре в пучке. Максимальные погрешности при определении чисел Nu_i , Re , Eu не превышали соответственно $\pm 3,4$; $3,1$ и $4,1$ %. Все полученные экспериментальные данные аппроксимировали следующими степенными зависимостями:

для теплоотдачи

$$\begin{aligned} Nu_i &= C_i Re^{n_i}; & (5) \\ Nu &= C Re^n; & (6) \end{aligned}$$

для аэродинамического сопротивления

$$Eu = BR\epsilon^{-m} \varphi. \quad (7)$$

Уравнения (5) – (7) действительны в интервале $Re = (2...20) \cdot 10^3$.

Значения коэффициентов пропорциональности C_i , C , B и показателей степени n_i , n и m приведены в табл. 1 (I–IV – номера пучков).

Опытные четырехрядные пучки I–IV, собранные из биметаллических труб с накатными однозаходными ребрами из алюминиевого сплава, имели следующие геометрические размеры, мм: наружный диаметр ребра $d = 55,85$; диаметр у основания $d_0 = 25,85$; шаг ребра $s = 2,56$; высота ребра $h = 15,00$; средняя толщина ребра $\Delta = 0,75$. Ребра накатаны на трубе (материал – сталь 20) с наружным диаметром $d_n = 25,00$ мм; толщина стенки трубы 2,00 мм. Коэффициент оребрения трубы, который вычисляли по формуле

$$\varphi = 1 + \frac{2h}{sd_0} (d_0 + h + \Delta), \quad (8)$$

был равен 19,91.

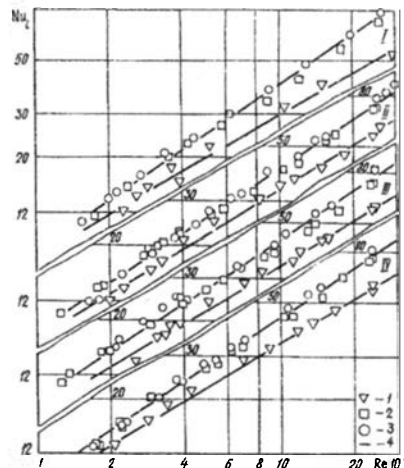
Базовый пучок I имел традиционную компоновку с расположением труб в вершинах равностороннего треугольника. Принятая величина $S_1 = S_2' = 64$ мм оптимальна [3] для геометрических параметров исследуемых труб. Зигзагообразные шахматные пучки II–IV получены из пучка I смещением труб, согласно рис. 1, на величину e . Компоновочные параметры опытных пучков даны в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Значение параметра для пучка			
	I	II	III	IV
S_2' , мм	64,00	64,00	64,00	64,00
S_1 , мм	64,00	63,80	63,21	60,80
S_2 , мм	55,43	60,48	65,65	76,32
e , мм	0,00	5,00	10,00	20,00
P , мм	320,00	319,02	316,07	303,97
e / S_2'	0,0000	0,0781	0,1562	0,3125
S_2' / d	1,146	1,146	1,146	1,146
$C_i \cdot 10$:				
1-й ряд	1,320	1,320	1,320	1,320
2-,3-,4-й ряды	0,900	0,929	0,980	1,000
n_i :				
1-й ряд	0,60	0,60	0,60	0,60
2-,3-,4-й ряды	0,66	0,66	0,66	0,66
$C \cdot 10$	0,950	0,974	1,015	1,032
n	0,65	0,65	0,65	0,65
B	4,074	3,862	3,945	4,156
m	0,4	0,4	0,4	0,4

Результаты исследования теплоотдачи пучков I–IV (рис. 2), представленные графически в логарифмической сетке, указывают на достижение стабилизированных значений ее со 2-го ряда независимо от типа пучка. Поэтому теплоотдачу изучали лишь в первых трех рядах, а теплоотдачу 4-го ряда принимали равной ее значениям для стабилизированных рядов. Применение зигзагообразной компоновки оребренных труб повышает интенсивность теплоотдачи на 3,40...11,04 % стабилизированных рядов по сравнению с теплоотдачей этих рядов базового пучка I. Интенсификация теплоотдачи возрастает с увеличением смещения трубы в ряду. Однако теплоотдача 1-го ряда пучков I–IV одинакова, что является следствием неизменности гидродинамики потока в данных рядах. Вместе с тем за 1-м рядом зигзагообразных пучков II–IV макро-структура потока является более благоприятной для теплообмена. Это выражено ростом теплоотдачи стабилизированных со 2-го по 4-й рядов этих пучков по отношению к соответствующим рядам базового пучка. Зигзагообразная компоновка труб турбулизирует набегающий на 1-й ряд поток воздуха в большей мере по сравнению с турбулизацией, вносимой аналогичным рядом трубок традиционного базового пучка.

Рис. 2. Теплоотдача пучков I – IV: 1 – опытные точки 1-го ряда; 2 – 2-го ряда; 3 – 3-го ряда; 4 – рассчитанные по уравнению (5)



Интенсификация средней теплоотдачи имела место во всех зигзагообразных пучках II–IV и достигала наибольшего значения (8,6 %) для пучка IV по отношению к теплоотдаче исходного пучка I. Несколько по-иному изменяется аэродинамическое сопротивление (рис. 3), которое в пучках II и III принимает значения соответственно на 5,5 и 3,0 % меньше. Сопротивление пучка IV очень незначительно (на 2%) превышает этот показатель для пучка I. Следовательно, для опытных зигзагообразных пучков во всем диапазоне e/S_2' и принятой геометрии оребрения гидродинамическая обстановка в межтрубном пространстве складывается так, что интенсивность обменных процессов перераспределяется в пользу переноса теплоты.

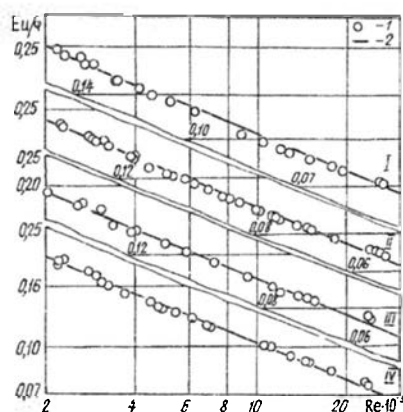
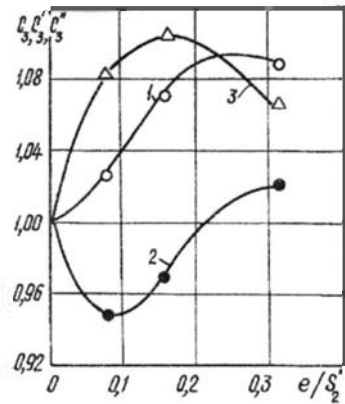


Рис. 3. Аэродинамическое сопротивление пучков I – IV: 1 – опытные точки; 2 – рассчитанные по уравнению (7)

По нашему мнению интенсификацию теплообмена можно объяснить появлением несимметричных в продольном направлении диффузно-конфузорных пространств между поперечными рядами (вследствие специально разработанной зигзагообразной компоновки оребренных труб). В этом случае реализуется известный способ [2, 1], предложенный для условий внутренней задачи, существенного улучшения энергетических показателей теплообменных труб и каналов. Суть его [1] заключается во внесении в поток периодически чередующегося продольного знакопеременного градиента давления, что технически решается за счет создания конфузорных и диффузорных участков, омываемых теплоносителем. Асимметричные пространства, не разделенные в продольном направлении твердыми теплопроводными стенками (как при движении потока вдоль поверхностей), вызывают дополнительный турбулентный перенос количества движения в поперечном основном направлению перемещения потока воздуха. Улучшается перемешивание основной (ядровой) части межтрубного потока, увеличивается турбулизация его, что в итоге интенсифицирует теплообмен и изменяет затраты энергии на эти процессы.

