

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

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

1

2002

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

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

Ответственный секретарь – заслуженный работник культуры **Р.В. Белякова**

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1

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

Сдан в набор 08.01.2002. Подписан в печать 04.03.2002.
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,6. Усл. кр.-отт. 13,6.
Уч.-изд. л. 16,4. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17, тел.: (818-2) 28 07 18,
факс: (818-2) 28 07 14, e-mail: forest@agtu.ru <http://lesnoizhurnal.agtu.ru>

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



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Н.П. Чупров.</i> Уровень и динамика лесопользования в лесах Архангельской области	7
<i>А.М. Невидомов, Н.В. Петухов.</i> Экологический мониторинг лесов Нижегородской области как основа разработки и внедрения системы неотложных мероприятий по оптимизации природной среды	14
<i>Б.П. Чураков, Л.Р. Алеева.</i> Структура дубовых насаждений и возможность их порослевого возобновления в дубравах Среднего Поволжья	24
<i>Г.Д. Главацкий, В.М. Груманс.</i> Информационная модель и задачи оптимизации процесса борьбы с лесными пожарами	31
<i>В.С. Писанов, И.Н. Ульянов.</i> Динамика ягодниково-зеленомошного сосняка в условиях влияния водохранилища	38
<i>С.Ю. Кондаков.</i> Организация и проведение феромонного мониторинга за непарным шелкопрядом в лесах Красноярского края	43
<i>И.В. Шутов, Л.Н. Товкач, Н.М. Минакова, В.Г. Сергеенко, Р.В. Власов.</i> Значение неравномерного размещения деревьев в культурах сосны	47

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>С.И. Морозов, Д.Н. Шостенко.</i> Уравнение связи для решения задач удара ...	56
<i>М.С. Сергеев, М.М. Овчинников.</i> О взаимодействии реьевого бона со свободным речным потоком	61
<i>Н.Н. Буторин.</i> Переходные процессы в асинхронном двигателе	68
<i>В.В. Воробьев, А.А. Митрофанов, М.О. Соколов.</i> Проблемы водного транспорта леса и технического содержания рек	74
<i>А.С. Федоренчик, С.С. Макаревич, П.А. Протас.</i> Аналитическое исследование колеобразования на трелевочных волоках, укрепленных отходами лесозаготовок	80

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>В.И. Онегин, Ю.И. Цой, В.А. Богданов.</i> Акустические характеристики органо-растворимых лакокрасочных материалов	90
<i>В.И. Малыгин, Л.В. Кремлева.</i> Методика расчета динамических параметров процесса фрезерования древесины с учетом кинематической неустойчивости технологической системы	95
<i>В.В. Тулейко, В.Б. Снопков.</i> Прессование древесностружечных плит увеличенной толщины. 4. Удаление парогазовой смеси из древесностружечного брикета	104
<i>Р.Н. Галиахметов, Ю.А. Варфоломеев, Ф.Ф. Галиахметова.</i> Оценка эксплуатационных свойств биологически активного препарата	111

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

- М.М. Чемерис, Н.П. Мусько, В.В. Коньшин, В.Г. Шабалин.* Ацилирование лигноцеллюлозных материалов в среде трифторуксусной кислоты 116
- В.И. Комаров, Г.Ф. Прокшин, И.Б. Филиппов.* Влияние условий варки на деформативность и прочность крафт-этанольной целлюлозы 122

МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ

- А.А. Ефремов, О.М. Соколов, Ю.А. Варфоломеев.* Производственная подготовка инженерных кадров в студенческих строительных отрядах (на примере Архангельской области) 132

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- О.Г. Морозова, Н.Н. Бабаева, С.М. Репях, С.В. Морозов, М.В. Родионов.* Влияние затопленных растительных остатков на гидрохимический режим водоема-охладителя Березовской ГРЭС-1 140

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Г.И. Редько.* Весомый вклад в теорию и практику лесного семеноводства 144
-

 CONTENTS

FORESTRY

<i>N.P. Chuprov.</i> Level and Dynamics of Forest Management in Forests of Arkhangelsk Region.....	7
<i>A.M. Nevidomov, N.V. Petukhov.</i> Ecological Monitoring of Forests of Nizhny Novgorod Region as Basis for Development and Implementation of Priority Measures on Optimization of Natural Environment.....	14
<i>B.P. Churakov, L.R. Aleeva.</i> Structure of Oak Plantations and Possibility of their Growth Regeneration in Oak Groves of Middle Volga Region.....	24
<i>G.D. Glavatsky, V. M. Grumans.</i> Informational Model and Problems of Optimization of Forest Fires Control Process.....	31
<i>V.S. Pisanov, I.N. Uljanov.</i> Dynamics of Berry-shaped True Moss Pine Stands under Influence of Water Storage Basin.....	38
<i>S.Yu. Kondakov.</i> Organization and Realization of Feromone Monitoring over Gipsy Moth in Forests of Krasnoyarsk Region.....	43
<i>I.V. Shutov, L.N. Tovkach, N.M.Minakova, V.G. Sergienko, R.V. Vlasov.</i> Meaning of Uneven Allocation of Trees in Pine Cultures.....	47

WOODEXPLOITATION

<i>S.I. Morozov, D.N. Shostenko.</i> Equation of Connection for Solving Problems of Impact.....	56
<i>M.S. Sergeev, M.M. Ovchinnikov.</i> On Interaction of Yard Boom with Free River Flow.....	61
<i>N.N. Butorin.</i> Transients in Asynchronous Electric Motor.....	68
<i>V.V. Vorobjev, A.A. Mitrofanov, M.O. Sokolov.</i> Problems of Water Transport of Wood and River Maintenance.....	74
<i>A.S. Fedorenchik, S.S. Makarevich, P.A. Protas.</i> Analytical Research of Rutting on Skidding Trails Consolidated by Logging Waste.....	80

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>V.I. Onegin, Yu.I. Tsoy, V.A. Bogdanov.</i> Acoustic Characteristics of Organosoluble Paintwork Material.....	90
<i>V.I. Malygin, L.V. Kremleva.</i> Technique of Calculating Dynamic Parameters of Wood Milling Process Taking into Account Kinematic Instability of Technological System	95
<i>V.V. Tuleiko, V.B. Snopkov.</i> Pressing of Particle Boards of Enlarged Thickness. 4. Extraction of Gas-vapor Mixture from Particle Briquet.....	104
<i>R.N. Galiakhmetov, Yu. A. Varfolomeev, F. F. Galiakhmetova.</i> Evaluation of Operating Properties of Biologically Active Preparation.....	111

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

- M.M. Chemeris, N. P. Musko, V. V. Konshin, V. G. Shabalin.* Acidation of Lignocellulose Materials in Trifluoroacetic Acid Medium..... 116
- V.I. Komarov, G.F. Prokshin, I.B. Philippov.* Influence of Cooking Conditions on Stress-strain Behavior and Strength of Kraft-ethanol Pulp..... 122

METHODS AND PRACTICAL EXPERIENCE OF TEACHING

- A.A. Efremov, O.M. Sokolov, Yu.A. Varfolomeev.* Productive Training of Engineers in Students' Construction Teams (Based on the Example of Arkhangelsk Region)..... 132

SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- O.G. Morozova, N. N. Babaeva, S. M. Repyakh, S. V. Morozov, M. V. Rodionov.* Influence of Submerged Vegetable Residuals on Hydrochemical Mode of Cooling Pond at Berezovskaya Hydroelectric Station..... 140

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

- G.I. Redko.* Loaded Contribution in Theory and Practice of Forest Seed Science. 144
-



УДК 630*611

Н.П. Чупров

Чупров Николай Прокопьевич родился в 1931 г., окончил в 1954 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией экономики и организации лесного хозяйства СевНИИЛХа, член-корреспондент РАЕН, заслуженный лесовод России. Имеет более 160 печатных работ в области экономики лесного хозяйства и лесной промышленности, лесопользования и лесной таксации.



УРОВЕНЬ И ДИНАМИКА ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В ЛЕСАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

На основе многолетних отчетных данных приведены показатели объема и динамики лесозаготовок, действовавших расчетных лесосек. Проанализирован уровень их использования по периодам. Приведено районирование области по уровню интенсивности лесопользования в 1988 и 1999 гг. Показан объем неиспользованных лесных ресурсов.

лесопотребление, расчетные лесосеки, динамика, интенсивность лесопользования, зоны.

Архангельская область является крупнейшим в стране лесопромышленным регионом. Доля лесной промышленности в общем объеме промышленной продукции области составляет по годам от 40 до 45 %. Эта важная роль лесопромышленного комплекса сохраняется и при нынешнем общем упадке производства.

Базой существования и развития лесопромышленного комплекса являются лесосырьевые ресурсы – главное богатство области. Общий запас древесины в лесах гослесфонда области равен 2,14 млрд м³; в лесах, возможных для эксплуатации, – 2,11; спелых и старше спелых – 1,58; в ликвиде – 1,41; из них в хвойном хозяйстве – 1,36, в лиственном 0,05 млрд м³.

Потребление древесины зависит от объема производства, имеющих-ся древесных ресурсов и находится в постоянной динамике. За период с 1961 г. по 1975 г. потребление круглого леса в области всеми производствами увеличилось с 18,8 до 24,0 млн м³ (на 28 %). Однако в последующие 15 лет (1976–1990 гг.) оно снизилось на 2 млн м³ по сравнению с 1975 г. в результате уменьшения объема лесопильного производства, связанного с недостатком пиловочного сырья.

В прошлые десятилетия объем потребления древесины в большей мере зависел от объема ее заготовки. Перед перестройкой внутриобластной объем потребления круглого леса на технологические нужды (ЦБП, лесопиление, древесноплитное, фанерное производства), выработку рудничной

стойки, капитальное строительство, ремонт и в качестве топлива в целом достигал 22 млн м³.

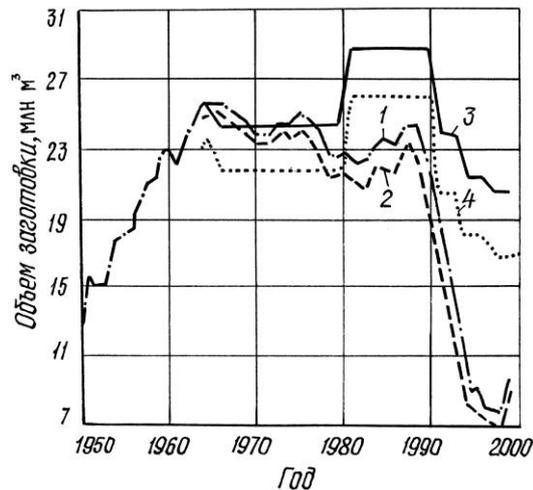
Леса области эксплуатируются давно и интенсивно. Вначале действовало правило «рубить по потребности». Концепция неистощительного пользования, предложенная лесной наукой, была отвергнута как не соответствующая принципам социалистического хозяйствования. Срок использования лесосырьевых баз устанавливали на время амортизации основных фондов лесозаготовительных предприятий, что вело к быстрому истощению лесосырьевых баз. Этот недостаток лесопромышленный комплекс остро ощутил в последнее десятилетие перед перестройкой. В тот период при нормировании лесопользования практически всегда в многолесных регионах применялись 1-я и 2-я возрастные расчетные лесосеки, ориентирующие на использование спелых лесов за 40 ... 60 лет, что не обеспечивало неистощительности пользования. При существовавшем тогда планировании стремились «выжать» из лесов все без учета перспективы.

Таблица 1

Год	Динамика расчетных лесосек и объема заготовки древесины, млн м ³					
	I группа		II группа		Итого	
	Всего	Хвойных	Всего	Хвойных	Всего	Хвойных
Утвержденные расчетные лесосеки						
1950	–	–	–	–	72,2	–
1965	1,2	1,1	24,3	22,0	25,5	23,1
1970	0,2	0,2	24,2	21,7	24,4	21,9
1975	0,2	0,2	24,2	21,7	24,4	21,9
1980	0,2	0,2	24,2	21,7	24,4	21,9
1985	3,6	3,5	25,2	22,7	28,8	26,2
1990	3,6	3,5	25,2	22,7	28,8	26,2
1992	2,9	2,8	21,0	17,9	23,9	20,7
1994	0,5	0,4	20,8	17,6	21,3	18,0
1996	0,5	0,4	20,8	17,6	21,3	18,0
1998	0,4	0,4	20,0	16,6	20,4	17,0
1999	0,4	0,4	20,0	16,6	20,4	17,0
Фактический объем заготовок (отпуск)						
1950	–	–	–	–	13,5	13,5
1965	0,1	0,1	25,4	25,3	25,5	25,5
1970	0,1	0,1	23,6	23,5	23,8	23,6
1975	–	–	25,3	24,9	25,4	24,9
1980	–	–	22,6	21,7	22,7	21,8
1985	0,1	0,1	22,7	21,7	22,8	21,8
1990	0,2	0,2	21,0	19,8	21,2	20,0
1992	0,2	0,2	16,1	14,9	16,3	15,1
1994	–	–	9,0	8,2	9,0	8,2
1996	–	–	7,9	7,1	7,9	7,1
1998	0,1	0,1	7,4	6,8	7,5	6,9
1999	0,1	0,1	9,6	8,5	9,7	8,6

Примечание. С учетом низкопроизводительных древостоев Va – Vб классов бонитета.

Рис. 1. Динамика расчетных лесосек и объема заготовки древесины в Архангельской области: 1 – объем рубки – всего; 2 – в том числе в хвойном хозяйстве; 3 – утвержденные расчетные лесосеки – всего; 4 – по хвойному хозяйству



Так, в 1950 г. была установлена расчетная лесосека по главному пользованию в размере 72,2 млн м³, ориентированная на краткосрочное использование лесов области (табл. 1, рис.1).

В дальнейшем расчетная лесосека была снижена до 25,5 млн м³ и действовала до 1966 г. Затем, в связи со значительным истощением спелых лесов в ряде лесхозов южной части области, она составила 24,4 млн м³ и существовала до 1981 г. При объеме рубки в то время 24,0 ... 25,5 млн м³ она перерубалась в целом по области в лесах III группы, особенно в ряде лесхозов, расположенных в южной и средней частях области. Лесосеки в них перерубались в 1,5-2,0 раза и более, особенно по хвойному хозяйству.

С 1981 г., вместо необходимого тогда снижения расчетной лесосеки, предлагавшегося наукой, центральные органы необоснованно повысили ее до 28,8 млн м³ (на 4,4 млн м³), в том числе по хвойному хозяйству до 26,1 млн м³. В главное пользование включили и притундровые леса, выполняющие важные климатозащитные функции. Этим повышением в основном были искусственно устранены перерубы, однако по некоторым лесхозам они все же имели место, хотя лесосека в целом по области не перерубалась. При такой интенсивности расчетный срок использования спелых лесов области составлял 50 лет, т. е. в 2-3 раза меньше срока выращивания. Эта расчетная лесосека действовала в течение 10 лет.

В 1991 г. утвердили расчетную лесосеку в размере 23,9 млн м³, на 4,9 млн м³ ниже предыдущей. Обоснованно выделили лесосеку по древостоям Va-Vб классов бонитета, которые фактически являются неэксплуатационными (3,6 млн м³). В 1994 г. расчетную лесосеку снизили до 21,3, а с 1997 г. – до 20,4 млн м³. Последняя очень близка к лесосеке неистощительного пользования лесом, рассчитанной и предложенной СевНИИЛХом. Однако в ней не учитывается смена пород и другие условия. В табл. 2 приведен размер расчетной лесосеки неистощительного неумещающегося (по хвойному хозяйству) лесопользования на начальное десятилетие, установленной

Таблица 2

Показатели	Лесосека, млн м ³					
	I группа лесов		III группа лесов		Итого	
	Всего	Хвойных	Всего	Хвойных	Всего	Хвойных
Лесосека неистощительного пользования						
Лесосека в целом	2,1	1,7	17,6	13,9	19,7	15,6
В том числе в лесах Va – Vб классов бонитета	0,4	0,4	1,0	1,0	1,4	1,4
Утвержденная расчетная лесосека (1998 г.)						
Лесосека в целом	0,4	0,4	20,0	16,6	20,4	17,0
В том числе в лесах Va – Vб классов бонитета	–	–	2,0	2,0	2,0	2,0

СевНИИЛХом [1, 2] и ныне действующей (1998 г.). На рис. 2 показана возможная динамика за оборот рубки лесосек, рассчитанных с учетом смены пород и лесохозяйственных мероприятий. Лесосека неистощительного пользования, предложенная авторами, обеспечивает неумножаемость лесопользования в течение всего оборота рубки и, что очень важно, по хвойному хозяйству. В то же время возрастные лесосеки чрезмерно колеблются, резко снижаясь по хвойному хозяйству. Без учета влияния лесохозяйственных мероприятий они несколько ниже. Общий размер расчетных лесосек близок (табл. 2). Однако по хвойному хозяйству расчетная лесосека неистощительного пользования на 1,4 млн м³ ниже утвержденной, что является следствием учета смены пород.

По годам прослеживается следующая динамика объема заготовки древесины. Если в 1950 г. он составил всего 13,5 млн м³, то в 1964–1965 гг. возрос до 25,5 млн м³. Объем, близкий к этому уровню (24,6 ... 25,5 млн м³), держался до 1969 г., после чего в 1970–1972 гг. был равен 23,7 млн м³. В

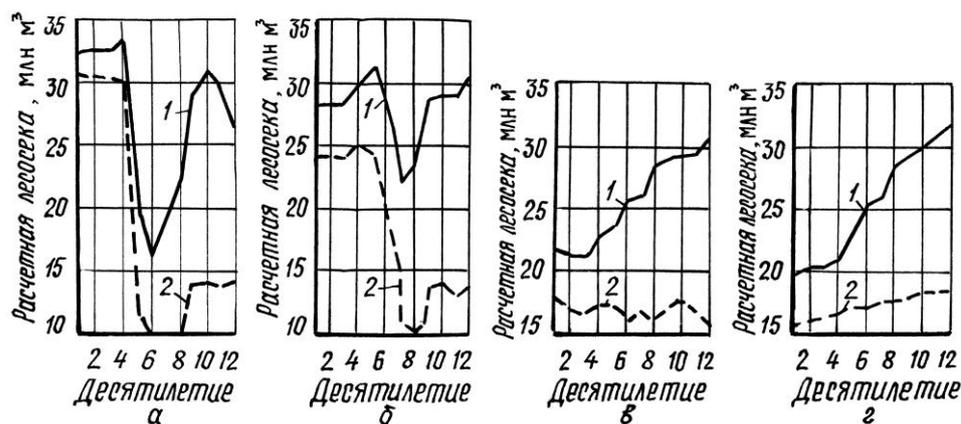


Рис. 2. Размер и динамика расчетных лесосек: а – лесосека 1-я возрастная; б – 2-я возрастная; в – по обороту рубки; г – неумножающегося пользования; 1 – лесосека в целом; 2 – в хвойном хозяйстве

1973–1976 гг. объем заготовки древесины вновь вырос до 24,6 ... 25,4 млн м³; в дальнейшем, в период с 1977 г. по 1989 г., несколько снизился и колебался по годам от 24,1 до 22,1 млн м³ (см. табл. 1, рис.1).

В период перехода к рыночной экономике в связи с общим упадком производства в области потребление древесины резко снизилось и в последние годы составило 8 ... 9 млн м³. В этот же период значительно уменьшился и объем заготовки древесины: от 23,3 млн м³ в 1989 г. до 7,9 ... 7,5 млн м³ в 1996–1998 гг. В последние годы (1999–2000 гг.) он составил 9,7 млн м³. Вероятно, эта тенденция в перспективе сохранится в связи с постепенным возрождением лесопотребляющих производств.

Освоение утвержденных расчетных лесосек главного пользования имеет следующие особенности (см. табл. 1). До 1970 г. расчетная лесосека в целом не перерубалась, использовалась на 98 ... 100 %. По хвойному хозяйству она постоянно перерубалась на 10 %, в лесах же I группы не использовалась и наполовину. В период с 1970 г. по 1980 г. расчетная лесосека в целом осваивалась на 93 ... 104 %, а по хвойному хозяйству перерубалась на 8 ... 14 %. Соответственно только на 36 % осваивалась расчетная лесосека по лиственному хозяйству и совсем не использовалась в лесах I группы. В 1985–1990 гг., в связи с неоправданно резким увеличением расчетной лесосеки (с 24,4 до 28,8 млн м³), переруба в целом по области не наблюдалось. В первые годы перестройки (1991–1993 гг.) вследствие общего падения производства при снижении расчетной лесосеки с 28,8 до 23,9 млн м³ объем лесозаготовок составил 75 ... 51 %. В дальнейшем, в 1994–1998 гг., использование расчетной лесосеки уменьшилось до 42 ... 37 %, в 1999 г. повысилось до 47 %.

Для области характерно крайне неравномерное размещение лесопользования по территории. До перестройки чрезмерно интенсивно осваивались леса, прилегающие к железнодорожным магистралям и крупным сплавным рекам. В ряде лесхозов утвержденные лесосеки перерубались в 2-3 раза, а срок использования лесосырьевых баз не превышал 10 ... 20 лет. В то же время из-за отсутствия путей транспорта слабо осваивались леса северо-востока области.

На основе фактических отчетных данных по состоянию на 1988 г. (до перестройки) автором по степени освоения расчетных лесосек неистощительного пользования выделены три зоны интенсивности лесопользования (рис. 3, а, табл. 3):

- 1) избыточной – расчетная лесосека в целом используется на 80 ... 100 % и более, по хвойному хозяйству на 111 % и более;
- 2) нормальной – соответственно 80 ... 100 и 81 ... 110 %;
- 3) недостаточной – в целом 70 % и менее.

Зона избыточного лесопользования занимала в то время 67 % лесной площади области, а расчетная лесосека неистощительного пользования перерубалась в среднем на 44 %, в том числе по хвойному хозяйству на 70 %.

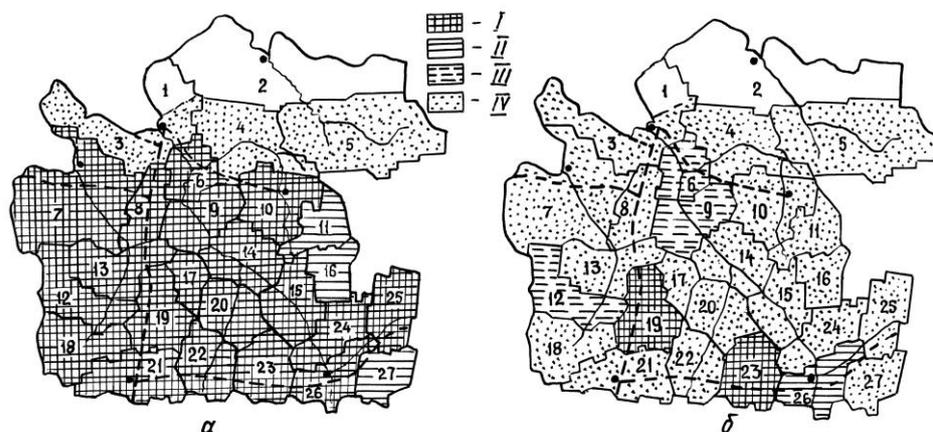


Рис. 3. Зоны интенсивности лесопользования: *a* – по состоянию на 1988 г.; *б* – на 1999 г.; *I* – избыточно-интенсивного; *II* – нормальной; *III* – недостаточной; *IV* – очень низкой интенсивности; 1 – Архангельский лесхоз; 2 – Мезенский; 3 – Северодвинский; 4 – Пинежский; 5 – Лешуконский; 6 – Холмогорский; 7 – Онежский; 8 – Обозерский; 9 – Елецкий; 10 – Карпогорский; 11 – Сурский; 12 – Приозерный; 13 – Плесецкий; 14 – Березниковский; 15 – Верхнетоемский; 16 – Выйский; 17 – Пуксосерский; 18 – Каргопольский; 19 – Няндомский; 20 – Шенкурский; 21 – Коношский; 22 – Вельский; 23 – Устьянский; 24 – Красноборский; 25 – Яренский; 26 – Котласский; 27 – Вилегодский; 28 – Соловецкий

Зона низкой интенсивности лесопользования занимает 22 % лесной площади. Расчетная лесосека неистощительного пользования здесь недорубалась в целом на 45, а по хвойному хозяйству на 41 %. Зона нормальной интенсивности занимала меньше 11 % лесной площади.

В последние же годы, в связи со снижением объема лесозаготовок в 2,0–2,5 раза, положение изменилось. В табл. 3 и на рис. 3, *б* приведено районирование лесов области по интенсивности лесопользования по состоянию на 1999 г., аналогичное приведенному за 1988 г. Выделены четыре зоны интенсивности лесопользования:

- 1) избыточной – расчетная лесосека неистощительного лесопользования в целом используется на 81 ... 100 % и более; по хвойному хозяйству – на 111 % и выше;
- 2) нормальной – 80 ... 100 и 81 ... 110 %;
- 3) недостаточной 60 ... 80 и 70 ... 80 %;
- 4) очень низкой – в целом 59 % и ниже; по хвойному хозяйству 69 % и ниже.

Зона избыточного лесопользования в настоящее время занимает лишь 8 % лесной площади области (Няндомский и Устьянский лесхозы). Здесь расчетная лесосека в целом хотя и недорубается, но по хвойному хозяйству имеет место большой переруб (121 %). Зона нормальной интенсивности составляет всего 2 % лесной площади области (Котласский лесхоз).

Таблица 3

Зона интенсивности лесопользования	Процент лесной площади	Процент использования расчетной лесосеки неистощительного пользования	
		в целом	по хвойному хозяйству
1988 г.			
Избыточной	67	144	179
Нормальной	11	91	102
Недостаточной	22	55	59
Итого	100	124	148
1999 г.			
Избыточной	8	85	121
Нормальной	2	99	110
Недостаточной	7	67	76
Очень низкой	83	42	46
Итого	100	49	55

Здесь лесосека используется на 99 % в целом и на 110 % в хвойном хозяйстве.

Зона недостаточной интенсивности также невелика – лишь 7 % лесной площади. Расчетная лесосека в ней используется в целом на 67, по хвойному хозяйству на 76 %. Наибольший процент лесной площади (83 %) занимает зона очень низкой интенсивности лесопользования, где лесосека в целом осваивается только на 42, а по хвойному хозяйству на 46 %. На долю зон с недостаточным и очень низким уровнем лесопользования вместе приходится 90 % лесной площади области. В целом по области в 1999 г. расчетная лесосека неистощительного пользования лесом была использована на 49, в том числе по хвойному хозяйству на 55 %.

В настоящее время неосвоенные ежегодные ресурсы древесины по главному пользованию составляют в сравнении с утвержденной расчетной лесосекой 10,7, в том числе по хвойному хозяйству 8,4 млн м³, а в сравнении с расчетной лесосекой неистощительного пользования соответственно 10,0 и 7,0 млн м³. Это большой резерв развития всех производств лесопромышленного комплекса, подъема экономики области в целом, повышения занятости и благосостояния населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чупров Н.П., Антуфьева Е.Д. Методическое пособие для многовариантных производственных расчетов неистощительного пользования лесом. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1991. – 30 с.

2. Чупров Н.П. и др. Рекомендации по установлению размера неистощительного пользования лесом на Европейском Севере (Архангельская, Вологодская, Мурманская области и Республика Коми) / Н.П. Чупров, Е.Д. Антуфьева, Т.П. Ярунова, В.Б. Шунина. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2000. – 34 с.

СевНИИЛХ

Поступила 30.08.2000 г.

N.P. Chuprov

**Level and Dynamics of Forest Management in Forests
of Arkhangelsk Region**

Based on long-term returns the indices on volume and wood felling dynamics for actual planned cutting are presented, the level of their use in periods is analyzed. The division of region into districts according to the intensity level of forest management in 1988 and 1999 is given. The volume of unused forest resources is shown.

УДК 630*9:630*1.001.891:630*2:630*187

А.М. Невидомов, Н.В. Петухов

Невидомов Алексей Михайлович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Горьковский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. директора Государственного научно-исследовательского предприятия по подсочке леса и лесохимическому сырью «Янтарь». Имеет более 30 научных трудов и внедрений НИР в лесохозяйственное производство.



Петухов Николай Васильевич родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Брянский технологический институт, начальник Поволжского государственного лесостроительного предприятия, заслуженный лесовод России. Имеет 6 печатных трудов в области лесостроительного проектирования, оценки лесов и организации лесного хозяйства.



**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЛЕСОВ
НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ
КАК ОСНОВА РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ
СИСТЕМЫ НЕОТЛОЖНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
ПО ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

Разработана программа экологического мониторинга лесов Нижегородской области. Обоснована принципиальная необходимость организации и ведения лесного хозяйства в соответствии с генетической типологией. Сформулированы главные направления систем лесохозяйственных мер по поддержанию экологического баланса и оптимизации природной среды. Отражена взаимосвязь между природным равновесием и экономической эффективностью устойчивого развития и управления лесным комплексом.

биологическое разнообразие, лесохозяйственные районы, антропогенные изменения, классификации, типологии, мониторинг экологический, лесной.

На территории Нижегородской области в силу ее особого географического положения представлены фактически все основные лесорастительные зоны европейской части России. Здесь проходят границы ареалов многих лесобразующих пород, а в целом леса Нижегородского Поволжья бесспорно являются значительным резерватом биологического разнообразия. В свое время они явились фактической научной базой для разработки В.В. Докучаевым закона мировой природной зональности.

Эти леса при современном их состоянии могут, по нашему мнению, служить с достаточной степенью достоверности общей моделью для анали-

за антропогенных изменений и реальных путей оптимизации природной среды во избежание тяжелых экологических последствий. Леса Нижегородской области, как и всей европейской России, подвергаются значительному антропогенному воздействию, последствия которого можно систематизировать и конкретизировать по накопившимся проблемам на примере выделенных лесохозяйственных районов.

Пихтово-еловый. Вторичные березняки в северных районах области (послепожарного, как правило, семенного и порослевого или смешанного после концентрированных рубок происхождения) в очередной раз подвергаются активной эксплуатации путем проведения как сплошных, так и несплошных рубок, требуют изучения лесовосстановительного процесса. Здесь наметилась также тенденция деградации коренных пихтово-еловых древостоев к 150-летнему возрасту даже на площадях, исключенных из хозяйственного воздействия (заказники, памятники природы и др.) со сменой на мягколиственные (липа, осина) в сложных типах ельников, что противоречит их естественно-генетическому ряду развития.

Приволжский сосновый. Пирогенные сукцессии в основном сосновых лесов. Переход территории в степную.

Сосново-широколиственный. Проблемы защиты почв и особенности восстановительно-возрастной динамики древостоев.

Широколиственный. Противозероизонное значение лесов. В настоящее время преобладают вторичные березовые и осиновые леса. Имеющиеся хвойные древостои в основном искусственного происхождения на месте естественных насаждений с преобладанием дуба. В связи с происходящей массовой деградацией естественных дубовых древостоев остро встает вопрос о восстановлении дубрав (дубняков) или первоначально (на первом этапе демутации) липняков.

Имеет место также массовая деградация интразональных долинных лесов во всех лесорастительных зонах. Между тем особое экологическое значение пойменных лесов заключается в регулировании стока рек и уровня грунтовых вод, т. е. гидрологического режима в долине [22], отчего в конечном счете возникает острая экологическая проблема водности больших и малых рек [23]. Восстановление условно-коренных типов пойменных лесов – один из важнейших ключей к решению этой проблемы [24].

Общим итогом антропогенных изменений в лесах области является угрожающая тенденция смены ценных хвойных (пихтово-еловые, сложные типы еловых, а также сосновых) и твердолиственных дубовых лесов менее ценными мягколиственными. При этом не следует сбрасывать со счетов тот факт, что при массовой смене сложных хвойных и твердолиственных лесов простыми мягколиственными снижается на целый порядок степень биологического разнообразия экологических систем*. Поэтому нужны неотлож-

* Как известно, при системном подходе основной закон кибернетики – это закон необходимого разнообразия Винера – Шеннона – Эшби, который гласит о

ные меры по преодолению этой негативной тенденции и стабилизации естественного лесообразовательного процесса.

С точки зрения современной Международной концепции биоразнообразия следует разработать и внедрить принципиально новые методы лесовосстановления взамен применяемой в настоящее время в массовом масштабе системы монокультур, снижающей уровень биоразнообразия и соответственно гомеостаз (устойчивость) лесных экосистем. Необходимы комбинированные методы лесовосстановления (культуры со смешанным ассортиментом древесных и кустарниковых пород, подпологовые, созданные путем реконструкции, насаждения из подроста), максимально использующие возможности потенциальной биологической продуктивности каждого диагностированного типа условий местопроизрастания.

Цель и задачи исследований заключались в следующем.

1. Разработать построенную на единых экологически обоснованных принципах географо-генетическую (эколого-генетическую, динамическую) классификацию типов леса на примере Нижегородской области в целом. Данная классификация должна отражать, с одной стороны, эколого-географические особенности лесорастительных условий различных природно-климатических зон (семиаридная, гумидная), с другой – историю происхождения и перспективы развития древесно-кустарниковой растительности. Такого рода классификация, отражающая одновременно географию и генезис лесов (т. е. изменение их в пространстве и во времени под влиянием, как естественных, так и антропогенных факторов), представляет собой зонально-типологическую основу.

2. Разработать перспективные меры ведения хозяйства по типам леса, с широким экологическим охватом. В схему географо-генетической (динамической) классификации должны попасть не только покрытые лесом, но и безлесные участки лесного фонда. При этом подход к лесовосстановлению должен быть комбинированным с использованием всех потенциально возможных особенностей естественного лесовозобновления и созданием лесных культур на участках с подходящими лесорастительными условиями, где возможности естественного возобновления затруднены (длительно- и устойчиво-производные безлесные участки).

Неотложный перевод ведения лесного хозяйства на четко экологически обоснованный зонально-типологический базис является, по всей видимости, единственным разумным выходом из сложной экологической ситуации, в которой оказались леса в настоящее время.

Методика. Исследования проводили по общепринятой методике [10, 17, 20]. При этом учитывали, что к антропогенно перегруженным лесам малоприменимы в чистом виде принципы классификаций В.Н. Сукачева и П.С. Погребняка, так как ни одна из них не отражает динамики. Современную

том, что относительная устойчивость любой системы гарантируется только поддержанием достаточного уровня (степени) разнообразия ее элементов.

лесную типологию нужно рассматривать как динамическую, или генетическую [1–6, 8–9, 11–16, 18, 19]. Причем, как справедливо отмечают П.Н. Датунишвили и др. [4, с. 8], динамическая типология оправдывает себя только тогда, когда в ее основе лежит генетическая классификация типов леса. В практических целях лесохозяйственного производства, учитывая исключительно высокую современную динамичность экосистем, тип леса предпочтительно рассматривать как крупное по объему и комплексное по содержанию понятие, близкое к формулировке Б.П. Колесникова [8, 9]. В самой общей форме тип леса в трактовке Б.П. Колесникова [9, с. 7–8] определяется «как этап (или звено) лесообразовательного процесса, протекающего в границах некоторого типа лесорастительных условий (тип экотопа) и на территории определенного лесорастительного (физико-географического) района, за отрезок времени, равный продолжительности жизни хотя бы одного поколения лесообразующей древесной породы». При классификации вырубок и гарей целесообразно использовать основные положения учения о типах вырубок и гарей И.С. Мелехова [13, 14]. При диагностике длительно- и устойчиво-производных безлесных участков, не попадающих в интегрированную онтоценогенетическую систему типа леса в трактовке Б.П. Колесникова [8, 9], удобно использовать принципы целевой типологии лесов, разработанной в Германии [25], т. е. классифицировать данные участки по их целевому лесокультурному назначению.

Планируемые результаты исследований сводятся к следующему.

1. Разработка построенной на единых географо-генетических (эколого-генетических, динамических) принципах типологии лесов (на примере Нижегородской области в целом). К сожалению, в настоящее время нет такой динамической типологии, отражающей на базе общего лесорастительного районирования как естественные, так и антропогенные сукцессии лесов. Имеются различные подходы к принципам классификаций в разных регионах. Существующие классификации зачастую не отражают последствий антропогенной динамики, а в связи с острой экологической ситуацией этот вопрос приобретает первостепенное значение. Единая генетическая (динамическая) классификация типов лесов Нижегородского Поволжья, охватывающая их изменения в пространстве и во времени, позволит взять под контроль экологическую ситуацию и послужит экологически обоснованным базисом для организации ведения лесного хозяйства на зонально-типологических принципах.

2. При классификации лесорастительных условий также удобно пользоваться следующей дефиницией Б.П. Колесникова [8]: тип лесорастительных условий объединяет типы леса и типы условий местопроизрастания в пределах одного генетического ряда развития. Таким образом, в генетическую (динамическую) типологию лесов вносится важнейший экологически-прогностический момент, качественно (существенно) отличающий ее от всех классификаций. Констатация типа леса как звена определенного генетического ряда, сопряженного с данным типом экотопа, позволяет организовать экологически дифференцированное целевое ведение лесного хозяй-

ства, направленное на восстановление экотопического климаксового цикла лесной растительности*.

Учитывая сильнейшие антропогенные нарушения лесов Нижегородской области, в ряде случаев уже не представляется возможным восстановить экотопический климаксовый цикл. Нельзя не учитывать также тот факт, на который обращают внимание В.С. Ипатов, Г.Г. Герасименко [6], что заранее заданные признаки экотопа лишь предварительные и корректируются после построения рядов динамики, потому что биотоп изменяется по мере развития биоценоза. Но в любом случае восстановить хотя бы биотопический климакс при четком знании экологических условий нам под силу. Иными словами, в современных условиях нужно четко и ясно представлять потенциальные экологические возможности каждого типа лесорастительных условий.

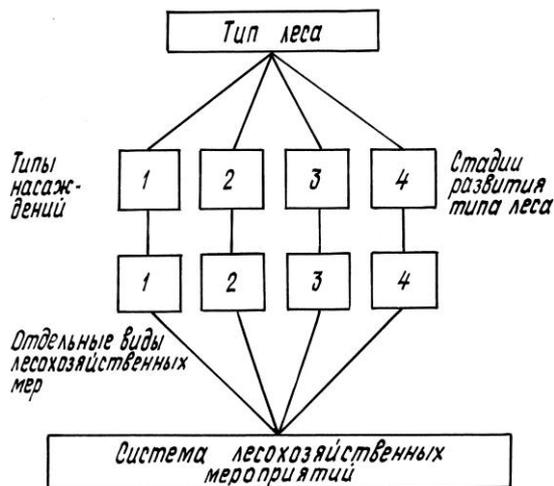
3. Таким образом, для повышения комплексной (интегральной)** продуктивности лесов требуется провести большие работы по реконструкции малоценных насаждений и освоению имеющегося лесокультурного фонда, где эффективность искусственного лесовосстановления во многом будет определяться правильным подбором ассортимента древесных и кустарниковых пород на лесотипологической (экологической) основе. Поскольку детальные почвенные обследования в каждом таксационном выделе вряд ли экономически возможны, нужную экологическую информацию о специфике лесорастительных условий может дать метод фитоиндикации, тщательная разработка которого явится одним из основных итогов нашей работы, имеющих достаточно высокую экономическую эффективность. Сошлемся на ставшую классической формулировку одного из основоположников экологии растений Б.А. Келлера: «Растительность – чуткий реагент на условия среды и едва ли не самое лучшее средство для бонитировки почв». При тщательной разработке системы фитоиндикации пестрых, мозаичных и динамичных лесорастительных условий необходимо учитывать следующие моменты. Роль растений-индикаторов в разных природно-

* Понятие «экотопический климаксовый цикл» мы используем в смысле, предложенном В.С. Ипатовым и Г.Г. Герасименко [6]. Он представляет собой последовательность стадий в связи с развитием древостоя и сменой поколений без каких-либо внешних нарушений на протяжении жизни нескольких поколений главной лесообразующей породы. Для производных лесов (некоторые сосняки, в частности в Нижегородской области травяные, а также осинники, березняки, липняки) мы берем у этих же авторов понятие биотопического климакса. Оно включает в себя все стадии развития производных пород, когда древостой полностью развит, реализовал все свои возможности в формировании биотопа как эдификатор, а сменяющая коренная порода еще отсутствует или не проявила своих эдификаторных свойств.