Влияние величины безразмерного смещения e/S_2' оребренной трубы в поперечном ряду на изменение средней теплоотдачи и аэродинамического сопротивления зигзагообразных пучков II–IV прослеживается на рис. 4, где приведено сравнение относительных значений теплоотдачи $C_3 = Nu/Nu_6$ и сопротивления $C_3'' = Eu/Eu_6$ этих пучков. Здесь числа Nu , Eu соответствуют пучкам II–IV, а Nu_6 , Eu_6 – базовому пучку I, и вычислены для различных значений Re по уравнениям (6), (7). Интенсификация теплоотдачи в пучках II–IV опережает рост аэродинамического сопротивления в них для всего интервала e/S_2' и Re , чему соответствует условие $C_3'' = (Nu/Nu_6) / (Eu/Eu_6)$, изображенное графически кривой 3.

Рис. 4. Влияние относительного смещения оребренной трубы в поперечном ряду на среднюю теплоотдачу C_3 (1), аэродинамическое сопротивление C_3'' (2) и энергетический показатель пучка C_3''' (3)



Экстремальные значения $(Nu/Nu_6) / (Eu/Eu_6)$ находятся в интервале $e/S_2^e = 0,15...0,20$ (среднее значение равно 1,10). Следовательно, зигзагообразные компоновки II–IV более эффективны по сравнению с традиционной шахматной равносторонней компоновкой.

Это подтверждено выполненным нами сопоставлением пучков I–IV по тепловой эффективности с применением известного метода В.М. Антупьева. При одинаковых затратах мощности $N_0 = idem$ на перемещение воздуха коэффициенты теплоотдачи пучков II, III, IV соответственно на 4, 9 и 15 % больше теплоотдачи базового пучка I.

Выполненное исследование показывает, что в условиях внешней задачи примененный метод [2] интенсификации теплообмена не обеспечивает достижение значительных энергетических эффектов, которые были зафиксированы в [1] при продольном течении потока. Межтрубная турбулизация потока в оребренных пучках не позволяет получать ощутимых энергетических выгод.

После обработки результатов опытов по методу наименьших квадратов получены следующие полиномиальные зависимости для коэффициентов C и B в уравнениях (6) и (7):

$$C \text{ (или } B) = a_0x^0 + a_1x^1 + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4. \tag{9}$$

Значения коэффициентов a_i приведены в табл. 2, а $x = e/S_2^e = 0,0000...0,3125$.

Таблица 2

Коэффициенты a_i уравнения (9)	Значения коэффициентов a_i для определения	
	C	B
a_0	0,09500	4,074
a_1	0,02065	-3,850
a_2	0,08185	4,422
a_3	0,87470	163,244
a_4	-3,45410	-432,908

При помощи зависимостей (9) можно определить по критериальным уравнениям (6) и (7) значения Nu и Eu для любого промежуточного $x = e/S_2'$. Согласно табл. 1, значения n и m принимали постоянными: $n = 0,65$, $m = 0,40$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гухман А.А., Кирпиков В.А. Интенсификация теплообмена посредством создания в потоке неоднородностей давления // Тепло- и массоперенос. - Минск: ИТМО АН БССР, 1972. - Т.1, Ч.2. - С.128 - 137. [2]. Исследование теплообмена и гидродинамического сопротивления при турбулентном течении газа в поле продольного знакопеременного градиента давления / А.А. Гухман, В.А. Кирпиков, В.В. Гутарев, Н.М. Цирельман // Инженерно-физический журнал. - 1969. - Т.XVI. - № 4. - С. 581 - 591; № 6. - С. 984 - 988. [3]. Кунтыш В.Б., Кузнецов Н.М. Тепловой и аэродинамический расчеты оребренных теплообменников воздушного охлаждения. - СПб.: Энергоатомиздат, 1992. - 277 с. [4]. Кунтыш В.Б., Стенин Н.Н., Краснощеков Л.Ф. Исследование теплоаэродинамических характеристик шахматных пучков с нетрадиционной компоновкой оребренных труб // Холодильная техника. - 1991. - № 6. - С.11-13. [5]. Шахматный пучок с зигзагообразным расположением оребренных труб / В.Б. Кунтыш, Н.Н. Стенин, В.И. Мелехов, Л.Ф. Краснощеков. - Архангельск, 1990. - (Информ. листок / Архангельский ЦНТИ; № 237 -90). - 3 с.

УДК 532.526

С.И. ОСТАШЕВ, Э.Н. САБУРОВ, Н.В. СМОЛИНА

Архангельский государственный технический университет



Осташев Сергей Иванович родился в 1947 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент 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 лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники, проректор по научной работе Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик Российской и Международной инженерных академий, Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Имеет более 260 публикации в области аэродинамики и конвективного теплообмена в сильно закрученных потоках, их использования для интенсификации процессов теплообмена в аппаратах различного технологического назначения.



Смолина Наталья Владимировна родилась в 1969 г., окончила в 1991 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирантка Архангельского государственного технического университета.



ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛОННОГО ПОТОКА В ОКРЕСТНОСТИ КРУГЛОЙ СООСНОЙ С НИМ ТРУБЫ

Приведены результаты экспериментального исследования циклонного потока в окрестности круглой трубы, соосной с его аэродинамической осью.

The results of the experimental studies of the cyclone flow in the vicinity of the round tube coaxial with its aerodynamic axle have been given.

Высокотемпературные циклонные теплообменники находят все большее применение в различных отраслях промышленности, в том числе связанных с химической переработкой древесины [9]. Наибольший интерес представляет их использование при технологической необходимости совмещения процессов теплопередачи и горения жидкого или газообразного топлива (для поддержания высокого температурного уровня греющего теплоносителя), рекуперации теплоты двухфазного потока и одновременно его центробежной очистки и т. д. В этих условиях в большинстве случаев интенсивность теплопередачи определяется теплоотдачей на внешней поверхности теплопередающей стенки, которая в свою очередь зависит от условий ее обтекания греющим циклонным потоком.

Рассмотрим одну из наиболее простых и в то же время наиболее распространенных схем циклонного высокотемпературного теплообменника, когда теплопередача осуществляется через круглую трубу, проходящую через рабочий объем и выходное отверстие циклонной камеры (рис. 1). Труба и рабочий объем камеры соосны. Буквами $d_T = 2r_T$, $d_{\text{вых}}$, D_K на рис. 1 обозначены соответственно диаметры трубы, выходного отверстия и камеры; L_K – длина камеры. Входные шлицы имеют смещение к выходному торцу камеры и расположены в одной поперечной плоскости с координатой $z = 0,76$. (Координату z отсчитывают от глухого торца рабочего объема, ее безразмерное значение $z = z/L_K$.) Место тангенциального ввода газа в камеру показано условно светлыми стрелками на ее образующей. Черными стрелками изображены траектории движения потока на поверхности трубы и схемы осевых потоков в рабочем объеме циклонного теплообменника, построенные по полученным в опытах распределениям аксиальной компоненты полной скорости потока. На рис. 1 также приведены распределения безразмерных тангенциальной $w_\varphi = w_\varphi / v_{\text{вх}}$ и аксиальной $w_z = w_z / v_{\text{вх}}$ компонент полной скорости потока ($v_{\text{вх}}$ – средняя скорость потока в шлицах). Характер распределений w_φ и w_z при рассмотренных значениях параметра $d_{\text{вых}} = d_{\text{вых}}/D_K$ соответствует общепринятым представлениям об их изменении по радиусу в циклонных камерах [3, 7–9].

При исследовании теплоотдачи на поверхности теплопередающей трубы наибольший интерес представляют особенности движения циклонного потока в ее окрестности. Из представленных на рис. 1 данных видно, что при $d_{\text{вых}} = 0,4$ трубу по всей длине обтекает интенсивный

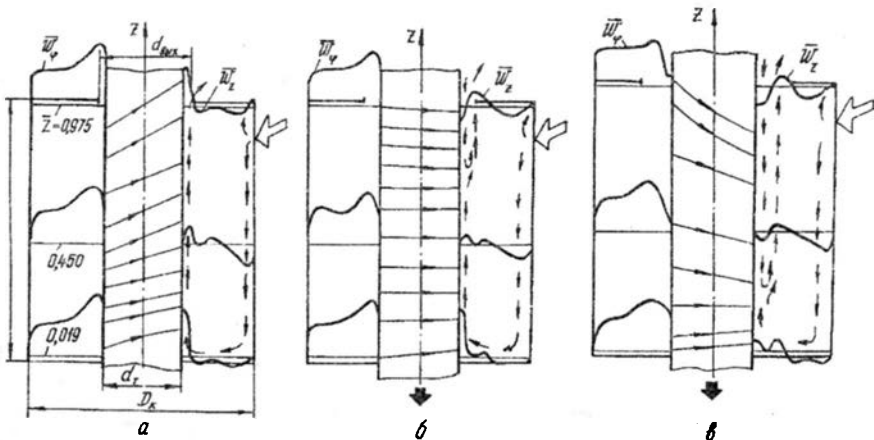


Рис. 1. Схема циклонного теплообменника и распределения тангенциальной и аксиальной компонент скорости в его рабочем объеме при различных значениях относительного диаметра выходного отверстия: а – 0,4; б – 0,5; в – 0,6

выходной вихрь (рис. 1, а). При $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,5$ и $0,6$ (рис. 1, б и в) часть поверхности трубы обтекает зарождающийся вне камеры обратный ток, интенсивность $\bar{d}_{\text{вых}}$ и глубина проникновения которого внутрь камеры больше при $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,6$. Поток в камере при $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,4$ относится к сосредоточенному, при $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,6$ – свободному, при $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,5$ – переходному от первого ко второму [7]. Интересно, что при $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,5$, если судить по траекториям движения частичек чернил на поверхности трубы, поток в её окрестности можно отнести, в первом приближении, к круговому. Осевой обратный ток вносит в окрестности трубы охлажденный за пределами рабочего объема теплообменника теплоноситель, поэтому при решении рассматриваемой технической задачи наибольший интерес представляет вариант теплообменного устройства при $\bar{d}_{\text{вых}} = 0,4$ (рис. 1, а).

Анализируемые ниже опыты выполнены в циклонной камере с $D_k = 310$ мм, $\bar{L}_k = L_k/D_k = 1,16$, $\bar{f}_{\text{вх}} = 4f_{\text{вх}}/\pi D_k^2 = 0,0477$ ($f_{\text{вх}}$ – площадь входа потока) и технически гладкой поверхностью рабочего объема теплообменника. Скорости и давления в рабочем объеме камеры измеряли трехканальным цилиндрическим зондом с диаметром насадка 2,6 мм. Для этих же целей в окрестности трубы применяли плоскую трехканальную микротрубку. Наружные и внутренние размеры прямоугольного отверстия центрального канала микротрубки составляли соответственно 0,39 и 0,20 мм по высоте, 1,30 и 1,23 мм по ширине. Боковые каналы трубки скошены под углом 60° . Профиль хоботка трубки, выгнутый по специальному шаблону, плотно прилегал приемной частью к поверхности трубы. Форма державки микротрубки выполнена таким образом, что ось вращения трубки и центра ее приемного отверстия совпадали. Крепление зонда обеспечивало его электрическую изоляцию от общей массы установки. Отсчет радиального расстояния центра приемного отверстия зонда от поверхности трубы производили с момента размыкания контакта (носик зонда – поверхность трубы) электрической цепи, фиксируемого прибором Ц-4326, включенного на максимальную чувствительность. Перемещение зондов осуществляли координатниками системы ЛПИ. Координатники, применявшиеся в основных опытах, давали точность определения угла вектора полной скорости по отношению к горизонтали, равную $0,5^\circ$, и точность перемещения в радиальном направлении – 0,025 мм.

Трение на поверхности трубы τ_w измеряли по методу Престона [6]. В работе использовали трубки Пито с наружным диаметром 0,812 мм и отношением внутреннего диаметра к наружному, близким 0,6. Трубки Пито изготавливали из медицинских инъекционных игл и тщательно отбирали с помощью микроскопа МБС-2 при 88-кратном увеличении. При изготовлении трубок особое внимание уделяли постоянству толщины стенки и наличию заусениц у приемного отверстия, соблюдению отношения внутреннего диаметра к наружному, перпендикулярности плоскости сечения отверстия и оси трубки. С помощью

шаблонов трубкам придавали форму, обеспечивающую плотное прилегание к поверхности теплопередающей трубы. Длина носика трубки Пито составляла 20 мм. На расстоянии 15 мм от ее приемного отверстия на поверхности трубы по радиусу сверлили дренажные отверстия диаметром 0,5 мм для отбора статического давления p_c . В качестве прибора, регистрирующего разность полного и статического давлений, как и для измерения показаний зондов, использовали жидкостный компенсационный микроманометр МКВ-250. Все импульсные трубки, соединявшие датчики со вторичными приборами, располагали внутри трубы. Специальное координатное устройство при необходимости давало возможность перемещать трубу в продольном направлении и вращать ее вокруг оси, что позволяло измерять τ_w и p_c в продольном направлении через 1...5 мм, а по периметру трубы – через 30°. Поверхность трубы технически гладкая. Ее диаметр $d_T = 106$ мм.

Исследование выполнено в диапазоне чисел Рейнольдса $Re_{вх} = v_{вх} D_k / \nu_{вх}$ ($\nu_{вх}$ – коэффициент кинематической вязкости воздуха при входных условиях) от $1,35 \cdot 10^5$ до $7,58 \cdot 10^5$. Предельные относительные погрешности не превышали при измерениях расхода воздуха 2,0 %, полной скорости цилиндрическим зондом и микротрубкой – 4,0 %, давления – 4,5 %, касательного напряжения на поверхности трубы – 8,7 %. Опыты ставили своей целью дальнейшее развитие ранее выполненных исследований [8].