** Понятие комплексной (интегральной) продуктивности берется нами из концепции И.С. Мелехова [15], включающей все виды продуктивности леса: древесную, биологическую.

климатических зонах меняется. Так, по данным Л.О. Карпачевского [7], багульник из показателя пятого (ультрагигрофильного, т. е. мокрого – болото) гигротопа в Полесье превращается в индикатор первого (мезоксерофильного, сухого) гигротопа на вулканических сезонно-мерзлотных почвах Камчатки. Как точно отмечает акад. РАСХН И.С. Мелехов [14, с. 336], «дать уникальную классификацию типов леса, которая соответствовала бы условиям, например, Белоруссии и Приморского края, Якутии и Грузии больше, чем местные классификации, вряд ли возможно. Для страны в целом нужна обобщенная классификация типов леса, хотя бы самая простейшая в виде единой принципиальной основы, но учитывающая лесорастительное районирование и опыт лесотипологического изучения в различных природных регионах, а также и важнейшие теоретические положения лесной типологии, разработанные разными научными школами». Эту задачу мы и ставим своей целью решить на примере феномена лесов Нижегородской области.

4. Планируемая экономическая и социально-экологическая эффективность (см. рисунок):



Принципиальная схема организации ведения лесного хозяйства на лесотипологической основе географо-генетической классификации

а) при лесоустройстве использование генетической (динамической, эколого-генетической) лесной типологии в процессе таксации насаждений. Это значительно облегчит труд таксатора и сократит потерю времени на производство необходимых натурных наблюдений;

б) дешевый метод фитоиндикации, представляющий экологически обоснованную диагностику типов лесорастительных условий, сокращающий трудоемкие и дорогие приемы почвенного обследования;

в) проведение всех объемов лесовосстановления только на зонально-типологической (экологической) основе и только в тех типах условий местопроизрастания, в которых сложившиеся лесорастительные условия

благоприятствуют созданию лесных культур. Эти оптимальные лесорастительные условия также можно выявить методом фитоиндикации по характеру естественной растительности (ксеромезофитные, мезофитные и гигромезофитные растительные сообщества – фитоценозы);

г) экологически обоснованное на базе географо-генетической (динамической) типологии определение мест лесовосстановительных рубок и возраста главной рубки через раскрытие онтоценогенетических закономерностей древостоев, обеспечивающих возобновление главной (целевой) породы;

д) экономически и экологически эффективная реконструкция малоценных насаждений за счет перевода в ряде случаев производных древостоев в коренные типы леса с более ценной главной породой. Пути перевода можно обеспечить режимом воздействия при эколого-генетическом (динамическом) лесотипологическом подходе, включающем систему главных рубок, рубок ухода, хозяйственное влияние на предварительное возобновление, введение подпологовых культур. Все это можно эффективно выполнить только на основе познания закономерностей лесообразовательного процесса, биотопического и экотопического климатического цикла;

е) значительно облегченная разработка системы мер содействия естественному возобновлению и технологий лесокультурных работ на свободных от леса площадях в границах тех же лесорастительных условий, которыми характеризуются коренные типы древостоев, в частности при применении типологии вырубков и гарей на базе динамической (генетической) классификации типов леса.

Лесоэкологические и лесохозяйственные выводы. Основой формирования системы неотложных мероприятий по оптимизации природной среды является реализация следующих программных положений.

1. Максимальное использование потенциальных возможностей типов лесорастительных условий (ТЛУ) для производства всех полезностей леса.

2. Уточнение классификации типов леса с учетом антропогенной динамики.

3. Уточнение режима лесопользования, а именно интенсивности и способов изъятия ресурсов, в первую очередь древесины.

4. Разработка системы лесохозяйственных мероприятий для эффективного восстановления полезностей лесов.

5. Разработка комбинированной системы лесокультурных работ взамен практикующейся до сих пор массовой системы монокультур, резко снижающей степень биоразнообразия и в конечном итоге вызывающей гомеостаз лесных систем на всех уровнях (локальный, региональный, глобальный).

6. Реализация программных положений Международной «Конвенции о биологическом разнообразии», принятой на конференции ООН по окружающей среде в Рио-де-Жанейро и подписанной в том числе и Россией-

ской Федерацией как одной из договаривающихся сторон. Их учет при решении практических задач организации и развития лесного хозяйства может активно влиять на регулирование биоразнообразия как одного из важнейших компонентов устойчивого развития лесных экосистем.

7. Разработка и внедрение в практику лесного хозяйства специальной системы лесохозяйственных мер, направленной на ускорение естественного лесообразовательного процесса, т. е. восстановление коренных типов леса. Для этого потребуется более точный учет и оценка подроста. Каждому целевому коренному типу леса должна соответствовать своя, вполне определенная система лесохозяйственных мероприятий, ставящая целью при данных экономических условиях наиболее полное и рациональное использование лесов; отдельным же восстановительно-возрастным стадиям развития типа леса (типам насаждений, типам лесных биогеоценозов) должны отвечать конкретные виды лесохозяйственных мер, в совокупности составляющие систему (см. рисунок).

К ним относятся способы главной рубки, меры содействия возобновлению на вырубках, рубки ухода, санитарные рубки и т. д.

Таким образом, экологический мониторинг лесов на примере Нижегородской области охватит три уровня:

1) локальный (местный) на постоянных пробных площадях и при анализе имеющихся проектов организации и ведения лесного хозяйства в лесхозах;

2) региональный – связь пробных площадей экологическими маршрутами и обобщение полученных данных по лесорастительным районам;

3) частично биосферный, поскольку, во-первых, по физико-географическим характеристикам это типичный район средней полосы европейской России с современными проблемами экологии; во-вторых, сложившийся социально-экономический феномен области является по существу одной из важнейших базовых моделей рыночных реформ как основы интеграции Российской Федерации в мировое экономическое сообщество. Крайне важно, чтобы не был причинен ущерб мировому сообществу, так как леса России являются по существу легкими Европы. (На долю России приходится почти пятая часть всех лесов мира и более половины хвойных древостоев планеты [21], поэтому усилившаяся за последние пять лет тенденция увеличения доли малоценных мягколиственных лесов в структуре лесного фонда России должна насторожить как ЕЭС, так и мировое сообщество в целом).

Только лесной мониторинг как важнейшая составная часть экологического может послужить единственным в полной мере объективным фундаментом корректировки концепции развития лесного хозяйства Нижегородского Поволжья и базой для разработки и внедрения экологически обоснованных систем мероприятий оптимизации природной среды региона по двум основным направлениям:

1) сохранение биологического потенциала лесных экосистем (чего одного сегодня уже крайне недостаточно);

2) реальное при заданных экономических возможностях восстановление антропогенно нарушенных биогеоценозов там, где они уже вышли за рамки качественной устойчивости биологических систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буш К.К., Иевинь И.К. Некоторые аспекты развития динамической типологии леса//Современные исследования типологии и пирологии леса. – Архангельск, 1976. – С. 3–6.
2. Васильев Н.Г. Долинные широколиственные леса Сихоте-Алиня. – М.: Наука, 1977. – 116 с.
3. Васильев Н.Г. Ясеновые и ильмовые леса советского Дальнего Востока. – М.: Наука, 1979. – 320 с.
4. Датунишвили П.Н., Махатадзе Л.Б., Михайлов Ю.Д. Экологические основы организации хозяйства в горных лесах. – М.: Агропромиздат, 1986. – 160 с.
5. Динамическая типология леса: Сб. тр. ВАСХНИЛ / Под ред. И.С. Мелехова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 220 с.
6. Ипатов В.С., Герасименко Г.Г. Основные теоретические подходы к динамической типологии леса // Лесоведение. – 1992. – № 4. – С. 3–9.
7. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 264 с.
8. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока // Тр. ДВФ им. В.Л. Комарова. Сер. бот. – М.; Л.: Изд. АН СССР, 1956. – Т. 2 (4). – 261 с.
9. Колесников Б.П. Генетический этап в лесной типологии и его задачи // Лесоведение. – 1974. – № 2. – С. 3–20.
10. Лесотаксационный справочник / Сост. Б.И. Грошев и др. – 2-е изд., перераб. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 288 с.
11. Манько Ю.И. Пихтово-еловые леса северного Сихоте-Алиня. – Л.: Наука, 1967. – 244 с.
12. Манько Ю.И. Ель аянская. – Л.: Наука, 1987. – 280 с.
13. Мелехов И.С. Лесоведение и лесоводство. – М.: МЛТИ, 1972. – 178 с.
14. Мелехов И.С. Лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 408 с.
15. Мелехов И.С. Лесоводство. – М.: Агропромиздат, 1989. – 302 с.
16. Набатов Н.М. Об этапах образования типа леса // Лесн. журн. – 1974. – № 4. – С. 10–16. – (Изв. высш. учеб. заведений).
17. Программа и методика биогеоценологических исследований. – М.: Наука, 1974. – 403 с.
18. Рысин Л.П. Современные проблемы лесной типологии// Современные проблемы лесной типологии. – М.: Наука, 1985. – С. 11–14.
19. Смолоногов Е.П., Кирсанов В.А. Современное состояние и пути совершенствования использования лесной типологии в лесоустройстве и в лесном хозяйстве // Там же. – С. 75–80.
20. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. АН СССР, 1961. – 144 с.
21. Шубин В.А. Основные проблемы развития лесного хозяйства и задачи лесной науки// Лесн. хоз-во. – 1996. – № 2. – С. 2–4.
22. Newidomow A.M. Eine grüne Oase. Besondere ökologische der Auenwälder an der Niederwolge // Nachrichten. – 1993. – N 24 (89). – S. 3.

23. *Newidomow A.M.* Wolga SOS! Was soll man unternehmen, um die Wolga zu retten // Nachrichten. – 1994. – N 2 (91). – S. 3.

24. *Newidomow A.M.* Realer Ausweg aus ökologischer Krise an der Niederwolga// Nachrichten. – 1994. – N 7 (96). – S. 3.

25. *Schwanecke W., Kopp D.* Standortliche Anbauwürdigkeit von Bestockungszieltypen für den Wald der DDR// Beiträge für Forstwirtschaft. – 1985. – N 2. – S. 51–62.

Федеральное государственное
научно-исследовательское предприятие
по подсочке леса и лесохимическому сырью «Янтарь»

Поволжское государственное
лесоустроительное предприятие

Поступила 02.10.2000 г.

A.M. Nevidomov, N.V. Petukhov

**Ecological Monitoring of Forests of Nizhny Novgorod Region as Basis
for Development and Implementation of Priority Measures on
Optimization of Natural Environment**

The programme of ecological monitoring of forests in the Nizhny Novgorod region is developed. The principal necessity of forest organization and management is substantiated according to genetic typology. The main directions of forestry measures are formulated for maintaining the ecological balance and optimization of natural environment. The interconnection between natural balance and economic efficiency of sustainable forestry and forest complex management is reflected.

УДК 632.4:674.031.632.26

Б.П. Чураков, Л.Р. Алеева

Чураков Борис Петрович родился в 1939 г., окончил в 1962 г. Московский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей экологии Ульяновского государственного университета, почетный работник высшего образования РФ. Имеет около 100 печатных работ в области лесной фитопатологии и микологии.



Алеева Лилия Равильевна окончила Ульяновский государственный университет, аспирант кафедры общей экологии УлГУ. Имеет 4 печатные работы в области лесной фитопатологии.



СТРУКТУРА ДУБОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПОРОСЛЕВОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ В ДУБРАВАХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Выявлен характер распределения деревьев по категориям состояния. Исследована связь состояния деревьев с зараженностью патогенными грибами и порослевой способностью. Изучена подверженность морозам поросли, зараженной мучнистой росой.

состояние деревьев, шестибальная шкала, порослевая способность, мучнистая роса, рекреация, нормальные распределения.

Деградация и усыхание дубрав обусловлены сложным комплексом взаимосвязанных факторов, действие которых часто проявляется в течение длительного времени. Последовательность их воздействия в конкретных насаждениях может быть различной, но в любом случае результатом будет снижение жизнеспособности и ослабление деревьев.

В качестве основного обобщающего показателя некоторые исследователи используют категории состояния деревьев и насаждения в целом [4, 6].

Цель данной работы – изучить структуру дубовых насаждений и возможности их порослевого возобновления в разных лесорастительных условиях в зависимости от состояния деревьев.

В соответствии с поставленной целью выявляли характер распределения деревьев по категориям состояния в связи с их зараженностью патогенными грибами, порослевой способностью, подверженностью морозам поросли, пораженной мучнистой росой.

Исследования проводились в 1994–2000 гг. в порослевых дубовых насаждениях Кузоватовского лесхоза Ульяновской области в трех типах леса: дубняк травяной, липовый и лещинный.

Дубняк лещинный: состав 7Д2С1Л, ед. Кл, подлесок из лещины обыкновенной, бересклета бородавчатого, немногочисленный подрост клена остролистного, липы мелколистной, дуба черешчатого, поросль дуба и липы. Класс бонитета V, класс возраста порослевого дуба VI, полнота 0,7, средняя высота деревьев дуба 10,8 м, средний диаметр 14,5 см.

Дубняк липовый: состав 6Д3Л1Кл, ед. С, подлесок из лещины, бересклета бородавчатого, рябины обыкновенной; подрост многочисленный из клена, липы, частично дуба, поросль липы и дуба. Класс бонитета V, класс возраста порослевого дуба VI, полнота 0,7, средняя высота деревьев дуба 11,3 м, средний диаметр 15,2 см.

Дубняк разнотравный: состав 6Д3С1Л, ед. Кл, подлесок из лещины, ракитника, бересклета, подрост из липы и дуба. Класс бонитета V, класс возраста VI, средняя высота деревьев 11,1 м, средний диаметр 15,0 см.

В качестве представителей микобиоты изучались факультативные сапротрофы: дубовый трутовик (*Inonotus dryophilus* (Berk)) и ложный дубовый трутовик (*Phellinus robustus* (Karst.) Bourd. et Galz.); облигатный паразит-возбудитель мучнистой росы (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl).

Для анализа распределения деревьев дуба по категориям состояния в каждом типе леса закладывали по шесть безразмерных пробных площадей по 100 деревьев. На каждой пробной площади производили сплошной пере-чет деревьев с подразделением по шести категориям состояния, определен-ным по несколько измененной нами шестибальной шкале Н.Н. Селочник [6]:

I – внешне здоровое дерево без признаков ослабления, с густой темно-зеленой кроной; сухих веток в кроне не более 25 %;

II – ослабленное дерево с несколько изреженной кроной, иногда светло-зеленого цвета; сухих веток в кроне от 25 до 50 %;

III – сильно ослабленное дерево с редкой кроной, иногда более мелкими листьями, желтоватой окраской листвы; сухих веток от 50 до 75 %, возможна суховершинность;

IV – усыхающее дерево с очень редкой желтеющей кроной, иногда состоящей из одной-двух скелетных ветвей или только из водяных побегов; сухих веток более 75 %;

V – свежий сухостой, дерево усохло в текущем году или в конце прошлого сезона, иногда с сохранившимися сухими желто-бурыми или бурыми листьями, кора не отслаивается, сухих веток до 100 %;

VI – старый сухостой, дерево усохло более года назад.

Зараженность деревьев дуба трутовыми грибами по категориям состояния изучали на ранее выделенных пробных площадях путем сплошного пере-чета деревьев с подразделением на непораженные и пораженные дубо-вым или ложным дубовым трутовиками. Степень зараженности определяли в процентах от общего количества деревьев в данной категории состояния.

Порослевую способность дуба определяли на тех же безразмерных пробных площадях, где в 1994 г. было спилено по 10 модельных деревьев каждой категории состояния по всем вариантам исследования. В 1998 г. проведен учет поросли на пнях.

Для изучения влияния мучнистой росы на устойчивость поросли дуба черешчатого к низким температурам в каждом типе леса закладывали по шесть безразмерных пробных площадей по 50 порослевин в каждой. Проводили сплошной пересчет и помечали краской порослевину, подразделяя их на здоровые и пораженные мучнистой росой. По степени поражения листьев и побегов поросль визуально относили к четырем группам: до 25, 50, 75 и 100 %. Не пораженных мучнистой росой порослевин на исследуемых участках не оказалось.

Зараженность поросли дуба мучнистой росой по стадиям рекреационной дигрессии исследовали осенью 1999 г. Методика определения аналогична описанной выше: 6 безразмерных пробных площадей по 50 порослевин в каждой из стадий рекреационной дигрессии, выделенных по пятистадийной шкале [2], и в каждом типе леса. В исследуемых насаждениях выявлены три стадии: II, III, IV.

В мае 2000 г. на этих же пробных площадях обследованы помеченные порослевину и определено их количество с признаками отмирания в процентах от общего количества порослевин в каждой группе по степени поражения. Результаты исследований обрабатывали математическим методом с определением среднего арифметического \bar{X} , ошибки среднеквадратического отклонения $S_{\bar{x}}$ и достоверности различий P (P_1 – достоверность различий между степенями поражения, P_2 – между типами леса, P_3 – между стадиями рекреационной дигрессии).

В результате исследований выявлен характер распределения деревьев дуба по категориям состояния во всех обследованных типах леса. Данные о состоянии древостоев представлены в табл. 1.

Анализ полученных результатов показывает, что распределение деревьев дуба в различных типах леса имеет более или менее четко выраженную тенденцию к нормальному, наибольший процент деревьев относится к категории сильно ослабленных (III). Лесорастительные условия не оказывают заметного влияния на характер распределения деревьев по категориям состояния.

Таблица 1

Тип леса	Процент деревьев по категориям состояния					
	I	II	III	IV	V	VI
Дубняк травяной	12,5±6,5	23,0±1,7	30,2±5,7	23,6±7,6	6,6±0,5	4,1±0,2
» липовый	10,1±6,4	22,5±1,6	33,9±6,2	23,4±8,6	5,8±1,6	4,3±0,8
» лещинный	7,9±3,7	19,4±4,0	33,7±5,4	23,9±0,6	8,8±3,0	6,1±2,8

Таблица 2

Тип леса	Процент зараженных деревьев по категориям состояния					
	I	II	III	IV	V	VI
Дубовый трутовик						
Дубняк травяной	5,8±3,2	11,0±0,9	14,4±1,2	11,3±3,8	3,1±0,8	1,7±0,3
» липовый	4,7±3,2	10,5±0,7	16,6±2,9	11,0±4,3	3,0±0,6	1,8±0,5
» лещинный	3,7±2,1	9,4±2,4	16,6±2,3	11,9±0,3	4,0±1,5	2,9±1,4
Ложный дубовый трутовик						
Дубняк травяной	1,0±0,7	2,1±0,5	2,7±1,0	2,1±0,7	0,3	0,3
» липовый	0,8±0,7	2,2±0,2	2,8±0,2	1,9±1,0	0,2±0,2	0,1±0,2
» лещинный	0,3±0,3	1,5±0,4	2,7±0,4	1,6±0,2	0,5±0,4	0,3±0,3

В табл. 2 представлены данные о зараженности деревьев дубовым и ложным дубовым трутовиками по категориям состояния. Как видим, по мере ухудшения состояния деревьев от I категории к III процент зараженных деревьев дубовым трутовиком увеличивается, а затем падает. Следовательно, это распределение близко к нормальному. Зараженность деревьев ложным дубовым трутовиком несколько ниже, чем дубовым, распределение также нормальное.

В настоящее время возобновление дуба в дубравах идет в основном пней порослью, поэтому важно выявить зависимость порослевой способности дуба от категории состояния. Эти данные представлены в табл. 3.

Анализ полученных данных показывает, что по мере повышения категории состояния идет снижение количества поросли, причем у пней, относящихся к V и VI категориям состояния, порослевое возобновление полностью прекращается. В исследованных участках тип леса не оказывал определенного влияния на количественные показатели порослевого возобновления.

Основным заболеванием дуба черешчатого является мучнистая роса, которая особенно опасна для поросли [1]. Молодые растения плохо вызревают и часто подвергаются заморозкам [5].

Было исследовано качественное состояние дубового подроста, а именно зависимость степени подверженности низким температурам пораженных мучнистой росой порослевин дуба черешчатого. В табл. 4 представлены результаты исследований влияния мучнистой росы на устойчивость поросли дуба к морозам.

Анализ полученных результатов показывает, что по всем типам дубрав максимум порослевин приходится на степени поражения мучнистой росой 50 и 75 % с уменьшением к 25 %-й и 100 %-й степеням.

Таблица 3

Тип леса	Число порослевин на одном пне, шт., по категориям состояния					
	I	II	III	IV	V	VI
Дубняк травяной	7,3±1,4	5,2±0,8	0,9±0,2	0,4±0,2	0	0
» липовый	6,2±1,2	4,8±1,0	0,7	0,3	0	0
» лещинный	5,9±0,8	4,7±0,7	0,9±0,2	0,3	0	0

Таблица 4

Степень поражения, %	Процент порослевин					
	всего			с признаками отмирания		
	$\bar{X} \pm S_x$	P_1	P_2	$\bar{X} \pm S_x$	P_1	P_2
Дубняк травяной						
25	12,0±0,8	–	0,5	12,9±3,3	–	0,3
50	36,3±0,6	24,4	5,0	37,7±2,0	6,9	0,7
75	29,0±0,8	7,4	6,4	70,9±3,3	9,3	5,7
100	22,6±0,6	6,4	1,7	98,3±1,3	7,7	0,2
Дубняк липовый						
25	13,0±0,2	–	1,2	7,5±3,4	–	1,1
50	37,3±0,6	39,1	1,0	36,7±1,5	7,9	0,4
75	24,6±0,6	15,2	4,4	82,3±3,2	12,9	2,5
100	25,0±0,7	0,4	2,9	96,3±1,2	4,0	1,1
Дубняк лещинный						
25	11,3±0,9	–	1,6	14,2±3,9	–	1,3
50	31,3±0,9	15,6	6,0	40,7±2,0	6,1	1,6
75	33,3±1,4	1,2	5,8	80,1±4,1	8,6	0,3
100	24,0±0,6	6,2	1,2	98,6±1,4	4,4	5,0

Следовательно, распределение количества поросли по степеням поражения мучнистой росой приближается к нормальному. Тип леса не оказывает существенного влияния на это распределение.

Совершенно иная картина наблюдается в распределении порослевин с признаками отмирания. По мере увеличения степени поражения мучнистой росой от 25 к 100 % достоверно увеличивается процент порослевин с признаками отмирания по всем типам леса.

Рекреационные нагрузки оказывают заметное влияние на все элементы лесных экосистем. Молодые древесные растения гораздо больше взрослых страдают от негативных последствий рекреации. Уплотнение верхних почвенных горизонтов, ухудшающее условия среды и вызывающее механические повреждения стволов и корней растений, не только непосредственно нарушают жизнедеятельность этих органов, но способствуют интенсивному заселению деревьев вредителями и патогенами. В результате в лесах с интенсивной посещаемостью сокращается общее количество подроста [7]. Кроме того, рекреационные нагрузки существенно снижают устойчивость древостоев против фитопатогенных грибов [3, 8].

В связи с тем, что жизнеспособность растений сильно зависит от возрастающих рекреационных нагрузок, было изучено влияние этих факторов на устойчивость поросли дуба черешчатого, пораженной мучнистой росой, к низким температурам.

Из табл. 5 прежде всего видно, что степень зараженности поросли мучнистой росой не зависит существенно от типа леса и уровня рекреационной нагрузки. По-видимому, на этот показатель в основном влияют индивидуальные биоэкологические особенности растения-хозяина и возбудителя болезни, а также погодные условия.

Рекреационные нагрузки в условиях низких зимних температур заметно отразились на жизнеспособности перезимовавшей поросли дуба. Во-первых, достоверно установлено увеличение процента порослевин с признаками отмирания по мере повышения степени зараженности ее от 25 до 100 %; во-вторых – увеличение числа отмирающей поросли с 50- и 75 %-й степенью поражения. Для низшей и высшей степеней поражения поросли никакой зависимости между изучаемыми показателями не выявлено, поскольку число отмирающих порослевин с указанными степенями поражения примерно одинаково по всем стадиям рекреационной дигрессии.

Выявленные закономерности характерны для всех изученных типов леса.

Выводы

Для обследованных древостоев дуба характерно нормальное распределение деревьев по категориям состояния.

Деревья, зараженные дубовым или ложным дубовым трутовиками, также нормально распределены по категориям состояния. Но поскольку при санитарных рубках вырубается в основном усыхающие и сухостойные деревья, то истинное количество зараженных деревьев в IV–VI категориях состояния установить затруднительно.

По мере снижения жизнеспособности дуба от I к VI категории состояния порослевая способность снижается, а затем полностью утрачивается. В целях использования порослевого потенциала деревьев можно рекомендовать санитарную рубку не только сухостойных и усыхающих, но и ослабленных деревьев, побуждая образование поросли.

Поросль распределяется неравномерно по выделенным степеням заражения мучнистой росой. По мере повышения степени зараженности достоверно увеличивается процент поросли с признаками отмирания под воздействием низких температур.

Совместное воздействие низких температур и рекреационных нагрузок приводит к существенному повышению количества отмирающей поросли. Отмечается тенденция к усилению процесса отмирания поросли по мере увеличения рекреационной дигрессии насаждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов А.А. Мучнистая роса дуба //Болезни сосны и дуба и борьба с ними в питомниках и культурах. – М.; Л.: Гослесбумиздат, 1951. – С. 43–100.
2. Казанская Н.С. и др. Рекреационные леса: (Состояние, охрана, перспектива использования) / Н.С.Казанская, В.В. Ланина, Н.Н. Марфенин. – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – С. 96.
3. Лебедев А.В. Патология и устойчивость деревьев ели в рекреационных древостоях // Лесн. журн. – 1991. – № 3. – С. 17–20. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Рожков А.А., Козак В.Т. Устойчивость лесов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 235 с.
5. Ролл-Хансен Ф., Ролл-Хансен Х. Болезни лесных деревьев / Под ред. В.А. Соловьева. – СПб.: СПб ЛТА, 1998. – 120 с.

6. Селочник Н.Н. К методике оценки состояния дубовых насаждений в лесостепной зоне РСФСР // Сб. научн. тр. / ВНИИАгролесомелиорации. – 1987. – № 3. – С. 176–183.

7. Таран И.В., Спиридонов В.Н. Устойчивость рекреационных лесов. – Новосибирск, 1977. – 180 с.

8. Чураков Б.П. Взаимоотношения некоторых патогенных грибов с древесными растениями. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 195 с.

Ульяновский государственный
университет

Поступила 12.01.01

B.P. Churakov, L.R. Aleeva

Structure of Oak Plantations and Possibility of their Growth Regeneration in Oak Groves of Middle Volga Region

The nature of tree distribution is revealed according to the categories of state. The connection of tree state with infection by pathogenic fungi and growth ability is investigated. The exposure of growth infected by powdery mildew to frost is studied.

УДК 630*432.31:658.012.12

Г.Д. Главацкий, В.М. Груманс

Главацкий Григорий Демьянович родился в 1943 г., окончил в 1970 г. Красноярский сельскохозяйственный институт, кандидат технических наук, академик РАЕН и МАНЭБ, директор ВНИИПОМлесхоза. Имеет 105 печатных работ по проблемам механизации сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства, охраны лесов от пожаров.



Груманс Виктор Михайлович родился в 1951 г., окончил в 1974 г. Красноярский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела организации лесопожарных работ и экономических исследований ВНИИПОМлесхоза. Имеет более 60 печатных работ по проблеме организации и тактики борьбы с лесными пожарами.



ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА БОРЬБЫ С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ

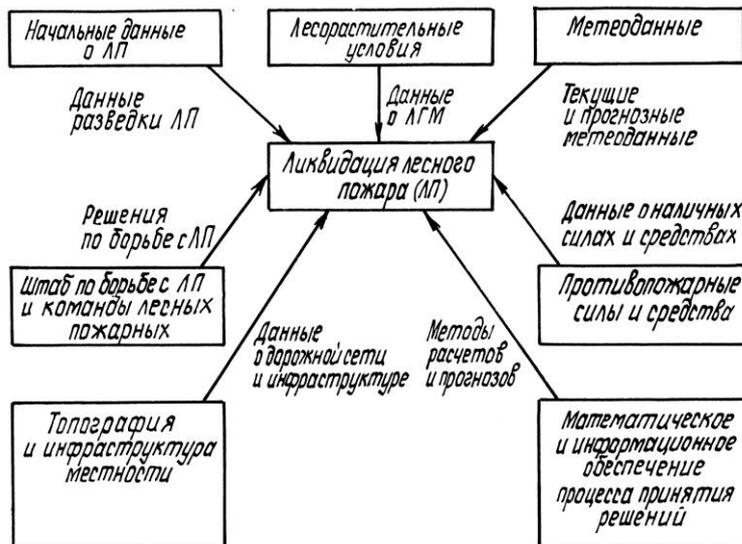
Разработана информационная модель и осуществлена постановка задачи оптимального управления процессом тушения пожара.

внешние условия, их параметры, показатели, параметры пожара, локализация, затраты, ущерб, оптимальное управление.

Анализ статистической информации о лесных пожарах свидетельствует о том, что в последнее десятилетие обозначилась устойчивая тенденция увеличения горимости лесов, что, в первую очередь, обусловлено снижением объемов финансирования лесной охраны [1]. Недостаток финансовых и материальных ресурсов уже не позволяет обеспечивать одинаковый уровень охраны лесов от пожаров на всей охраняемой территории. Требуется дифференцированный подход к распределению выделяемых ресурсов. В этой связи в сложившейся хозяйственно-экономической ситуации особую значимость приобретают задачи оптимизации системы охраны лесов и распределения выделяемых ресурсов по уровням охраны, учитывающим горимость, экологическую и экономическую ценность лесов [2, 3].

Работы по математическому моделированию процессов борьбы с лесными пожарами ведутся уже достаточно давно как в нашей стране, так и за рубежом [4–6, 8–10]. В перечисленных работах отображаются различные стороны процесса локализации лесного пожара. Все они ориентиро-

ваны на классический подход к построению математических моделей, основанный на использовании систем алгебраических и дифференциальных



Информационная модель процесса борьбы с лесным пожаром уравнений. При таком подходе принимаются некоторые допущения и упрощения процессов борьбы с пожарами, что ограничивает практическое использование полученных результатов.

На современном уровне развития информационных технологий требуется новый подход к моделированию процесса борьбы с лесными пожарами, по возможности подробно описывающий всех участников процесса, включая сам стихийно распространяющийся пожар и организацию сил и средств на его ликвидацию. Такой подход может быть представлен в виде информационной модели, увязывающей цель организованных действий лесной охраны на действующем пожаре – ликвидацию лесного пожара с совокупностью внешних параметров и условий и параметрами конкретного пожара (см. рисунок). Совокупность этих параметров и условий на первом этапе решения задач оптимизации может быть классифицирована по группам и охарактеризована показателями, определяющими специфику каждой из них (см. таблицу).

Параметры внешних условий и пожара	Показатели внешних условий и пожара
Начальные данные о пожаре	Место возникновения
	Время обнаружения
	Площадь в момент обнаружения
	Интенсивность
	Метеоусловия в момент обнаружения
Лесорастительные условия	Расчетные показатели пожара
	Тип леса

	Напочвенный покров
	Тип ЛГМ – проводников горения
Метеоусловия	Рельеф
	Комплексный показатель засухи
	Температура и влажность воздуха в 13 ч
	Ветер: скорость, направление, профиль
Топография и инфра- структура местности	Осадки в течение суток
	Карта рельефа
	Карта дорог
Противопожарные силы и средства	Наличие особых объектов: населенные пункты, трубо- проводы, ЛЭП
	Тип оборудования, количество, производительность
Штаб по борьбе с лесным пожаром и команды лесных пожарных	Личный состав: количество, квалификация
	Место расположения штаба
	Состав и место дислокации команд
	Располагаемые противопожарные средства
Математическое и инфор- мационное обеспечение процесса принятия реше- ний	Наличие средств связи
	Информационные базы по лесным горючим материалам
	Картографические базы данных
	Модели процесса горения и распространения ЛП
	Модели расчета ущерба от ЛП
	Модели расчета производительности противопожар- ных сил и средств
	Модели процесса локализации

Данная модель предопределяет постановку и решение ряда задач оптимизации процесса борьбы с лесным пожаром*. Рассмотрим постановку задачи оптимального управления количеством сил и средств при ликвидации конкретного лесного пожара, которая является обобщением математической модели, описанной в работе [10]. Основным допущением при этом является предположение, что интенсивность поступления и отвода противопожарных сил и средств является непрерывной функцией времени в заданных пределах.

Введем следующие обозначения для моментов времени: t_i – возникновение пожара; t_d – его обнаружение; t_a – начало борьбы с пожаром; t_c – окончание локализации; t_m – окончание тушения; t_f – окончание обслуживания пожара.

Обозначим $S(t)$ площадь пожара в момент времени t , га.

Как известно [4, 5], скорость изменения площади свободно распространяющегося пожара (по терминологии Н.П. Курбатского, скорость распространения пожара [7]) растет линейно со временем и может быть представлена в виде

$$S(t) = r(t) = A + Bt, \quad (1)$$

* Авторы выражают благодарность проф. Г.А. Дорреру за методическую помощь в выполнении работы.

где A, B – константы для однородного участка леса, определяемые лесорастительными и погодными условиями, измеряемые соответственно в га/ч и га/ч².

Скорость изменения площади пожара, находящегося под воздействием противопожарных сил и средств, определяется формулой

$$S(t) = \begin{cases} r(t) & \text{и} \ddot{\text{д}} \ddot{\text{е}} \quad t < t_a; \\ r(t) - E(t - t_a, V_1, m) & \text{и} \ddot{\text{д}} \ddot{\text{е}} \quad t_a \leq t \leq t_c. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь $E(t - t_a, V_1, m)$ – производительность сил по борьбе с пожаром, га/ч, приведенная к скорости изменения площади пожара. Эта функция зависит от следующих факторов:

$t - t_a$ – время от начала тушения пожара;

$V_1 = V_1(N)$ – суммарная скорость локализации кромки пожара, км/ч;

m – номер варианта тактики борьбы с пожаром;

$N = N(t)$ – суммарное количество противопожарных сил и средств, задействованных на пожаре в момент t , ед.

При этом

$$N(t) = \int_{t_a}^t u(\tau) d\tau, \quad (3)$$

где $u(t)$ – интенсивность поступления противопожарных сил и средств на пожар, ед./ч.

Значение $u(t) > 0$ соответствует доставке сил и средств на пожар, $u(t) < 0$ – их возврату на базу. Эта функция ограничена:

$$|u(t)| \leq u_{\max}, \quad (4)$$

где u_{\max} – максимально допустимая интенсивность маневрирования силами и средствами.

В модели [10] принята линейная зависимость скорости уменьшения площади пожара $E(t)$ от количества привлеченных средств. Однако в реальной ситуации такая зависимость гораздо сложнее, она определяется типом привлеченных средств, выбором тактики борьбы с пожаром и другими факторами.

Уравнение (2) должно рассматриваться при начальных условиях: $t = t_a, S(t_a) = S_0$, где S_0 – площадь пожара в момент начала его тушения, $N(t_a) = 0$.

Цель борьбы с пожаром состоит в его остановке и локализации. Поэтому интенсивность поступления сил и средств $u(t)$ и их количество $N(t)$ надо выбирать таким образом, чтобы при $t = t_c$ скорость распространения пожара оказалась равной нулю, при этом

$$S(t_c) = 0, r(t_c) = E(t_c - t_a, V_1, m). \quad (5)$$

Для оценки успешности усилий в борьбе с пожаром необходимо учесть причиненный им ущерб и понесенные при этом затраты. В модели учтены следующие компоненты:

1. Затраты по приведению в боевое состояние и доставке противопожарных сил и средств к месту пожара и обратно. Сюда входят разовые затраты на подготовку и транспортировку сил и средств к месту пожара. Эти затраты обозначим C_0 , р./ед. средств.

2. Ущерб, пропорциональный площади лесного пожара. Он определяется площадью пожара, стоимостью поврежденных лесных ресурсов и затратами на лесовосстановление, C_S , р./га.

3. Затраты, пропорциональные общему времени борьбы с лесным пожаром, включающие заработную плату пожарных команд, амортизацию оборудования, горючее и другие расходные материалы, C_T , р./(ч · ед. средств).

При этом общие убытки от пожара к моменту окончания борьбы с ним t_f определяются выражением

$$Z(t_f) = Z_1(t_f) + Z_2(t_c) + Z_3(t_f), \quad (6)$$

где $Z_1(t_f)$ – затраты на мобилизацию и транспортировку противопожарных сил и средств,

$$Z_1(t_f) = C_0 \int_{t_a}^{t_f} |u(\tau)| d\tau; \quad (7)$$

$$Z_2(t_f) \text{ – ущерб, нанесенный лесным пожаром к моменту его локализации,} \\ Z_2(t_f) = C_S S(t_c); \quad (8)$$

$Z_3(t_f)$ – затраты на содержание сил и средств за время борьбы с пожаром,

$$Z_3(t_f) = C_T \int_{t_a}^{t_f} |N(\tau)| d\tau. \quad (9)$$

В рамках данной модели может быть поставлена следующая задача оптимального управления. Задан критерий

$$Z = C_0 \int_{t_a}^{t_f} |u(\tau)| + C_T \int_{t_a}^{t_f} N(\tau) d\tau + C_S S(t_c) \text{ при условиях (1)–(5). Требуется}$$

найти такое управление $u(t)$, $t \in [t_a, t_f]$ и такой момент времени t_f , при которых обеспечивается $\min Z$.

Сформулированная задача представляет собой задачу оптимального управления, в которой управление $u(t)$ определено на неизвестном отрезке времени $[t_a, t_f]$. В случае линейной зависимости скорости уменьшения площади пожара $E(t_c - t_a, V_e, m)$ от количества противопожарных сил N оптимальная тактика управления силами заключается в следующем.

Существуют два момента времени t_1, t_2 ($t_a \leq t_1 < t_2 \leq t_c$), определяющие оптимальное управление $\hat{u}(t)$, которое имеет вид

$$\bar{u}(t) = \begin{cases} +m & \text{ïðå } t_a \leq t \leq t_1; \\ 0 & \text{ïðå } t_1 \leq t \leq t_2; \\ -m & \text{ïðå } t_2 \leq t \leq t_c. \end{cases} \quad (10)$$

Таким образом, рассматриваются три этапа борьбы с пожаром. На первом этапе силы нужно наращивать с максимально возможной скоростью, на втором их количество не изменяется, на третьем силы нужно выводить с места пожара также с максимально возможной скоростью.

В данной задаче не предусмотрена обратная связь по фактическому состоянию процесса локализации пожара. Между тем поведение лесных пожаров часто непредсказуемо, и рассчитанная заранее тактика требует корректировки. Таким образом, процесс принятия решений при борьбе с пожарами должен быть пошаговым, основанным как на анализе текущего состояния, так и на прогнозе развития пожара.