Схема анализируемой задачи и основные обозначения характеристик потока приведены на рис. 2. Толщины пристенного пограничного слоя на поверхности трубы, определенные по полной скорости потока, ее тангенциальной и аксиальной компонентам, обозначены соответственно δ_v , δ_ϕ , δ_z . Скорости на границе пристенных пограничных слоев отмечены нижним индексом δ (v_δ , $w_{\phi\delta}$, $w_{z\delta}$), их максимальные значения – индексом m . Положения максимальных значений v и w_ϕ

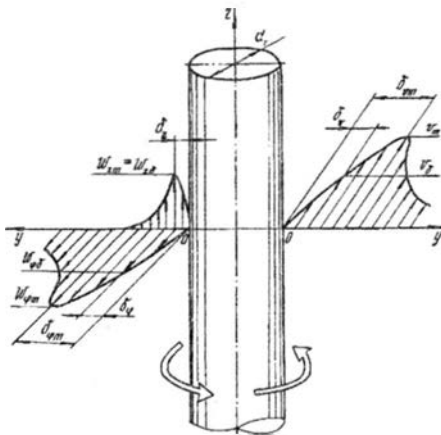


Рис. 2. Схема обтекания круглой трубы соосным с ней циклонным потоком

определяли радиальными расстояниями от поверхности трубы до максимума (δ_{v_m} , δ_{φ_m}). Участок течения, ограниченный радиальным расстоянием ($\delta_{v_m} - \delta_v$) и примерно равным ему ($\delta_{\varphi_m} - \delta_\varphi$), является в общем случае деформированной квазитвердой зоной и частью переходной зоны [7] профилей $v(r)$ и $w_\varphi(r)$ (r – текущий радиус). Значения δ_{v_m} , δ_{φ_m} , δ_z , v_m , w_{φ_m} , $w_{z\delta} = w_{z_m}$ определяли непосредственно по полученным в опытах распределениям v , w_φ и w_z соответственно. Нахождение δ_v , δ_φ , v_δ и $w_{\varphi\delta}$ потребовало специального анализа, в основу которого положено предположение о том, что в пределах пристенного пограничного слоя распределения скоростей потока v и w_φ носят степенной характер, а в пределах r от δ_{v_m} до δ_v описываются известными аппроксимациями [8, 9]

$$\bar{v}(\eta) \approx \bar{w}(\eta) = \frac{w}{w_{\varphi_m}} \approx \frac{v}{v_m} = \left(\frac{2\eta}{1+\eta^2} \right)^k; \quad (1)$$

$$\bar{v}(t) = \bar{w}(t) = \frac{2t}{1+t}, \quad (2)$$

где $\eta = y/\delta_{\varphi_m} \approx y/\delta_{v_m}$;
 $y = r - r_i$;
 $t = r/r_{\varphi_m}$.

Заметим, что при анализе важным фактором определения δ_v (или практически равной ей δ_φ) являлось условие сопряжения профилей скорости в пристенном пограничном слое и внешней зоне, ограниченной δ_{v_m} и δ_v – равенство v и dv/dy в точке $y = \delta_v$.

На рис. 3 приведено сопоставление опытных распределений \bar{v} с формулами (1) и (2). Из представленных на рис. 3 данных видно, что аппроксимация (1) вполне удовлетворительно описывает распределения v практически во всей рассматриваемой области циклонного потока. Несколько хуже соответствие опытных данных аппроксимации (2) в зоне, примыкающей к пристенному пограничному слою.

Полученные данные сопоставлены также с известной аппроксимацией Абрамовича – Шлихтинга [1, 18]

$$\bar{v}(\bar{\xi}) = \frac{v}{v_m} = [1 - \bar{\xi}^{3/2}]^2 \quad (3)$$

и формулой Гиневского [14]

$$\bar{v}(\bar{x}) = \frac{v_m - v}{v_m - v_\delta} = 1 - 6\bar{x}^2 + 8\bar{x}^3 - 3\bar{x}^4, \quad (4)$$

где $\bar{\xi} = 0,441(y - \delta_m)/(v_{0,5m} - \delta_m)$;
 $v_{0,5m}$ – значение v , на котором $v = 0,5v_m$;
 $\bar{x} = (y - \delta_v)/(\delta_m - \delta_v)$.

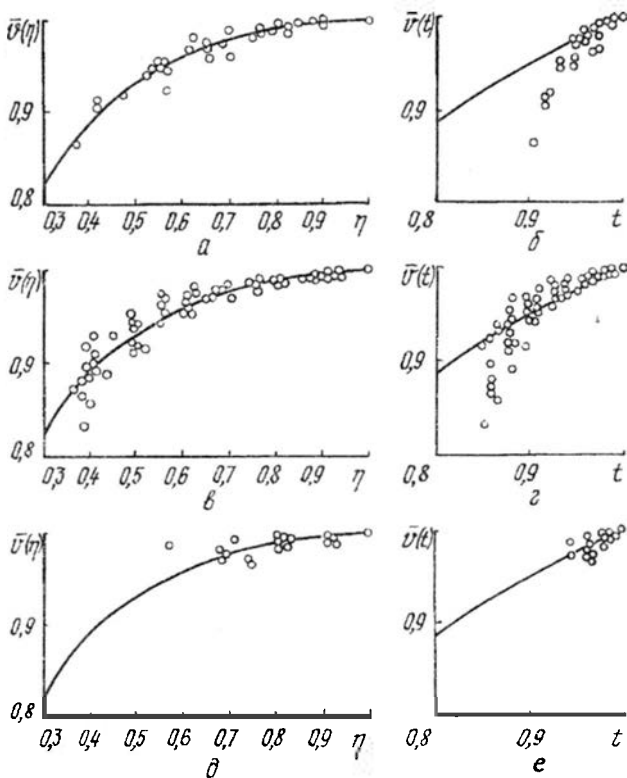


Рис. 3. Сопоставление аппроксимационных зависимостей (1) и (2) с опытными значениями полной скорости: а, б, д – уравнение (1); б, з, е – (2); а, б – $\bar{z} = 0,019$; в, з – $\bar{z} = 0,450$; д, е – $\bar{z} = 0,975$; а, в, д – $n = 0,33$ (точки – опытные данные, линии получены по зависимостям (1), (2))

Аппроксимации (3) и (4) в целом лишь качественно соответствуют опытным распределениям полной скорости потока в пределах рассматриваемой зоны. Лучшее соответствие профиля Гиневского наблюдается в ее части, смещенной к глухому торцу камеры, а худшее – к выходному. Профиль Абрамовича – Шлихтинга дает более крутое распределение скоростей, чем опытный.

Интересно заметить, что аппроксимация Абрамовича – Шлихтинга вполне удовлетворительно описывает опытные распределения $w_z/w_{z_m} \approx w_z/w_{z\delta}$ в струйном пограничном слое внешней части турбулентной аксиальной полуограниченной струи – осевой составляющей выходного вихря.

Основные аэродинамические характеристики циклонного потока в окрестности трубы, полученные в опытах, приведены в табл. 1.

Таблица 1

\bar{z}	\bar{v}_m	$\bar{\delta}_{vm}$	\bar{w}_{zm}	$\bar{\delta}_{zm}$	α°	$\bar{\tau}_w$	\bar{p}_c
0,02	1,89	0,12	0,74	0,017	28,0	0,87	1,12
0,10	1,67	0,20	0,37	0,030	10,0	0,37	1,41
0,20	1,67	0,23	0,28	0,030	9,0	0,28	1,41
0,30	1,67	0,23	0,26	0,030	10,0	0,24	1,41
0,40	1,68	0,23	0,25	0,030	11,0	0,22	1,41
0,50	1,68	0,23	0,25	0,030	12,0	0,20	1,41
0,60	1,67	0,23	0,26	0,031	12,5	0,19	1,41
0,70	1,66	0,23	0,28	0,032	15,0	0,19	1,41
0,80	1,66	0,23	0,31	0,035	19,0	0,18	1,41
0,90	1,60	0,19	0,35	0,038	28,0	0,19	1,20
0,98	1,99	0,11	0,54	0,039	49,0	0,14	0,59

Из представленных данных видно, что по особенностям изменения параметров потока вдоль трубы следует выделить три характерных зоны (как это делалось при анализе аэродинамики циклонных камер [7, 8, 9]): зона течения у глухого торца, где оно в значительной степени определяется интенсивным приторцевым потоком [2, 4, 9, 15–17, 19–22] и особенностями формирования выходного вихря; зона в области стока газа у выходного отверстия, где происходит перестройка потока, связанная с преобразованием запаса потенциальной энергии в скоростной напор, и возможен отрыв потока от поверхности трубы при возникновении положительного градиента давления; зона ядра, где течение у поверхности трубы носит малоизменяющийся вдоль оси z характер. Каждая из зон представляет большой самостоятельный интерес ввиду ярко выраженной специфики условий формирования циклонного потока. Эти особенности проявляются не только в изменении гидродинамических характеристик, таких как безразмерное избыточное статическое давление $p_c = 2 p_c / (\rho_{вх} v_{вх}^2)$ ($\rho_{вх}$ – плотность потока на входе в циклонную камеру); безразмерное касательное напряжение на поверхности трубы $\tau_w = \tau_w / (\rho_{вх} v_{вх}^2)$; угол α° между вектором \bar{v} и его проекцией на плоскость, перпендикулярную оси z ; относительная максимальная полная скорость $v_m = v_m / v_{вх}$; безразмерное расстояние положения максимума \bar{v} относительно поверхности трубы $\bar{\delta}_{vm} = (r_{vm} - r_T) / r_T$ и т.д., но и в тепловых, таких как плотность теплового потока и коэффициент теплоотдачи на поверхности трубы [7, 8, 9]. Приблизительно продольную протяженность приторцевой и выходной зон (до проведения специальных опытов) можно считать примерно равной $(0,15 \dots 0,20) L_K$.

Основные характеристики пристенных пограничных слоев на поверхности трубы в характерных сечениях для рассмотренных зон при $Re_{вх} = 6 \cdot 10^5$ приведены в табл. 2.

Таблица 2

\bar{z}	$\bar{\delta}_v$	$\bar{\delta}_\varphi$	$\bar{\delta}_z$	\bar{v}_δ	$\bar{w}_{\varphi\delta}$	$\bar{w}_{z\delta}$	n_v	n_φ	n_z
0,019	0,075	0,075	0,0047	1,89	1,89	0,74	1/10	1/7	1/7
0,450	0,100	0,100	0,0170	1,57	1,57	0,26	1/3	1/3	1/7
0,975	0,066	0,066	0,0260	1,91	1,91	0,50	10/25	10/25	1/4

Полученные в работе распределения полной скорости v и ее константы w_z в пристенных пограничных слоях обработаны в виде следующих формул:

$$\bar{v} = \bar{y}^n; \quad \bar{w}_z = \bar{y}_z^n; \quad (5)$$

$$v^+ = B(y^+)^n; \quad w_z^+ = B_z(y^+)^n; \quad (6)$$

$$v^+ = A \ln y^+ + G, \quad (7)$$

где

$$\bar{v} = v/v_\delta$$

$$\bar{y} = y/\delta;$$

$$\bar{y}_z = y/\delta_z;$$

n – постоянный для данного распределения v показатель степени;

$$v^+ = v/v_*;$$

$$v_* - \text{динамическая скорость, } v_* = \sqrt{\tau_w/\rho};$$

B, B_z – постоянные коэффициенты, зависящие от n ;

$$y^+ = y v_* / \nu;$$

$$w_z^+ = w_z v_* / \nu;$$

A, G – постоянные коэффициенты.

Формулу (7) использовали для корректировки значений δ при трехслойной схеме представления пограничного слоя.

На рис. 4 в качестве примера приведены результаты обработки опытных распределений v и w_z по формулам (5) и (6).

Анализом опытных данных установлены значения толщин пограничного слоя полной скорости, ее тангенциальной и осевой составляющих $\delta_v, \delta_\varphi, \delta_z$ и показателя n аппроксимационных зависимостей (5) и (6). В табл. 2 значения δ представлены в безразмерном виде. В качестве масштабной величины для всех безразмерных толщин $\bar{\delta}_v, \bar{\delta}_\varphi, \bar{\delta}_z$ принят радиус трубы. Для значений $\bar{z} = 0,019; 0,450; 0,975$ размерные δ_v, δ_φ равны соответственно 4,0; 5,3; 3,5 мм, а $\delta_z - 0,25; 0,9$ и 1,4 мм. Здесь же, в табл. 2, с соответствующими индексами приведены значения n , а также безразмерные значения полной скорости потока на границе пограничного слоя \bar{v}_δ и ее компонент $\bar{w}_{\varphi\delta}$ и $\bar{w}_{z\delta}$. Представленные данные, полученные при том же числе $Re_{вх}$, что и приведенные в табл. 1, позволяют качественно оценить особенности формирования

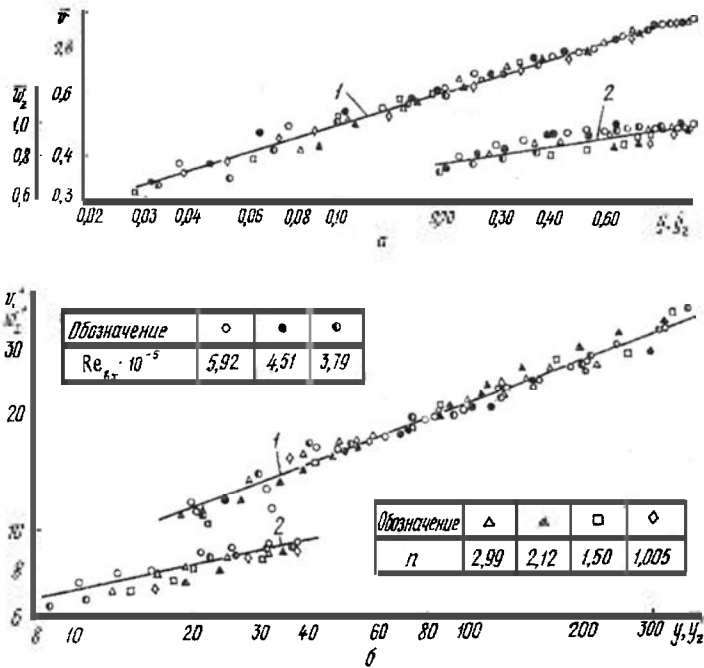


Рис. 4. Распределения полной скорости (1) и ее аксиальной составляющей (2) в пристенном пограничном слое на боковой поверхности трубы при $z = 0,45$: а – уравнение (5); б – (6)

циклонного потока в окрестности трубы. Особо следует отметить большие значения n_v , n_ϕ , n_z в выходной зоне течения и n_v и n_ϕ в пределах ядра потока. Последнее, вероятно, связано со стабилизирующим (понижающим интенсивность турбулентного переноса) влиянием центробежных сил.