Рассмотренные в статье задачи являются составной частью информационно-аналитической системы, обеспечивающей оперативное и долгосрочное планирование мероприятий по охране лесов от пожаров.

Разработаны алгоритмы численного решения сформулированных задач и компьютерные программы для их реализации.

Использование методов теории оптимального управления позволяет рассматривать тушение пожара как динамическую систему и оценить при этом самые разнообразные ситуации во взаимосвязи процессов распространения пожара и наращивания сил и средств тушения. Это особенно актуально в отношении крупных лесных пожаров, продолжительность которых, как правило, достигает нескольких недель, а количество участвующих в тушении сил и средств достаточно велико.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Главацкий Г.Д.* Горимость лесов Красноярского края // Профилактика и тушение лесных пожаров. – Красноярск, 1998. – С. 38–45.
2. *Главацкий Г.Д.* Актуальные направления совершенствования лесной охраны Сибири // Пожары в лесу и на объектах лесохимического комплекса: возникновение, тушение и экологические последствия: Матер. Междунар. конф. – Томск; Красноярск, 1999. – С. 138.
3. *Главацкий Г.Д., Груманс В.М.* Обоснование видов и интенсивности лесопожарных мероприятий при различных уровнях организации охраны лесов от пожаров / Матер. Междунар. конф. – Томск, 2000. – С. 52–53.
4. *Груманс В.М.* Особенности организации и тактики тушения крупных лесных пожаров: Автореф. дис. ... канд. с-х. наук. – Красноярск: СибГТУ, 1999. – 24 с.
5. *Доррер Г.А.* Математические модели динамики лесных пожаров. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 161 с.
6. *Коровин Г.Н., Добротворский Н.М.* АСУ охраны леса (от пожара): задачи, принципы, перспективы // Лесн. хоз-во. – 1974. – № 8.

7. Курбатский Н.П. Терминология лесной пирологии // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1972. – С. 171–231.

8. Луданов В.В. Применение математических методов и ЭВМ при проектировании и организации оперативных отделений авиационной охраны лесов от пожаров: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Красноярск: СибТИ, 1975.

9. Dorrer G.A., Ushanov S.V. Mathematical Modeling and Optimization of Forest Fire Localization Process // Fire in Ecosystems of Boreal Euroasia: Cluver Academic Publishers, 1996. – P. 303–313.

10. Parlar M., Vicson R.G. Optimal forest fire control: an extension of Park's model // Forest Sci. – 1982. – Vol. 28, N 2. – P. 345–355.

ВНИИПОМлесхоз

Поступила 29.08.2000 г.

G.D. Glavatsky, V.M. Grumans

Informational Model and Problems of Optimization of Forest Fires Control Process

The informational model is developed and problem definition of optimal management of fire extinction process is accomplished.

УДК 630*187

В.С. Писанов, И.Н. Ульянов

Писанов Виктор Сергеевич родился в 1938 г., окончил в 1973 г. Московский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Дарвинского государственного заповедника. Имеет 35 печатных работ в области лесоводства.



Ульянов Иван Николаевич родился в 1974 г., окончил в 1997 г. Московский государственный университет леса, аспирант кафедры лесоводства и подсочки леса МГУЛ. Имеет 2 печатные работы в области лесоводства.



**ДИНАМИКА ЯГОДНИКОВО-ЗЕЛЕНОМОШНОГО СОСНЯКА
В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА**

Показаны изменения за полувековой период разных компонентов типа леса сосняка ягодниково-зеленомошного. С позиций динамической типологии И.С. Мелехова данный тип леса следует рассматривать как этап относительно ускоренного формирования нового типа – сосняка-черничника зеленомошного с тенденцией смены сосны елью в новом поколении и развитием процесса заболачивания.

заболачивание, осадки, грунтовые воды, оглеение, подлесок, напочвенный покров.

Среди лесов изучаемого района (северо-западное побережье Рыбинского водохранилища) преобладают заболоченные сфагновые сосняки, зеленомошные леса занимают менее 20 % покрытой лесом площади.

Зеленомошные сосняки растут по высоким берегам водохранилища и подпираемых им рек, возвышаясь на 2,0 ... 2,5 м над нормальным подпорным уровнем водохранилища, равным 102 м абс.

Со стороны водораздела к высоким береговым участкам подходят верховые сфагновые болота, которые заболачивают суходольные леса. Процесс заболачивания многовековой, однако после создания водохранилища, которое резко замедлило сток с болот, это явление ускорилось. Как показали наши исследования [9], заболачивание зеленомошных лесов происходит очень быстро, и за 10 ... 20 лет становятся очевидными изменения в напочвенном покрове, выражающиеся в вытеснении зеленых мхов сфагнами.

Зеленомошные леса растут и на «гривах» – нешироких вытянутых участках, возвышающихся над болотом на 0,5...1,0 м.

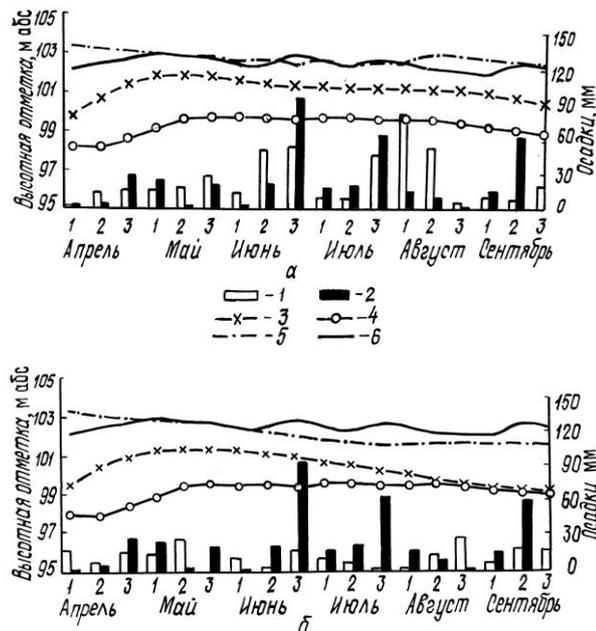
Исследования проводили на постоянной пробной площади 21 Дарвинского заповедника, заложенной и описанной в 1947 г. Участок площадью 0,5 га расположен на «гриве» среди заболоченных сфагновых сосняков и представляет собой сосняк ягодниковый зеленомошный, удаленный на 0,4 км от мелководного залива водохранилища.

Первопричиной изменений в прибрежных лесах является изменение гидрологического режима почв. Исследователи едины в том, что водохранилище вызвало подъем уровня грунтовых вод (УГВ), однако расходятся в оценке расстояния от берега, на которое распространяется это влияние [2–5, 10].

Нами этот вопрос изучен на примере сосняка ягодниково-зеленомошного. Проанализированы многолетние данные по гидрологическому колодезю, расположенному на пробной площади. Сравнивались данные трех лет: 1991 – наиболее влажный (за апрель – сентябрь выпало 450 мм осадков (Н), средний за вегетационный период уровень водохранилища (УВ) составил 101,1 м абс.); 1992 – очень сухой (Н = 211 мм, УВ = 100,4 м абс.); 1996 – год небывало низкого уровня водохранилища (Н = 400 мм, УВ = 99,5 м абс.). Последний год можно принять в качестве эталонного для сравнения, поскольку он имитирует условия до создания водохранилища.

На рис 1, а показана связь УГВ с УВ и осадками во влажный и эталонный годы. Видно наличие связи УГВ с осадками и ее отсутствие с колебаниями УВ. Хотя УВ в сравниваемые годы различались на 1,5 ... 2,5 м,

Рис. 1. Связь УГВ с уровнем водохранилища и осадками по месяцам и декадам: а – 1991 и 1996 гг.; б – 1992 и 1996 гг.; 1, 2 – осадки соответственно сравниваемого и эталонного года; 3, 4 – УВ; 5, 6 – УГВ



грунтовые воды держались примерно на одинаковой глубине (1,0 ... 1,5 м от поверхности), и видимые колебания их уровня связаны лишь с осадками.

Рис. 1, б иллюстрирует связь УГВ с УВ и осадками для засушливого и эталонного года. В сухой год до середины вегетации УВ был на 1,0 ... 1,5 м выше, чем в 1996 г., однако УГВ в июне – июле был на 1,0 м ниже. Связи УГВ с УВ не наблюдается, а более глубокое залегание грунтовых вод в сухой год вызвано интенсивной транспирацией растений и испарением с поверхности почвы.

Итак, анализ изменения УГВ на участке, представляющем «гриву» среди болот и удаленном от водохранилища на 0,4 км, показывает наличие связи с осадками и отсутствие ее с УВ во все сравниваемые годы. Значит, для изучаемой территории подтверждается вывод А.М. Леонтьева [5] о том, что на участках, удаленных от водохранилища, УВ не влияет на динамику УГВ. Изменение глубины залегания грунтовых вод связано с осадками и испарением.

Как выяснилось, водохранилище не оказывает непосредственного влияния на УГВ в изучаемом типе леса, однако в «буферных» участках (граница суходола с болотом) при высоком УВ и обильных осадках наблюдается застаивание верховодки из-за подпора водохранилищем естественных водотоков. Этот фактор может оказывать опосредованное влияние на гидрологический режим почв суходолов.

Первое подробное описание почв на пробной площади было выполнено в 1959 г. А.А. Успенской [11]. Она выделила здесь две почвенные разновидности по выраженности процесса оглеения: среднеподзолистая слабо- и среднеоглеенная пылевато-песчаная. Динамику почв за 30-летний период (1947–1977 гг.) изучала Т.С. Манькова [6]. Почва была названа полугидроморфной торфянисто-дерново-слабо-среднеподзолистой глееватой пылевато-песчаной. Установлено, что за исследованный период морфологические признаки минеральных горизонтов не изменились, отмечено лишь увеличение мощности органогенного горизонта и нарастание лесной подстилки, что автор связывает с эпизодическим удлинением периода сезонного переувлажнения при замедлении оттока грунтовых вод вследствие подпора водотоков. Выявлено преобладание выноса железоорганических соединений над их поступлением в горизонт В₁.

Динамику древостоя сосняка ягодниково-зеленомошного представим таксационными показателями, рассчитанными на начало и конец 50-летнего периода. В следующем ряду таксационные показатели записаны через дробь: в числителе – начало (1947 г.), в знаменателе – конец (1997 г.) исследованного периода. Динамика таксационных показателей древостоя: состав 10С, ед.Е/9С1Е, ед. Б, возраст (лет) 77/127, класс бонитета I,7/II,1; средний диаметр (*D*, см): сосны 24,5/34,0, ели 10,7/14,2; средняя высота (*H*, м): сосны 22,8/27,0, ели 10,5/14,1; полнота 0,94/1,14; запас (*M*, м³·га⁻¹) 345/461; сумма площадей сечения (*G*, м²·га⁻¹) 33/40; число стволов (*N*, шт.·га⁻¹): сосны 678/374, ели 106/378; процент сухостоя 2,4/13,9; число

стволов отпада (N , шт. \cdot га $^{-1}$): сосны 40/102, ели 0/20; средний прирост (C , м 3 \cdot га $^{-1}$ \cdot год $^{-1}$) 4,5/3,6; текущий прирост (T , м 3 \cdot га $^{-1}$ \cdot год $^{-1}$) в среднем за год 50-летнего периода 2,3.

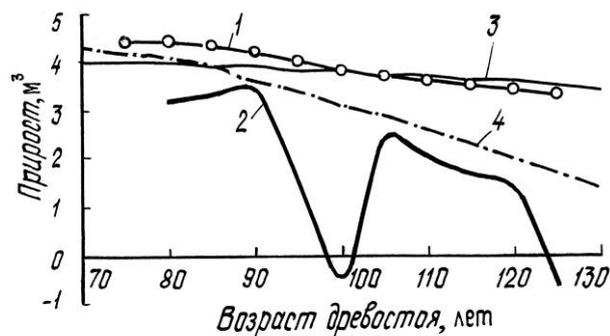
Приведенные данные характеризуют фактическое изменение таксационных показателей древостоя пробной площади. Какова роль водохранилища в этих изменениях? Обозначим буквой Π комплекс факторов, связанных с влиянием водохранилища, и рассчитаем его значение по формуле, приведенной в работе [9, с. 23]. Эта величина, выраженная в процентах, характеризует изменение таксационных показателей за 50 лет влияния водохранилища: $H = +36$, $D = +86$, $N = +78$, $G = +100$, $M = +29$, $T = +17$. Как видим, влияние комплекса факторов, связанных с водохранилищем, оказалось положительным, как и в лишайниковом сосняке, растущем на дюнном острове водохранилища [8].

Ранее отмечено, что на участке расположения пробной площади подтопление не проявляется. Здесь могут действовать иные факторы, например переувлажнение пограничных зон между суходолом и болотом при снеготаянии и обильных осадках при высоком УВ. Такие зоны расположены недалеко (примерно 50 м) от пробной площади. На участках, где проявляется влияние подтопления, фактор Π характеризуется ухудшением всех таксационных показателей [9].

Интересные результаты получены при анализе графиков, характеризующих изменение среднего (C , м 3 \cdot га $^{-1}$ \cdot год $^{-1}$) и текущего (T , м 3 \cdot га $^{-1}$ \cdot год $^{-1}$) приростов древостоев пробной площади и эталонного из ТХР [10]. Как видно из рис. 2, средние приросты сравниваемых древостоев почти совпадают, что свидетельствует о примерном равенстве темпов ежегодного изменения запаса древостоя на протяжении его жизни. Текущий прирост характеризует изменение запаса в среднем за год в течение исследованных периодов. Этот показатель более чутко реагирует на климатические особенности периодов. Так, его резкие спады соответствуют периодам с очень засушливыми годами (1972 и 1992 гг.).

Рассмотрим изменения, происшедшие за полувековой период в нижних ярусах фитоценоза. Подрост, как и при первом описании, представлен елью. В древостой перешло около 300 елей, в подросте в настоящее время

Рис. 2. Изменение среднего (1, 3) и текущего (2, 4) прироста древостоев на пробной площади (1, 2) и эталонного (3, 4)



насчитывается около 0,8 тыс. шт.·га⁻¹ елей разной высоты (0,5 ... 5,0 м) удовлетворительного и хорошего состояния. Есть березы (0,1 тыс. шт.·га⁻¹) также разной высоты (0,5 ... 7,0 м) и удовлетворительного состояния.

Подлесок за полвека изменился существенно. Почти исчез бывший ранее обильным (более 5 тыс. шт.·га⁻¹) ярус из можжевельника, остались лишь единичные кусты высотой до 1,0 м удовлетворительного состояния.

В напочвенном покрове как индикаторе почвенно-гидрологических условий стали иными фоновые виды: доля брусники снизилась с 30 до 5 %, черники – не изменилась (40 %); появилось больше орляка (10 %), единично щитовник игольчатый и вейник лесной.

В динамике мохового покрова также наблюдалась смена фоновых видов. В 1947 г. фон образовывали мох Шребера (40 %), гилокомий (20 %), птилиий почти исчез, разросся дикран волнистый (30 %). Еще через 10 лет в моховом покрове оказалось два содоминанта: мох Шребера (40 %) и гилокомий (40 %). В динамике сфагнума Гиргензона – основного заболачивателя зеленомошных лесов – изменения за полвека незначительные, доля его покрытия увеличилась от единичных участков до 5 %.

Итак, анализ изменений разных компонентов сосняка ягодниково-зеленомошного, растущего на «гриве» среди болот в зоне косвенного влияния водохранилища [3], свидетельствует о динамичности процессов как в почве и ее гидрологическом режиме, так и в фитоценозе. С позиций динамической типологии И.С. Мелехова [7], скорость и направление изменений за полувековой период позволяют рассматривать сосняк ягодниковый зеленомошный как этап относительно ускоренного формирования нового типа – сосняка-черничника зеленомошного с тенденцией смены сосны елью в новом поколении и развитием, хотя и медленным, процесса заболачивания леса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анучин А.П.* Лесная таксация. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
2. *Бобровский Р.В.* Изменение лесов Молого-Шекснинской низменности под влиянием первых лет воздействия Рыбинского водохранилища // Учен. зап. Вологод. педагог. ин-та. – Вологда, 1952. – Т. 10. – С. 31–36.
3. *Дьяконов К.Н.* Влияние крупных равнинных водохранилищ на леса прибрежной зоны. – Л.: Гидрометиздат, 1975. – 126 с.
4. *Кудинов К.А.* Влияние Рыбинского водохранилища на уровень грунтовых вод // Тр. Дарвинского гос. заповедника. – Вологда: Кн. изд-во, 1971. – Вып. 10. – С. 67–94.
5. *Леонтьев А.М.* Из материалов изучения режима почвенно-грунтовых вод в характерных типах леса // Тр. Дарвинского гос. заповедника. – Вологда: Кн. изд-во, 1968. – Вып. 9. – С. 5–42.
6. *Манькова Т.С.* Современные процессы в подзолистых почвах, находящихся под влиянием Рыбинского водохранилища: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М.: ТСХА, 1985. – 15 с.
7. *Мелехов И.С.* Лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 406 с.

8. Писанов В.С. Четыре десятилетия в условиях влияния водохранилища: динамика лишайниковых сосняков // Динамическая типология леса. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 192–197.

9. Писанов В.С. Динамика заболачивающихся сосняков в условиях подтопления Рыбинским водохранилищем // Лесоведение. – 1996. – № 4. – С. 20–28.

10. Успенская А.А. Влияние Рыбинского водохранилища на уровень почвенно-грунтовых вод территории подтопления // Тр. Дарвинского гос. заповедника. – Вологда: Кн. изд-во, 1957. – Вып. 4. – С. 481–491.

11. Успенская А.А. Материалы к изучению почвенного покрова основных типов леса Дарвинского заповедника // Тр. Дарвинского заповедника. – Вологда: Кн. изд-во, 1968. – Вып. 9. – С. 123–181.

Дарвинский государственный заповедник
Московский государственный университет леса

Поступила 03.04.2000 г.

V.S. Pisanov, I.N. Uljanov

Dynamics of Berry-shaped True Moss Pine Stands under Influence of Water Storage Basin

Changes of different components of the forest type of a berry-shaped true-moss pine stand over the half-century period are shown. Based on the dynamic typology of I.S. Melekhov the given type of forest should be viewed as a stage of relatively accelerated formation of a new type - a true moss bilberry pine stand with a tendency of pine succession by spruce in the new generation and swamping process development.



УДК 630*413.5:595.787

С.Ю. Кондаков

Кондаков Сергей Юрьевич родился в 1957 г., окончил в 1980 г. Сибирский технологический институт, межрайонный инженер-лесопатолог Центра защиты леса Красноярского края. Область научных интересов – лесознтомологический мониторинг, организация и прогнозирование лесопатологической ситуации в лесах Красноярского края.



ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ФЕРОМОННОГО МОНИТОРИНГА ЗА НЕПАРНЫМ ШЕЛКОПРЯДОМ В ЛЕСАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Представлены данные о применении феромонного мониторинга за вредителем. Описаны методы использования феромонных ловушек. Приведены показатели динамики лета непарного шелкопряда и факторы, влияющие на его интенсивность. Показаны возможности феромонного мониторинга по сбору экологической информации о состоянии популяций вредных лесных насекомых.

феромонный мониторинг, непарный шелкопряд, сроки лета, суточная и сезонная динамика, клеевые ловушки.

Феромонный мониторинг входит в интегрированную систему надзора за хвое- и листогрызущими насекомыми, которая является составной частью лесопатологического мониторинга. Согласно «Положению о лесопатологическом мониторинге» [10], технологическую основу надзора за насекомыми-вредителями леса составляет применение феромонных ловушек.

Определенный опыт использования синтетического феромона самок непарного шелкопряда в защите леса обобщен в работах Н.С. Бедного [4] и других авторов, имеются производственные инструкции и рекомендации [1–4, 6, 8, 9, 11].

В задачу наших исследований входило изучение теоретических и практических вопросов применения феромонного мониторинга за непарным шелкопрядом в лесах Красноярского края. На стационарных маршрутах в различных урочищах Краснотуранского бора, расположенного в Краснотуранском лесничестве Идринского лесхоза, в течение 7 лет было размещено более 1100 феромонных ловушек шести модификаций. Общий объем учетных работ составил 11 550 ловушко-суток. Дозировка диспалюра во всех типах ловушек одинаковая – 5 мкг [6, 8].

Феромонный мониторинг позволяет получать данные о сезонной и суточной динамике лета бабочек непарного шелкопряда. Согласно нашим исследованиям, в Красноярском крае лет самцов непарного шелкопряда составляет 7 ... 9 пентад с одним или двумя пиками активности [6]. Анализ

материалов, полученных в результате феромонного мониторинга, свидетельствует о значительной вариабельности сроков лета непарного шелкопряда. Наиболее ранний лет отмечен с 9 июля по 18 августа при массовом с 21 июля по 3 августа; наиболее поздний – выявлен с 26 июля по 25 сентября при массовом с 6 по 25 августа. Общая продолжительность лета непарного шелкопряда в Красноярском крае на 15 ... 20 дней больше, чем в лесах Европы (соответственно 43 ... 57 и 23 ... 40 сут); в лесах Дальнего Востока она составляет 1,5 ... 2,0 мес [1].

Различия в сроках, интенсивности и продолжительности лета бабочек непарного шелкопряда определяются влиянием комплекса экзогенных и эндогенных факторов. Среди первых наиболее значимы температурный режим (как в период лета, так и в предшествующий), а также мозаичность микроклиматических и лесорастительных условий; среди вторых – пространственно-временная изменчивость размерно-возрастной и половой структуры популяции на разных фазах вспышки массового размножения непарного шелкопряда. Так, анализ возрастной структуры популяций непарного шелкопряда показывает, что в природных условиях гусеницы, дающие самок, заканчивают свое развитие главным образом в седьмом возрасте (79,7 %) [7]. Эти особенности необходимо учитывать при мониторинге за этим опасным вредителем лесов Южной Сибири.

При благоприятной погоде в весенний и раннелетний периоды массовый лет непарного шелкопряда начинается, как правило, в последней декаде июля и продолжается в первой декаде августа. При наблюдениях за состоянием популяции вредителя важно определить оптимальные сроки установки феромонных ловушек. Для этого предлагается использовать корреляционную зависимость между переходом среднесуточных температур воздуха через +15 °С и датами начала массового лета самцов, которая имеет вид

$$Y = X + N,$$

где Y – вероятная дата начала лета непарного шелкопряда;

X – дата перехода среднесуточных температур воздуха через +15 °С;

N – фенологический лаг, равный $56,0 \pm 1,5$ сут.

На основе этого уравнения устанавливают средние многолетние даты лета непарного шелкопряда в различных лесозащитных регионах и определяют средние сроки установки феромонных ловушек. Так, в лесостепном лесохозяйственном районе средней многолетней датой установки феромонных ловушек является 30 июля.

Суточная динамика лета непарного шелкопряда имеет свою специфику. Исследования, проведенные в Краснотуранском бору, показали наличие пика лета бабочек непарного шелкопряда в послеполуденные часы с 13 до 16 ч. В это время прилетает более 30 % всех самцов. Отмечается подъем их численности также с 16 до 19 ч. В сумме за два этих периода учетов прилетело более 55 % самцов непарного шелкопряда. В этот период дефицит влажности воздуха достигает 12,3 ... 19,2 мб. В ночные часы с 22 до 4 ч, ко-

гда дефицит влажности воздуха минимальный (от 2,2 до 2,5 мб), лет шелкопряда не наблюдается. Следовательно, этот фактор является определяющим в суточной динамике лета вредителя.

Наибольшее число самцов непарного шелкопряда, пойманных в одну феромонную ловушку, отмечено в редирах и средневозрастных насаждениях III класса бонитета. С увеличением полноты древостоя до 0,8 оно уменьшается от 146 до 53.

Выявлена зависимость «уловистости» от элементов рельефа. Так, в ловушках, выставленных в срединной части склонов, оказалось около 45 % особей непарного шелкопряда. Поэтому ловушки необходимо устанавливать в низкополотных насаждениях, на дюнах и холмистых формах рельефа.

Перспективно использовать феромонные ловушки на постоянных пробах детального надзора при проведении лесопатологической авиационной разведки силами летчиков-наблюдателей авиабаз. Определенный опыт в этой работе имелся в начале 80-г гг. XX в. на Красноярской авиабазе [5].

При феромонном мониторинге за непарным шелкопрядом наибольший эффект дает применение феромонно-клеевых треугольных ловушек открытого типа. Они привлекают в 3 раза больше самцов, чем феромонно-клеевые ловушки цилиндрического типа, и в 8 раз больше, чем феромонно-инсектицидные ловушки треугольной формы закрытого типа.

Учитывая высокую миграционную активность бабочек южносибирских популяций непарного шелкопряда, для оценки их численности целесообразно использовать феромонные ловушки одного типа, например треугольные клеевые открытого типа, и устанавливать их в различных точках лесного массива. Это позволяет не только определить границы очагов шелкопряда, но и выделить зоны различной плотности аборигенных популяций.

Таким образом, с помощью феромонных ловушек можно оперативно установить численность и другие эколого-популяционные параметры непарного шелкопряда на различных этапах градационного цикла, а также наличие особей вредителя на границах ареала распространения, где численность популяции довольно низкая. Согласно наставлению по применению феромонных ловушек от 1993 г., пороговым критерием отлова является 50 особей непарного шелкопряда, после чего может возникнуть угроза для насаждений и требуются дополнительные лесопатологические обследования, например учеты кладок вредителя весной и осенью. В Красноярском лесхозе в течение 1998 – 1999 гг. было выявлено от 4 до 9 бабочек самцов на одну ловушку, что свидетельствует о фоновой численности вредителя в лесах лесхоза и сопредельных с ним территориях.

Резервации непарного шелкопряда на территории Красноярского лесхоза находятся в пределах границ оптимальных условий для развития вредителя в массе, и очагов непарного шелкопряда на указанной территории в обозримом будущем не ожидается.

Применение феромонного мониторинга позволяет организовать сбор и обработку экологической информации, необходимой для принятия решений по защите лесных массивов от вредных насекомых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабурина А.Г.* О мониторинге непарного шелкопряда на Дальнем Востоке // Лесн. хоз-во. – 1997. – № 6. – С. 49–50.
2. *Бабурина А.Г.* Состояние популяции непарного шелкопряда на Дальнем Востоке // Лесн. хоз-во. – 1998. – № 2. – С. 49.
3. *Бабурина А.Г.* Опыт применения феромонных ловушек для слежения за динамикой численности непарного шелкопряда на Дальнем Востоке // Лесоохозяйств. информ. – 1998. – № 11-12. – С. 43–51.
4. *Бедный Н.С.* Применение феромонных ловушек в надзоре за непарным шелкопрядом. – Кишинев, 1984. – 186 с.
5. *Жестовский А.П., Кондаков С.Ю.* Применение авиационной лесопатологической разведки для надзора за энтомоветеринарами в лесах Восточной Сибири // Информ. листок № 564-84 Красноярского ЦНТИ, 1984.
6. *Кондаков С.Ю.* Феромонные ловушки в системе лесознтомологического мониторинга лесостепных боров Сибири // Исследования структурных элементов лесов Сибири. – Красноярск, 1984. – С. 27.
7. *Кондаков Ю.П., Кондаков С.Ю.* Возрастная структура южносибирских популяций непарного шелкопряда // Непарный шелкопряд в Средней и Южной Сибири. – Новосибирск, 1982. – С. 58 – 66.
8. *Кондаков С.Ю., Федорова Е.И.* Применение феромонных ловушек в надзоре за непарным шелкопрядом // Информ. листок № 4-90 Красноярского ЦНТИ, 1990.
9. Методические указания по использованию синтетических феромонов для надзора за хвое- и листогрызущими насекомыми. – М., 1987. – 15 с.
10. Положение о лесопатологическом мониторинге. – М., 1997. – 5 с.
11. Рекомендации по применению феромонов для надзора за хвое- и листогрызущими насекомыми. – М., 1993. – 15 с.

Центр защиты леса Красноярского края

Поступила 04.05.2000 г.

S.Yu. Kondakov

Organization and Realization of Feromone Monitoring over Gipsy Moth in Forests of Krasnoyarsk Region

The data on application of feromone monitoring over the pest are presented. Methods of using feromone traps are described. Parameters of flight dynamics of a gipsy moth and factors influencing its intensity are indicated. Opportunities of feromone monitoring related to collecting the ecological information about the state of populations of harmful wood insects are shown.

УДК 630*232.43

*И.В. Шутов, Л.Н. Товкач, Н.М. Минакова,
В.Г. Сергиенко, Р.В. Власов*

Шутов Игорь Васильевич родился в 1929 г., окончил Ленинградскую лесотехническую академию, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник СПбНИИ лесного хозяйства, член-корреспондент РАСХН. Имеет более 120 работ в области лесопользования, плантационного лесовыращивания, регулирования состава лесных фитоценозов.



ЗНАЧЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ

Исследована зависимость средней высоты, среднего диаметра опытных культур сосны с заданной исходной неравномерностью размещения сеянцев по площади. Сделан вывод о предпочтительности широких междурядий в культурах.

густота культур, культуры Кунце, продуктивность, сосна, чистые культуры, широкие междурядья.

Исходная густота и размещение деревьев являются основополагающими признаками (свойствами) культур. О влиянии исходной густоты на состояние, производительность и продуктивность культур имеется масса публикаций, в частности [4, и др.]. Значительно меньше в литературе сведений о том, как лучше размещать деревья в рядовых посадках. Многие лесоводы предпочитают равномерное размещение деревьев по площади. Так, в широко известных опытных культурах разной густоты, заложенных еще М.К. Турским в 1879 г. и Н.С. Нестеровым в 1901 г., сеянцы сосны были высажены по углам квадратов и даже по углам равнобедренных треугольников [2]. Важное значение размещению деревьев в культурах придавали А.И. Писаренко и М.Д. Мерзленко, отмечавшие, «что понятие «густота посадки» без учета размещения растений не имеет полного лесоводственно-хозяйственного смысла», поскольку заданную густоту культур можно получить как при равномерном, так и при неравномерном размещении посадочных мест по площади [5].

Для характеристики размещения растений в рядовых культурах те же авторы предложили применять в качестве критерия частное от деления ширины междурядья на шаг посадки и назвали его «индекс равномерности (I_p)». Этот показатель удобен, но, по нашему мнению, было бы логично при его определении поменять местами числитель и знаменатель. В этом случае уменьшение численного значения I_p будет соответствовать снижению равномерности размещения растений по площади.

По мнению А.И. Писаренко, М.Д. Мерзленко [5] и других лесоводов, в идеале индекс равномерности I_p должен быть равен единице, поскольку именно в этом случае в культурах могут сложиться оптимальные условия для формирования симметричных крон, таких же корневых систем и высококачественной древесины. Указанный вывод логичен, но его практическое значение в экспериментах не оценено. В книге Н.П. Калининко, А.И. Писаренко и Н.А. Смирнова [1] приведены характеристики ряда превосходных культур ели и лиственницы с индексом I_p значительно меньше единицы при ширине междурядий 4-5 м. Эти факты важны для практики, поскольку чем шире междурядья, тем меньше надо средств на закладку культур и уход за ними, тем легче механизировать не только эти работы, но и рубки промежуточного пользования. Однако лесоводы не могут позволить себе закладку на сплошных вырубках «аллейных» посадок, т. е. культур с такими широкими междурядьями, при которых заведомо снизятся продуктивность насаждений и качество древесного запаса. Они должны знать дифференцированные по условиям, древесным породам и целям лесовыращивания минимальные значения I_p , за пределы которых выходить нельзя.

При обследовании производственных культур трудно получить достоверную информацию, поскольку они различаются не только по ширине междурядий. Надежнее для этих целей использовать специальные опытные культуры, заложенные в вариантах, отличающихся только по величине I_p .

Такие культуры в прошлом создавались. Широкою известность получили опытные культуры сосны и ели проф. Кунце в Германии, заложен-

Таблица 1

**Продуктивность ели и сосны в культурах проф. Кунце
с разным исходным размещением деревьев**

Показатели	Сравниваемые варианты			
	1	2	3	4
Исходные данные				
Индекс равномерности I_p	1,0	0,33	1,0	0,37
Размещение посадочных мест, м	1,98×1,98	3,40×1,13	1,42×1,42	2,27×0,85
Число посадочных мест, тыс. экз./га	2,6	2,6	5,0	5,2
Культуры в возрасте 50...52 лет				
Число деревьев, тыс. экз./га	<u>1,04</u> 0,84	<u>0,86</u> 0,67	<u>1,13</u> 0,86	<u>1,02</u> 0,84
Средний диаметр, см	<u>17</u> 22	<u>19</u> 22	<u>16</u> 21	<u>17</u> 20
Средняя высота, м	<u>16</u> 20	<u>16</u> 19	<u>15</u> 21	<u>16</u> 19
Запас деловой древесины, м ³ /га:				
на корню	<u>187</u> 305	<u>197</u> 236	<u>176</u> 293	<u>195</u> 254
полученный при рубках ухода	<u>40</u> 111	<u>47</u> 94	<u>72</u> 164	<u>57</u> 136
всего	<u>227</u> 416	<u>244</u> 330	<u>248</u> 457	<u>252</u> 390

Примечание. В числителе показатели для ели, в знаменателе – для сосны.

ные в начале 60-х гг. XIX столетия. Они имели два варианта размещения саженцев по площади, каждый был реализован на фоне двух вариантов исходной густоты.

Проф. Кунце провел завершающие учеты результатов своих опытов в 1911 г., когда культурам было 50...52 года. Опубликованные в Германии в 1918–1919 гг. эти данные были приведены и прокомментированы проф. А.П. Тольским в его известной книге, изданной у нас в 1930 г. [7].

Результаты, полученные Кунце, оказались неоднозначными (табл. 1). В частности, в культурах ели, заметно отставших в росте от культур сосны, трехкратное уменьшение I_p не привело к снижению запаса деловой древесины. Более того, можно говорить об отчетливой тенденции к увеличению этого показателя при неравномерном размещении посадочных мест по площади, т. е. при I_p , равных 0,33 и 0,37.

В культурах сосны при обоих вариантах густоты трехкратное уменьшение I_p привело к уменьшению запаса деловой древесины на корню на 13 ... 23 % и общей продуктивности культур на 15 ... 21 %.

В опытных культурах проф. Кунце регулярно повторяли рубки ухода, что могло неоднозначно повлиять на формирование древесного запаса в сравниваемых вариантах опыта. Это побудило нас провести аналогичный опыт, но уже без рубок ухода и при большем диапазоне значений I_p в сопоставляемых вариантах культур.

Опытные культуры сосны были заложены в 1968 г. в квартале 1 Орлинского лесничества Опытного лесного хозяйства «Сиверский лес» на бывшем сенокосе; почва – дерново-слабоподзолистый легкий суглинок. Подготовка почвы под культуры заключалась в сплошной вспашке кустарниково-болотным плугом на глубину около 25 см с последующей обработкой тяжелой дисковой бороной. Двухлетние сеянцы высаживали под меч Колесова. Культуры выращивали чистыми по составу. Площади сравниваемых вариантов культур – 1,0 ... 1,5 га. В вариантах 2 и 3 (табл. 2) почва опытного участка имеет несколько лучшие условия дренажа, чем в вариантах 1 и 4, что заметно в период снеготаяния и после обильных осадков. Тем не менее во всех вариантах опыта культуры растут по I классу бонитета (по шкале проф. М.М. Орлова), поэтому сопоставление характеристик насаждений мы считаем в принципе корректным.

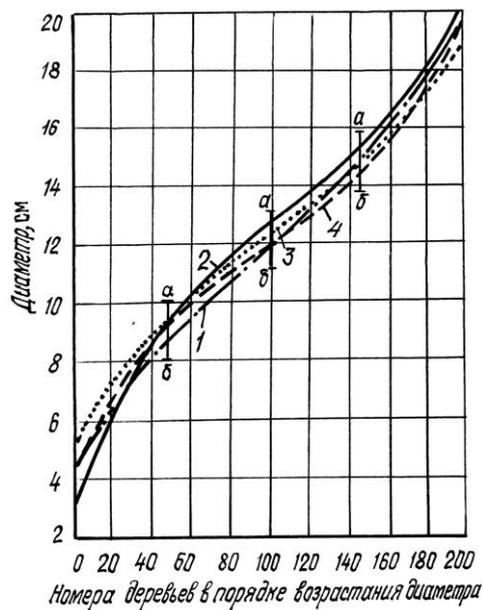
Как видно из табл. 2, самоизреживание культур интенсивнее там, где больше их исходная густота, что вполне понятно. Неожиданным оказалось то, что уменьшение индекса равномерности (I_p) размещения сеянцев по площади в 1,7 раза (варианты 3 и 4) не повлияло на интенсивность отпада, а при уменьшении индекса I_p в 5 раз (варианты 1 и 2) число сохранившихся деревьев даже увеличилось. При этом во всех вариантах практически одинаковы средние значения высоты, диаметра и видового числа деревьев.

Таблица 2

**Рост деревьев сосны в опытных культурах СПБНИИЛХ
с разным исходным размещением посадочных мест**

Показатели	Варианты опыта			
	1	2	3	4
	Исходные данные			
Индекс равномерности I_p	1,0	0,2	1,0	0,6
Размещение посадочных мест, м	2,2×2,2	5,0×1,0	1,5×1,5	2,0×1,1
Число посадочных мест, тыс. экз./га	2,0	2,0	4,5	4,5
	Культуры в возрасте 30 лет			
Количество сохранившихся деревьев: тыс. экз./га	1,3	1,6	1,8	1,9
% от исходного числа растений	65	80	40	42
Средняя высота, м	12,4	13,0	13,0	12,9
Средний диаметр ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$), см	12,8±0,3	13,0±0,3	12,9±0,2	12,5±0,3
Достоверность различий между вариантами (t)	0,5		1,1	
Среднее видовое число ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)	0,529±0,099	0,495±0,016	0,530±0,068	0,526±0,055
Достоверность различий между вариантами (t)	0,3		0,5	

Ранговое (порядковое) распределение деревьев по диаметру в опытных культурах: 1 – 4 – сравниваемые варианты культур (табл. 2); линиями $a - b$ обозначены доверительные границы среднего значения диаметров при вероятности 0,95



Заданные различия величин I_p не отразились и на статистиках, характеризующих диаметр стволов в опытных культурах. Стандартная ошибка $\sigma_{\bar{x}}$ среднего значения этого показателя во всех вариантах, в том числе в насаждении с $I_p = 0,2$, практически одинакова (0,23 ... 0,30 см). То же можно сказать и о коэффициенте вариации (V_d), который в разных вариантах опыта колеблется от 29 до 35 %.

Сравнивая огивы рангового (порядкового) распределения деревьев по диаметру в сопоставляемых вариантах культур, можно говорить об их идентичности (см. рисунок). Об этом свидетельствует критерий различия эмпирических значений диаметра ($\chi^2_{\text{факт}} < 4$ во всех случаях при $\chi^2_{\text{теор}} = 124$). Характер правой части кривых распределения свидетельствует о том, что количество относительно быстрорастущих деревьев (лидеров) примерно одинаково во всех вариантах опыта.

К настоящему времени процесс дифференциации и самоизреживания деревьев в опытных культурах, конечно, не закончен. Тем не менее, учитывая, что в культурах социальный статус деревьев высших рангов становится устойчивым уже в возрасте 10...12 лет и что ко времени главной рубки основными носителями древесного запаса являются деревья-лидеры [3], мы сочли целесообразным сопоставить в сравниваемых вариантах размеры наиболее крупных 500 и 1000 деревьев.