Несмотря на ряд особенностей формирования пограничного слоя на поверхности трубы в рассматриваемой задаче, наблюдается соответствие полученных экспериментальных данных известным аналитическим соотношениям, выведенным для степенной и логарифмической аппроксимации профилей скоростей на пластине [5]. Так, например, при степенной аппроксимации профиля скорости вида (6) коэффициент B (в общем случае индекс опущен) определенным образом связан с величиной n . Если использовать данные [5, 24], то в интервале $n=1/7...1/10$ графическая зависимость $B(n)$ может быть аппроксимирована формулой

$$B = \frac{n}{0,96n^{2,31} + 0,04n} \quad (8)$$

На рис. 5 зависимость (8) представлена в виде сплошной линии. Ее экстраполяция для значений n , выходящих за пределы исходного интервала, показана штриховой линией. Из представленных на рис. 5

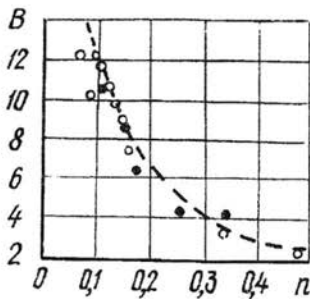


Рис. 5. Сопоставление значений коэффициента B с опытными данными авторов (сплошная линия – интерполяция данных [24]; штриховая линия – экстраполяция уравнения (8); ● – опытные данные авторов; ○ – данные работ [5, 8, 10, 11, 23])

данных видно, что связь $B(n)$ в принятой приближенной постановке вполне удовлетворительно отражает эту зависимость и в рассматриваемой задаче.

В удовлетворительном соответствии находятся полученные в работе опытные данные со следующими зависимостями [5]:

$$\tilde{\delta}^* = \frac{n}{1+n}; \quad (9)$$

$$c_{\delta} = 2B^{-\frac{2}{1+n}} \left[\frac{(1+n)(1+2n)}{n} \right]^{\frac{2n}{1+n}} (\text{Re}^{**})^{-\frac{2n}{1+n}}; \quad (10)$$

$$1/\sqrt{c_{\delta}/2} = A \ln \frac{\text{Re}^{**}}{A - 2A^2 \sqrt{c_{\delta}/2}} + G_v, \quad (11)$$

где $\tilde{\delta}^* = \delta^*/\delta$;

$$\delta^* = \int_0^{\delta} (1 - v/v_{\delta}) dy - \text{толщина вытеснения};$$

$$c_{\delta} = 2\tau_w/\rho v_{\delta}^2 - \text{коэффициент сопротивления трения};$$

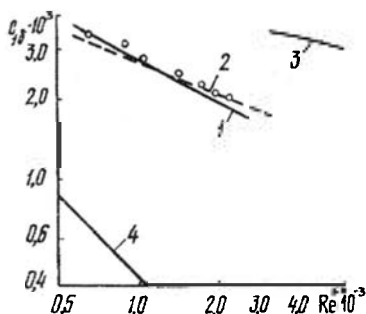
$\text{Re}^{**} = v_{\delta} \delta^{**}/\nu$ – число Рейнольдса, построенное по толщине порти импульса δ^{**} ;

$$\delta^{**} = \int_0^{\delta} (v/v_{\delta})(1 - v/v_{\delta}) dy.$$

На рис. 6 приведено сопоставление уравнений (10) (кривая 1) и (11) (кривая 2) с опытными данными ($A = 6,38$; $G_v = -9,30$). Здесь же для сравнения приведены зависимости $c_{\delta}(\text{Re}^{**})$ для ламинарного (кривая 4) и турбулентного (кривая 3) пограничных слоев на пластине [5].

Из рис. 6 видно, что трение на поверхности теплопередающей трубы в циклонном теплообменнике значительно больше, чем в ламинарном потоке на пластине, но ниже, чем в турбулентном. Последнее также можно объяснить стабилизирующим влиянием центробежных сил на течение в окрестности трубы. Расчетные уравнения (10) и (11) вполне

Рис. 6. Сопоставление уравнений (10) и (11) с опытными данными: 1 – уравнение (10); 2 – уравнение (11); 3 – турбулентный пограничный слой; 4 – ламинарный пограничный слой



удовлетворительно описывают полученные в работе опытные данные и могут быть использованы в расчетах трения и теплоотдачи на поверхности трубы в соосном с ней циклонном потоке.

Выводы

1. Установлены общие особенности движения циклонного потока в окрестности круглой соосной с ним трубы.

2. Профили полной скорости и ее компонент в пристенном пограничном слое на поверхности трубы могут быть описаны степенными аппроксимациями, что создает определенные удобства в расчетах с использованием интегральных соотношений.

3. Для ориентировочных расчетов толщины пограничного слоя и напряжения трения на поверхности трубы в соосном с ним циклонном потоке могут быть использованы известные соотношения для определения основных параметров пограничного слоя на пластине при степенном или логарифмическом профиле скорости потока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. - М.: Физматгиз, 1960. - 715 с. [2]. Волчков Э.П., Семенов С.В., Терехов В.И. О торцевом пограничном слое в вихревой камере // Структура вынужденных и термогравитационных течений. - Новосибирск, 1983. - С. 51 - 87. [3]. Волчков Э.П., Сериков Л.В., Терехов В.И. О радиальной компоненте скорости в вихревой камере // Изв. СО АН СССР. Сер. техн. наук. - 1985. - № 10, вып. 2. - С. 17 - 21. [4]. Деветерикова М.И., Михайлов П.М. К вопросу о влиянии торцевых перетечек на аэродинамику вихревой камеры // Энергомашиностроение: Сб. тр. / ЛПИ. - Л., 1968. - Вып. 297. - С. 52 - 55. [5]. Кутателадзе С.С., Леонтьев А.И. Тепломассообмен и трение в турбулентном пограничном слое. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 320 с. [6]. Престон Дж. Г. Определение турбулентного поверхностного трения при помощи трубок Пито // Механика. - 1955. - № 6. - С. 64 - 83. [7]. Сабуров Э.Н. Аэродинамика, конвективный теплообмен и методы его интенсификации в циклонных нагревательных устройствах: Рекомендации по проектированию и расчету. - Архан-

гельск: РИО АЛТИ, 1990. - 43 с. [8]. Сабуров Э.Н., Карпов С.В., Осташев С.И. Теплообмен и аэродинамика закрученного потока в циклонных устройствах / Под ред. Э.Н. Сабурова. - Л.: ЛГУ, 1989. - 276 с. [9]. Сабуров Э.Н., Карпов С.В. Циклонные устройства в деревообрабатывающем и целлюлозно-бумажном производстве / Под ред. Э.Н. Сабурова. - М: Экология, 1993. - 368 с. [10]. Сабуров Э.Н., Леухин Ю.Л. Аэродинамика и конвективный теплообмен закрученного потока в цилиндрической камере // Инж. - физ. журн. - 1985. - Т.48, № 3. - С. 369 - 375. [11]. Сакипов З.Б. Теория и методы расчета полуограниченных струй и настильных факелов. - Алма-Ата: Наука, 1978. - 204 с. [12]. Сухович Е.П. Аэродинамика вихревой камеры // Изв. АН ЛатвССР. Сер. физ. - техн. наук. - 1969. - № 4. - С.78 - 88. [13]. Сухович Е.П., Блум Э.Я. Конвективный тепло- и массообмен на торцевых стенках вихревых камер // Изв. АН ЛатвССР. Сер. физ. - техн. наук. - 1970. - № 5. - С. 65 - 73. [14]. Федяевский К.К., Гиневский А.С., Колесников А.В. Расчет турбулентного пограничного слоя несжимаемой жидкости. - Л.: Судостроение, 1973. - 256 с. [15]. Халатов А.А., Загуменнов И.М. Аэродинамика и теплообмен закрученного потока на торцевой поверхности вихревой камеры // Изв. СО АН СССР. Сер. техн. наук. - 1988. - № 21(471), вып. 6. - С.134 - 140. [16]. Халатов А.А., Загуменнов И.М. Теплообмен и гидродинамика на торцевой поверхности вихревой камеры // Международный форум «Тепломассообмен ММФ», Минск, 24 - 27 мая 1988 г. Секц. 1, ч. 2: Тез. докл. - Минск, 1988. - С. 115 - 117. [17]. Циклонные топки / Под общ.ред. Г.Ф. Кнорре и М. А. Наджарова. - М.; Л.: Госэнергоиздат, 1958. - 216 с. [18]. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. - М.: Наука, 1969. - 744 с. [19]. Kotas T.J. An experimental study of a confined vortex flow // Arch. bud. masz. - 1977. - Т. XXIV, N 3. - P. 375 - 388. [20]. Kotas T.J. An experimental study of the three dimensional boundary layers on the end wall of a vortex chamber // Proc. Roy. Soc. (London). - 1976. - A 352, N 1669. - P. 169 - 187. [21]. Kotas T.J. A solution for the turbulent boundary layer on the end wall of a vortex chamber // Arch. bud. masz. - 1977. - Т. XXIV, N 4. - P. 575 - 592. [22]. Kotas T.J. Turbulent boundary layer flow on the end wall of a cylindrical vortex chamber // Heat and Fluid Flow. - 1975. - Vol. 5, N 2. - P.77 - 87. [23]. Wattendorf E.L. A study of the effect of curvature on fully developed turbulent flow // Proc. Roy. Soc. (London). Ser.A. - 1935. - Vol. 148. - P. 565 - 598. [24]. Wieghardt K. Turbulente Grenzschichten // Gottinger Monographie. - 1946. - B 5.

ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 630*902

Г.С. ВОЙНОВ

РАЗВИТИЕ ИДЕЙ В.В. ДОКУЧАЕВА В ЛЕСНОЙ БИОГЕОЦЕНОЛОГИИ (К 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В.В. ДОКУЧАЕВА)

Василий Васильевич Докучаев, разработав теоретические основы генетического почвоведения, предсказал возникновение на его базе нового направления в естествознании – биогеоценологии, учения о взаимодействии в процессе развития компонентов живой и неживой природы.

В лесной науке это направление вначале складывалось как учение о типах насаждений или типах леса. Его основоположниками были выдающиеся русские лесоводы Г.Ф. Морозов и В.Н. Сукачев. Позже В.Н. Сукачев разработал теоретические основы лесной биогеоценологии, однако приоритет ее создания он признал за Г.Ф. Морозовым: « Создатель нашей научной типологии, крупнейший лесовод Г.Ф. Морозов, ... в сущности исходил из понимания лесного насаждения как лесного биогеоценоза, и его типы насаждений, которые мы теперь называем типами леса, являются типами лесных биогеоценозов. Дальнейшее развитие лесной типологии в нашем Союзе шло по намеченному Морозовым пути» [7].

Лесная типология развивалась в разных направлениях, одно из которых возникло в европейских таежных лесах и является собственно биогеоценологическим, в отличие от украинского – эколого-лесоводственного. Эти направления считаются основными и развиваются параллельно, несмотря на попытки объединить их. Препятствуют объединению в основном объективные причины, во многом обусловленные особенностями развития таежной типологии Сукачева, теоретические основы которой пока недостаточно реализованы в практической части. Рассмотрению этого и других вопросов, связанных с использованием и развитием научных идей В.В. Докучаева в таежной биогеоценологии, посвящено содержание данной статьи.

В.В. Докучаев впервые выявил изолинейность распространения различных почв, непрерывность их качественного изменения и постепенного перехода одной почвы в другую в зависимости от изменения климата в географическом пространстве. Эту закономерность он обнаружил при анализе динамики содержания в почве гумуса, обуславливающего ее потенциальное плодородие. Благодаря выявлению «изогумусовых полос» стало возможным оценивать потенциальное плодородие почв в различных географических зонах. В.Н. Сукачев с глубоким пониманием принял эту концепцию своего учителя и руководствовался ею при разработке лесной и общей биогеоценологии. Он считал, что «в природе существуют две основные группы факторов, определяющих характер растительности и составляющих ее среду, а именно – климат и почва, которые зависят друг от друга точно так, как и от растительности..., что каж-

дому типу леса соответствует определенная почва... и что один и тот же тип леса не может формироваться на различных по генезису почвах» [5].

Вторая важнейшая концепция Докучаева, которой руководствовался Сукачев, – это генезис почв во времени и его необратимость.

В целом обе эти концепции, развитые Сукачевым применительно к лесным насаждениям – биогеоценозам, динамику которых он также рассматривал в пространственно-временном аспекте, послужили теоретической основой динамической, или генетической, типологии лесов, которая благодаря глубоким научным разработкам И.С. Мелехова и Б.П. Колесникова получила в настоящее время ускоренное развитие.

В.Н. Сукачев, говоря о тесной связи типа леса с почвой, одновременно учитывал слабую изученность почвенного покрова в таежной зоне. Поэтому не случайно при определении типов леса он предложил использовать не эдафотоп, а комплексный компонент биогеоценоза – экотоп, объединяющий два его первичных компонента – эдафотоп и климатоп и определяющий качество лесорастительных условий и продуктивность насаждений. При этом В.Н. Сукачев подчеркивал: «...неправильно будет говорить, ... что тип леса объединяет насаждения с однородными условиями местопроизрастания. Надо сказать, что тип леса объединяет насаждения, имеющие местообитания, биологически равноценные» [8]. Эта концепция Сукачева близка к концепции А. Каяндера, который под биологически равноценными местообитаниями понимал сходные условия среды [8]. В наше время применительно к типу леса рациональнее говорить о биологической равноценности лесорастительных условий, которая должна проявляться в видовой и популяционной однородности насаждений одного типа леса в пределах его обширного ареала. Например, основной лесообразователь нашей европейской тайги – ель, как вид, не однородна. Она представлена непрерывным рядом гибридных форм и популяций, образованных двумя видами – *Picea abies* (L.) Karst и *Picea obovata* Ledeb. Поэтому более правильно говорить о таксационно-типологической равноценности лесорастительных условий, определяющих однородность таксационного строения насаждений и их видового состава, а также одинаковую потенциальную продуктивность.