Как показано в табл. 3, различия в размерах деревьев оказались также недостоверными.

Заданное в опыте неравномерное размещение деревьев по площади при их разной исходной густоте могло вызвать эксцентриситет ствола,

Таблица 3

**Характеристика 500 и 1000 наиболее крупных деревьев
в вариантах опытных культур**

Показатели	Варианты опыта				Среднее значение показателей для всех вариантов
	1	2	3	4	
500 деревьев					
Средняя высота, м	<u>13,3</u> 97	<u>14,0</u> 102	<u>13,8</u> 101	<u>13,5</u> 99	<u>13,7</u> 100
Средний диаметр ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$), см	<u>16,6±0,2</u> 99	<u>17,0±0,2</u> 101	<u>17,0±0,2</u> 101	<u>16,4±0,2</u> 98	<u>16,8</u> 100
Достоверность различий между вариантами (t)	1,1		1,3		
1000 деревьев					
Средняя высота, м	<u>12,8</u> 97	<u>13,5</u> 102	<u>13,5</u> 102	<u>13,1</u> 99	<u>13,2</u> 100
Средний диаметр ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$), см	<u>14,1±0,3</u> 95	<u>15,0±0,2</u> 101	<u>15,3±0,2</u> 103	<u>14,7±0,2</u> 99	<u>14,9</u> 100
Достоверность различий между вариантами (t)	2,7		2,2		

Примечание. В числителе – абсолютные средние значения, в знаменателе – процент от среднего значения показателя для всех вариантов (тех же, что и в табл. 2).

Таблица 4

Диаметры стволов на высоте 1,3 м и кроны по измерениям в направлениях вдоль (а) и поперек (б) рядов культур

Показатели	Варианты опыта			
	1	2	3	4
Ствол				
Диаметр на высоте 1,3 м, см, в направлении:				
а ($\bar{x}_a \pm S_{\bar{x}_a}$)	12,7±0,4	12,8±0,5	12,8±0,3	12,4±0,4
б ($\bar{x}_b \pm S_{\bar{x}_b}$)	12,9±0,5	13,3±0,5	13,0±0,3	12,6±0,3
Достоверность различий между величинами \bar{x}_a и $\bar{x}_b(t)$	0,3	0,5	0,2	0,4
Крона				
Диаметр, м, в направлении:				
а ($\bar{x}_a \pm S_{\bar{x}_a}$)	3,4±0,5	2,4±0,2	3,0±0,3	3,0±0,2
б ($\bar{x}_b \pm S_{\bar{x}_b}$)	3,0±0,2	4,0±0,2	3,0±0,4	3,2±0,2
Достоверность различий между величинами \bar{x}_a и $\bar{x}_b(t)$	0,7	5,7	0	0,7
Отношение \bar{x}_a / \bar{x}_b	1,1	0,6	1,0	0,9
Площадь проекции кроны ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$), м ²	8,0±0,9	7,9±1,1	7,1±1,6	7,7±1,0
Достоверность различий между вариантами (t)	0,1		0,3	

Таблица 5

Сучковатость деревьев сосны в сравниваемых вариантах культур

Показатели	Варианты опыта			
	1	2	3	4
Средняя высота первого живого сучка ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$), м	6,3±0,2	6,3±0,4	8,4±0,2	8,6±0,4
Достоверность различий между вариантами (t)	0,2		0,5	
Средний диаметр сучков в нижней части ствола до высоты 6,5 м ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$), мм	17±0,4	22±0,6	20±1,0	17±0,4
Достоверность различий между вариантами (t)	6,9		2,8	

кроны, а также высоты прикрепления и диаметра сучьев в нижней части ствола. О варьировании этих параметров свидетельствуют данные табл. 4 и 5.

Оказалось, что выраженный эксцентриситет кроны имеет место только в варианте опыта 2 (при $I_p = 0,2$, исходной густоте 2 тыс. растений

на 1 га и ширине междурядий 5 м). Однако даже в этом случае, как и во всех других, не был зафиксирован достоверный эксцентриситет ствола, а также достоверные различия в средних значениях площади проекции кроны.

Различия в высоте прикрепления первого живого сучка (табл. 5) четко проявились в культурах с разной исходной густотой. Так, при сравнении вариантов 1 и 3 (в обоих случаях $I_p = 1$) $t = 5,0$, т. е. различия достоверны. Вместе с тем при равной исходной густоте культур не было обнаружено достоверного влияния I_p на высоту прикрепления первого живого сучка.

Толщина сучьев в нижней части кроны отчетливо зависела от размещения деревьев только во втором варианте опыта (при $I_p = 0,2$). Явно толще были сучья, обращенные в сторону широких междурядий.

Мертвые сучья и их остатки на стволах деревьев во всех вариантах опыта находились на высоте 10 ... 15 см от поверхности почвы. Четкой зависимости протяженности этой зоны от значений I_p в опыте не установлено. При всех I_p эта зона была на 30 ... 40 % больше в густых культурах (варианты 3 и 4), чем в редких (варианты 1 и 2).

Качество древесины как сырья в большой мере зависит от доли поздней древесины в структуре годовых колец [6]. В нашем опыте этот признак был изучен на кервах, взятых на высоте 0,2 м у 25 деревьев в каждом варианте опыта в направлении вдоль и поперек рядов культур. Деревья выбирали с расчетом равного представительства особей всех рангов. Всего исследовано 200 кернов. При отмеченной четкой положительной корреляции между шириной слоя поздней древесины и шириной всего годового кольца ($r = 0,810 \dots 0,872$) установлено, что средний процент поздней древесины во всех вариантах опыта с разными показателями исходной густоты (2,0 и 4,5 тыс. экз./га) и индекса равномерности (0,2; 0,6 и 1,0) оказался почти одинаковым. В первом, третьем и четвертом вариантах он составил 23 ± 3 , во втором 21 ± 3 . Различия оказались недостоверными ($t = 0,6$).

В заключение надо сказать, что 30 лет назад при закладке опыта мы предполагали, что во втором варианте с очень широкими междурядьями (5 м) и малой величиной $I_p = 0,2$ получим насаждение с явно пониженной продуктивностью. Это предположение не сбылось. Запас стволовой древесины 1000 наиболее крупных деревьев («деревьев будущего») в сравниваемых вариантах опыта 1–4 оказался соответственно равен 106, 121, 134 и 121 м³/га*. Как видим, по продуктивности второй вариант культур (с шириной междурядий 5 м) оказался практически не хуже других (с междурядьями шириной 1,5 ... 2,2 м).

В технологическом и экономическом отношении широкие междурядья в культурах имеют важные преимущества по сравнению с узкими. Так, в рядовых посадках с узкополосной подготовкой почвы протяженность рядов саженцев и обработанных полос почвы в пересчете на 1 га равна: при двухметровой ширине междурядий – 5 км, при четырехметровой – 2,5 км. Есте-

* Запас стволовой древесины определен по средним значениям видового числа, высоты и диаметра, указанным в табл. 2 и 3.

ственно, денежные затраты на закладку культур во втором случае будут значительно ниже, чем в первом. Кроме того, по широким междурядьям могут перемещаться тракторные агрегаты, выполняющие работы по уходу за культурами, их защите и охране.

Можно уверенно говорить о целесообразности закладки плантационных культур с широкими междурядьями для ускоренного получения балансов, а в некоторых условиях и пиловочных бревен, например там, где хозяйство не заинтересовано в проведении ранних разреживаний культур, но впоследствии сможет провести обрезку нижних сучьев у лучших деревьев, оставляемых до главной рубки.

Во всех случаях закладка культур с широкими междурядьями не должна сопровождаться снижением исходной густоты. Как минимум, она должна быть в 3 раза больше конечной, чтобы впоследствии стали возможными искусственная или естественная выбраковка худших особей и формирование насаждений из деревьев-лидеров, превосходящих по продуктивности среднее дерево популяции примерно в 1,9 раза.

Приведенные данные и соображения, конечно, не исчерпывают вопроса о том, как лучше размещать деревья в культурах. При разработке проектов лесных культур этот важный вопрос должен решаться с учетом местных условий и многих обстоятельств. Вместе с тем полное обоснование этого параметра можно получить только при закладке специальных опытных культур с вариантами густоты и размещения растений, обязательно с учетом древесных пород, типов лесорастительных условий и целей выращивания. Такие исследования быстро выполнить нельзя, но их результаты с лихвой оправдают затраченные средства и время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Калиниченко Н.П., Писаренко А.И., Смирнов Н.А.* Лесовосстановление на вырубках. – М., 1973. – 328 с.
2. *Кондратьев П.С.* Влияние густоты посадки на рост сосновых насаждений // Лесн. хоз-во. – 1979. – № 12. – С. 27–33.
3. *Маслаков Е.Л.* О росте и дифференциации деревьев в сосновых молодняках // Восстановление леса на Северо-Западе РСФСР. – Л., 1978. – С. 13–21.
4. *Мартынов А.Н.* Густота культур хвойных пород и ее значение. – М.: ЦБНТИ, 1974. – 59 с.
5. *Писаренко А.И., Мерзленко М.Д.* Создание искусственных лесов. – М., 1990. – 270 с.
6. *Полубояринов О.И.* Плотность древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 160 с.
7. *Тольский А.П.* Частное лесоводство. Основы лесокультурного дела. Ч. 3. Лесные культуры (общая часть). – Л., 1930. – 388 с.

СПбНИИЛХ

Поступила 20.12.2000 г.

I.V. Shutov, L.N. Tovkach, N.M. Minakova, V.G. Sergienko, R.V. Vlasov
Meaning of Uneven Allocation of Trees in Pine Cultures

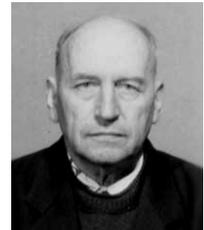
The dependence of mean height, mean diameter of trial pine cultures with specified initial uneven allocation of seedlings over the area have been investigated. The conclusion is drawn about the preference of wide inter-row spacing in cultures.



УДК 539.3:630*31

С.И. Морозов, Д.Н. Шостенко

Морозов Станислав Иванович родился в 1929 г., окончил в 1952 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики Архангельского государственного технического университета, член-корреспондент РИА, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет более 160 печатных работ в области изучения устойчивости температурно-напряженного рельсового пути, закрепления его от угона рельсов, удара тел, применения ЭВМ при решении задач механики.

**УРАВНЕНИЕ СВЯЗИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УДАРА**

Дан вывод уравнения, связывающего основные расчетные параметры классической и контактной теории удара.

удар, классическая теория, контактная теория, коэффициенты нелинейности n , пластичности B и восстановления ε , связь между ними.

В лесной промышленности (на лесозаготовках, лесоскладских работах, сухопутном и водном транспорте леса) часто встречаются случаи ударного взаимодействия тел, которые влияют на отдельные технологические процессы, деформацию тел и их движение после удара.

Для решения задач удара требуется применять специальные математические зависимости и специфические методики. Эти способы изложены в литературных источниках [5], но они требуют дальнейшего развития.

В настоящее время при изучении процесса удара широко используют классическую и контактную теории. Каждая из них имеет преимущества и недостатки, позволяет найти свой круг расчетных величин. Но между этими теориями имеется определенная связь, с помощью которой можно найти практически все величины, характеризующие процесс удара, т. е. разработать сквозной метод решения таких задач.

Классическая теория [3] основана на работах Г. Галилея и И. Ньютона. Она использует основные теоремы механики: об изменении количества движения, моментов количества движения, кинетической энергии и др.

С помощью формул классической теории можно определить импульсы ударных сил, линейные скорости центров масс и угловые скорости вращения тел после удара, а также решить много других задач на прямой и косой удар двух тел.

И. Ньютоном было введено понятие коэффициента восстановления ε , который определяет потерю механической энергии тел после удара. Значе-

ния ε находят экспериментально (при упругом ударе $\varepsilon = 1$, при неупругом $\varepsilon = 0$, в общем случае частично упругого удара $0 < \varepsilon < 1$). Классическая теория связывает относительные скорости центров масс тел до и после удара:

$$\bar{u}_n \bar{n} = -\varepsilon \bar{v}_n \bar{n}, \quad (1)$$

где v_n – относительная скорость центров масс тел до удара, $v_n = v_2 \pm v_1$;

u_n – то же после удара, $u_n = u_2 \pm u_1$;

$\bar{v}_n \bar{n}$; $\bar{u}_n \bar{n}$ – проекции относительных скоростей на линию удара, расположенной по нормали к поверхности тел в точке соударения.

Недостатком классической теории является невозможность определить ряд величин: максимальную силу удара F_m , полное время удара τ и максимальную деформацию тел α_m в точке удара, которые требуется знать при решении отдельных задач.

Способы определения этих величин рассмотрены в контактной теории удара. Она основана на использовании так называемой силовой функции [4], которая в общем случае имеет вид

$$F = B\alpha^n, \quad (2)$$

где F – текущая сила удара;

B – коэффициент пластичности;

α – текущая деформация тел в точке их соударения;

n – коэффициент нелинейности.

В частном случае (соударение упругих тел) методика решения контактной теории удара предложена Г. Герцем, развита А.Н. Динником [2] и другими учеными.

Г. Герц нашел формулу для определения силовой функции при соударении упругих тел:

$$F = K\alpha^n, \quad (3)$$

где K – коэффициент Герца, зависящий от физико-механических характеристик материала μ , E ,

$$K = \frac{4}{5} \left[\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2} \right]^{-1} \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}}; \quad (4)$$

μ_1 , μ_2 – коэффициенты Пуассона;

E_1 , E_2 – модули упругости материалов тел;

R_1 , R_2 – радиусы поверхности тел в точке соударения;

n для упругих тел равен $\frac{3}{2}$.

Контактная теория разработана только для прямого центрального удара. Ее нельзя применять для косого удара и соударения вращающихся тел, что позволяет классическая теория удара.

Объединяя классическую и контактную теории удара, можно значительно расширить круг задач и получить общую теорию удара, предназначенную для решения большинства задач.

Цель настоящей статьи – вывод зависимостей, связывающих величины ε , B и n в общем виде, и их анализ.

При решении задач удара с помощью контактной теории были получены следующие расчетные выражения [4]:

а) максимальная деформация тел в точке удара

$$\alpha_m = \left[\frac{(1-n)MV_n^2}{2B} \right]^{\frac{1}{1+n}}; \quad (5)$$

б) максимальная сила удара

$$F_m = B\alpha_m^n; \quad (6)$$

в) остаточная деформация тел в точке соударения после удара

$$\alpha_1 = \alpha_m - \left(\frac{B\alpha_m^n}{K} \right)^{\frac{2}{3}}; \quad (7)$$

г) относительная скорость движения тел после удара

$$u_n = \sqrt{\frac{4K}{5M} (\alpha_m - \alpha_1)^{2,5}}; \quad (8)$$

д) полное время удара

$$\tau = \frac{\alpha_m}{V_n} \varphi_1 + \frac{\alpha_m - \alpha_1}{u_n} \varphi_2, \quad (9)$$

где φ_1 , φ_2 – множители, выражаемые через гамма-функции,

$$\varphi_1 = \frac{\sqrt{\pi} \Gamma\left(\frac{1}{1+n}\right)}{(1+n) \Gamma\left(\frac{3+n}{2(1+n)}\right)};$$

$$\varphi_2 = \frac{\sqrt{\pi} \Gamma \cdot 0,4}{2,5 \Gamma \cdot 0,9} = 1,4725.$$

Множитель φ_2 является постоянной величиной, так как на стадии разгрузки $n = 3/2$, а φ_1 зависит от значения n на стадии загрузки.

Буквой M в уравнениях (5) и (8) обозначена приведенная масса тел:

$$M = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} = \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2},$$

где m_1 , m_2 – массы соударяющихся тел.

Решая систему уравнений (1), (5), (7) и (8), получаем искомое уравнение связи. Процедура решения состоит в следующем:

а) возведем уравнение (8) в квадрат, т. е. найдем

$$u_n^2 = \frac{4K}{5M} (\alpha_m - \alpha_1)^{2,5};$$

б) подставим сюда выражение для разности $\alpha_m - \alpha_1$, которую найдем из уравнения (7):

$$u_n^2 = \frac{4K}{5M} \left(\frac{B\alpha_m^n}{K} \right)^{\frac{2}{3}};$$

в) подставим далее выражение для α_m из уравнения (5). Преобразовывая, получим

$$u_n^2 = \frac{4}{5} \left(\frac{1+n}{2} \right)^{\frac{5n}{3(1+n)}} \frac{K^{-\frac{2}{3}} B^{\frac{5(1+2n)}{6(1+n)}} v_n^{\frac{10n}{3(1+n)}}}{M^{\frac{3-2n}{3(1+n)}}}; \quad (10)$$

г) так как из уравнения (1) имеем $u_n^2 = \varepsilon^2 v_n^2$, то приведем (10) к виду

$$\varepsilon^2 v_n^2 = \frac{4}{5} \left(\frac{1+n}{2} \right)^{\frac{5n}{3(1+n)}} \frac{K^{-\frac{2}{3}} B^{\frac{5(1+2n)}{6(1+n)}} v_n^{\frac{10n}{3(1+n)}}}{M^{\frac{3-2n}{3(1+n)}}}. \quad (11)$$

Отсюда находим

$$\varepsilon = \left[\frac{4}{5} \left(\frac{1+n}{2} \right)^{\frac{5n}{3(1+n)}} \frac{K^{-\frac{2}{3}} B^{\frac{5(1+2n)}{6(1+n)}} v_n^{\frac{4n-6}{3(1+n)}}}{M^{\frac{3-2n}{3(1+n)}}} \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (12)$$

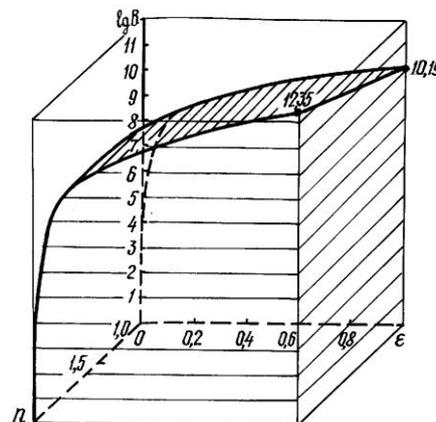
Из уравнения (11) можно, зная ε и n , выразить B :

$$B = \left[\frac{5\varepsilon^2}{4 \left(\frac{1+n}{2} \right)^{\frac{5n}{3(1+n)}}} K^{\frac{2}{3}} M^{\frac{3-2n}{3(1+n)}} v_n^{\frac{6-4n}{3(1+n)}} \right]^{\frac{3(1+n)}{5}}. \quad (13)$$

Таким образом, нами получены два уравнения (12) и (13), связывающие классический и контактный способ решения задач удара. Зависимость между ε , n и B наглядно продемонстрирована гистограммой на рисунке, построенной для $M = 1500$ кг, $v_n = 10$ м/с, $K = 2 \cdot 10^{11}$ и различных значениях ε , n и B .

По оси абсцисс гистограммы отложены значения n , ординат – значения ε , аппликат – значения $\lg B$.

В данном случае диапазон изменения n составляет: $1 \leq n \leq 1,5$. Если $n = 1$, то зависимость $F_{уд}(\alpha)$ является линейной, если $n = 1,5$ – упруголинейной. Это справедливо при соударении таких тел, поверхность хотя бы одного из которых имеет вид поверхности второго порядка (шар, эллипсоид, параболоид, гиперболоид). Случаи $n > 1,5$ в теории не рассмотрены, но экспериментально они встречаются [1].



Величина ε изменяется во всем ее возможном диапазоне: $0 \leq \varepsilon \leq 1$. С помощью гистограммы можно, в принципе, найти B для любого случая частично-упругого удара.

По вертикальной оси отложены значения $\lg B$. Это вызвано тем, что значения B при различных комбинациях величин ε и n могут отличаться друг от друга на 3 – 5 порядков, что неудобно для графического построения.

Поверхность, ограничивающая гистограмму сверху, является плавной, не имеет разрывов или каких-либо других особых точек и дает ясное представление о характере зависимости $B(n, \varepsilon)$, т. е. однозначно связывает параметры, характеризующие классическую и контактную теории удара.

Во всяком случае ясно, что такая связь существует, т. е. эти теории не являются противоречивыми. Отметим, что в статье рассмотрен случай прямого центрального удара. Случаи косого удара, соударения вращающихся тел и т. д. в контактной теории пока не рассмотрены, поэтому говорить об их связи с классической теорией еще рано.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батуев Г.С. и др. Инженерные методы исследования ударных процессов / Г.С. Батуев, Ю.В. Голубков, А.К. Ефремов, А.А. Федосов. – М.: Машиностроение, 1969. – 240 с.
2. Динник А.Н. Удар и сжатие упругих тел. Избр. тр. Т. 1. – Киев: Изд-во АН УССР, 1952. – С. 3–114.
3. Морозов С.И., Морозов В.С. Классическая теория удара: Конспект лекций по соударению плоских тел. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 45с.
4. Морозов С.И., Попов М.В. Контактная теория удара: Конспект лекций по элементарной теории. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 42с.
5. Пановко Я.Г. Введение в теорию механического удара. – М.: Наука, 1977. – 224 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 25.03.01

S.I. Morozov, D.N. Shostenko

Equation of Connection for Solving Problems of Impact

The equation is derived connecting the basic calculation parameters of the classical and contact impact theory.

УДК 630*378

М.С. Сергеев, М.М. Овчинников

Сергеев Михаил Сергеевич родился в 1922 г., окончил Ленинградскую военно-воздушную академию, доктор технических наук, профессор кафедры высшей математики С.-Петербургской лесотехнической академии. Имеет более 100 печатных работ по теории управления и оптимизации авиационных и военнокосмических систем, проблемам совершенствования технологии и динамики лесных машин и агрегатов.



Овчинников Михаил Михайлович родился в 1930 г., окончил в 1954 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водного транспорта леса и гидравлики С.-Петербургской лесотехнической академии, академик РАЕН. Имеет более 80 печатных работ в области совершенствования технологии водного транспорта леса, разработки перспективных экологически безопасных технологических схем водного транспорта леса на базе лесотранспортных и гидротехнических модулей, гидродинамики плотового лесосплава, расчета лесосплавных гидротехнических сооружений.



О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ РЕЕВОГО БОНА СО СВОБОДНЫМ РЕЧНЫМ ПОТОКОМ

Приведен полный гидродинамический расчет реевого бона при стационарном режиме его работы, включающий уравнение равновесия моментов всех действующих сил относительно точки крепления бона к берегу, расчетные формулы для определения реакций в береговой опоре. Изложен геометрический подход к определению числа рей бона. Приведен пример расчета.

бон, рея, свободный поток, уравнение моментов, показатель обтекания.

Существующие методы расчета реевых боноразрядов базируются на допущении, что полное гидродинамическое сопротивление направлено по течению потока. Однако это неправильно. В нашей работе предложен новый подход к расчету реевых боноразрядов, основанный на составлении и решении уравнений статики для гидродинамических сил, действующих на рей и боноразряды. Силы воздействия ветра и лесоматериалов (сплоточных единиц) на лесонаправляющие сооружения не учитываем.

Расчетная схема приведена на рис. 1, где обозначено: l_6 – длина бона;

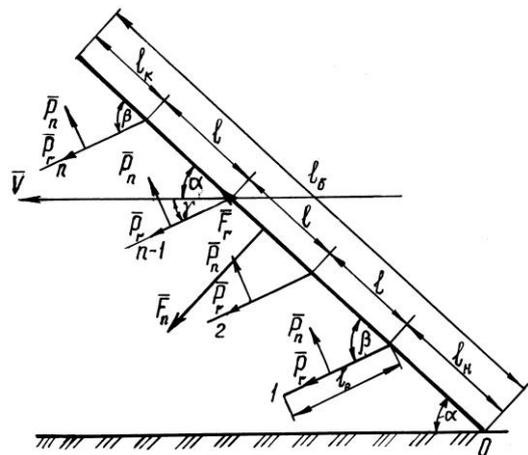


Рис. 1

l_p – длина рей; l – расстояние между рядами; l_k – расстояние от конца бона до последней рей; l_n – расстояние от точки O крепления бона к берегу до первой рей; V – скорость течения потока; α – угол установки бона к направлению течения; β – угол установки рей относительно бона; γ – угол атаки, т. е. угол между рейей и вектором скорости потока; P_r, P_n – составляющие сил, действующих на рей; F_r, F_n – то же на бон.

Как видно из схемы, углы α, β и γ связаны соотношением

$$\alpha + \gamma = \beta,$$

при этом конструктивно принимают $\beta < 90^\circ$.

Число рей n , входящих в лесонаправляющее сооружение, можно найти по уравнению

$$n = 1 + \frac{l_b - l_n - l_k}{l}.$$

Например, при $l_b = 200$ м, $l_n = 10$ м, $l_k = 3$ м и $l = 11$ м получим $n = 18$. При дробном числе n необходимо изменить размеры l_n, l_k, l и l_b для получения целого числа n .

Составим выражения для моментов сил, действующих на рей со стороны потока, относительно точки O для каждой рей в отдельности. Обозначив через P_n и P_r соответственно составляющие полной гидродинамической силы по нормали и вдоль оси рей (от первой до последней) – рис. 2, получим

$$\left. \begin{aligned} M + P_n l_n \cos \beta - P_r l_n \sin \beta; \\ M + P_n (l_n + l) \cos \beta - P_r (l_n + l) \sin \beta; \\ M + P_n (l_n + 2l) \cos \beta - P_r (l_n + 2l) \sin \beta; \\ \dots \dots \dots \\ M + P_n [l_n + (n-1)l] \cos \beta - P_r [l_n + (n-1)l] \sin \beta. \end{aligned} \right\} (1)$$

Здесь $M = \frac{P_n l_p}{2}$.

Просуммируем моменты от всех n рей. Учитывая, что

$$1 + 2 + 3 + \dots + (n-1) = (n-1) \frac{n}{2},$$

получаем выражение

$$n \left[M + l_n \left(\cos \beta - P_r \sin \beta \right) + \frac{1}{2} (n-1) l \left(\cos \beta - P_r \sin \beta \right) \right].$$

Эта сумма должна быть уравновешена моментом от нормальной составляющей F_n силы сопротивления бона (рис. 3), т. е.

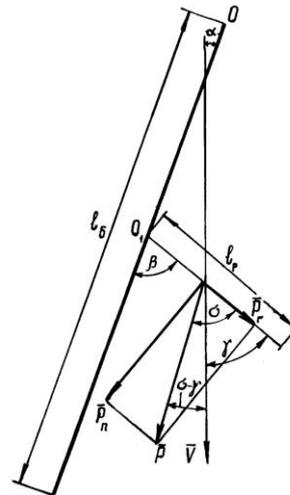


Рис. 2

$$n \left[l + l_n \left(\cos \beta - P_r \sin \beta \right) \right] + \frac{1}{2} (n-1) l \left(\cos \beta - P_r \sin \beta \right) - \frac{1}{2} F_n l_6 = 0. \quad (2)$$

При записи формул (1) и (2) принято допущение, что полная гидродинамическая сила от потока приложена соответственно посередине бона и рей. Уравнение (2) будем называть основным уравнением моментов.

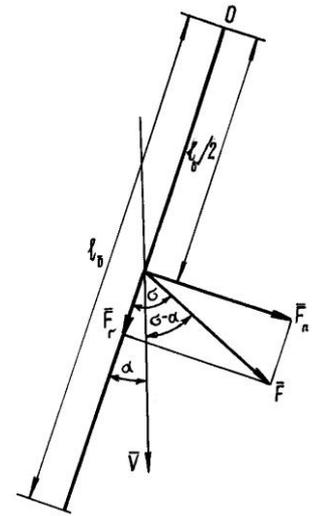
Введем обозначение показателя гидродинамического обтекания рей $K_p = P_n/P_r$. Тогда уравнение (2) принимает более простой вид:

$$nP_n \left(\frac{l_p}{2} + l_n C \right) + (n-1) \frac{n}{2} l P_n C - F_n \frac{l_6}{2} = 0, \quad (3)$$

$$\text{где } C = \cos \beta - \frac{\sin \beta}{K_p}.$$

В работах [1, 2] для определения сил P_n и F_n предложены формулы

Рис. 3



$$P_n = \xi_p l_p t_p \frac{\rho V^2}{2} \sin \gamma; \quad (4)$$

$$F_n = \xi_a l_a t \frac{\rho V^2}{2} \sin \alpha, \quad (5)$$

где ξ_p – коэффициент сопротивления рей, определяемый по таблицам, приведенным в работах [1, 2];

t_p, t – осадка рей и бона;

ρ – плотность воды;

ξ_a – коэффициент сопротивления бона, определяемый по табл. 1.

После подстановки зависимостей (4) и (5) в уравнение (3) и сокращения на общий множитель ρV^2 последнее принимает вид

$$n \xi_p l_p t_p \left[\left(\frac{l_p}{2} + l_n C \right) + (n-1) \frac{n}{2} l C \right] \sin \gamma - \xi_a t \frac{l_a^2}{2} \sin \alpha = 0. \quad (6)$$

Коэффициент C , входящий в уравнение (6), зависит от показателя гидродинамического обтекания рей K_p . Для его оценки проведем дополнительные исследования. Составляющая силы воздействия потока вдоль оси бона F_r в работах [1, 2] определяется по формуле

$$F_r = f_6 b l_6 t \frac{\rho V^2}{2} \cos \alpha, \quad (7)$$

где f_6 – расчетный коэффициент сопротивления трения бона;
 b – ширина бона.

С учетом зависимостей (5) и (7) показатель обтекания бона K_6 будет равен (рис. 3):

$$K_6 = \frac{F_n}{F_r} = \frac{\xi_6 t}{f_6 b} \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \sigma. \quad (8)$$

Угол σ показан на рис. 3. Там же схематично представлено расположение векторов \vec{F}_n , \vec{F}_r и вектора полной силы сопротивления $\vec{F} = \vec{F}_n + \vec{F}_r$.

Составляющая полного сопротивления на нормаль к реи P_n вычисляется по зависимости (4) (см. рис. 2). К сожалению, в работах [1–3] не приведены формулы для определения составляющей P_r и полного сопротивления реи P . Однако численные значения показателя K_p для реи больше, чем K_6 для бона, т. е. $K_p > K_6$.

Справедливость этого неравенства обусловлена конструктивными особенностями реи: ширина погруженной в воду части реи превышает ее толщину по нормали к потоку, чего нет у бона.

Таблица 1

α , град	$\operatorname{tg} \alpha$	ξ_6	$\operatorname{tg} \sigma$	σ , град	$\sigma - \alpha$, град	$\xi_6 \sin$
Однорядный шестибрусенный бон						
10	0,17632	0,43	0,8775	41,27	31,27	0,07466
15	0,26795	0,47	1,4576	55,55	40,55	0,12167
20	0,36397	0,51	2,1484	65,04	45,04	0,17440
25	0,46630	0,55	2,9684	71,38	46,38	0,23240
30	0,57730	0,59	3,9425	75,77	45,77	0,29500
Шестибрусенный бон с козырьком						
10	0,17632	0,50	1,7632	60,44	50,44	0,0868
15	0,26795	0,56	3,0010	71,57	56,57	0,1449
20	0,36397	0,65	4,7316	78,07	58,07	0,2223
25	0,46630	0,77	7,1812	82,07	57,07	0,3254
30	0,57730	0,93	10,7400	84,68	54,68	0,4650

Численные значения показателя $K_6 = \operatorname{tg} \sigma$, вычисленные по формуле (8), при разных углах атаки α представлены в табл. 1 для однорядного шестибрусенного бона с $b = 1,2$ м, $t = 0,25$ м, $f_6 = 0,018$ и для шестибрусенного бона с козырьком при $b = 1,2$ м, $t = 0,6$ м, $f_6 = 0,025$. Эти показатели взяты из работ [1, 2].

Как видно из табл. 1, угол $\sigma - \alpha$ между вектором полного сопротивления F и вектором скорости течения V не равен нулю, т. е. вектор силы F не направлен по направлению течения, как это принято в работах [1–3]. Кроме того, в таблице приведены значения произведения $\xi_6 \sin \alpha$, необходимые для решения основного уравнения (6).

В работе [3] силы F_n и F_r рекомендуется определять по другим формулам:

$$F_n = ktV^2l_6\sin\alpha; \quad (9)$$

$$F_r = f_6bV^2l_6\cos\alpha, \quad (10)$$

где коэффициент сопротивления $k = K_6$, $t = t_6$, а коэффициент f_6 принимают равным 12,5 ... 15,0 для бона с козырьком и 9,0 для однорядного.

С учетом формул (9) и (10) выражение для коэффициента K_6 принимает вид

$$K_6 = \operatorname{tg}\sigma \frac{kt}{f_6b}. \quad (11)$$

Результаты расчета этого коэффициента и углов $\sigma - \alpha$ при разных значениях углов атаки α представлены в табл. 2 для однорядного шестибревенного бона с глубокосидящим козырьком ($b = 1,2$ м, $t = 0,6$ м, $f_6 = 12,5$) и такого же бона с козырьком из одного бревна ($b = 1,2$ м, $t = 0,4$ м, $f_6 = 12,5$).

Данные этой таблицы подтверждают предыдущий вывод о том, что вектор гидродинамического сопротивления F образует с вектором

Таблица 2

α , град	K_6	$\operatorname{tg}\sigma$	σ , град	$\sigma - \alpha$, град
Однорядный шестибревенный бон с глубокосидящим козырьком				
10	2,56	1,8055	61,02	51,02
15	2,88	3,0867	72,05	57,05
20	3,32	4,8335	78,32	58,32
25	3,94	7,3490	82,26	57,26
30	4,76	10,9927	84,80	54,80
Тот же бон с козырьком из одного бревна				
10	2,26	1,0624	46,73	36,73
15	2,47	1,7644	60,46	45,46
20	2,78	2,6975	69,66	49,66
25	3,17	3,9468	75,76	50,76
30	3,77	5,8028	80,22	50,22

5

скорости V угол $\sigma - \alpha = 31 \dots 58^\circ$. Из представленных результатов следует, что показатель обтекания бона K_6 и произведение $\xi_6\sin\alpha$ возрастают с увеличением угла атаки α и измеряются в достаточно широких пределах. Например, при $\alpha = 30^\circ$ $\xi_6\sin\alpha = 0,30 \dots 0,47$ (см. табл. 1).

Численное значение произведения $\xi_6\sin\alpha$ найдем на основании решения основного уравнения (6):

$$\xi_a \sin \alpha = n \xi_p t_p \frac{\left(\frac{l_p}{2} + l_i C \right) + \frac{n-1}{2lC}}{\frac{tl_a^2}{2}} \sin \gamma.$$

Для весьма характерного реевого бона с параметрами $l_6 = 200$ м, $b = 1,2$ м, $t = 0,6$ м, $n = 18$ рей, $\beta = 62^\circ$, $\gamma = 20^\circ$, $l_p = 6,5$ м, $t_p = 0,6$ м, $\xi_p = 1,57$, $K_p = 10$, $C = \cos \beta - \frac{\sin \beta}{K_p} = 0,38118$ имеем $\xi_6 \sin \alpha = 0,25209$, чему

соответствует угол $\alpha = 21^\circ 27'$. Линейной интерполяцией данных табл. 1 находим, что этому углу атаки α отвечает произведение $\xi_6 \sin \alpha = 0,2522$, которое отличается от расчетного только четвертым знаком после запятой, что вполне допустимо.

Определим реакцию в точке O крепления бона (см. рис. 1), для чего спроектируем все силы, действующие на бон и рей, на ось бона и на нормаль к нему. Составляющую вдоль оси бона (в сторону от берега) от всех гидродинамических сил, действующих на бон и рей, находим по формуле

$$Q_r = F_r + \mathbf{P}_r \cos \beta - P_n \sin \beta \vec{n} = F_r + P_n \left(\sin \beta + \frac{\cos \beta}{K_p} \right) n. \quad (12)$$

Составляющую по нормали к бону определяем по формуле

$$Q_n = F_n + \mathbf{P}_r \cos \beta - P_n \sin \beta \vec{n} = F_n + P_n \left(\cos \beta + \frac{\sin \beta}{K_p} \right) n. \quad (13)$$

Входящие в эти уравнения силы F_n , F_r , P_n вычисляются по формулам (4), (5) и (7).

После подстановки выражений (4), (5) и (7) формулы (12), (13) принимают вид

$$Q_r = \xi_a b l_a \cos \alpha + C_1 \xi_p l_p t_p \sin \gamma \frac{\rho V^2}{2}; \quad (14)$$

$$Q_n = \xi_a t l_a \sin \alpha + C_2 \xi_p l_p t_p \sin \gamma \frac{\rho V^2}{2}, \quad (15)$$

где $C_1 = na$; $C_2 = nc$ (здесь $a = \sin \beta + \frac{\cos \beta}{K_p}$ и $c = \cos \beta + \frac{\sin \beta}{K_p}$).

Составляющие реакции в точке O опоры равны силам Q_r и Q_n , но направлены в противоположные стороны.

Оценим эти силы для указанного реевого бона при установке его в речном потоке со скоростью течения $V = 1,2$ м/с. В этом случае при $\beta = 62^\circ$, $K_p = 10$ величина $a = 0,929897$, $c = 0,381175$ и для $n = 18$ находим

$$C_1 = 16,738; C_2 = 6,8611; Q_r = 5,1774 \cdot 10^4 \text{ Н}; Q_n = 0,2673 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Выводы

1. Представлен расчет реевого бона при его обтекании свободным речным потоком.

2. Предложены расчетные формулы (12) и (13) для определения реакций в береговой опоре бона.

3. Введение показателя $K_p = \frac{P_n}{P_r}$ позволило существенно упростить уравнение моментов (2) и привести его к виду (6), зависящему только от конструктивных параметров бона и рей, а также от гидродинамических коэффициентов. Это дало возможность упростить и расчетные формулы (14) и (15) для вычисления составляющих реакций в опоре крепления бона.

4. Анализ составляющих сил сопротивления бона F_n и F_r и их отношения $K_\sigma = \frac{F_n}{F_r}$ показал, что полная сила сопротивления F образует с вектором скорости V угол $\sigma - \alpha$, который существенно отличается от нуля, т. е. нельзя считать, что вектор полного сопротивления бона F направлен строго по направлению скорости течения.

5. Наиболее существенное влияние на режим работы реевого бона в потоке оказывают угол установки рей β и показатель K_p (при $\alpha = \text{const}$).

6. При заданных конструктивных параметрах бона и гидродинамических коэффициентах определение числа рей n сводится к решению квадратного уравнения (6), чем существенно отличается от рекомендаций, изложенных в работах [1–3].

7. Предложенная методика расчета реевого бона предполагает использование экспериментальных данных, изложенных в работах [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Донской И.П., Савельев В.В. Водный транспорт леса. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 286 с.
2. Пятакин В.И., Дмитриев Ю.Я., Зайцев А.А. Водный транспорт леса. – М.: Лесн. пром-сть, 1985. – 335 с.
3. Справочник по водному транспорту леса. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 383 с.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 18. 10. 2000 г.

The complete hydrodynamic calculation of yard boom is given at its stationary operating conditions including the equation of the moment balance of all acting forces in relation to the boom attachment point to the bank and calculation equation for determining reactions in the coast abutment. Geometrical approach for determining the number of boom yards is provided as well as the example of calculation.

УДК 621.313.333

Н.Н. Буторин

Буторин Николай Николаевич родился в 1923 г., окончил в 1951 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета. Имеет 40 печатных работ.



ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ

Определены параметры системы дифференциальных уравнений для исследования переходных процессов через каталожные данные асинхронных электродвигателей.

электропривод, асинхронный, переходные.

При конструировании лесопромышленного оборудования важен правильный выбор электродвигателя. Двигатель завышенной мощности имеет низкий коэффициент полезного действия, а следовательно, и большие потери энергии. Кроме того, низкий коэффициент мощности ($\cos \varphi$) такого двигателя вызывает дополнительные потери энергии в питающей сети.

Изучение переходных процессов в электроприводе необходимо при переменных нагрузках, в тяжелых условиях пуска, как, например, в приводе лесопильных рам, ленточных транспортеров, асинхронных двигателей, питающихся от автономных источников, и др. [1].

Для электропривода с асинхронными двигателями применяют так называемые уравнения Парка – Горева. В координатах $X, 0, Y$, вращающихся вместе с магнитным полем статора, они имеют вид [3]:

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{d\Psi_{x1}}{dt} &= U_m - \omega_0 \alpha'_s \Psi_{x1} + \omega_0 \alpha'_s k_r \Psi_{x2} + \omega_0 \Psi_{y1}; \\
 \frac{d\Psi_{y1}}{dt} &= -\omega_0 \alpha'_s \Psi_{y1} + \omega_0 \alpha'_s k_r \Psi_{y2} - \omega_0 \Psi_{x1}; \\
 \frac{d\Psi_{x2}}{dt} &= -\omega_0 \alpha'_r \Psi_{x2} + \omega_0 \alpha'_r k_s \Psi_{x1} + \omega_0 s \Psi_{y2}; \\
 \frac{d\Psi_{y2}}{dt} &= -\omega_0 \alpha'_r \Psi_{y2} + \omega_0 \alpha'_r k_s \Psi_{y1} - \omega_0 s \Psi_{x2}; \\
 M &= \frac{3}{2} p \omega_0 \frac{k_r}{r_1} \alpha'_s (\Psi_{x2} \Psi_{y1} - \Psi_{x1} \Psi_{y2}); \\
 \frac{ds}{dt} &= \frac{p}{J \omega_0} (M_c - M); \\
 i_{x1} &= \omega_0 \frac{\alpha'_s}{r_1} (\Psi_{x1} - k_r \Psi_{x2}); \\
 i_{y1} &= \omega_0 \frac{\alpha'_s}{r_1} (\Psi_{y1} - k_r \Psi_{y2}),
 \end{aligned} \right\} (1)$$

где Ψ_{x1} , Ψ_{y1} , Ψ_{x2} , Ψ_{y2} – проекции потокосцеплений статора и ротора на оси X и Y ;

U_m – амплитуда фазного напряжения питающей сети;

ω_0 – угловая частота питающей сети;

$$\alpha'_s = \frac{r_1}{x_s \sigma}; \quad \alpha'_r = \frac{r_2}{x_r \sigma}; \quad k_s = \frac{x_0}{x_s}; \quad k_r = \frac{x_0}{x_r};$$

M_c – момент сопротивления приводимого механизма;

M – электромагнитный вращающий момент двигателя;

x_0 – индуктивное сопротивление взаимоиндукции;

$x_s(x_r)$ – синхронное реактивное сопротивление обмотки статора (ротора);

$r_1(r_2)$ – активное сопротивление фазы статора (ротора);

p – число пар полюсов обмотки статора;

J – момент инерции вращающихся частей электропривода;

s – скольжение асинхронного электродвигателя;

σ – коэффициент рассеяния, $\sigma = 1 - k_s k_r$.

Система дифференциальных уравнений (1) устойчиво решается на компьютере. Однако коэффициенты этих уравнений, которые в справочных данных по электродвигателям не приводятся, установить затруднительно. Можно предложить следующий способ их определения.

В установившемся режиме имеем

$$\frac{d\Psi_{x1}}{dt} = \frac{d\Psi_{y1}}{dt} = \frac{d\Psi_{x2}}{dt} = \frac{d\Psi_{y2}}{dt} = 0.$$

Из уравнений (1), в соответствии с [2], находим значения потокосцеплений и электромагнитный момент в виде

$$M = \frac{2}{3} \frac{p}{\omega_0} U_m^2 \frac{1-\sigma}{r_1} \frac{s \alpha'_s \alpha'_r}{\alpha'_s \alpha'_r \sigma - s + \alpha'_r + s \alpha'_s}, \quad (2)$$

а также составляющие тока статора

$$i_{x1} = \frac{U_m}{r_1} \alpha'_s \frac{\alpha'_s (\alpha_r'^2 \sigma^2 + s^2) + \alpha'_r k_r k_s s}{\alpha'_s \alpha'_r \sigma - s + \alpha'_r + s \alpha'_s},$$

$$i_{y1} = -\frac{U_m}{r_1} \alpha'_s \frac{\alpha_r'^2 \sigma + s^2}{\alpha'_s \alpha'_r \sigma - s + \alpha'_r + s \alpha'_s}. \quad (3)$$

Из исследования функции (2) на минимум находим критическое скольжение

$$s_k = \alpha'_r \sqrt{\frac{1 + \alpha_s'^2 \sigma^2}{1 + \alpha_s'^2}}. \quad (4)$$

Если пренебречь активным сопротивлением обмотки статора, т. е. $r_1 = 0$, то

$$\alpha'_s = \frac{r_1}{x_s \sigma} = 0; \quad s_k = \alpha'_r. \quad (5)$$

Известная из теории асинхронных двигателей [2] упрощенная формула Клосса для определения вращающего момента двигателя

$$M = \frac{2 M_k}{s/s_k + s_k/s} \quad (6)$$

также получена при условии $r_1 = 0$. Поэтому критическое скольжение, найденное по формуле Клосса при $M = M_k$ и $s = s_k$, должно совпадать с формулой (5):

$$\alpha'_r = s_n \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right), \quad (7)$$

где s_n – номинальное скольжение;

λ – перегрузочная способность двигателя, т. е. отношение критического момента к номинальному.

В уравнениях (1) принято, что вектор фазного напряжения статора совпадает с осью X . Поэтому синус угла между векторами фазного напряжения и тока равен отношению

$$\sin \varphi = \frac{i_{y1}}{\sqrt{2} I_1}, \quad (8)$$

где I_1 – действующее значение тока фазы статора.

Принимаем далее: $\varphi = \varphi_n$. Мощность на валу двигателя $P_{2н}$ и номинальный момент M_n выражаются так:

$$P_{2н} = 3 U_\phi I_{1н} \cos \varphi_n \eta_n; \quad M_n = \frac{P_{2н} p}{\omega_0 (1 - s_n)}$$

Подставляя i_{y1} из (3) в (8), после преобразований получаем

$$k_r k_s = \frac{1 - q^2}{1 + \frac{n_n}{n_0 \eta_n} q \operatorname{tg} \varphi_n}, \quad (9)$$

где $q = \lambda - \sqrt{\lambda^2 - 1}$;

n_n – номинальная частота вращения ротора, об/мин;

n_0 – частота вращения поля статора, об/мин;

η_n – номинальный коэффициент полезного действия двигателя.

Величины k_r и k_s обычно мало отличаются друг от друга, их значения находятся в пределах от 0,85 до 0,97. Ошибка при определении этих величин незначительно влияет на решение уравнений (1). Поэтому можно считать, что

$$k_r = k_s = \sqrt{k_r k_s}. \quad (10)$$

Ток статора при номинальном режиме

$$I_{H1}^2 = \frac{1}{2} (i_{x1}^2 + i_{y1}^2); \quad (11)$$

Используя равенство (3), после преобразований находим

$$\alpha'_s = \frac{\sigma - q}{\sigma^2 + q^2} \left(\frac{n_n}{n_0 \eta_n} - 1 \right). \quad (12)$$

Теперь из формулы (2) можно найти множитель перед скобкой в формуле для электромагнитного вращающего момента из системы (1):

$$\frac{3}{2} p \omega_0 \frac{k_r}{r_1} = \frac{M_n \omega_0^2}{2 U_\phi^2} \frac{(\alpha'_s \sigma - q)^2 + (\alpha'_s q)^2}{\alpha'_s k_s q}. \quad (13)$$

Точность определения коэффициентов системы (1) по формулам (7), (8), (12) и (13) зависит от точности каталожных данных двигателей. Кроме того, в полученных коэффициентах учитывается, что в электроприводе вместо электромагнитного момента двигателя используется вращающий момент на валу. В нашем случае механические потери оказываются отнесенными к потерям в статоре.

В процессе пуска асинхронного короткозамкнутого двигателя коэффициенты системы (1) будут переменными, так как при скольжении больше критического на величину активного и индуктивного сопротивлений обмоток влияет вытеснение тока в стержнях обмотки ротора, а также насыщение магнитной цепи машины. При этом величины α'_s и α'_r изменяются в функции от скольжения. С достаточной для инженерных расчетов точностью можно принять, что α'_s и α'_r линейно зависят от скольжения [2, 3], т. е. в уравнениях (1) надо считать

$$\alpha'_s = \alpha'_s + \alpha'_{s'i} - \alpha'_s \underline{s};$$

$$\alpha'_r = \alpha'_r + \alpha'_{r'i} - \alpha'_r \underline{s}.$$

Значения величин α'_s и α'_r в момент пуска можно получить из формул (2) и (10), учитывая, что при пуске скольжение равно единице, а пусковой момент и пусковой ток статора можно найти из каталожных данных. Тогда после преобразований получим

$$\alpha'_{si} = \frac{1}{\sqrt{A + \frac{2\sigma}{1-\sigma} B - \left(\frac{B}{1-\sigma} + 1\right)^2}}; \quad (14)$$

$$\alpha'_{rп} = \frac{B}{1-\sigma} \alpha'_{sп}. \quad (15)$$

Здесь $A = \left(\frac{U_\phi}{I_{1п} r_1}\right)^2$; $B = \frac{M_\pi \omega_0}{3 p I_{1п}^2 r_1}$;

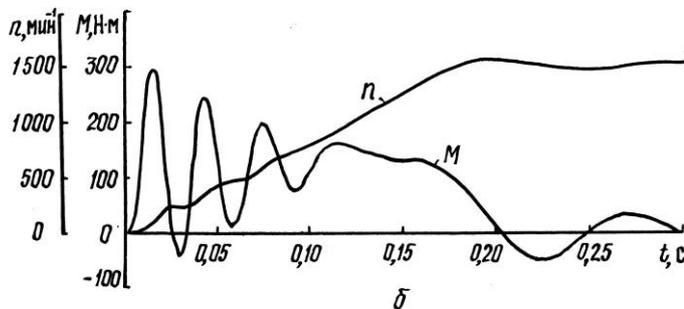
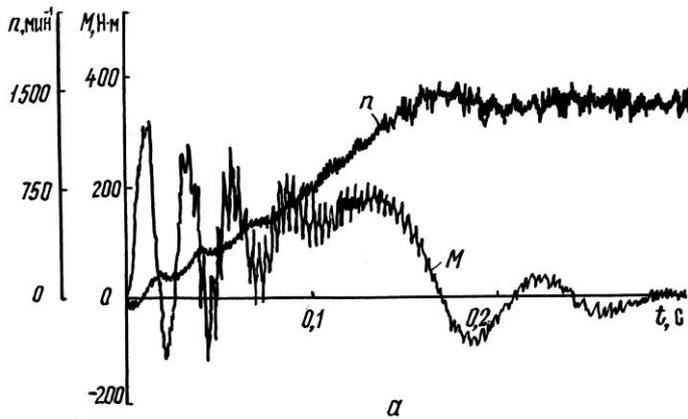
$I_{1п}$ – пусковой ток статора, А;

M_π – пусковой момент, Н·м;

U_ϕ – фазное напряжение статора, В.

Величину r_1 можно определить из формулы (13).

Для примера был рассчитан переходный процесс пуска асинхронного двигателя А62-4 на холостом ходу. Каталожные данные двигателя



$P_n = 14$ кВт; $n_0 = 1500$ об/мин; $n_n = 1550$ об/мин; $\cos \varphi_n = 0,88$; $\eta_n = 88,5$ %; $M_k/M_n = 2$; $M_n/M_n = 1,3$; $I_n/I_n = 5,5$; $U = 380$ В.

Коэффициенты системы (1), рассчитанные по формулам (7)–(9), (11)–(14): $\alpha'_r = 0,1244$; $\alpha'_s = 0,2859$; $r_1 = 0,6\hat{\Pi}$; $k_s = k_r = 0,962$;

$$\frac{3}{2} p \omega_0 \frac{k_r}{r_1} = 1510; \quad \alpha'_{s\dot{i}} = 0,5132; \quad \alpha'_{r\dot{i}} = 0,2582.$$

Результаты расчета приведены на рисунке.

На рис. а представлена осциллограмма пуска этого двигателя, взятая из работы [2]; на рис. б приведены графики переходного процесса, полученные по результатам интегрирования системы дифференциальных уравнений (1) по программе, разработанной автором на кафедре промышленного транспорта АГТУ, по методу Рунге – Кутты с шагом интегрирования 0,0005 с. Как видим, рассчитанный переходный процесс хорошо совпадает с экспериментальным.

Предлагаемый метод вычисления параметров уравнений Парка – Горева дает возможность широко использовать эти уравнения при проектировании электропривода механизмов, работающих в тяжелых условиях с переменной нагрузкой и в условиях пуска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буторин Н.Н., Ставинский Б.А. Использование короткозамкнутого асинхронного двигателя для привода резания лесопильной рамы // Лесн. журн. – 1974. – № 5 – С. 87 – 92. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Вольдек А.И. Электрические машины: Учеб. для студентов высш. техн. учеб. заведений. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.
3. Соколов М.М. и др. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприводе / М.М. Соколов, Л.П. Петров, Л.Б. Масандилов, В.А. Ладензон. – М.: Энергия, 1967. – 202 с.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 28.11.2000 г.

N.N. Butorin

Transients in Asynchronous Electric Motor

Parameters of differential equation system for investigating the transients are determined through the catalogue data of asynchronous electric motors.

УДК 630*37

В.В. Воробьев, А.А. Митрофанов, М.О. Соколов

Воробьев Валерий Васильевич родился в 1942 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, президент ОАО «Научлесдревпром», директор по лесу ОАО «Архбум».



Митрофанов Александр Александрович родился в 1941 г., окончил в 1964 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН, заведующий кафедрой водного транспорта леса и гидравлики Архангельского государственного технического университета, руководитель научного направления ОАО «Научлесдревпром». Имеет более 160 печатных работ в области гидродинамики взаимодействия лесотранспортных единиц с речным потоком, механики грунтов, моделирования и оптимизации процессов и объектов водного транспорта леса.



Соколов Михаил Олегович родился в 1964 г., окончил в 1989 г. Московский лесотехнический институт, кандидат технических наук, руководитель проблемной лаборатории по совершенствованию и проектированию заготовок и транспорта леса ОАО «Научлесдревпром», директор ООО «СОМЭКС». Имеет 10 печатных работ в области технического обеспечения лесозаготовок и транспорта леса.



**ПРОБЛЕМЫ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА ЛЕСА
И ТЕХНИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ РЕК***

Рассмотрены в комплексе проблемы водного транспорта леса и мелиорации лесосплавных путей. Предлагаются пути их решения в современных условиях.

лесосплав, русло, плотина, запруда, дноуглубление, плот, регулирование русел, лесозаготовки.

В транспортной системе страны второе по значению место занимает водный транспорт – самый эффективный, а в некоторых районах единственный магистральный вид транспорта. Водный транспорт оказал определяющее влияние на развитие многих отраслей промышленности, среди которых одно из первых мест занимает лесопромышленный комплекс.

* Работа выполнена по гранту ТОО-11.2-2300 Минобразования РФ. Печатается в порядке обсуждения.

В Северодвинском, Онежском, Мезенском, Печорском речных бассейнах к водным путям тяготеют 90, Обь-Иртышском и Ангарско-Енисейском – 94, Камском – 75 % лесных запасов. Учитывая развитую речную сеть, перерабатывающие предприятия лесопромышленного комплекса практически повсеместно размещены в устьях рек и спроектированы на прием древесины с воды.

Водный транспорт леса, использующий естественные водные пути, требует значительно меньших капиталовложений, чем сухопутные виды транспорта, однако его экономические показатели высоки только в том случае, если водные пути находятся в хорошем техническом состоянии. К сожалению, очень немногие реки в их естественном состоянии полностью удовлетворяют требованиям транспортировки сырья потребителям. В 60–70-е годы – период расцвета промышленности в СССР – повсеместно существовала практически одна схема. По малым и средним рекам древесину самосплавом россыпью (молом) доставляли в генеральные запаны, располагаемые на выходах в большие реки. Там ее перерабатывали в пучковые плоты и в таком виде буксировали к устью больших рек перерабатывающим предприятиям. Эти работы были равномерно распределены в течение всего периода навигации, что обеспечивало большую эффективность использования техники и трудовых ресурсов. Потребности в рискованной технологии зимней сплотки плотов и доставки их потребителям в ранневесенний период не существовало. Вывозка древесины к пунктам сплава в 1,5 ... 2,0 раза превышала вывозку к железным дорогам. Автомобильный транспорт как магистральный не применялся, так как это было экономически неэффективно. Он являлся внутриводным, среднее расстояние вывозки по стране составило 40 км. Несмотря на значительные расстояния магистрального сплава, вследствие малых затрат, доля себестоимости сплавных работ была небольшой. Так, в целом для бывшего Главлеспрома в общей себестоимости доля затрат по операциям сплавных работ составила 83, а водного фрахта 14 %. В объединении «Архангельсклеспром» эти показатели были еще лучше – соответственно 70,0 и 8,7 %.

С позиции сегодняшнего дня наибольший интерес представляют достигнутые в то время объемы плотовых и судовых перевозок. Эти данные приведены в таблице. Как видим, наибольшие объемы плотовых и судовых перевозок были достигнуты в 1965 г. Только в Архангельск, Онегу и Мезень в этот год было доставлено в плотах 15,6 млн т древесины. Остальную заготовленную древесину вывозили из Архангельской области железнодорожным и морским транспортом.

При переработке такого объема продукции, естественно, приходилось поддерживать все водные пути на малых и больших реках в хорошем техническом состоянии. При этом применяли весь комплекс методов улучшения лесосплавных путей. Это регулирование и русел, и стока, и уровней воды, создание искусственных водных путей и многие другие методы [5].

Пароходство	Перевозки лесных грузов, млн т в год			
	1950	1960	1965	1970
Волжское объединенное	6,3/1,3	9,6/2,9	14,3/2,9	10,8/3,98
Камское	9,7/0,2	17,1/1,0	14,9/1,14	13,56/0,68
Московское	1,2/0,7	1,6/0,6	0,9/0,3	0,57/1,29
Северное	8,4/0,2	13,6/0,3	15,6/1,0	13,3/0,37
Северо-Западное	2,4/0,7	4,8/1,1	4,1/1,3	2,9/2,4
Иртышское	0,9/1,0	2,0/2,1	3,2/2,3	3,8/2,0
Западносибирское	1,3/1,2	2,9/2,9	3,6/4,5	3,67/4,49
Енисейское	1,0/0,1	3,6/1,4	5,3/2,1	5,6/2,3
Востоносибирское	0,2/0,1	1,2/0,3	3,5/0,6	4,24/0,65
Всего по МРФ	42,5/8,1	72,2/17,1	77,1/20,0	71,3/24,2

Примечание. В числителе – объем перевозки в плотах; в знаменателе – в судах.

В условиях равнинных рек наибольшее распространение получил метод регулирования русел рек, по которому достигается изменение формы, размера и шероховатости естественного русла. В результате создавался удобный и устойчивый лесосплавной ход. Основными и наиболее сложными видами работ при регулировании русел являются выправительные и дноуглубительные работы.

При этом задачи решались в зависимости от условий: создание специальных долговременных гидротехнических сооружений (дамбы, запруды, полузапруды, каменно-хворостные завесы и др.), проведение дноуглубительных работ на транзитных и внетранзитных лесосплавных путях.

С отменой молевого сплава наработанная технология водного транспорта леса нарушилась. Последствия такого решения стали трагическими для лесозаготовительного комплекса страны. Предприятия, примыкающие к малым и средним рекам, лишились транспортных артерий и практически остановились. Крайне обострилась социальная проблема занятости населения. Пропорционально снижению объемов лесосплава снизились и объемы заготовки древесины. На реках почти полностью прекратились мелиоративные работы. Навигационная сплотка древесины практически исчезла.

Альтернативой молевому сплаву стали в очень малых объемах судовые перевозки и береговая сплотка древесины в зимний период с последующей буксировкой плотов весной при высоких горизонтах воды. При этом объемы зимней сплотки древесины на больших реках практически достигли предела. Все возможные береговые участки рек, пригодные для зимних плотбищ, задействованы. Есть резерв зимней сплотки на боковых реках, но, к сожалению, пучковые плоты из-за их низкой прочности мало пригодны для буксировки по таким рекам. А хорошо зарекомендовавшие себя в этих условиях прочные плоты из плоских сплочных единиц конструкции АГТУ (рис. 1) не находят достаточно широкого распространения из-за повышенной, по сравнению с пучковыми плотами, трудоемкости изготовления



Рис. 1. Плот из плоских сплоточных единиц конструкции АГТУ

и выгрузки. Последнее связано с отсутствием специальной техники для изготовления и выгрузки плоских сплоточных единиц. Эти работы пока во многом выполняют вручную (рис. 2).

И даже с учетом резерва использования боковых рек перспективы роста объема береговой сплотки ограничены, так как это потребует увеличения речного флота, содержание которого при кратковременном использовании в течение навигации будет неоправданно дорогим.

Общим выводом из сказанного является необходимость повсеместного возобновления объемов навигационной сплотки древесины и проведения мелиоративных работ. К сожалению, только простым возвратом к дноуглубительным работам на судоходных реках – самым дорогим из известных методов регулирования русел – задачу не решить. Лесозаготовительные предприятия, примыкающие к большим рекам, имеют возможность



Рис. 2. Изготовление плота из плоских сплоточных единиц на плотбище

буксировать древесину в плотках зимней сплотки при больших горизонтах воды. Увеличение объемов заготовки древесины этими предприятиями в расчете на навигационную сплотку не будет значительным, в том числе потому, что заготовки ведутся в приречных лесах ограниченного пользования.

Следовательно, крайне важно в настоящее время задействовать в общую схему заготовки и сплава древесины все предприятия, примыкающие к речной сети, с непременной организацией навигационной сплотки. Задача, безусловно, должна решаться комплексно. Одновременно следует разрабатывать и внедрять оптимальные методы улучшения рек, новые технологии водного транспорта древесины и их техническое обеспечение.

При составлении общей схемы проведения мелиоративных работ необходимо обязательно учитывать планируемые виды лесосплава, его объем, сроки проведения, конечные пункты грузопотоков, габариты лесотранспортных единиц. Важное значение имеет также величина лесосырьевой базы, экологическая и лесопропускная способность участков реки.

В 70–80-е гг. среди методов улучшения технического состояния рек наибольшее применение получили дноуглубительные работы с использованием специальной техники (земснарядов). При большой загруженности рек этот метод был экономически оправдан. В настоящее время объемы перевозок по рекам грузов вообще и лесных, в частности, значительно снизились. Поэтому, планируя мелиоративные работы, нужно учитывать достоинства и недостатки всех методов [5]. Так, несомненным достоинством дноуглубительных работ является возможность быстрого создания нужного габарита судового и лесосплавного хода, в то время как при использовании выправительных сооружений для этого потребуется одна-две навигации. В то же время при втором методе работы выполняют, как правило, с меньшими затратами и срок службы судового хода больше. Нужно учитывать также, что эффективность дноуглубительных работ резко возрастает при комплексном решении проблемы, когда извлекаемый грунт используют для возведения русловыправительных сооружений. Во всех случаях проведению сложных мелиоративных работ с разработкой проекта и сметы должно обязательно предшествовать детальное техническое и экономическое обоснование проекта с анализом всех возможных схем.

ОАО «Научлесдревпром» совместно с другими заинтересованными организациями имеет возможность выполнять названные работы, а также разрабатывать новые технологии водного транспорта леса и их техническое обеспечение.

Основой новых технологий водного транспорта леса [1, 2], на наш взгляд, должна стать навигационная сплотка древесины на больших реках в течение всей навигации. За базовую может быть принята плоская сплоточная единица конструкции АГТУ. Ее достоинства, по сравнению с пучком леса, заключаются в высокой прочности и большом объеме при малой, хорошо фиксируемой осадке. В таких сплоточных единицах древесина вольницей самосплавом или в линейках за тягой маломерных судов может выводиться по самым малым рекам, где раньше был молевой сплав. При увели-

чении глубин на реке сплочные единицы могут быть укрупнены за счет установки их друг на друга. На выходе на большую реку они накапливаются, в течение навигации формируются в большегрузные плоты и буксируются потребителям. При такой технологии возможен пуск сплочных единиц в сплав одновременно разными владельцами, естественно, при маркировке. (Отсутствие такой возможности при молевом сплаве и привело, наряду с другими причинами, к его отмене в современных условиях). Для внедрения новых технологий разработаны и прошли опробование в производственных условиях высокоэффективные и мобильные конструкции русловых и береговых опор, запаней, плотостоянок и причалов [1]. Необходима только разработка недорогой и малозатратной техники для изготовления, укрупнения и выгрузки плоских сплочных единиц. Имеются технические решения на сплочную машину [4] для изготовления и укрупнения плоских сплочных единиц, на раскаточную [3] и размолочную машины для выгрузки сплочных единиц. Необходима их конструкторская разработка и внедрение.

Использование новых технологий позволит восстановить в полном объеме заготовку древесины в отдаленных лесоизбыточных районах, решить острые социальные проблемы занятости населения и обеспечить переработчиков, как в старые времена, дешевым сырьем с воды. При этом техническое улучшение рек потребует значительно меньших затрат, чем при пучковом навигационном сплаве.

Наряду с новыми технологиями на реках, на наш взгляд, может вполне реально оцениваться и перспектива развития морских судовых и плотовых перевозок, например из Мезенского речного бассейна в порт Архангельск.

В заключение отметим, что мы ни в коей мере не ратуем за отказ от пучкового сплава вообще. При достаточных глубинах на широких реках его безусловно необходимо применять.

Убеждены, что у водного транспорта леса большие перспективы. При этом реки должны оставаться чистыми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрофанов А.А. Научное обоснование и разработка экологически безопасного плотового лесосплава. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – 267 с.
2. Митрофанов А.А., Соколов М.О. Новые технологии водного транспорта леса на смену молевому сплаву // Лесн. вестн: Спец. вып. Науч.-образоват. ассоциации лесного комплекса. – 2000. – С. 47–51.
3. Пат. 2163879 РФ, МКИ⁷ В 65 G 69/20, 59/102. Раскаточное устройство / А.А. Митрофанов // Изобрет. Полезные модели. – 2001. – № 7. – С. 190.
4. Пат. 2165374 РФ, МКИ⁷ В 63 В 35/62, В 65 G 69/20. Сплочная машина / А.А. Митрофанов // Изобрет. Полезные модели. – 2001. – № 11. – С. 277.
5. Савельев В.В. Мелиорация лесосплавных путей и гидротехнические сооружения. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 280 с.

ОАО «Научлесдревпром»
Поступила 25.12.01

V.V. Vorobjev, A.A. Mitrofanov, M.O. Sokolov

Problems of Water Transport of Wood and River Maintenance

Problems of water transport of wood and reclamation of wood-floating ways are analyzed. The ways for their solution in contemporary conditions are suggested.



УДК 625.711.84

А.С. Федоренчик, С.С. Макаревич, П.А. Протас

Федоренчик Александр Семенович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок, проректор по учебной работе Белорусского государственного технологического университета. Имеет более 130 печатных работ по вопросам разработки и совместимости лесной техники с окружающей средой, лесной сертификации, ресурсосберегающих технологий заготовки древесины при рубках главного пользования, совершенствования методов расчета лесоскладских потоков, лесного образования.



Макаревич Сергей Степанович родился в 1931 г., окончил в 1955 г. Белорусский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов Белорусского государственного технологического университета. Имеет более 110 печатных работ в области расчета слоистых конструкций, устойчивости элементов конструкций и исследования свойств композиционных материалов.



Протас Павел Александрович родился в 1977 г., окончил в 1999 г. Белорусский государственный технологический университет, магистр технических наук, аспирант кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок БГТУ. Имеет 8 печатных работ в области воздействия лесозаготовительной техники на лесные почвы.



АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ НА ТРЕЛЕВОЧНЫХ ВОЛОКАХ, УКРЕПЛЕННЫХ ОТХОДАМИ ЛЕСОЗАГОТОВОК

Дано обоснование расчетной схемы и ее математической модели для определения деформации грунта на волоке, укрепленном отходами лесозаготовок.

трелевочный волок, двухслойная конструкция, отходы лесозаготовок, деформация, модуль упругости, напряжения.

На практике при разработке лесосек во избежание образования колеи или уменьшения ее глубины трелевочные волокна укрепляют отходами лесозаготовок (сучья, ветви, вершины). В этом случае трелевочный волок представляет собой двухслойную конструкцию, причем как верхний слой из влажных веток древесины, так и грунт обладают свойствами ползучести,

т. е. деформируются во времени. В работе [4] показано, что образование колеи в грунте можно определить исходя из наследственной теории упругости Больцмана – Вольтерра.

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{E} \left[\sigma(t) + \int_0^t K(t-\tau) \dot{\sigma}(\tau) d\tau \right]. \quad (1)$$

Здесь ε – деформация;

σ – напряжение;

E – модуль упругости;

$K(t-\tau)$ – ядро ползучести, которое может быть принято в виде экспоненты,

$$K(t-\tau) = \delta e^{-\beta(t-\tau)},$$

где δ, β – константы, которые определяют по опытным кривым ползучести при нагружении и разгрузке.

Наши исследования [5] показали, что для анализа ползучести древесины тоже может быть принято уравнение (1).

Таким образом, рассматривается задача о нагрузке, действующей на слоистое вязкоупругое полупространство (рис. 1).

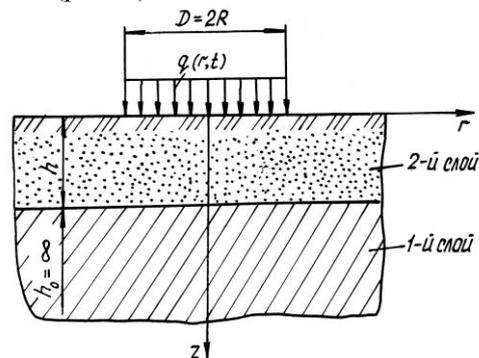


Рис. 1. Расчетная схема двухслойного вязкоупругого полупространства

6

Толщину верхнего слоя обозначим h . На него действует нагрузка от колеса лесозаготовительной машины. Будем считать нагрузку распределенной равномерно по площади круга радиусом R . $q(r, t) = q = \text{const}$.

Представим нагрузку в виде интеграла Фурье – Бесселя

$$q(r, t) = q \xi \int_0^{\infty} J_1(\xi \alpha) J_0(\rho \alpha) d\alpha, \quad (2)$$

где q – интенсивность сплошной нагрузки от давления колеса;

$J_1(\xi \alpha), J_0(\rho \alpha)$ – функция Бесселя первого рода соответственно первого и нулевого порядка;

α – параметр интегрирования;

ξ – безразмерная величина, соответствующая радиусу

площадки загрузки, $\xi = R/h$;

ρ – безразмерная величина, соответствующая текущему радиусу r , $\rho = r/h$.

Данная задача является осесимметричной. Ее решение удобно искать в цилиндрической системе координат (рис. 2) через функцию напряжений $\varphi = \varphi(r, z, t)$, с которой напряжения и перемещения связаны зависимостями

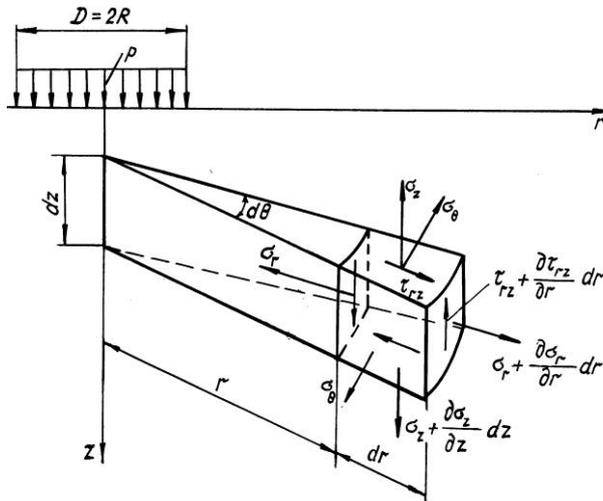


Рис. 2. Схема напряжений в цилиндрической системе координат

$$\left. \begin{aligned}
 \sigma_r &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} \right); & \sigma_z &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right); \\
 \sigma_\theta &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \nabla^2 \varphi - \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right); & \tau_{rz} &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right); \\
 U &= -\frac{1+\mu}{E} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial z} - \frac{1+\mu}{E} \int_0^t \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial z} K \langle -\tau \rangle dt; \\
 W &= \frac{1+\mu}{E} \left(2 \mu \nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right) + \frac{1+\mu}{E} \int_0^t \left(2 \mu \nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right) K \langle -\tau \rangle dt,
 \end{aligned} \right\} (3)$$

где $\sigma_r, \sigma_z, \sigma_\theta, \tau_{rz}$ – нормальные и касательные напряжения;
 U – горизонтальное перемещение (по оси r);
 W – вертикальное перемещение (по оси z);
 ∇^2 – оператор Лапласа;
 μ – коэффициент поперечной деформации соответ-

вующего слоя.

Функцию φ примем аналогичную упругому решению [2].

Для первого слоя

$$\varphi_1 = \int_0^{\infty} [A(\alpha) + \hat{A}(\alpha)] \mu_1^{-\lambda} e^{-\alpha \eta} J_0(\alpha r) d\alpha.$$

Для второго слоя

$$\varphi_2 = \int_0^{\infty} [C(\alpha) + B(\alpha)] \mu_2^{-\lambda} e^{-\alpha \eta} J_0(\alpha r) d\alpha + \int_0^{\infty} [D(\alpha) + \lambda C(\alpha) + e^{-2\lambda} C(\alpha) + D(\alpha) \mu_2^{-\lambda} + e^{-2\lambda} \lambda C(\alpha)] e^{-\alpha \eta} J_0(\alpha r) d\alpha,$$

где $\eta = \frac{z}{h}$; $\lambda = \alpha h^{-1}$.

Коэффициенты $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$, $D(t)$ представляют собой неопределенные функции, зависящие не только от нагрузки, характеристик слоев и параметра α , но и от времени. Для их определения могут быть использованы следующие условия:

а) на поверхности при $\eta = 0$

$$\sigma_z = -q(r, t) \text{ при } r < R; \sigma_z = 0 \text{ при } z > R; \tau_{rz} = 0; \quad (4)$$

б) на границе между первым и вторым слоями, т. е. при $\eta = 1$

$$\sigma_{z,1} = \sigma_{z,2}; \tau_{rz,1} = \tau_{rz,2}; U_1 = U_2; W_1 = W_2. \quad (5)$$

Подставив функции φ_1 и φ_2 в уравнения (3), получим уравнения для определения напряжений и перемещений в первом и втором слоях. Запишем те из них, которые в дальнейшем будут нужны для расчетов.