Равноценные лесорастительные условия, соответствующие типу леса, имеют изолинейный характер распространения. В каждой из точек изолинии равноценности лесорастительных условий проявляется в виде одинакового лесорастительного эффекта и одинаковой потенциальной продуктивности насаждений или продуктивности их важнейших компонентов – древостоев. Уместно подчеркнуть, что только потенциалная продуктивность древостоев какой-либо породы однозначно соответствует лесорастительным условиям, и поэтому только она может служить эталоном при оценке фактической, или модальной, продуктивности древостоев по типам леса. Важнейшим показателем потенциальной продуктивности древостоев и индикатором качества лесорастительных условий служит средняя высота нормальных древостоев. Наши исследования показали [1], что изолинии средних высот древостоев по типам леса не согласуются ни с границами таежных подзон, ни с параллелями широты. Они как бы рельефно вырисовывают в генерализованном виде ландшафт региона и обусловленное им (через почвенно-грунтовые и климатические факторы) качество лесорастительных условий. Этот результат получен благодаря использованию линейно-типологического метода исследования продуктивности древостоев [2], более соответствующего концепции Докучаева о постепенном изменении качества почв в географическом пространстве в связи с посте-

пенным изменением климатических условий и более совершенного, чем зонально-типологический метод, при котором эти изменения отражаются в дискретном виде. (Естественно, качество почв в одном типе леса изменяется не только при изменении климатических условий на территории региона, но и в связи с переходом одних почвообразующих и подстилающих горных пород в другие.)

Оценивая состояние практической лесной типологии Сукачева, которая в настоящее время дифференцирована по таежным подзонам, необходимо подчеркнуть, что почвенно-грунтовые условия в пределах одного типа леса в каждой из подзон не однородны по почвообразующим и подстилающим горным породам, морфологическому строению, механическому и химическому составу почв, их водному, воздушному и температурному режимам. Поэтому даже в одинаковых климатических условиях потенциальная продуктивность древостоев одного типа леса может быть различна. Это означает, что современная практическая лесная типология Сукачева пока сохраняет определенное сходство с типологией Каяндера, а также имеет некоторое несовершенство по сравнению с теоретической.

Значительно меньше сходство между практической лесной типологией Сукачева и типологией украинской школы, что обусловлено рядом причин. Устранить эти причины и объединить в настоящее время эти два направления практически невозможно, как невозможно заменить в таежной зоне типологию Сукачева типологией, аналогичной украинской. Отсутствие детальных почвенных карт, огромные территории, неблагоприятные экономические условия не позволяют перейти к поучастковому способу ведения лесного хозяйства с постоянными границами однородных по почвенно-грунтовым условиям выделов. Сейчас эти границы условны и при повторном лесоустройстве могут существенно меняться.

С учетом этих причин более реален другой путь – дальнейшее автономное развитие и совершенствование с а м о й практической лесной типологии Сукачева и ее постепенное сближение с теоретической.

Именно этот путь использовали лесотипологи С.-Петербурга [6] и Петрозаводска [4], которые перешли от зонально-типологического к ландшафтно-типологическому методу исследования. Они разделили соответствующие территории юго-западной части таежного региона на отдельные ландшафты, а типы леса – на ландшафтно-географические варианты, каждый из которых стал более однородным по почвенно-грунтовым условиям, чем тип леса в таежной зоне. Связь между вариантами типа леса и почвой стала более тесной, что существенно приблизило практическую типологию Сукачева к теоретической. В результате исследований решена важная задача – произведено разделение территории подзон на более однородные по почвенно-грунтовым и климатическим условиям, рельефу и другим частям при соответствующей дифференциации типов леса. Тем самым созданы условия для более совершенного лесохозяйственного районирования и повышения уровня организации и ведения таежного лесного хозяйства – от зонально-типологического до ландшафтно-типологического. Одновременно с этим ученые С.-Петербурга предприняли попытку аналогичного повышения уровня разработки системы лесотаксационных нормативов, приняв в качестве ее основы усредненную в пределах ландшафта динамику модальной продуктивности древостоев по ландшафтно-географическим вариантам типов леса. Но это, по-видимому, не оптимальный вариант решения данного вопроса. Дифференцированная по ландшафтам или их группам система лесотаксационных нормативов будет громоздкой и трудомемкой для разработки, а отсутствие в ней показателей потенциальной продук-

тивности древостоев по типам леса и их динамики в географическом пространстве и во времени не позволит решать такие важные вопросы, как кадастровая оценка лесных земель, контроль за продуктивностью древостоев и др.

Более рациональным представляется вариант разработки системы лесотаксационных нормативов на основе динамики в географическом пространстве и во времени показателей потенциальной продуктивности по типам леса с использованием линейно-типологического метода исследований. Ведь быстрота роста и продуктивность нормальных древостоев, являющаяся потенциальной, определяется не одними только почвенно-грунтовыми или климатическими условиями того или иного ландшафта, а их сочетанием, т. е. лесорастительными условиями. Возникающая при некоторых сочетаниях почвенно-грунтовых и климатических факторов таксационно-типологическая равноценность лесорастительных условий определяет одинаковую быстроту роста и одинаковую продуктивность древостоев того или иного типа леса – их изопроductивность, имеющую изолинейный характер распространения как на территории всего ландшафтного комплекса таежного региона, так и на территории каждого отдельного ландшафта. Последнее обусловлено тем, что даже в пределах ландшафта с идеально однородными почвообразующими и подстилающими горными породами происходит постепенное изменение лесорастительных условий и продуктивности древостоев какого-либо типа леса по территории, в основном из-за изменения климатических условий, а под их влиянием – почвенно-грунтовых условий. Поэтому продуктивность древостоев того или иного типа леса в пределах ландшафта не одинакова. Изолинейность продуктивности в пределах каждого ландшафта и всего региона одина. Следовательно, не ландшафты, а комплекс изолиний, отражающих распространение на территории региона равноценных лесорастительных условий, определяющих быстроту роста и потенциальную продуктивность древостоев по типам леса, должен служить основой при разработке системы лесотаксационных нормативов более высокого уровня и ее географической привязке. В связи с этим может измениться характер лесотаксационного районирования, которое, в отличие от дискретного лесохозяйственного районирования, может стать «непрерывным».

Использование концепции В.В. Докучаева об изолинейности изменения качеств почв в географическом пространстве применительно к изолинейности лесорастительных условий того или иного типа леса позволило получить положительные результаты в решении еще одного важного вопроса – применения математических методов при изучении природных процессов и их взаимосвязи. В лесной биогеоценологии актуальной остается проблема связи потенциальной продуктивности древостоев с качеством почвенно-грунтовых условий. Исследования в этом направлении известны как «бонитировка почв». Их проводят обычно по таежным подзонам, климатические условия в пределах которых условно принимаются как однородные. Из-за отсутствия методов непосредственной оценки влияния качества почвенно-грунтовых условий на продуктивность древостоев при бонитировке почв, наоборот, по продуктивности древостоев (т.е. по средней высоте в конкретном возрасте) оценивают качество (бонитет) почво-грунта. Однако используемый при этом зонально-типологический метод исследования не позволяет изучить математическую связь продуктивности древостоев с одними только почвенно-грунтовыми условиями, так как не учитывает одновременное влияние на продуктивность различных климатических условий. Очевидно, к решению этого вопроса, ввиду комплексного характера связи, необходимо идти другим путем – от общего к частному.

05
У-332

ISSN 0536 - 1036

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

3

ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

1997