6*

Напряжения в первом слое:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{z,1} &= \frac{1}{h^3} \int_0^{\infty} [A(t) + B(t)] \mu_1^{-\lambda} e^{-\alpha \eta} \alpha^3 J_0(\alpha r) d\alpha; \\ \tau_{rz,1} &= \frac{1}{h^3} \int_0^{\infty} [A(t) - \lambda B(t)] e^{-\alpha \eta} \alpha^3 J_1(\alpha r) d\alpha. \end{aligned} \right\}$$

Перемещения в первом слое:

$$\left. \begin{aligned}
 U_1 &= -\frac{1+\mu_1}{E_1 h^2} \int_0^\infty \left\{ A(t) - B(t) \left[1 - 2\mu_1 + \lambda \right] e^{-\alpha h} \right\} \alpha^2 J_1(\alpha \rho) d\alpha - \\
 &- \frac{1+\mu_1}{E_1 h^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \left\{ A(t) - B(t) \left[1 - 2\mu_1 + \lambda \right] e^{-\alpha h} \right\} \alpha^2 J_1(\alpha \rho) K_1(\alpha \tau) d\alpha d\tau; \\
 W_1 &= -\frac{1+\mu_1}{E_1 h^2} \int_0^\infty \left\{ A(t) + B(t) \left[1 - \mu_1 - \lambda \right] e^{-\alpha h} \right\} \alpha^2 J_0(\alpha \rho) d\alpha - \\
 &- \frac{1+\mu_1}{E_1 h^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \left\{ A(t) + B(t) \left[1 - \mu_1 - \lambda \right] e^{-\alpha h} \right\} \alpha^2 J_0(\alpha \rho) K_1(\alpha \tau) d\alpha d\tau.
 \end{aligned} \right\} (6)$$

Напряжения во втором слое:

$$\left. \begin{aligned}
 \sigma_{z,2} &= \frac{1}{h^3} \int_0^\infty \left\{ A(t) + B(t)(1-\lambda) \right\} e^{-\alpha h} \alpha^3 J_0(\alpha \rho) d\alpha + \frac{1}{h^3} \int_0^\infty \left\{ A(t) \lambda e^{-\alpha h} \right. \\
 &- \left. e^{-2\lambda} \right\} + D(t) \left[\left(1 - e^{-2\lambda} \right) - \lambda \left(1 + e^{-2\lambda} \right) \right] \left. \right\} e^{-\alpha h} \alpha^3 J_0(\alpha \rho) d\alpha; \\
 \tau_{r,z,2} &= \frac{1}{h^3} \int_0^\infty \left\{ A(t) - \lambda B(t) \right\} e^{-\alpha h} \alpha^3 J_1(\alpha \rho) d\alpha + \frac{1}{h^3} \int_0^\infty \left\{ A(t) \times \right. \\
 &\times \left[\left(1 - e^{-2\lambda} \right) + \lambda \left(1 + e^{-2\lambda} \right) \right] - D(t) \lambda \left(1 - e^{-2\lambda} \right) \left. \right\} e^{-\alpha h} \alpha^3 J_1(\alpha \rho) d\alpha.
 \end{aligned} \right\}$$

Перемещения во втором слое:

$$\begin{aligned}
U_2 = & -\frac{1+\mu_2}{E_2 h^2} \int_0^\infty \left\{ A(t) - B(t) \left[-2\mu_2 + \lambda \right] e^{-\alpha \eta} \alpha^2 J_1(\alpha \rho) d\alpha - \right. \\
& -\frac{1+\mu_2}{E_2 h^2} \int_0^\infty \left\{ C(t) \left[2 \left(-\mu_2 \left(1+e^{-2\lambda} \right) + \lambda \left(1-e^{-2\lambda} \right) \right) + D(t) \left[\mu_2 - 1 \right] \right] \times \right. \\
& \times \left. \left. \left(1-e^{-2\lambda} \right) - \lambda \left(1+e^{-2\lambda} \right) \right] \right\} e^{-\alpha \eta} \alpha^2 J_1(\alpha \rho) d\alpha - \frac{1+\mu_2}{E_2 h^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \left\{ A(t) - B(t) \left(1- \right. \right. \\
& -2\mu_2 + \lambda \left. \left. \right) e^{-\alpha \eta} \alpha^2 J_1(\alpha \rho) K_2 \left(-\tau \right) d\alpha d\tau - \frac{1+\mu_2}{E_2 h^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \left\{ C(t) \left[-\mu_2 \left(1+ \right. \right. \right. \\
& + e^{-2\lambda} \left. \left. \right) + \lambda \left(1-e^{-2\lambda} \right) \right] + D(t) \left[\mu_2 - 1 \right] \left(1-e^{-2\lambda} \right) - \lambda \left(1+e^{-2\lambda} \right) \right\} \times \\
& \times e^{-\alpha \eta} \alpha^2 J_1(\alpha \rho) K_2 \left(-\tau \right) d\alpha d\tau; \\
W_2 = & -\frac{1+\mu_2}{E_2 h^2} \int_0^\infty \left\{ A(t) + B(t) \left[\left(1-\mu_2 \right) - \lambda \right] e^{-\alpha \eta} \alpha^2 J_0(\alpha \rho) d\alpha + \right. \\
& + \frac{1+\mu_2}{E_2 h^2} \int_0^\infty \left\{ C(t) \left[-2\mu_2 \left(1-e^{-2\lambda} \right) - \lambda \left(1+e^{-2\lambda} \right) \right] - D(t) \left[-\mu_2 \left(1+ \right. \right. \right. \\
& + e^{-2\lambda} \left. \left. \right) - \lambda \left(1-e^{-2\lambda} \right) \right] \right\} e^{-\alpha \eta} \alpha^2 J_0(\alpha \rho) d\alpha - \frac{1+\mu_2}{E_2 h^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \left\{ A(t) + B(t) \left[\left(1- \right. \right. \right. \\
& -\mu_2 \left. \left. \right) - \lambda \right] e^{-\alpha \eta} \alpha^2 J_0(\alpha \rho) d\alpha K_2 \left(-\tau \right) d\alpha d\tau + \frac{1+\mu_2}{E_2 h^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \left\{ C(t) \left[-2\mu_2 \left(1+ \right. \right. \right. \\
& - e^{-2\lambda} \left. \left. \right) - \lambda \left(1+e^{-2\lambda} \right) \right] - D(t) \left[-\mu_2 \left(1+e^{-2\lambda} \right) - \lambda \left(1-e^{-2\lambda} \right) \right] \right\} \\
& \times e^{-\alpha \eta} \alpha^2 J_0(\alpha \rho) K_2 \left(-\tau \right) d\alpha d\tau.
\end{aligned}$$

Используя условия (5) на границе слоев ($U_1 = U_2$, $W_1 = W_2$), получаем

$$\left. \begin{aligned} & \frac{1+\mu_1}{E_1} \left[A(t) - B(t) \llbracket -2\mu_1 \rrbracket + \int_0^t \left[A(t) - B(t) \llbracket -2\mu_1 \rrbracket K_1 \llbracket -\tau \rrbracket d\tau \right] = \right. \\ & = \frac{1+\mu_2}{E_2} \left[A(t) - B(t) \llbracket -2\mu_2 \rrbracket + \int_0^t \left[A(t) - B(t) \llbracket -2\mu_2 \rrbracket K_2 \llbracket -\tau \rrbracket d\tau \right] + \right. \\ & \left. + 4 \frac{\llbracket -\mu_2^2 \rrbracket}{E_2} \left[\tilde{N}(t) + \int_0^t \tilde{N}(t) K_2 \llbracket -\tau \rrbracket d\tau \right]; \right. \end{aligned} \right\} (7)$$

$$\left. \begin{aligned} & \frac{1+\mu_1}{E_1} \left[A(t) + 2B(t) \llbracket -\mu_1 \rrbracket + \int_0^t \left[A(t) + 2B(t) \llbracket -\mu_1 \rrbracket K_1 \llbracket -\tau \rrbracket d\tau \right] = \right. \\ & = \frac{1+\mu_2}{E_2} \left[A(t) + 2B(t) \llbracket -\mu_2 \rrbracket + \int_0^t \left[A(t) + 2B(t) \llbracket -\mu_2 \rrbracket K_2 \llbracket -\tau \rrbracket d\tau \right] + \right. \\ & \left. + 4 \frac{\llbracket -\mu_2^2 \rrbracket}{E_2} \left[D(t) + \int_0^t D(t) K_2 \llbracket -\tau \rrbracket d\tau \right]. \right. \end{aligned} \right\} (8)$$

Условие (4) при постоянной во времени нагрузке q с учетом (2) дает

$$\left. \begin{aligned} & A \llbracket -\alpha \rrbracket + \llbracket -\alpha \rrbracket B \llbracket -\alpha \rrbracket + \alpha \lambda_1 C \llbracket -\alpha \rrbracket + \llbracket -\alpha \rrbracket \alpha \lambda_2 D \llbracket -\alpha \rrbracket = -qM; \\ & A \llbracket -\alpha \rrbracket - \alpha B \llbracket -\alpha \rrbracket + \llbracket -\alpha \rrbracket \alpha \lambda_2 C \llbracket -\alpha \rrbracket - \alpha \lambda_1 D \llbracket -\alpha \rrbracket = 0, \end{aligned} \right\} (9)$$

где $\lambda_1 = 1 - \hat{a}^{-2\lambda}$; $\lambda_2 = 1 + \hat{a}^{-2\lambda}$; $M = \frac{\xi h^3}{\alpha^3} J_1 \llbracket \alpha \xi \rrbracket$

Таким образом, мы имеем систему из четырех уравнений (7)–(9) с четырьмя неизвестными коэффициентами $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ и $D(t)$, которые являются функциями параметра α и времени t .

Так как в этой системе два уравнения являются интегральными, то ее удобнее решать, используя преобразование Лапласа.

Приняв ядра ползучести для слоев в виде экспонент

$$K_1 \llbracket -\tau \rrbracket = \delta_1 e^{-\beta_1 \tau}; \quad K_2 \llbracket -\tau \rrbracket = \delta_2 e^{-\beta_2 \tau}$$

и произведя преобразование уравнений (7)–(9) по Лапласу, получим систему алгебраических уравнений, из которой

$$A(\varphi) = -M \frac{q F_1(\varphi)}{p F(\varphi)}, \quad B(\varphi) = -M \frac{q F_2(\varphi)}{p F(\varphi)}, \quad (10)$$

где p – параметр преобразования;

$$\left. \begin{aligned} F_1(\varphi) &= p^4 (a_7 + a_8) + p^3 (a_7 \psi_1 + a_8 (\psi_1 + \psi_2)) + p^2 (a_7 \gamma_2 \beta_1 + \psi_1^2) + \\ &+ a_8 \psi_3 + p (a_7 \beta_1 \gamma_2 \psi_1 + a_8 (\beta_2 \psi_1 + \gamma_2 \beta_1 \psi_2)) + a_7 \beta_1^2 \gamma_2^2 + a_8 \beta_1 \beta_2 \gamma_1 \gamma_2; \\ \gamma_1 &= \delta_1 + \beta_1; \quad \gamma_2 = \delta_2 + \beta_2; \quad \psi_1 = \gamma_2 + \beta_1; \quad \psi_2 = \gamma_2 + \beta_2; \\ \psi_3 &= \gamma_1 \beta_2 + \gamma_1 \beta_1 + \beta_1 \beta_2 + \gamma_1 \gamma_2 + \gamma_2 \beta_2 + \gamma_2 \beta_1; \\ F_2(\varphi) &= p^4 (a_5 + a_6) + p^3 (a_5 \psi_1 + a_6 (\psi_1 + \psi_2)) + p^2 (a_5 \gamma_2 \beta_1 + \psi_1^2) + \\ &+ a_6 \psi_3 + p (a_5 \beta_1 \gamma_2 \psi_1 + a_6 (\beta_2 \psi_1 + \gamma_2 \beta_1 \psi_2)) + a_5 \beta_1^2 \gamma_2^2 + a_6 \beta_1 \beta_2 \gamma_1 \gamma_2; \\ a_1 &= 1 + \frac{1}{4} m_2 (\lambda_2 - \alpha \lambda_1 - \lambda_1); \quad a_2 = -\frac{m_1}{4} (\lambda_2 - \alpha \lambda_1 - \lambda_1); \\ a_3 &= 1 - \alpha + \frac{1}{4} (m_4 \alpha \lambda_1 - 2\alpha \lambda_2 - 2\lambda_1); \quad a_4 = \frac{1}{4} (m_5 \lambda_1 - 2m_5 \alpha \lambda_2 - m_3 \alpha \lambda_1); \\ a_5 &= 1 - \frac{m_2}{4} (\lambda_2 - \alpha \lambda_1 + \lambda_1); \quad a_6 = \frac{m_1}{4} (\lambda_2 - \alpha \lambda_1 + \lambda_1); \\ a_7 &= \alpha - \frac{1}{4} (m_4 \lambda_1 + m_4 \alpha \lambda_2 + 2\alpha \lambda_1); \quad a_8 = \frac{1}{4} (m_3 \lambda_1 + m_3 \alpha \lambda_2 + 2m_5 \alpha \lambda_1); \\ m_1 &= \frac{E_2(1+\mu_1)}{E_1(1-\mu_2^2)}; \quad m_2 = \frac{1}{1-\mu_2}; \quad m_3 = \frac{E_2(1+\mu_1)(1-2\mu_1)}{E_1(1-\mu_2^2)}; \\ m_4 &= \frac{1-2\mu_2}{1-\mu_2}; \quad m_5 = \frac{E_2(1-\mu_1^2)}{E_1(1-\mu_2^2)}; \\ F(p) &= ap^4 + bp^3 + cp^2 + fp + l; \\ a &= S_1 + S_2 + S_3; \quad b = 2S_1\psi_1 + S_2(\psi_1 + \psi_2) + 2S_3\psi_2; \\ c &= S_1(2\gamma_2\beta_1 + \psi_1^2) + S_2\psi_3 + S_3(2\gamma_1\beta_2 + \psi_2^2); \\ f &= 2S_1\gamma_2\beta_1\psi_1 + S_2(\gamma_1\beta_2\psi_1 + \gamma_2\beta_1\psi_2) + 2S_3\gamma_1\beta_2\psi_2; \\ l &= S_1\gamma_2^2\beta_1^2 + S_2\gamma_1\gamma_2\beta_1\beta_2 + S_3\gamma_1^2\beta_2^2; \\ S_1 &= a_1a_7 + a_5a_3; \quad S_2 = a_1a_8 + a_2a_7 + a_3a_6 + a_4a_5; \\ S_3 &= a_2a_8 + a_4a_6. \end{aligned} \right\} (11)$$

Сделав в (10) обратное преобразование Лапласа, получим коэффициенты A и B как функции времени:

$$\left. \begin{aligned} A(\omega) &= -Mq \left(\frac{F_1(\omega)}{F(\omega)} + \sum_{i=1}^4 \frac{F_1(\omega_i)}{r_i F'(\omega_i)} e^{r_i t} \right); \\ B(\omega) &= -Mq \left(\frac{F_2(\omega)}{F(\omega)} + \sum_{i=1}^4 \frac{F_2(\omega_i)}{r_i F'(\omega_i)} e^{r_i t} \right), \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

где $F_1(\omega) = a_7 \beta_1^2 \gamma_2^2 + \dot{a}_8 \beta_1 \beta_2 \gamma_1 \gamma_2$;

$F_2(\omega) = a_5 \beta_1^2 \gamma_2^2 + a_8 \beta_1 \beta_2 \gamma_1 \gamma_2$;

$F(\omega) = l = S_1 \gamma_2^2 \beta_1^2 + S_2 \gamma_1 \gamma_2 \beta_1 \beta_2 + S_3 \gamma_1^2 \beta_2^2$;

r_i – корни уравнения $F(p) = \dot{a}p^4 + bp^3 + cp^2 + fp + l = 0$.

В знаменателях $F'(r_i)$ – значение производной $\frac{dF(p)}{dp}$ при $p = r_i$.

Из системы (9) выразим $C(t)$ и $D(t)$ через $A(t)$ и $B(t)$:

$$\left. \begin{aligned} C(\omega) &= \frac{qM\lambda_1\alpha + A(\omega)(\lambda_1 + \lambda_1 - \alpha\lambda_2) + B(\omega)(\alpha^2\lambda_2 - \lambda_1)}{\alpha^2\lambda_2^2 - \lambda_1^2 - \alpha^2\lambda_1^2}; \\ D(\omega) &= \frac{qM(\lambda_1 + \alpha\lambda_2) + A(\omega)(\lambda_2 + \lambda_1 - \alpha\lambda_1) + B(\omega)(\lambda_1 + \alpha(\lambda_2 - \lambda_1))}{\alpha^2\lambda_2^2 - \lambda_1^2 - \alpha^2\lambda_1^2}. \end{aligned} \right\}$$

Зная коэффициенты $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ и $D(t)$, можно определить напряжения и перемещения в любом слое. Нас больше всего интересует вертикальное перемещение верхней границы грунта, т. е. глубина колеи. Процесс образования колеи описан в работе [3]. Здесь, как и в случае однородного грунтового полупространства, необходимо отдельно учитывать вязкоупругие константы при нагружении и при разгрузке. Кроме того, для первого слоя, т. е. для грунта, они будут меняться с каждым циклом нагружения – разгрузки, а для второго слоя останутся неизменными.

Вязкоупругие константы, соответствующие нагружению при i -м цикле, для первого и второго слоев обозначим:

$$\left. \begin{aligned} E_{01(i)}, \delta_{01(i)}, \beta_{01(i)}; \\ E_{02}, \delta_{02}, \beta_{02}, \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

а константы, соответствующие разгрузке:

$$\left. \begin{array}{l} E_{1(i)}, \delta_{1(i)}, \beta_{1(i)}; \\ E_2, \delta_2, \beta_2. \end{array} \right\} \quad (14)$$

Таким образом, определяя вертикальное перемещение $W_{1(i)}$ поверхности грунта при i -м цикле в случае нагружения, следует в формулы (6), (11), (12) подставлять вязкоупругие константы согласно (13); определяя $W_{1(i)}^*$ в случае разгрузки – согласно (14).

Глубина колеи при N циклах наезда колеса равна

$$W_{S(N)} = \sum_{i=1}^N (W_{1(i)} - W_{1(i)}^*)$$

Для определения плотности грунта после N циклов воздействия на грузки можно воспользоваться эмпирической формулой, приведенной в работе [1].

Таким образом, разработанная модель позволяет описывать процесс колееобразования на лесных почвогрунтах, укрепленных отходами лесозаготовок с учетом их вязкоупругих свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котиков В.М. Воздействие лесозаготовительных машин на лесные почвы: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1995. – 37 с.
2. Туроверов К.К. К вопросу исследования напряженного и деформированного упругого слоистого полупространства // Тр. ЛТА – 1962. – Вып. 94. – С. 87 – 101.
3. Федоренчик А.С., Макаревич С.С., Вырко Н.П. Аналитическое исследование колееобразования на лесных дорогах // Лесн. журн. – 2000. – № 1. – С. 77 – 82. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Федоренчик А.С., Макаревич С.С., Вырко Н.П. Деформация лесных почв под воздействием колесных и гусеничных движителей // Лесн. журн. – 2000. – № 3. – С. 80 – 86. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Хвесько Г.М., Макаревич С.С. Ползучесть древесины, модифицированной термохимическим способом // Лесн. журн. – 1984. – № 6. – С. 87 – 92. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Белорусский государственный
технологический университет

Поступила 14.12.01

A.S. Fedorenchik, S.S. Makarevich, P.A. Protas
Analytical Research of Rutting on Skidding Trails Consolidated by Logging Waste

The substantiation of the design scheme and its mathematical model are provided for determination of soil deformation on a skidding trail consolidated by logging waste.

**МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ**

УДК 681.81.002:667.663.26:678.664

В.И. Онегин, Ю.И. Цой, В.А. Богданов

Онегин Владимир Иванович родился в 1935 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, ректор С.-Петербургской государственной лесотехнической академии, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почетный профессор Монгольского технического университета, академик РАЕН и МАНВШ, председатель секции наук о лесе РАЕН, председатель Головного совета по проблемам лесопромышленного комплекса при Минобразования РФ, вице-президент Ассоциации вузов и научных организаций лесного профиля РФ, председатель диссертационного совета по защите докторских диссертаций, директор Международного центра лесного хозяйства и лесной промышленности. Имеет более 160 работ в области технологии защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов.



Цой Юрий Иванович родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 печатных трудов в области технологии деревообрабатывающих производств.



Богданов Владимир Александрович родился в 1976 г., окончил в 1998 г. Ленинградскую лесотехническую академию, аспирант кафедры технологии деревообрабатывающих производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии.

**АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРГАНОРАСТВОРИМЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Установлено, что воднодисперсионные лаки можно использовать для отделки музыкальных инструментов наравне с органорастворимыми.

органорастворимые и воднодисперсионные лакокрасочные материалы, акустика, музыкальные инструменты.

Важнейшая задача музыкальной промышленности – повышение качества выпускаемых ею инструментов.

Одним из основных факторов, влияющих на свойства и характеристики деревянных музыкальных инструментов, является их отделка. Известно, что древесина – нестабильный материал по отношению к окружающей среде, поэтому деревянные музыкальные инструменты отделяют с целью защиты их от вредных воздействий внешней среды и улучшения художественно-эстетических качеств. Кроме того, покрытие не должно ухудшать, а по возможности, наоборот, должно улучшать физико-акустические характеристики инструментов.

В настоящее время имеются многочисленные работы, посвященные исследованиям применения органорастворимых лакокрасочных материалов в музыкальной промышленности для повышения декоративности и качества инструментов. Такие работы проводили в МЛТИ, НИИКТИМПе, ЛТА, а также в лабораториях предприятий музыкальных инструментов. В работе [1] приведены характеристики как отечественных, так и импортных лакокрасочных материалов, пригодных для отделки музыкальных инструментов. Изучаются рецептуры лаков мастеров прошлых веков [2].

Намечаются тенденции разработки и применения для отделки древесины [3] лакокрасочных материалов, отвечающих современным требованиям по экологической безопасности. Этим требованиям наиболее полно удовлетворяют воднодисперсионные лаки, которые имеют низкие показатели опасности, они являются наиболее экологически чистыми, обладают высокими технологическими свойствами и представляют несомненный научный и практический интерес для отделки музыкальных инструментов.

С получением покрытия на основе водного лака на поверхности резонатора можно будет отказаться от применения органорастворимых лакокрасочных материалов.

На базе кафедры технологии деревообрабатывающих производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии проведены исследования, целью которых являлось изучение влияния лаков на акустические свойства древесного материала, используемого в резонансных деках щипковых инструментов.

Опыты выполнены на образцах резонансной ели размером $240 \times 25 \times 3$ мм, влажностью (8 ± 1) %.

Для отделки образцов использовали нитроцеллюлозный лак НЦ-218, воднодисперсионный лак, шеллачную политуру, водный лак «Тритон».

Для каждого вида лака готовили по 14 образцов.

Испытания образцов проводили на измерителе частоты и затухания механических колебаний ИЧЗ-9 (рис.1) с определением резонансной частоты, логарифмического декремента затухания колебаний, акустических констант Андреева и Римского-Корсакова (с учетом внутреннего трения).

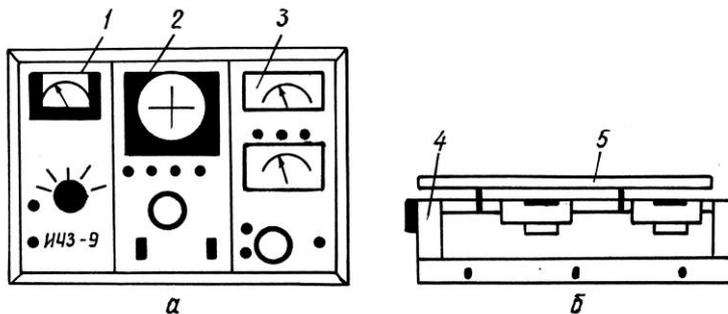


Рис. 1. Прибор для измерения частоты и затухания механических колебаний (а) и схема расположения образца на испытательном стенде (б): 1 – блок питания; 2 – блок индикатора; 3 – блок генератора; 4 – стенд; 5 – образец

Резонансную частоту снимали на первой гармонике до и после нанесения покрытия (после каждого слоя лака).

Акустические константы Андреева и Римского-Корсакова определяли по формулам

$$K_a = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}; \quad (1)$$

$$K_p = \frac{1}{\delta} \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}, \quad (2)$$

где K_a – акустическая константа Андреева, $\text{м}^4/(\text{кг}\cdot\text{с})$;

E – модуль упругости, $\text{Н}/\text{м}^2$;

ρ – плотность древесины, $\text{кг}/\text{м}^3$;

K_p – акустическая константа Римского-Корсакова с учетом внутреннего трения;

δ – логарифмический декремент затухания колебаний, Нп (Непер – отношение двух физических величин, натуральный логарифм которых равен единице),

$$\delta = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \frac{f_2 - f_1}{f_{\text{д\acute{a}ц}}}; \quad (3)$$

$f_{\text{рез}}$ – резонансная частота, равная половине амплитуды, Гц;

f_1, f_2 – частота колебаний с амплитудой, равной половине резонансной.

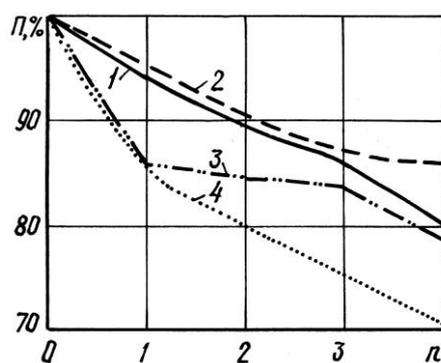
Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице и на рис. 2.

Изменение акустических характеристик* древесины

Марка лакокрасочного материала	Значения характеристик после нанесения слоев лака			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Резонансная частота				
Шеллак	98,94	98,39	98,21	97,94
Вододисперсионный лак	98,37	98,07	97,72	96,69
Лак НЦ-218	98,00	97,85	97,29	96,98
Лак «Тритон»	98,37	98,20	97,88	97,49
Акустическая константа Андреева				
Шеллак	98,57	97,84	97,47	97,04
Вододисперсионный лак	97,43	96,56	95,41	90,62
Лак НЦ-218	98,31	97,63	96,35	95,27
Лак «Тритон»	98,64	98,01	97,10	96,18
Логарифмический декремент затухания колебаний				
Шеллак	104,03	110,39	113,50	116,98
Вододисперсионный лак	115,14	123,53	133,93	134,16
Лак НЦ-218	110,50	112,80	117,00	120,70
Лак «Тритон»	107,37	114,72	120,60	130,06
Акустическая константа Римского-Корсакова				
Шеллак	95,42	91,32	87,83	86,89
Вододисперсионный лак	84,50	78,96	75,68	70,38
Лак НЦ-218	94,64	90,25	86,88	80,20
Лак «Тритон»	85,75	85,18	84,85	79,08

* В процентах к характеристикам чистой древесины, которые приняты за 100 %.

Рис. 2. Изменение акустических характеристик резонансной ели после нанесения лака (в процентах Π к чистой древесине; n – порядковый номер слоя лака): 1 – нитроцеллюлозный лак НЦ-218; 2 – шеллачная политура; 3 – водный лак «Тритон»; 4 – вододисперсионный лак



Анализ полученных результатов показал, что все исследованные лакокрасочные материалы снижают акустические характеристики резонансной ели.

Сравнение характеристик резонансной частоты и акустической константы Андреева позволило сделать вывод, что эти характеристики при использовании органорастворимых и водных лаков отличаются незначительно. Следовательно, вододисперсионные лакокрасочные материалы можно применять для отделки музыкальных инструментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугрова Т.С., Мамонова Н.А., Черемисина Г.Г. Опыт отделки музыкальных инструментов за рубежом // Производство музыкальных инструментов. – М.: ЦБНТИ Минместпрома РСФСР, 1985. – Вып. 2.
2. Витачек Е.Ф. Очерки по истории изготовления смычковых инструментов. – М.: Музгиз, 1952.
3. Гербер В.Д. Перспективы развития лакокрасочных материалов и технологий отделки древесины на ООО «Лигнохим» (Москва) / Третья междунар. научно-практ. конф. «Лакокрасочные материалы XXI века», 16, 17 марта 1990 г. – М., 1990. – С. 17–18.
4. Лукин В.Г. Формирование защитно-декоративных покрытий резонансных дек деревянных музыкальных инструментов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб, 1998. – 21 с.
5. Онегин В.И., Корсаков Г.С., Лукин В.Г. Исследование влияния защитно-декоративных покрытий на акустические свойства древесных материалов // Деревообработ. пром-сть. – 1996. – № 5. – С. 10–12.

С.-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 01.06.01

V.I. Onegin, Yu.I. Tsoy, V.A. Bogdanov
**Acoustic Characteristics of Organosoluble
Paintwork Material**

It is found out that water-dispersion varnishes could be used for finishing musical instruments together with organosoluble ones.

УДК 621.914.1

В.И. Малыгин, Л.В. Кремлева

Малыгин Владимир Иванович родился в 1952 г., окончил Университет Дружбы народов им. П. Лумумбы, доктор технических наук, профессор, действительный член АИИН РФ, проректор по научной работе Севмашвуза. Имеет более 110 научных работ в области математического моделирования физических процессов при резании.



МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ С УЧЕТОМ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Предложены математическая модель и методики расчета параметров вибраций при фрезеровании, позволяющие оптимизировать конструкцию фрез на стадии проектирования инструмента и его выбор при разработке технологического процесса.

фрезерование, динамика, вибрации, дереворежущий инструмент, качество поверхности, динамическая модель.

Проблема обеспечения качества изделий в деревообработке и, прежде всего, в производстве мебели из массивной древесины на многоинструментальных станках с ЧПУ и высокими частотами вращения шпинделя ставит задачи оптимизации параметров дереворежущих фрез на стадии проектирования и выбора оптимальной конструкции на стадии разработки технологического процесса. Это обусловлено необходимостью решения следующих проблем:

повышение точности механической обработки поверхностей, что позволит снизить объем последующих шлифовальных операций;

уменьшение «ворсистой» поверхности при фрезеровании древесины поперек волокон, что особенно важно при получении профильных поверхностей;

повышение стойкости инструмента, так как сохранение остроты режущих кромок при обработке деревянных массивов в отличие от других видов обработки приобретает особое значение.

Наибольшее значение при этом придается снижению параметров вибраций. Это обстоятельство обуславливает актуальность математической модели и методики расчета параметров вибраций при фрезеровании древесины.

Многообразие условий механической обработки, стремление к созданию высокопроизводительных режущих инструментов, обеспечиваю-

щих необходимое качество выполнения операций резания, привели к разработке большого количества инструментов одного назначения. Причиной этого является недостаточное развитие расчетных методов, позволяющих прогнозировать и давать сравнительную оценку поведения инструмента для конкретных условий обработки на стадии проектирования. Поэтому рациональное использование режущих инструментов, их высокая эффективность невозможны без разработки мер по их оптимизации расчетными методами.

Формирование общего подхода и построение математической модели базировались на существующих зависимостях выбранных критериев от физических факторов процесса резания, установленных в соответствии с алгоритмом решения задачи [1, 2] путем сложного неоднородного моделирования. При всем многообразии и сложности зависимостей показателей надежности инструмента, определяющих его эффективность, от физических факторов процесса резания установлено, что влияние свойств технологической системы возрастает с применением хрупких инструментальных материалов. Оценить взаимодействие отдельных подсистем технологической системы, а также массогабаритные и геометрические показатели инструмента представляется возможным в рамках комплексной динамической модели.

Анализ показывает, что наиболее сложным, включающим в себя практически все элементы прочих видов обработки, является процесс фрезерования, который послужил основой модели. К особенностям этого процесса относится его кинематическая и, как следствие, динамическая неустойчивость, обусловленная дискретным характером взаимодействия режущих элементов инструмента с обрабатываемой заготовкой и сложностью процесса формообразования. Нестационарность такого взаимодействия особенно проявляется за один оборот фрезы вследствие цикличности формирования срезов, число, форма и размеры которых изменяются в зависимости от условий контакта инструмента и обрабатываемой заготовки.

Исходим из того обстоятельства, что процесс резания характеризуется регулярно повторяющимися силовыми импульсами и относительными колебаниями инструмента и заготовки.

Технологическая система станка является системой с большим числом обратных связей, запаздыванием при работе «по следу» от прохода предыдущих резцов. Это обстоятельство, без сомнения, вносит ряд особенностей в общую динамическую картину процесса обработки. Рассматриваемая методика использует геометрическую интерпретацию и время как одну из обобщенных координат. При этом кинематическая цепь технологической системы замыкается силовой временной зависимостью, определяемой в целом через геометрический анализ мгновенных сечений срезаемого слоя. Общая структурная схема динамического взаимодействия систем инструмента и заготовки, учитывающая особенности технологической системы как системы замкнутой, имеющей обратные связи и запаздывание при работе «по следу», изображена на рис. 1.

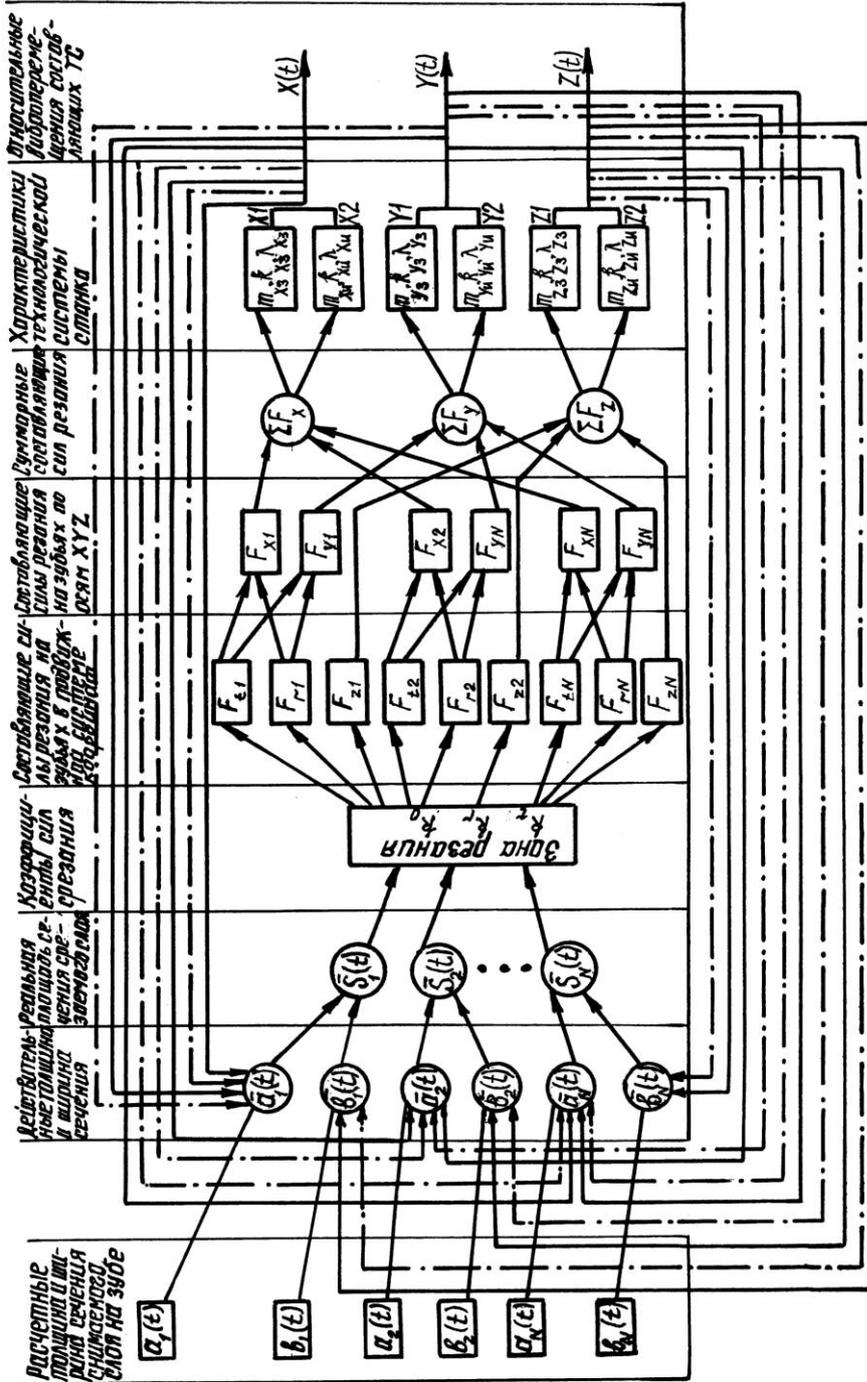


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия элементов технологической системы при обработке

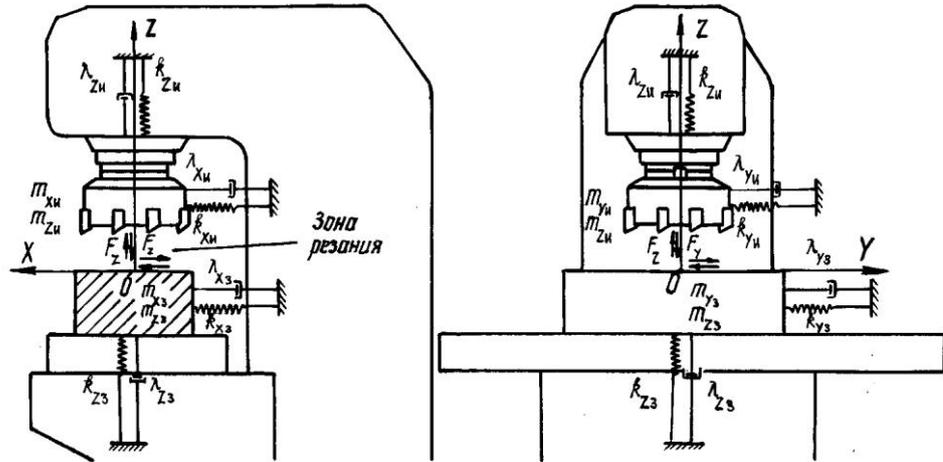
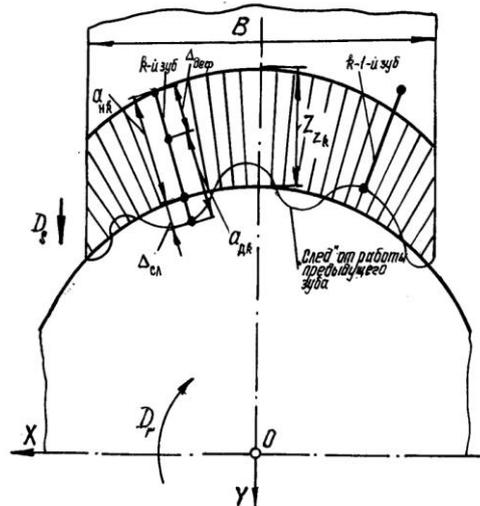


Рис. 2. Упругая технологическая система

Упругая технологическая система представлена в виде эквивалентной двухмассовой системы – системы инструмента (индекс «и») и системы заготовки («з»), совершающей колебания в 3-х взаимно-перпендикулярных направлениях (рис. 2). Эквивалентная упругая система (ЭУС) заготовки и ЭУС инструмента характеризуются приведенными к зоне резания массами m , обобщенными коэффициентами сопротивления (демпфирования) λ и жесткости k , в общем случае различными по трем координатным направлениям. Система является замкнутой. Эта замкнутость определяется взаимодействием ЭУС заготовки и инструмента с процессом резания, причем многоконтурность системы обусловлена участием в работе нескольких резцов фрезы.

Соответствующая схема изменения толщины срезаемого слоя в результате деформаций приведена на рис. 3.

Рис. 3. Изменение толщины слоя в результате деформаций технологической системы ($a_{нк}$ – толщина слоя на k -м резце (зубе), обусловленная настройкой системы; $a_{дк}$ – действительная толщина среза; $\Delta_{деф}$ – изменение толщины среза в результате деформации под воздействием силы резания; $\Delta_{сл}$ – изменение толщины среза в результате прохода предыдущего резца («след»))



Указанные системы взаимодействуют друг с другом через процесс резания, действие которого заменено суммарными составляющими силы резания:

$$\sum_{i=1}^N F_{Z_i} ; \sum_{i=1}^N F_{Y_i} ; \sum_{i=1}^N F_{X_i} .$$

Они являются результатом работы резцов, участвующих в резании в данный момент времени, число которых N является переменным из-за неравномерности фрезерования. На резцы действуют силы $F_{X_1}, F_{X_2}, F_{X_N}, \dots, F_{Y_1}, F_{Y_2}, F_{Y_N}, \dots, F_{Z_1}, F_{Z_2}, \dots, F_{Z_N}$, которые получены путем приведения к неподвижной системе координат OXYZ сил из системы координат, связанной с вращающейся фрезой: $F_{t1}, F_{t2}, \dots, F_{tN}; F_{r1}, F_{r2}, \dots, F_{rN}; F_{o1}, F_{o2}, \dots, F_{oN}$ – тангенциальные, радиальные и осевые составляющие на k -м резце.

Составляющие силы резания в подвижной системе координат зависят от сопротивления материала резанию и площадей действительного сечения срезаемого слоя

$$\bar{S}_1(t), \bar{S}_2(t), \dots, \bar{S}_N(t),$$

которые являются функциями времени.

Действительное сечение срезаемого слоя суть произведение действительной толщины $a_1(t), a_2(t), \dots, a_N(t)$ на действительную ширину срезаемого слоя $b_1(t), b_2(t), \dots, b_N(t)$.

Действительная толщина и ширина сечения среза на k -м работающем резце определяются настройкой системы на заданную толщину и ширину сечения среза (кинематическая толщина и ширина сечения среза), а также изменением настройки в результате взаимных деформаций системы, произошедших в результате «влияния» всех участвующих в резании в данный момент времени резцов, и «следом» от прохода предыдущего резца. В предлагаемой расчетной схеме учтено влияние входа-выхода резца на изменение площади сечения срезаемого слоя на резцах, участвующих в процессе резания.

На основе представленной структурной схемы разработана методика расчета вибросмещений при многолезвийной обработке. Методика условно разделена на две части:

расчет сил резания, величина и характер поведения которых обусловлены схемой резания, характеристиками обрабатываемого материала, режимными параметрами, конструктивными и геометрическими характеристиками инструмента;

расчет динамических параметров двухмассовой системы, позволяющей определять вибросмещения, виброскорости по трем направлениям.

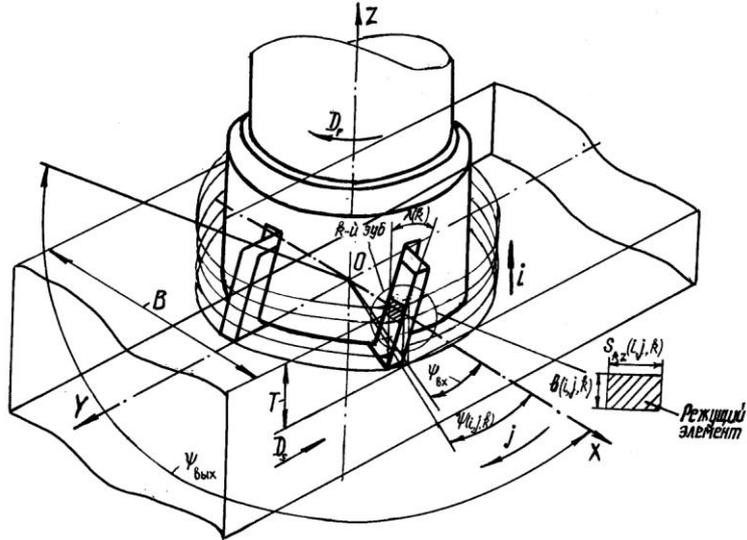


Рис. 4. Схема разбиения лезвий фрезы на элементы

При построении модели сил резания было произведено разбиение рабочих лезвий инструмента на дискретные режущие элементы (рис. 4). Мгновенное положение элемента на дуге контакта определяется углом $\psi(i, j, k)$ относительно оси OX принятой системы координат (i – номер положения элемента вдоль оси фрезы; j – номер углового положения элемента; k – номер резца, которому принадлежит дисковый элемент):

$$\psi(i, j, k) = \left[Q(j) - \sum_{m=1}^N G(m) \right] - \{ [(i-1)b(i, j, k) + b(i, j, k)/2] \operatorname{tg} \lambda(k)/R \}, \quad (1)$$

где $Q(j) = j\Delta$ – текущее угловое положение элемента при $i = 1, k = 1$;

Δ – дискретность расчета;

N – число резцов фрезы;

$b(i, j, k)$ – ширина элемента;

$\lambda(k)$ – угол наклона режущей кромки k -го резца;

R – радиус фрезы.

В выражении (1) первый член определяет положение торца k -го резца в j -м угловом положении, а второй – характеризует угол поворота элемента вдоль режущей кромки k -го резца, связанный с углом $\lambda(k)$. Угол $\psi(i, j, k)$ определялся в пределах угла контакта фрезы с заготовкой, зависящего от схемы обработки. Толщина среза на i -, j -, k -м элементах с учетом подачи на резец S_{zk} и радиального биения $\delta(k)$ на k -м резце определяется выражением

$$a(i, j, k) = S_{zk} \sin \psi(i, j, k) + \sigma(k). \quad (2)$$

Для каждого значения угла $\psi(i, j, k)$ вычисляли элементарные толщину и ширину сечения среза, окружную $F_t(i, j, k)$, радиальную $F_r(i, j, k)$ и

осевую $F_o(i, j, k)$ силы резания, действующие на дискретном элементе. Элементарные составляющие $F_i(i, j, k)$, $F_r(i, j, k)$, $F_o(i, j, k)$ приводили к ортогональной неподвижной системе координат XYZ , затем производили суммирование всех элементарных сил в подвижной и неподвижной системах координат по всем элементам и резцам и определяли полные мгновенные силы $F_i(j)$, $F_r(j)$, $F_o(j)$, $F_x(j)$, $F_y(j)$, $F_z(j)$ в j -м угловом положении. Рассчитанные значения ширины и толщины срезаемого слоя использовали в дальнейшем при расчете динамических характеристик процесса.

Расчет динамических параметров осуществляли на основе решения системы дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} m_{X\zeta} X1'' + \lambda_{X\zeta} X1' + k_{X\zeta} X1 = -\sum_{k=1}^N F_{Xk}; \\ m_{X\epsilon} X2'' + \lambda_{X\epsilon} X2' + k_{X\epsilon} X2 = \sum_{k=1}^N F_{Xk}; \\ m_{Y\zeta} Y1'' + \lambda_{Y\zeta} Y1' + k_{Y\zeta} Y1 = -\sum_{k=1}^N F_{Yk}; \\ m_{Y\epsilon} Y2'' + \lambda_{Y\epsilon} Y2' + k_{Y\epsilon} Y2 = \sum_{k=1}^N F_{Yk}; \\ m_{Z\zeta} Z1'' + \lambda_{Z\zeta} Z1' + k_{Z\zeta} Z1 = \sum_{k=1}^N F_{Zk}; \\ m_{Z\epsilon} Z2'' + \lambda_{Z\epsilon} Z2' + k_{Z\epsilon} Z2 = -\sum_{k=1}^N F_{Zk}; \end{cases}$$

(3)

$$\begin{cases} F_{Xk} = F_{ik}(t) \sin \psi_k(t) - F_{rk} \cos \psi_k(t); \\ F_{Xk} = F_{ik}(t) \cos \psi_k(t) + F_{rk} \sin \psi_k(t); \\ F_{ik} = k_t \bar{a}_k(t) \bar{b}_k(t); \\ F_{rk} = k_r F_{ik}; \\ F_{Zk} = k_o F_{ik}; \\ \bar{a}_k(t) = a_k(t) + (X1 - X2)_t \cos \psi_k(t) + (Y1 - Y2)_t \sin \psi_k(t) - \\ - (X1 - X2)_{t-\tau_{k-1}} \cos \psi_k(t) - (Y1 - Y2)_{t-\tau_{k-1}} \sin \psi_k(t); \\ \bar{b}_k(t) = b(t) + (Z1 - Z2)_t, \end{cases}$$

где $m_{X,Y,Z\zeta}$, $m_{X,Y,Z\epsilon}$ – приведенные к зоне резания массы систем заготовки и инструмента в направлении соответствующих осей;

$\lambda_{X,Y,Z\zeta}$, $\lambda_{X,Y,Z\epsilon}$ – коэффициенты демпфирования систем заготовки и инструмента в направлении соответствующих осей;

- $k_{X,Y,Z}$, $k_{X,Y,Zи}$ – коэффициенты жесткости систем заготовки и инструмента в направлении соответствующих осей;
- $X1, Y1, Z1, X2, Y2, Z2$ – абсолютные виброперемещения системы заготовки и системы инструмента;
- F_{Xk}, F_{Yk}, F_{Zk} – составляющие силы резания по соответствующим направлениям на k -м резце;
- $F_{\tau k}, F_{rk}$ – тангенциальная и радиальная составляющие силы резания на k -м резце;
- $a_k(t), b_k(t)$ – закон изменения толщины и ширины сечения срезаемого слоя на k -м резце, обусловленные настройкой технологической системы;
- k_τ, k_r, k_o – эмпирические коэффициенты, характеризующие обрабатываемый материал;
- $\bar{a}_k(t), \bar{b}_k(t)$ – истинный закон изменения толщины и ширины сечения срезаемого слоя на k -м резце, обусловленный динамическим взаимодействием элементов технологической системы;
- $\psi_k(t)$ – текущее угловое положение k -го резца на дуге резания.

Индексы t и $t-\tau_{k-1}$ соответствуют тому, что координаты X, Y и Z для рассматриваемых систем берутся соответственно в текущий момент времени t или в момент $t-\tau_{k-1}$ (τ_k – время запаздывания k -го резца, зависящее от углового шага и угловой скорости вращения фрезы).

В каждый момент времени производили перерасчет изменения площади сечения срезаемого слоя в результате взаимных деформаций взаимодействующих подсистем. Данные, определяющие закон изменения толщины и ширины сечения срезаемого слоя на k -м резце $a_k(t), b_k(t)$ и обусловленные настройкой технологической системы, рассчитывали по методике определения составляющих силы резания. В связи с тем, что на составляющие силы резания при обработке древесины существенное влияние оказывают ориентация движения подачи по отношению к направлению волокон, влажность и некоторые другие характеристики материала. Эмпирические коэффициенты удельных сил резания целесообразно выбирать в форме эмпирических моделей по результатам статистической обработки экспериментальных данных.

Решение системы уравнений (3) осуществлено методом Рунге – Кутты. Выходными данными являются относительные и абсолютные виброперемещения, виброскорости систем заготовки и инструмента, составляющие силы резания, вычисленные в предположении, что система является абсолютно жесткой, и с учетом деформаций. С целью качественного сравнения различных схем обработки предусмотрен анализ во временной (в функции угла поворота фрезы) и частотной областях. Для анализа колебательного процесса в частотной области была реализована стандартная процедура дискретного преобразования Фурье на основе быстрых алгоритмов.

На основе построенных моделей были разработаны алгоритмы расчета и программы, реализующие эти алгоритмы.

Предложенные модель и методику расчета использовали при проектировании и разработке типоразмерного ряда цилиндрических дереворежущих фрез с увеличенным числом резцов, выполняемых по заданию администрации Архангельской области (рис. 5).

Разработанная модель апробирована при проектировании ряда металлорежущих инструментов: торцевой фрезы, трехступенчатой трехсторонней фрезы, резцовой головки для подрезки фасок труб и корончатой фрезы для обработки плавниковых труб.

Предложенный подход эффективен не только для различных видов фрезерования древесины, но и при проектировании операций пиления круглыми пилами, а также при обработке фасонных поверхностей в условиях переменных дуги резания и ширины стружки по длине режущей кромки любым многолезвийным инструментом.

Таким образом, при заданной кинематике обработки именно нахождение оптимальных вида, типа и конструкции инструмента, наряду с управлением схемой резания, позволяет оптимизировать распределение деформаций при обработке, обеспечивать точность формообразования и производительность обработки.

Предложенная модель в перспективе дает возможность решать вопросы, связанные с качеством обработанных поверхностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малегин В.И. Диагностические методы надежности обеспечения составного инструмента для ГАП // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1993. – № 1. – С. 110–116.

2. Малегин В.И. Пути решения инструментального обеспечения надежности технологических процессов // Машиностроение. – 1993. – № 2. – С. 84–89. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Севмашвтуз
Поступила 28.05.01

V.I. Malygin, L.V. Kremleva

Technique of Calculating Dynamic Parameters of Wood Milling Process Taking into Account Kinematic Instability of Technological System

Mathematical model and calculation procedure for vibration parameters under milling are suggested that allow optimizing construction of cutters at the stage of tool designing and its choice under the technological process development.

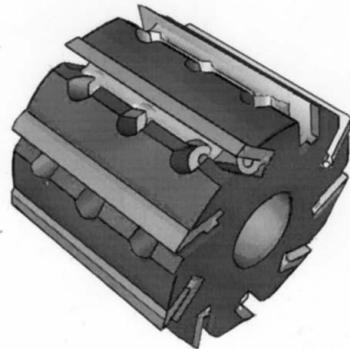


Рис. 5. Дереворежущая фреза с увеличенным числом режущих элементов

УДК 647.815-41

В.В. Тулейко, В.Б. Снопков

Тулейко Валерий Валентинович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Белорусский государственный технологический университет, младший научный сотрудник лаборатории огнезащиты строительных конструкций и материалов при кафедре технологии клееных материалов и плит БГТУ. Имеет 14 печатных работ в области исследования процессов тепломассопереноса при пьезотермическом воздействии на древесно-клеевые композиции и древесные слоистые материалы, а также разработки режимов их изготовления.



Снопков Василий Борисович родился в 1952 г., окончил в 1974 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологии клееных материалов и плит Белорусского государственного технологического университета. Имеет 125 печатных работ в области технологии древесных плит и пластиков, гидротермической обработки и защиты древесины.



**ПРЕССОВАНИЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ
УВЕЛИЧЕННОЙ ТОЛЩИНЫ. 4. УДАЛЕНИЕ ПАРОГАЗОВОЙ
СМЕСИ ИЗ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНОГО БРИКЕТА**

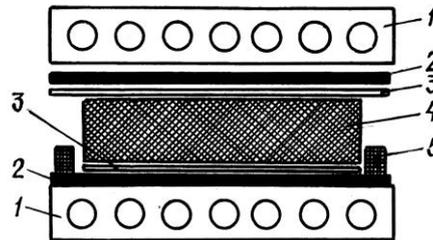
Установлено, что влага при прессовании покидает древесностружечный брикет не только через торцы, но и через пласти; предложен способ интенсификации сушки брикета, предусматривающий кратковременное снижение внешнего давления до нуля в середине цикла прессования.

древесностружечный брикет, горячее прессование, способы прессования, парогазовая смесь, давление смеси.

Ранее было установлено, что на процессы склеивания стружечного брикета во время прессования древесностружечных плит (ДСтП) увеличенной толщины большое влияние оказывает влажность склеиваемой древесины. Образование клеевых соединений начинается после снижения влажности до 12 ... 22 %, а максимальная их прочность достигается при влажности 4 ... 10 % [2]. Таким образом, испарение избыточной влаги и удаление парогазовой смеси из брикета увеличенной толщины является важнейшей задачей прессования ДСтП.

Выяснение механизма удаления парогазовой смеси из брикета и разработка способов интенсификации этого процесса – цели настоящей работы.

Рис. 1. Схема прессуемого пакета:
 1 – нагревательные плиты пресса;
 2 – стальные прокладки; 3 – резиновые прокладки (сетки); 4 – стружечный брикет; 5 – дистанционные планки



При проведении исследований контролировали следующие параметры: влажность, температура, давление парогазовой смеси внутри стружечного брикета. Экспериментальная установка и методика приведены в статье [1]. Опыты, реализованные в данной работе, отличались от описанных ранее тем, что между стальными прокладками и стружечным брикетом размещали дополнительные прокладки из тонкой термостойкой резины или стальной сетки № 8. Схема прессования изображена на рис. 1.

В ходе эксперимента необходимо было установить: выходит ли пар из стружечного брикета только через торцы или часть его покидает брикет через пласти, а далее через зазор между брикетом и стальными прокладками пресса. Расчет делался на то, что резина, плотно прилегая к пласти брикета, должна была перекрыть второй возможный путь движения пара. Напротив, использование сетки максимально облегчило бы удаление пара через пласти брикета.

Влияние резиновых прокладок на изменение температуры внутреннего и наружных слоев стружечного брикета показано на рис. 2, а. Там же приведены аналогичные зависимости, полученные при прессовании без прокладок.

Анализируя зависимости на рис. 2, а, отметим, что увеличение температуры как наружных, так и внутреннего слоев в начальный период прессования происходит намного быстрее в случае использования резиновых прокладок. Так, например, температура наружных слоев достигает 100 °С за 2,5 мин, а внутреннего – за 3,5 мин. Разогрев до такой же температуры, но без резиновых прокладок, соответственно происходит за 4 и 6 мин, т. е. почти в 2 раза медленнее. Еще одно выявленное отличие: с прокладками температура наружных слоев, достигнув 103 °С, стабилизируется и остается постоянной в течение 7 мин (с 3-й по 10-ю минуту). Без резиновых прокладок такое явление не наблюдается. Отметим, что прокладки способствуют более быстрому установлению постоянной температуры внутреннего слоя (на 4-й минуте вместо 7-й) и на более продолжительный период времени (30 мин против 21 мин).

Из графических зависимостей на рис. 2, б видно, что при использовании резиновых прокладок влажность наружных слоев уменьшается медленнее, чем без них (сравниваем кривые 1 и 4). Так, влажности 5 % стружка наружных слоев в первом случае достигает за 4 мин, во втором – за 3 мин. Напротив, влажность промежуточного и внутреннего слоев при наличии

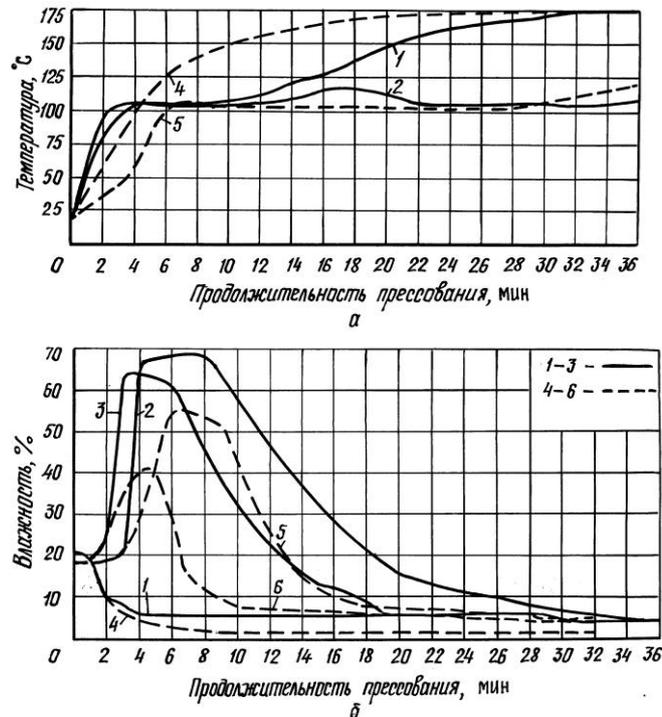


Рис. 2. Изменение температуры (а) и влажности (б) во время прессования с резиновыми прокладками (1 – 3) и без них (4 – 6): 1, 4 – наружный слой; 2, 5 – внутренний слой; 3, 6 – промежуточный слой

прокладок возрастает гораздо быстрее и до большей величины, чем без них (кривые 2 и 3, 5 и 6). Промежуточный слой приобретает влажность 64 % за 3 мин (без прокладок – 41 % за 4 мин), а внутренний – 68 % за 4 мин (без прокладок – 55 % за 6 мин). Резиновые прокладки приводят также к более длительному удержанию влаги в стружечном брикете. Так, средней влажности 12 % брикет с прокладками достигает за 13 мин, без них – за 11 мин.

С описанными изменениями влажности древесностружечного брикета хорошо согласуется графическая зависимость, полученная при измерении давления парогазовой смеси в брикете (рис. 3). Анализируя ход кривых 1 и 2, отмечаем, что при наличии резиновых прокладок давление начинает расти раньше (на 4-й минуте) и достигает большей величины (0,114 МПа), чем в случае прессования без прокладок (на 9-й минуте; 0,111 МПа). Еще одна особенность прессования с резиновыми прокладками состоит в том, что высокое давление парогазовой смеси внутри брикета снижается медленно, длительное время сохраняя величину более 0,105 МПа.

Обобщая сделанные наблюдения, отмечаем, что резиновые прокладки, проложенные при прессовании по обе стороны брикета, затрудняют выход влаги. С одной стороны, это способствует более быстрому прогреву всего объема брикета до температуры, когда происходит отверждение связую-

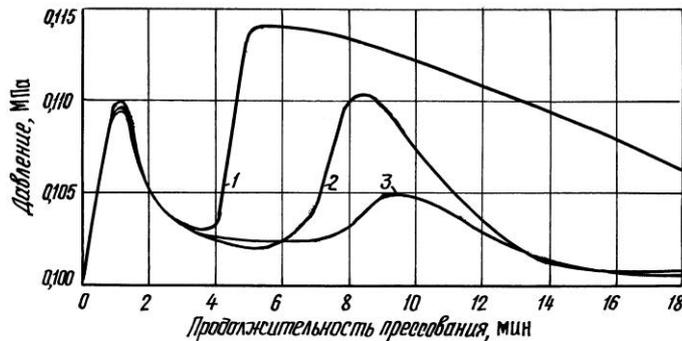
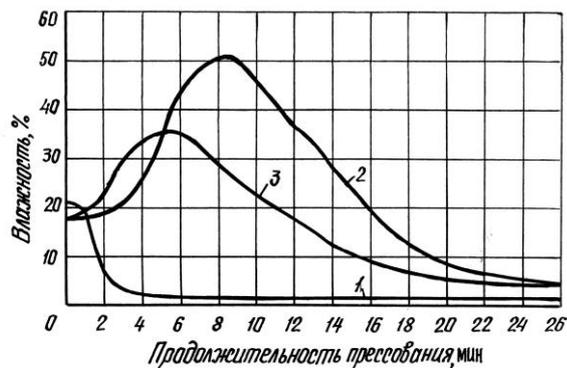


Рис. 3. Влияние прокладок на изменение давления пара газовой смеси внутри древесностружечного брикета: 1 – резиновые прокладки; 2 – без прокладок; 3 – сетчатые прокладки

щего (100 ... 105 °С), с другой – увеличивается время сушки брикета до влажности 12 %, установленной действующими стандартами. Кроме того, выявлено, что влага при прессовании покидает брикет не только через торцы, но и через его пласти.

Изменение влажности стружечного брикета во время прессования с прокладками из стальной сетки показано на рис. 4. При сравнении полученных графических зависимостей с рис. 2, б (кривые 4, 5 и 6) установлено, что в период прогрева стружечного брикета влажность промежуточного и внутреннего слоев при использовании сеток возрастает медленнее и достигает максимума на более низком уровне. Так, наибольшая влажность внутреннего слоя получена на 8-й минуте с начала цикла прессования и составляет 51 %, для промежуточного слоя – 36 % на 5-6-й минуте. При прессовании без сеток для внутреннего слоя имеем 6 ... 7 мин и 55 %, для промежуточного слоя – 4 мин и 41 %. Возвращаясь к рис. 3, необходимо отметить, что использование сеток приводит к значительному уменьшению второго пика на графике изменения давления пара газовой смеси во время прессования (кривая 3). Давление в этом случае составляет лишь 0,105 МПа против 0,111 МПа при прессовании без сеток.

Рис. 4. Изменение влажности стружечного брикета во время прессования с сетчатыми прокладками: 1 – наружный слой; 2 – внутренний слой; 3 – промежуточный слой



Отмеченные различия находят следующее объяснение. Одна часть водяного пара, образующегося при прогреве наружных слоев, уходит из брикета через пласти, другая его часть в результате возникновения градиента давления проникает в более глубокие слои брикета, прогревая и увлажняя их. Выход этой влаги из брикета происходит через его торцы. Использование сетчатых прокладок приводит к тому, что количество пара, выходящего через пласти, увеличивается, а проникающего в глубь брикета – уменьшается. В результате этого внутренние слои, увлажняясь в меньшей степени, прогреваются медленнее.

Ранее нами было установлено [3], что на показатели физико-механических свойств плит положительное влияние оказывает кратковременное снижение удельного давления в середине цикла прессования. При этом наилучшие результаты достигаются, если сброс давления происходит через 9 мин после начала прессования. В связи с этим представляло интерес рассмотреть каким образом указанный сброс удельного давления влияет на изменение температуры и влажности стружечного брикета, а также давления парогазовой смеси внутри него. Температурные кривые, полученные при проведении этих исследований, в данной статье не приведены, так как по сравнению с кривыми 3 и 4 (рис. 2, а) имеют очень небольшие отличия. Одно из них состоит в том, что после 9-й минуты прессования наблюдаются небольшие колебания температуры внутреннего слоя в пределах 100 ... 110 °С. Вероятно, они связаны с явлениями фазового перехода влаги из газообразного состояния в жидкое и наоборот в условиях резкого снижения давления внутри стружечного брикета. Еще одно отличие – это начало повышения температуры внутреннего слоя после периода стабилизации на 24-й минуте прессования, т.е. на 4 мин раньше, чем в ранее рассматриваемом случае. Мы объясняем это тем, что промежуточный сброс удельного давления прессования приводит к значительному разовому выбросу пара из брикета. В результате влажность внутреннего слоя уменьшается, и при продолжении прессования он высыхает быстрее.

Интересная информация была получена при определении послойной влажности стружечного брикета при его прессовании с промежуточным сбросом давления. На рис. 5, а приведены кривые изменения влажности в середине стружечного брикета, на рис. 5, б – около его кромки. Анализ указанных графических зависимостей проведен при сравнении с аналогичными кривыми, полученными при прессовании брикета без промежуточного сброса давления (рис. 2, б, кривые 4–6).

Сопоставляя кривую 1 на рис. 5, б с кривой 4 на рис. 2, б, отмечаем, что они тождественны, т.е. промежуточный сброс давления на 9-й минуте прессования не сказывается на изменении влажности наружных слоев стружечного брикета. Иная картина наблюдается для внутреннего и промежуточного слоев: различия в ходе кривых влажности очень велики, но они имеют место только после 9-й минуты. Следовательно, причина их возникновения – кратковременный сброс удельного давления прессования в середине цикла. Это подтверждается тем, что влажность внутреннего слоя в

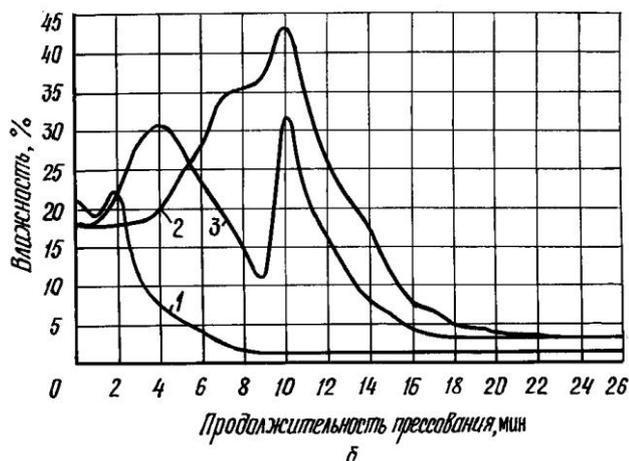
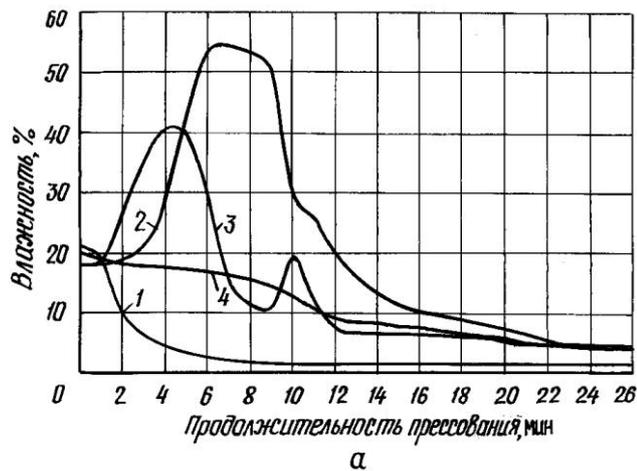


Рис. 5. Изменение влажности внутри (а) и около кромки (б) стружечного брикета во время прессования с промежуточным сбросом давления: 1 – наружный слой; 2 – внутренний слой; 3 – промежуточный слой; 4 – средняя влажность

этом случае (кривая 2, рис. 5, а) в период с 9-й по 10-ю минуту уменьшается очень быстро (с 52 до 27 %). В сравниваемом случае (кривая 5, рис. 2, б) это происходит гораздо медленнее (с 52 до 42 %). Кроме того, сброс удельного давления прессования способствует увеличению влажности промежуточного слоя на 10-й минуте до 19 % (кривая 3, рис. 5, а). При использовании традиционной диаграммы прессования к этой минуте влажность внутреннего слоя составляла лишь 8 %.

Еще большие различия отмечены при измерении влажности около кромки стружечного брикета. Как видно на рис. 5, б, прессование с промежуточным сбросом давления приводит к тому, что влажность внутреннего (кривая 2) и промежуточного (кривая 3) слоев резко увеличивается, достигая

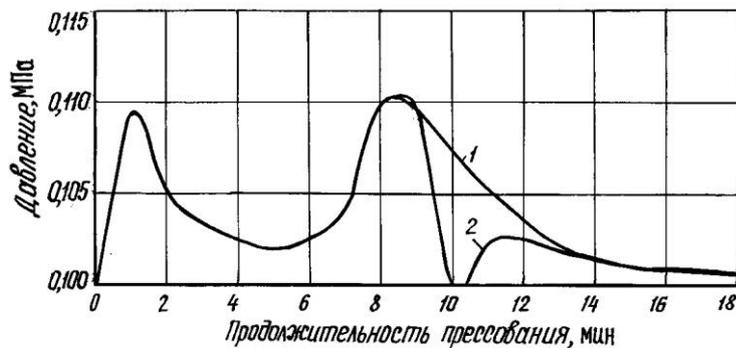


Рис. 6. Влияние промежуточного сброса давления прессования на изменение давления пара газовой смеси внутри древесностружечного брикета: 1 – без сброса давления; 2 – снижение давления до нуля на 9-й минуте

соответственно 43 и 32 %. Однако указанное увеличение влажности внутреннего и промежуточного слоев около кромки брикета носит кратковременный характер. Необходимо отметить еще один факт. Средняя влажность брикета после прессования по традиционной диаграмме в течение 12 мин составляет 12 %, а по диаграмме с промежуточным сбросом давления – 9 %. Таким образом, промежуточный сброс давления обеспечивает более эффективное удаление влаги из брикета во время прессования.

Изменение давления пара газовой смеси внутри стружечного брикета при прессовании с промежуточным сбросом на 9-й минуте внешнего давления до нуля показано на рис. 6 (кривая 2), здесь же для сравнения приведена кривая 1, полученная при использовании одноступенчатой диаграммы прессования. Отметим, что уменьшение внешнего давления до нуля приводит к быстрому (в течение 1 мин) падению внутреннего давления в брикете до атмосферного. После возобновления процесса прессования давление пара газовой смеси внутри брикета увеличивается, хотя еще 4 мин остается более низким, чем в случае прессования по традиционной диаграмме.

Анализ рис. 5, 6 позволил предложить следующее объяснение процессам, происходящим в стружечном брикете при кратковременном сбросе давления прессования. К 9-й минуте цикла большая часть влаги, содержащейся в стружечном брикете, находится в газообразном состоянии во внутреннем слое. В результате этого создается избыточное давление водяного пара. Возникший при этом градиент давления является движущей силой для молекулярного (диффузионного) переноса водяного пара в направлении уменьшающегося давления, т. е. в направлении кромок стружечного брикета. Снижение в этот момент внешнего давления прессования приводит к резкому уменьшению сопротивления стружечного брикета указанному молекулярному переносу. Происходит «хлопок» – очень быстрое перемещение пара в направлении уменьшающегося давления, т. е., главным образом, в направлении к кромкам стружечного брикета и, частично, из внутреннего слоя

– в промежуточные. Этот процесс сопровождается резким снижением средней влажности стружечного брикета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тулейко В.В., Снопков В.Б. Прессование древесностружечных плит увеличенной толщины. 1. Явления тепло- и массопереноса в древесностружечном брикете // Лесн. журн. – 2001. – № 3. – С. 95–101. – (Изв. высш. учеб. заведений).

2. Тулейко В.В., Снопков В.Б. Прессование древесностружечных плит увеличенной толщины. 3. Склеивание внутри древесностружечного брикета // Лесн. журн. – 2001. – № 4. – С. 68–72. – (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Тулейко В.В., Снопков В.Б. Разработка диаграммы прессования древесностружечных плит увеличенной толщины // Тр. БГТУ. Сер. II, Лесн. и деревообработ. пром-сть. – 2000. – Вып. VIII. – С. 156–164.

Белорусский государственный
технологический университет

Поступила 12.03.01

V.V. Tuleiko, V.B. Snopkov

Pressing of Particle Boards of Enlarged Thickness.

4. Extraction of Gas-vapor Mixture from Particle Briquet

It is found out that under pressing the particle briquet moisture is extracted not only through butt ends but seams as well. Method of enhancing the briquet drying is suggested providing short-term reduction of external pressure to zero in the middle of pressing cycle.

УДК 674.048.3

Р.Н. Галиахметов, Ю.А. Варфоломеев, Ф.Ф. Галиахметова

Галиахметов Раил Нигаматьянович окончил в 1979 г. Башкирский государственный университет, кандидат химических наук, директор Башкирского научно-исследовательского и проектного института строительных материалов. Имеет около 70 научных трудов в области снижения экологической опасности производств химических биологически активных препаратов



Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет около 300 научных трудов в области обеспечения долговечности древесины в строительстве экологически безопасными методами.



Галиахметова Флюза Фаатовна окончила в 1982 г. Уфимский нефтяной институт, научный сотрудник Института нефтехимии и катализа. Имеет около 10 научных трудов в области химической защиты материалов от биологического поражения.



ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ПРЕПАРАТА

При выполнении экспериментально-теоретической оценки эксплуатационных свойств производных ϵ -аминокапроновой кислоты установлено, что высокая биологическая активность препаратов обеспечивается за счет комплексного действия фтора, карбонильной и четвертичной аммониевой групп; выявлены химическая адсорбция исследуемых продуктов в древесине и ингибирующее свойство кислотной коррозии металлов.

защита древесины, экологическая опасность, антисептики, многофункциональный биологически активный препарат.

Для снижения экологической опасности при производстве средств химической защиты древесины от биологического поражения часто используют несколько малотоксичных компонентов, сочетание которых подбирают на основе явления синергизма [4]. Например, в настоящее время взамен высокотоксичного пентахлорфенолята натрия [2] для защиты сырых пило-

материалов от грибов синевы и плесени в нашей стране широко применяют фторсодержащий антисептик К-12, в строительстве для защиты лаг и нижних пластей досок пола от поражения дереворазрушающими грибами эффективно используют фтористый натрий. Однако для фторсодержащих препаратов характерна слабая фиксация в изделиях из древесины и высокая эмиссия в процессе их эксплуатации. Поэтому эти средства химической защиты древесины должны содержать надежные ингибиторы фтора, обладающего высокой коррозионной активностью и токсичностью.

Нами предложен многофункциональный биологически активный препарат из смеси олигомеров ϵ -аминокапроновой кислоты с молекулярной массой 200 ... 800 условных единиц. При обычных условиях эта смесь представляет собой воскообразное вещество охристого цвета плотностью 1302 кг/м³ с температурой размягчения 85 ... 89 °С. В результате синтеза получают продукты, представляющие собой четвертичные аммониевые соединения, которые содержат кремнефториды и фториды. В зависимости от мольного соотношения реагентов и условий проведения реакции можно получить соль кремнефтористоводородной кислоты, либо соль фтористоводородной кислоты, либо смесь этих солей.

Известно, что соли кремнефтористоводородной кислоты обладают способностью поражать плесневые и деревоокрашивающие грибы. Соли фтороводорода подавляют рост дереворазрушающих грибов. Поэтому при проведении синтеза можно целенаправленно регулировать эксплуатационные свойства получаемого многокомпонентного продукта в соответствии с требованиями к средствам защиты древесины от биологического поражения.

Поскольку синтезированные соли ϵ -аминокапроновой кислоты представляют собой четвертичные аммониевые соединения, то для них характерны те же свойства, что и для антисептиков типа Катан (Россия), Sinesto-B (Финляндия) и др. [1]. Такие соли не только являются токсикантами по отношению к грибам, поражающим древесину, но и обладают способностью межфазного переноса [3]. Благодаря этому в многокомпонентных средствах химической защиты древесины они могут выполнять функцию агентов переноса других токсикантов через оболочку внутрь живых клеток грибов [4].

Кроме того, четвертичная соль ϵ -аминокапроновой кислоты может проявлять и свойства карбоновых кислот. Биологические свойства карбоновых кислот известны давно. На их основе в конце 80-х годов в нашей стране был разработан антисептик ЭОК, который нашел широкое применение в промышленности [2].

Токсичность фторсодержащих препаратов для окружающей среды и человека определяется общим содержанием фтора. Широко используемый кремнефторид аммония содержит 64,0 % фтора, фторид аммония – 51,3 %, фторид натрия – 42,2 %. В синтезированных солях ϵ -аминокапроновой кислоты в зависимости от условий проведения реакции фтор присутствует в количестве 12 ... 27 %, т.е. в 2–5 раз меньше. Однако наряду с фтором в молекулы продуктов синтеза ϵ -аминокапроновой кислоты входят четвертичная

и карбонильная группы, что обеспечивает высокий уровень его биологической активности по отношению к грибам, поражающим древесину.

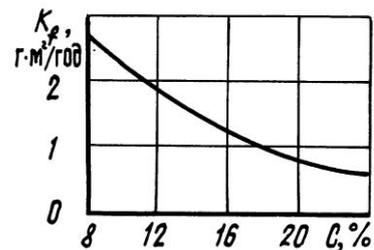
Перспективность исследуемого синтезированного фторсодержащего четвертичного аммониевого соединения определяется еще и тем, что в его молекуле карбонильная группа ($-\text{COOH}$) является химически активной и может взаимодействовать с катионактивными антисептиками (классификация по характеру действия на биологические объекты [4]) или такими ингредиентами, как соединения цинка, меди, ртути и т.п., а также аминосоединения. За счет включения этих веществ в рецептуру антисептиков можно обеспечить эффект синергизма и значительно сократить количество токсичных компонентов общего действия [4]. Такие соединения хорошо растворимы в воде, не имеют резкого запаха, что позволяет использовать их в качестве эффективных добавок в антисептические препараты для древесины.

Из-за сильной коррозионной активности кремнефтористоводородной кислоты при аппаратурном оформлении технологических производств используют оборудование из дорогостоящего нержавеющей материала ЭИ-943. В связи с этим в лабораторных условиях была исследована коррозионная активность продуктов синтеза ϵ -аминокапроновой кислоты. Экспериментальная зависимость коррозии стали Ст-3 в среде 22,5 %-й кремнефтористоводородной кислоты K_f от концентрации C продукта синтеза ϵ -аминокапроновой кислоты представлена на рисунке.

Из приведенного графика видно, что исследуемый продукт синтеза ϵ -аминокапроновой кислоты не только не корродирует сталь, но и ингибирует кислотную коррозию металлов. Поэтому в многокомпонентных средствах химической защиты древесины продукты синтеза ϵ -аминокапроновой кислоты могут выполнять функции ингибитора коррозии, т.е. при их получении и применении можно использовать технологическое оборудование из менее дорогостоящих материалов.

Фиксация антисептика в древесине важна для предотвращения его вымывания атмосферными осадками. Древесина обладает пористой структурой и хорошей адсорбционной способностью. С точки зрения эксплуатационной надежности антисептической обработки наиболее важно обеспечить прочную химическую адсорбцию биологически активных ингредиентов в поверхностной зоне древесины.

Известно, что химической адсорбционной способностью обладают соединения, имеющие «химическое сродство» с адсорбируемым веществом. Древесина в основном состоит из целлюлозы и других органических соединений, имеющих гидроксильные группы. Поэтому для обеспечения химической адсорбции антисептик должен взаимодействовать с гидроксильными



группами соединений, входящих в состав основных компонентов древесины.

К веществам с указанными свойствами относятся, прежде всего, органические кислоты или соединения, содержащие аминогруппы. Поэтому при использовании карбоновых кислот в рецептуре антисептиков в качестве активных ингредиентов возрастает вероятность их фиксации в древесине за счет взаимодействия с гидроксильными группами целлюлозы. Продукты синтеза ϵ -аминокапроновой кислоты имеют карбонильную группу ($-\text{COOH}$), что обеспечивает их химическую фиксацию на поверхности трахеид древесины. Такие соединения образуют устойчивый адсорбционный слой, обладающий биологической активностью.

Следовательно, продукт синтеза ϵ -аминокапроновой кислоты можно использовать в комбинированных антисептиках для древесины в качестве ингредиента многофункционального назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варфоломеев Ю.А., Лебедева Л.К., Зяблова Е.М. Эффективность защиты древесины антисептиками на основе соединений четвертичного аммония // Деревооб. пром-сть. – 1995. – № 1. – С. 19–20.

2. Галиахметов Р.Н., Варфоломеев Ю.А. Разработка новых экологически безвредных антисептиков для древесины // Башкирский химический журнал. – 2001. – Том 8. – № 1. – С. 66–67.

3. Галиахметов Р.Н., Варфоломеев Ю.А. Создание антисептиков для древесины с учетом механизма их действия на биологические объекты // Лесн. журн. – 2001. – № 2. – С. 54–60. – (Изв. высш. учеб. заведений).

4. Галиахметов Р.Н., Варфоломеев Ю.А. Теоретические основы составления рецептур антисептиков для древесины // Деревооб. пром-сть. – 2001. – № 3. – С. 22–24.

Башкирский научно-исследовательский
и проектный институт

Архангельский государственный
технический университет

Институт нефтехимии и катализа

Поступила 30.11.01

R.N. Galiakhmetov, Yu.A. Varfolomeev, F.F. Galiakhmetova

Evaluation of Operating Properties of Biologically Active Preparation

When performing experimental-and-theoretical evaluation of operational properties of ϵ -amonicapronic acid derivatives it was found out that high biological activity of preparations is ensured by complex action of fluorine, carbonyl and quaternary

ammonium group. Chemical adsorption of the products investigated in wood is revealed, as well as stopping power of acid corrosion of metals.



ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 661.728.82

М.М. Чемерис, Н.П. Мусько, В.В. Коньшин, В.Г. Шабалин

Чемерис Михаил Матвеевич родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Томский политехнический институт, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства пластмасс и эластомеров Алтайского государственного технического университета. Имеет около 80 научных публикаций в области химии древесины и ее основных компонентов.



Мусько Нина Павловна родилась в 1956 г., окончила в 1979 г. Алтайский государственный университет, научный сотрудник НИИ древесных термопластиков при Алтайском государственном техническом университете. Имеет около 30 научных трудов в области химии древесины и ее основных компонентов.



Коньшин Вадим Владимирович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Алтайский государственный университет, аспирант кафедры технологии производства пластмасс и эластомеров Алтайского государственного технического университета. Имеет 2 печатные работы в области ацилирования лигноцеллюлозных материалов.



Шабалин Владимир Григорьевич родился в 1974 г., окончил в 1997 г. Алтайский государственный университет, аспирант кафедры технологии переработки пластмасс и эластомеров Алтайского государственного технического университета. Имеет 10 публикаций в области химии древесины и ее основных компонентов.

**АЦИЛИРОВАНИЕ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕ-**

РИАЛОВ В СРЕДЕ ТРИФТОРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Путем обработки древесины лиственных и хвойных пород ацилирующей смесью, состоящей из уксусного ангидрида, алифатической карбоновой кислоты и трифторуксусной кислоты, получены ацилированные производные древесного комплекса.

ацилирование, трифторуксусная кислота, карбоновая кислота, древесина, растворимость.

Ранее было показано, что ацилирующий агент, состоящий из уксусного ангидрида, карбоновой кислоты и трифторуксусной кислоты, позволяет получать сложные смешанные эфиры целлюлозы, содержащие остатки уксусной и другой алифатической карбоновой кислоты с высокой степенью замещения по карбоновым кислотам и степенью полимеризации 300 ... 500. Установлено, что реакция ацилирования протекает через стадию образования активных ацилирующих агентов, ацетил- и ацилтрифторацетатов. При этом трифторацетилирования целлюлозы не происходит [2, 3].

Известно, что введение в молекулу целлюлозы двух различных ацильных групп, одна из которых ацетильная, приводит к повышению растворимости и эластичности полимеров по сравнению с ацетатами целлюлозы, так как появляется эффект внутренней пластификации материала за счет присутствия более длинных боковых цепей [1]. Очевидно, что для придания аналогичных свойств продуктам ацилирования древесины, они также должны, кроме ацетильных, содержать ацильные группы карбоновых кислот.

Представлялось интересным использовать условия получения смешанных эфиров целлюлозы для одновременного введения различных ацильных групп в древесину с целью придания ей термопластичных свойств, а также показать влияние состава ацилирующей смеси, природы лигноцеллюлозных материалов (ЛЦМ) и параметров процесса на протекание реакции и свойства получаемых продуктов.

В опытах использовали воздушно-сухую измельченную древесину лиственных и хвойных пород (фракция 0,40 ... 0,75 мм). Ацилирование проводили реакционной смесью, содержащей эквимолярные количества уксусного ангидрида и карбоновой кислоты в среде трифторуксусной кислоты (ТФУК). Уксусный ангидрид брали из расчета 2,15 м.ч. на 1,00 м.ч. ЛЦМ. Опилки помещали в круглодонную колбу, заливали ацилирующей смесью и выдерживали в термостате при перемешивании необходимое время. По окончании реакции продукт осаждали водой и высушивали. Содержание связанных карбоновых кислот в продуктах модификации древесины определяли газохроматографическим методом.

Как было показано ранее [4], физико-химические свойства плитных материалов, в которых в качестве связующих веществ использовали ацилированную древесину, находятся в достаточно четкой корреляции с раство-

римостью последней в органических растворителях. Ацилированная древесина приобретает растворимость вследствие разрушения надмолекулярной структуры древесного комплекса при замене атомов водорода гидроксильных групп на ацильные остатки карбоновых кислот.

Растворимость ацилированной древесины исследовали следующим образом: 0,5 г продукта заливали 75 мл растворителя (обычно используемого для изучения растворимости сложных эфиров целлюлозы), 1,5 ч встряхивали, 0,5 ч отстаивали и фильтровали на фильтре Шотта (пор. 100). Фильтр доводили до постоянной массы и взвешивали. Растворимость (в процентах) определяли по формуле

$$X = \frac{m - (m_1 - m_2)}{m} 100,$$

где m – масса навески ацилированной древесины;

m_1 – масса фильтра с остатком после растворения;

m_2 – масса пустого фильтра.

Проведенные исследования свидетельствуют о зависимости выхода и свойств продуктов реакции этерификации древесины от природы кислоты, входящей в состав реакционной смеси (табл. 1).

Как видно из табл. 1, количество ацетилирующихся и ацилирующихся гидроксильных групп древесины в приведенных условиях возрастает при использовании в реакционной смеси карбоновой кислоты с более длинным алкильным радикалом.

В табл. 2 представлены результаты исследования влияния природы используемых лигноцеллюлозных материалов на процесс ацилирования.

Обращает на себя внимание, что выход модифицированной хвойной древесины выше, чем лиственной, однако растворимость ее меньше, чем у модифицированной древесины лиственных пород. Это можно объяснить

Таблица 1

Результаты ацилирования древесины осины смесью, содержащей уксусный ангидрид, карбоновую кислоту и трифторуксусную кислоту*

Карбоновая кислота	Прирост массы ацилированной древесины, %	Растворимость в ацетоне, %	Содержание связанных кислот, %		Количество ОН-групп, % прореагировавших с кислотой		Суммарное
			уксусной	карбоновой	уксусной	карбоновой	
Пропионовая	44,0	90,7	34,9	23,1	17,1	9,1	26,2
Масляная	48,0	90,7	33,0	28,0	17,1	9,8	26,9
Валериановая	60,5	90,8	32,2	31,9	17,9	10,4	28,3
Капроновая	68,0	90,7	31,1	36,8	18,8	11,5	30,3

* Продолжительность реакции 3 ч; температура 70 °С; на 1,00 м.ч. древесины приходится 11, 25 м.ч. ТФУК; количество гидроксильных групп, вступивших в реакцию ацетилирования и ацилирования, рассчитано по содержанию связанных карбоновых кислот.

Таблица 2

Зависимость выхода и растворимости продуктов реакции от природы ЛЦМ*

Порода древесины	Прирост массы ацилированной древесины, %	Растворимость в ацетоне, %
Тополь	65,0	88,5
Береза	62,0	89,0
Осина	60,5	90,8
Сосна	69,0	43,8
Пихта	69,0	43,8

* Время реакции 3 ч; температура 70 °С; состав ацилирующей смеси на 1,00 м.ч. ЛЦМ: 11,25 м.ч. ТФУК, 1,95 м.ч. валериановой кислоты, 2,15 м.ч. уксусного ангидрида.

тем, что лигнин хвойных пород изначально более конденсирован по сравнению с лигнином лиственной древесины.

Независимо от породы древесины увеличение продолжительности ацилирования, температуры реакции и количества ТФУК в реакционной смеси приводит к продуктам, обладающим лучшей растворимостью (табл. 3).

Для получения ацилированной древесины, растворимой в органических растворителях, наряду с введением в ее состав ацильных остатков необходимо разрушить надмолекулярную структуру древесного комплекса. Это наглядно можно проследить по данным, представленным в табл. 3 (опыты 6, 7). Как видно, содержание связанных кислот в образцах достаточно высокое и остается практически без изменения при увеличении содержания ТФУК с 7,50 до 11,25 м.ч. При этом растворимость повышается на 30 %. Кроме того, увеличение температуры реакции до 90 °С и продолжительности взаимодействия древесины с этерифицирующей смесью до 3 ... 5 ч не приводит к получению продуктов с высокой растворимостью при низком содержании ТФУК в реакционной смеси. При недостатке растворителя в смеси морфологическая структура древесного комплекса не разрушается, реакция протекает гетерогенно и образующиеся продукты имеют низкую растворимость в органических растворителях.

Интересен факт снижения выхода продукта реакции, а также количества прореагировавших гидроксильных групп при достижении определенного предела основных параметров реакции (количество растворителя, температура, продолжительность реакции). Это объясняется поведением в процессе реакции гемицеллюлоз, являющихся одним из основных компонентов древесины. Гемицеллюлозы в отличие от целлюлозы лабильны в кислых средах и подвергаются деструкции вследствие гидролиза и ацидолиза. При высаживании продуктов модификации древесины в воду ацилированные гемицеллюлозы остаются в растворе и теряются.

Таблица 3

Результаты этерификации древесины осины (опыты 1–23) и сосны (24–35)*

Поряд- ковый номер опыта	Содер- жание ТФУК, м.ч./ 1м.ч. ЛЦМ	Темпе- ратура реак- ции, °С	Продол- житель- ность реакции, ч	При- рост массы, %	Раство- римость в ацето- не, %	Содержание связанных кислот, %		Количество ОН-групп, прореагировавших с кислотой		сум- марное
						уксус- ной	карбо- новой	уксус- ной	карбо- новой	
1	3,75	50	3,00	31,7	6,8	21,1	13,6	8,1	3,1	11,2
2	7,50	50	3,00	44,2	10,7	28,3	23,6	13,2	6,4	19,6
3	11,25	50	3,00	72,9	32,7	27,5	27,8	13,5	8,0	21,5
4	15,00	50	3,00	67,6	38,0	25,2	23,2	11,7	7,1	18,8
5	3,75	70	3,00	34,0	10,0	27,7	17,2	11,8	4,9	16,7
6	7,50	70	3,00	62,8	62,0	33,4	28,7	17,6	8,9	26,5
7	11,25	70	3,00	60,5	90,8	32,2	31,9	17,9	10,4	28,3
8	15,00	70	3,00	59,5	93,7	28,0	36,2	15,8	12,0	27,8
9	3,75	90	3,00	56,0	58,2	33,3	22,4	16,2	6,4	22,6
10	7,50	90	3,00	50,0	92,8	28,4	31,5	14,9	9,7	24,6
11	11,25	50	1,00	57,3	12,5	25,2	26,2	11,8	7,2	19,0
12	11,25	50	3,00	72,9	32,7	27,5	27,8	13,5	8,0	21,5
13	11,25	50	5,00	68,5	39,6	26,9	29,5	13,4	8,7	22,1
14	11,25	50	7,00	66,9	53,9	26,8	29,5	13,3	8,7	22,0
15	11,25	70	0,50	55,4	31,8	31,7	32,4	17,1	9,8	26,9
16	11,25	70	1,00	70,5	66,8	32,2	32,1	18,0	10,7	28,7
17	11,25	70	2,00	59,0	88,3	31,9	31,9	17,8	10,5	28,3
18	11,25	70	3,00	60,5	90,8	32,2	31,9	17,9	10,4	28,3
19	11,25	70	5,00	59,8	93,9	31,7	33,5	17,9	11,1	29,0
20	11,25	90	0,25	59,5	90,0	26,3	32,1	13,5	9,7	23,2
21	11,25	90	0,50	64,0	92,1	27,8	32,0	14,6	9,9	24,5
22	11,25	90	1,00	62,5	92,7	27,8	33,4	14,9	10,5	25,4
23	11,25	90	2,00	48,5	93,6	26,7	34,7	14,0	10,7	24,7
24	3,75	90	0,50	58,5	16,0	28,0	19,8	13,0	5,2	18,2
25	3,75	90	1,00	68,4	23,6	30,5	26,6	15,3	7,9	23,2
26	3,75	90	2,00	67,5	40,0	29,4	24,7	14,1	7,1	21,1
27	11,25	90	0,25	69,0	38,5	26,7	30,8	13,5	9,2	22,7
28	11,25	90	0,50	72,0	61,0	27,0	31,5	13,8	9,6	23,4
29	11,25	90	1,00	75,0	62,0	26,5	32,2	13,7	9,8	23,5
30	11,25	90	2,00	66,5	69,0	26,6	31,9	13,7	9,7	23,4
31	11,25	90	3,00	66,0	70,8	25,7	31,7	13,0	9,5	22,5
32	15,00	90	0,25	76,0	53,0	26,0	34,4	13,8	10,7	24,5
33	15,00	90	0,50	72,5	58,0	25,8	34,3	13,6	10,7	24,3
34	15,00	90	1,00	70,5	68,2	23,8	34,2	12,3	10,4	22,7

* Состав реакционной смеси на 1 м. ч. древесины: 2,15 м. ч. уксусного ангидрида, 1,95 м. ч. валериановой кислоты.

Это наглядно видно при сравнении результатов ацилирования древесины осины и сосны (табл. 3). Ацилирование сосны, имеющей меньшее содержание гемицеллюлоз по сравнению с осиной, при прочих равных условиях всегда дает больший выход продуктов реакции.

Таблица 4

Результаты ацетилирования предгидролизованной древесины осины

Содержание ТФУК, м.ч./1м.ч. ЛЦМ	Температура, °С	Продолжительность реакции, ч	Прирост массы, %	Растворимость в смеси хлороформ-спирт (9:1), %
11,25	60	3	54,0	91,5
11,25	70	3	57,0	92,6
11,25	70	2	55,0	92,3
11,25	70	1	53,0	89,5
7,50	70	3	50,0	90,7
15,00	70	3	58,0	93,3

Результаты, полученные для древесины осины, из которой предгидролизом были удалены гемицеллюлозы, подтверждают сделанный вывод. Из представленных в табл. 4 данных видно, что при ацетилировании предгидролизованной древесины экстремального изменения выхода продуктов реакции не наблюдается.

Таким образом, ацилирующая смесь, состоящая из уксусного ангидрида и карбоновой кислоты в среде ТФУК, применима для одновременного введения различных ацильных групп в древесину. Показана возможность получения продуктов ацилирования древесины с высоким содержанием связанных кислот, растворимых в органических растворителях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Роговин З.А.* Химия целлюлозы. – М.: Химия, 1972. – 520 с.
2. *Салин Б.Н., Чемерис М.М., Маликова О.Л.* Трифторуксусная кислота как растворитель для синтеза сложных эфиров целлюлозы. 3. Синтез смешанных сложных эфиров целлюлозы // Химия древесины. – 1991. – № 4. – С. 20–21.
3. Синтез и исследование смешанных эфиров целлюлозы с высшими карбоновыми кислотами в среде трифторуксусной кислоты / В.В. Коньшин, М.М. Чемерис, Н.П. Мусько и др. // Лесн. журн. – 2000. – № 5-6. – С. 165–171. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Чемерис М.М., Салин Б.Н., Мусько Н.П.* Композиционные строительные материалы на основе термопластичных полимерных связующих веществ. 1. Композиционный материал с древесным наполнителем // Строительство. – 1994. – № 12. – С. 80–82. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Алтайский государственный
технический университет
Поступила 17.05.01

M.M. Chemeris, N.P. Musko, V.V. Konshin, V.G. Shabalin

Acidation of Lignocellulose Materials in Trifluoroacetic Acid Medium

The acidated derivatives of wood complex are obtained by treating softwood and hardwood with acidation mixture consisting of acetyloxide, aliphatic carboxylic acid and trifluoroacetic acid.

УДК 676.1.022

В.И. Комаров, Г.Ф. Прокшин, И.Б. Филиппов

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



Прокшин Геннадий Федорович родился в 1931 г., окончил в 1955 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института экологических проблем Севера УрО РАН. Имеет более 180 научных трудов в области теоретических основ совершенствования производства целлюлозы с минимальной сорностью из щепы и опилок различного породного и фракционного состава.



Филиппов Илья Борисович родился в 1969 г., окончил в 1992 г. Архангельский лесотехнический институт, ст. преподаватель кафедры технологии целлюлозно-бумажного производства Архангельского государственного технического университета. Имеет более 20 научных трудов в области деформативности и прочности целлюлозно-бумажных материалов.



ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВАРКИ НА ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ КРАФТ-ЭТАНОЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ*

Установлено, что добавка этилового спирта к белому щелоку позволяет сократить продолжительность варочного процесса на 30 ... 35 % и углубить степень делигнификации до 20 ед. Каппа, а в случае варки при температуре 150 °С не только сохранить на прежнем уровне, но и увеличить выход полуфабриката на 4,5 % (до 56,5 %) по сравнению с традиционной сульфатной целлюлозой. Показано, что крафт-этанольные виды целлюлозы при исследованных степенях помола массы обладают более высокими бумагообразующими свойствами, чем обычная хвойная сульфатная целлюлоза.

целлюлоза крафт-этанольной варки, деформативность, прочность.

* Работа выполнена по гранту Министерства образования РФ.

На сегодняшний день основным полуфабрикатом, используемым для выработки массовых видов бумаги и картона, остается сульфатная целлюлоза. Наряду с неоспоримыми преимуществами этот вид целлюлозы имеет и существенные недостатки, в частности:

- 1) меньший выход из древесины по сравнению с сульфитной целлюлозой;
- 2) высокую стоимость варочных реагентов;
- 3) низкую белизну в небеленом виде;
- 4) затруднения при отбелке;
- 5) образование большого количества дурно пахнущих газов в процессе варки и переработки отработанных щелоков.

Эти и некоторые другие недостатки являются причиной того, что в течение последних десятилетий ведутся интенсивные поиски альтернативы сульфатной целлюлозе. Можно выделить, по крайней мере, три направления этих поисков: во-первых, совершенствование кислотных способов варки и методов переработки и регенерации отработанных сульфитных щелоков; во-вторых, разработка и внедрение ступенчатых способов получения целлюлозы; в-третьих, разработка и доведение до промышленного использования методов варки в органических растворителях. Все три направления развиваются параллельно, и выделить какое-либо из них как приоритетное достаточно сложно. Однако, на наш взгляд, наиболее интересным и технологичным является последнее.

Вопрос о технологии получения органосольвентных видов целлюлозы сам по себе не нов. Так, впервые спирты в качестве варочного реагента для получения технической целлюлозы были использованы Кляйнертом и сотрудниками еще в 1932 г. Достаточно детальное изучение возможности применения органических растворителей в варочном процессе провели Ароновский и Гортнер в 1936 г. В докладе Г. Далмана на конференции ПАП-ФОР 92 представлен перечень различных органических растворителей в сочетании с другими веществами, которые в настоящее время используются в лабораторных условиях для удаления лигнина из древесины (отмечено 17 вариантов).

До стадии полупромышленных и промышленных испытаний доведены только три технологии: Алцелл, АСАМ, Органоселл. Разработка других технологий и доведение до промышленного использования сдерживается стоимостью химикатов, жесткими условиями варки (температура и давление), требующими специального и сложного оборудования для проведения процесса.

На кафедре технологии ЦБП Архангельского государственного технического университета (ранее АЛТИ) в середине 70-х начале 80-х годов проводились работы по органосольвентным варкам [1, 3].

Многие способы варки древесины с органическими растворителями, как правило, проводятся при температурах 180 ... 220 °С. Для снижения температуры и давления в качестве катализаторов применяют минеральные кислоты или в варочный аппарат вводят кислород.

Из публикаций последних лет особый интерес представляют работы [4, 5], посвященные методам варки древесины в белом щелоке с добавкой этилового или метилового спирта (крафт-этанольная и крафт-метанольная варки). Их авторы утверждают, что применение этанола предпочтительнее, чем использование более дешевого метилового спирта, так как первый менее токсичен. Кроме того, этанол может быть регенерирован на 95 %. Показано, что при мольной доле этанола порядка 0,2 ... 0,3, общей щелочности белого щелока 20 ... 30 %, расходе активной щелочи 18 % и температуре 170 °С можно сократить продолжительность варки на 20 ... 30 % и углубить делигнификацию до 20 ед. Каппа при сохранении выхода и физико-механических свойств целлюлозы. Немаловажным, на наш взгляд, фактором является и то, что в условиях целлюлозно-бумажных комбинатов, например Котласского ЦБК, этанол может быть получен на собственной аппаратной и технологической базе, что является дополнительным аргументом в пользу его выбора. К преимуществам крафт-этанольной варки, по сравнению с другими способами получения органосольвентных видов целлюлозы, можно отнести то, что этот процесс не требует применения специального оборудования, дорогостоящих химикатов и катализаторов и протекает при относительно низкой температуре (170 °С).

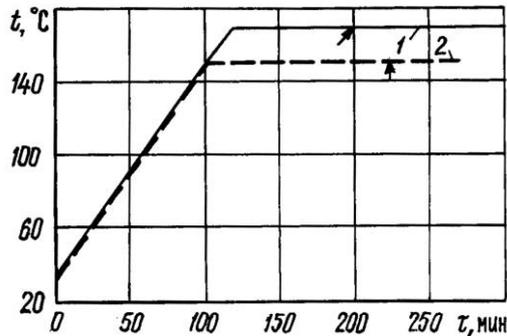
Проведенный нами анализ отечественных и зарубежных литературных источников позволяет утверждать, что работы по созданию новых способов варки и исследованию их химизма ведутся достаточно активно, но в совершенно недостаточном объеме исследованы бумагообразующие свойства получаемой с помощью органических растворителей целлюлозы.

Правильным считается судить о бумагообразующих свойствах полуфабрикатов (применительно к вырабатываемой бумажной продукции) по их поведению в условиях реального использования, а не по условным свойствам, которые могут резко отличаться от фактических. Например, свойства целлюлозы, размолотой стандартным способом до 60 °ШР, не могут характеризовать целлюлозу, используемую в композиции картона (степень помола 20 ... 30 °ШР) или конденсаторной бумаги (96 ... 97 °ШР).

При оценке качества целлюлозно-бумажных материалов важным эквивалентным испытанием является испытание на растяжение. Показатели деформативности – важнейшая часть комплекса бумагообразующих свойств целлюлозных полуфабрикатов. Определение характеристик, оценивающих деформативность, позволяет, во-первых, обеспечить лучшее понимание чрезвычайно сложной структуры; во-вторых, оценить влияние изменяющихся параметров технологических процессов производства; в-третьих, прогнозировать качество.

В связи с вышеизложенным задача настоящей работы – исследовать фундаментальные свойства волокна, прочностные и деформационные характеристики крафт-этанольной целлюлозы, полученной по различным температурным режимам.

Рис. 1. Температурные графики крафт-этанольных варок: 1 – температура конечной стоянки 170 °С, 2 – 150 °С (стрелками обозначена оптимальная продолжительность варок)

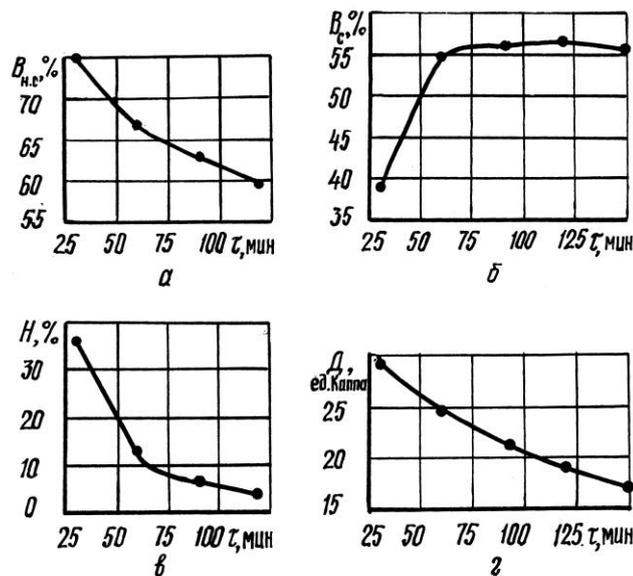


Для решения поставленной задачи были проведены варки хвойной щепы при температуре конечной стоянки 170 и 150 °С. Графики варок представлены на рис. 1. В каждом из случаев было реализовано по две серии варок: первая – для изучения кинетики варки и определения оптимальной продолжительности процесса, вторая – для получения достаточного (для изготовления образцов и проведения физико-механических испытаний) количества целлюлозы, сваренной по оптимальному режиму.

Мольная доля этилового спирта в этих варках равна 0,3, расход активной щелочи на варку – 8,5 %. Кинетика варки при температуре конечной стоянки 170 °С была рассмотрена в работе [2]. В качестве оптимальной была выбрана продолжительность варки 200 мин, составляющая 60 ... 65 % от продолжительности обычной сульфатной варки. При такой продолжительности процесса выход сортированной целлюлозы из древесины составил 47 %, степень делигнификации – 20 ед. Каппа.

Динамика параметров, характеризующих процесс варки с этиловым спиртом при температуре 150 °С, представлена на рис. 2.

Рис. 2. Влияние продолжительности стоянки на конечной температуре варки τ на выход несортированной $V_{н.с}$ (а), сортированной V_c (б) целлюлозы, непровар H (в) и степень делигнификации D (г)



Из рис. 2 следует, что выход несортированного полуфабриката (*a*) и доля непровара (*в*) с увеличением продолжительности конечной стоянки убывают. Выход сортированной целлюлозы (*б*) возрастает в течение первого часа стоянки. Дальнейшее увеличение продолжительности варки не приводит к изменению выхода сортированного полуфабриката. Углубление степени делигнификации и снижение доли непровара свидетельствует о том, что уже после 1 ч стоянки варка в целом завершена, а варочный процесс направлен, главным образом, на снижение доли непровара.

В качестве критерия для определения оптимальной продолжительности варки была выбрана степень делигнификации 20 ед. Каппа. Такой выбор обусловлен необходимостью обеспечить сравнимость результатов определения прочностных и деформационных характеристик образцов крафт-этанольной целлюлозы, сваренной по различным температурным графикам (конечная стоянка при 150 и 170 °С).

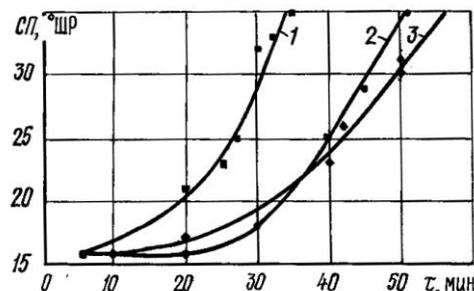
В процессе варки при 150 °С заданная степень делигнификации была достигнута через 2 ч после выхода на конечную температуру варки. Выход сортированной целлюлозы при этом 56,5 %, доля непровара 3 % (ранее при той же степени делигнификации выход составлял 47,0 %). Общая продолжительность варки 3,5 ч, что составляет 60 ... 70 % от продолжительности обычной сульфатной варки, но в то же время на 40 минут больше, чем при выработке крафт-этанольной целлюлозы при температуре 170 °С.

При исследовании свойств деформативности и прочности крафт-этанольной целлюлозы в качестве образцов сравнения была использована товарная небеленая сульфатная целлюлоза из хвойных пород древесины.

На рис. 3 представлены графики размол крафт-этанольной целлюлозы, сваренной при различной температуре конечной стоянки (К-Э 150 и К-Э 170) и товарной сульфатной небеленой целлюлозы (СФА) того же целевого назначения, что и исследуемый полуфабрикат.

Как видно из рис. 3, крафт-этанольная целлюлоза, полученная при большей температуре, отличаясь от остальных полуфабрикатов наименьшим выходом, обладает наиболее высокой способностью к размолу. Обращает на себя внимание тот факт, что размол полуфабриката, сваренного при 150 °С, в начальный период идет с наименьшей скоростью; при степени помола (СП) порядка 22 °ШР процесс ускоряется, и заданных степеней

Рис. 3. Способность к размолу крафт-этанольной (1, 2) и сульфатной целлюлозы (3): 1 – температура 170 °С, 2 – 150 °С



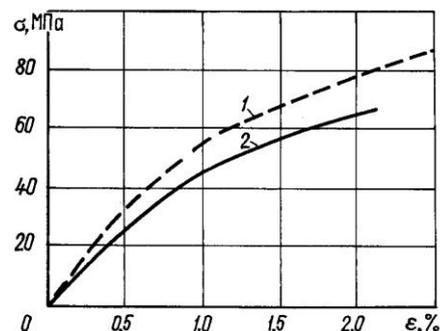
**Фундаментальные, деформационные и прочностные свойства
исследуемых полуфабрикатов**

Характеристики	Значения характеристик полуфабрикатов со степенью помола					
	25 °ШР			35 °ШР		
	К-Э 150	К-Э 170	СФА	К-Э 150	К-Э 170	СФА
Фундаментальные						
$F_{св}$, МПа	2,38	2,45	2,16	2,91	2,60	2,59
SV , МПа	4,91	4,86	4,15	5,63	5,11	4,95
V , см ³ /г	1,36	1,28	1,26	1,24	1,29	1,25
L_0 , м	13 300	8 270	8 340	14 300	8 840	9 110
Деформационные						
E_1 , МПа	5 470	5 300	4 940	6 510	5 360	5 020
E_3 , МПа	3 260	2 800	2 620	3 620	2 910	2 690
E_n , МПа	2 600	1 980	1 800	2 710	2 100	1 920
E_B , МПа	1 670	1 330	1 190	1 700	1 340	1 240
E_2 , МПа	1 540	1 210	1 080	1 610	1 260	1 150
σ_1 , МПа	25,6	30,4	22,0	29,1	29,4	30,5
σ_3 , МПа	41,1	41,8	39,1	52,6	42,3	41,0
σ_n , МПа	47,3	49,4	45,8	62,0	49,0	47,7
σ_B , МПа	60,1	67,5	62,2	84,8	66,0	65,3
σ_p , МПа	65,4	74,5	68,4	92,8	75,2	72,6
ε_1 , %	0,48	0,60	0,45	0,46	0,57	0,64
ε_3 , %	0,87	0,93	0,93	0,95	0,92	0,95
ε_n , %	1,08	1,26	1,24	1,25	1,19	1,25
ε_B , %	1,71	2,45	2,48	2,38	2,28	2,50
ε_p , %	2,04	3,01	3,03	2,87	3,00	3,11
Прочностные						
L , м	8 860	9 550	8 590	11 530	9 670	9 070
P , Н	95,9	110,0	97,7	127,7	101,8	103,4

помола (25 и 35 °ШР) исследуемый полуфабрикат достигает быстрее, чем сульфатная целлюлоза. При этом необходимо отметить, что выход целлюлозы К-Э 150 выше, чем сульфатной (у последней выход 52 %). Более высокая способность к размолу у крафт-этанольных видов целлюлозы обусловлена меньшим содержанием в волокне остаточного лигнина.

В таблице представлены результаты определения фундаментальных и физико-механических характеристик исследуемых полуфабрикатов. Из данных, характеризующих динамику свойств исследуемого полуфабриката К-Э 150 при размоле, следует, что этот процесс приводит к уплотнению его структуры, росту когезионной способности волокон и снижению их средней длины. Некоторый прирост собственной прочности волокна обусловлен тем, что при испытаниях была использована разрывная машина, не оснащенная специальными захватами для определения прочности при нулевом расстоянии между зажимами. В силу этого на результаты оказывала влияние не только собственная прочность волокон, но и их когезионная способность. Последняя у образцов со степенью помола 35 °ШР значительно

Рис. 4. Интегральные зависимости σ – ϵ для образцов крафт-этанольной целлюлозы К-Э 150 со степенью помола 25 (1) и 35 °ШР (2)



выше. Однако то обстоятельство, что прирост когезионной способности составил 13 %, а нулевой разрывной длины лишь 6 %, позволяет утверждать, что собственная прочность волокна в процессе размола изменяется незначительно. Изменения в структуре образцов крафт-этанольной целлюлозы вполне закономерно привели к повышению прочности и жесткости (рис. 4) при растяжении, а также к увеличению составляющих деформации на всех этапах нагружения.

При размоле целлюлозы, полученной при температуре конечной стоянки 170 °С, были обнаружены несколько иные тенденции. В частности, увеличение степени помола с 25 до 35 °ШР не привело к значительному изменению пухлости образцов, хотя когезионная способность и длина волокна изменились значительно. Тем не менее, рост когезионной способности в этом случае не вызвал адекватного увеличения прочности и жесткости при растяжении. Из данных таблицы видно, что показатели, характеризующие указанные свойства, имеют лишь тенденцию к росту, но разница их величин находится в пределах погрешности определения.

Различная динамика свойств целлюлозы, сваренной по двум температурным режимам, вероятно, обусловлена более высокой склонностью к размолу полуфабриката, полученного в более жестких условиях варки. По-видимому, целлюлоза, сваренная при 170 °С, уже при степени помола порядка 35 °ШР имеет максимальные показатели жесткости и прочности при растяжении. Однако однозначно это утверждать нельзя, так как изучение свойств образцов с более высокими степенями помола в задачи исследования не входило.

Практический интерес представляет сравнение свойств крафт-этанольной целлюлозы, сваренной по разным температурным режимам. Из данных таблицы и рис. 5, а следует, что при степени помола 25 °ШР целлюлоза, полученная при температуре конечной стоянки 150 °С, отличается более высокими когезионной способностью и прочностью волокон, а также большей пухлостью. Повышенная пухлость обусловила то, что эти образцы имеют практически одинаковую с К-Э 170 жесткость, в их структуре при нагружении возникают меньшие по величине напряжения, а разрушение происходит при меньшей деформации. Прочности исследуемых образцов из

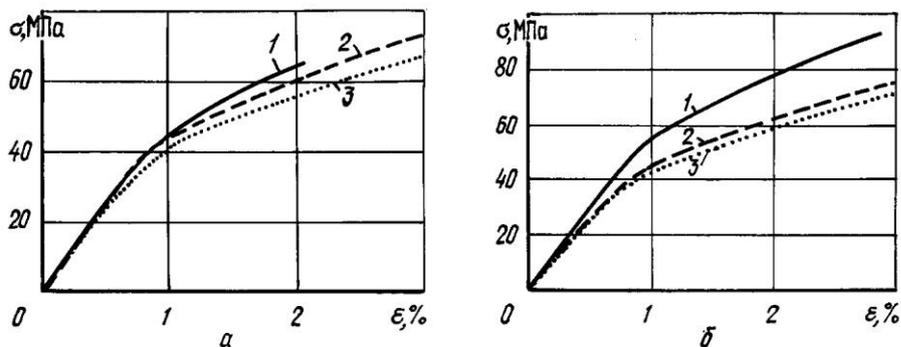


Рис. 5. Интегральные зависимости σ – ε для образцов крафт-этанольной (1, 2) и сульфатной целлюлозы промышленной выработки (3) со степенью помола 25 (а) и 35 °ШР (б): 1 – температура 150 °С, 2 – 170 °С

крафт-этанольной целлюлозы (как и жесткость) оказались практически равными.

Сравнивая свойства исследуемого полуфабриката и традиционной сульфатной целлюлозы, необходимо отметить, что К-Э 150, отличаясь большей когезией, пухлостью и прочностью волокна, обладает более высокой жесткостью на всех этапах нагружения, но разрушается при меньшей деформации и практически при той же величине нагрузки, что и образцы сульфатной целлюлозы.

Таким образом, при степени помола 25 °ШР основное отличие в механическом поведении исследуемых материалов заключается, главным образом, в характере деформирования при приложении растягивающей нагрузки, прочность же их оказалась весьма близка.

В плане восприятия внешних нагрузок, величина которых не превышает разрушающей, наиболее предпочтительна при данной степени помола целлюлоза К-Э 170.

При степени помола 35 °ШР были обнаружены принципиально иные зависимости. Как отмечалось выше, К-Э 150 отличается меньшей способностью к размолу по сравнению с К-Э 170. Это обстоятельство, вероятно, обусловлено тем, что волокна целлюлозы К-Э 150 изначально имеют более высокую прочность. Следовательно, можно предположить, что в процессе размола они должны быть более склонны к фибриллированию, а не к укорочению. В пользу этого свидетельствует тот факт, что если при степени помола 25 °ШР образцы целлюлозы К-Э 150 и К-Э 170 обладали близкой когезионной способностью и средней длиной волокна, то при степени помола 35 °ШР образцы К-Э 150 отличались большей величиной этих характеристик, а пухлость их была ниже. В связи с этим закономерно, что этот вид крафт-этанольной целлюлозы обладает большей прочностью и жесткостью при растяжении.

Сравнение свойств сульфатной целлюлозы заводского изготовления и крафт-этанольной целлюлозы со степенью помола 35 °ШР показало, что сульфатная целлюлоза обладает худшим комплексом прочностных и деформационных показателей. При данной степени помола лучшими бумагообразующими свойствами отличается крафт-этанольная целлюлоза, полученная при температуре конечной стоянки 150 °С.

На основании изложенных выше данных можно сделать следующие выводы.

1. Добавка этилового спирта к белому щелоку позволяет сократить продолжительность варочного процесса на 30 ... 35 % по сравнению с сульфатной варкой и углубить степень делигнификации до 20 ед. Каппа, а в случае варки со стоянкой при 150 °С не только сохранить на прежнем уровне, но и увеличить выход полуфабриката на 4,5 % (до 56,5 %).

2. Крафт-этанольная целлюлоза, сваренная в более жестких условиях (температура стоянки 170 °С), отличается наиболее высокой способностью к размолу.

3. Крафт-этанольные виды целлюлозы имеют различную динамику свойств деформативности и прочности в процессе размола.

4. При степени помола 25 °ШР исследуемые виды целлюлозы обладают близкими показателями прочностных свойств, но отличаются характером деформирования в процессе приложения нагрузки. Лучшим комплексом физико-механических характеристик при данной степени помола обладает крафт-этанольная целлюлоза, полученная при температуре конечной стоянки 170 °С.

5. При степени помола 35 °ШР наиболее высокой жесткостью и прочностью при растяжении отличается целлюлоза, сваренная при температуре 150 °С, что обусловлено более высокой склонностью ее волокон к фибриллированию при размоле.

6. Крафт-этанольные виды целлюлозы при исследованных степенях помола обладают более высокими бумагообразующими свойствами по сравнению с традиционной небеленой хвойной сульфатной целлюлозой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изучение основных закономерностей процесса делигнификации еловой древесины спиртовыми и водно-спиртовыми растворами SO₂ / Г.В. Комарова, Л.А. Миловидова, Г.Ф. Прокшин, В.И. Комаров // Химическая и механическая переработка древесины и древесных отходов: Межвуз. сб. науч. тр., – Л.: РИО ЛТА, 1981. – Вып. 7. – С. 41–46.

2. Комаров В.И., Прокшин Г.Ф., Филиппов И.Б. Деформативность крафт-этанольной целлюлозы // Лесной вестник. – 2000. – № 1 – С. 92–97.

3. Прокшин Г.Ф., Комаров В.И., Комарова Г.В. Бумагообразующие свойства целлюлозы, полученной водно-спиртовой сульфитной варкой // Химия и технология целлюлозы: Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: РИО ЛТА, 1978. – Вып. 5. – С. 60–65.

4. Song-Hoon Yoon, Peter Labosky jr., and Paul R. Blankenhorn Ethanol-kraft pulping and papermaking properties of aspen and spruce // TAPPI J. – 1997. – Vol. 80, N 1. – P. 203.

5. Song-Hoon Yoon, Peter Labosky jr., and Paul R. Blankenhorn Ethanol-kraft pulping and papermaking properties of aspen and spruce. Part II: Delignification kinetics, activation thermodynamics, and pulping productivity // TAPPI J. – 1998. – Vol. 81, N 4. – P. 145.

Архангельский государственный
технический университет

Институт экологических проблем
Севера УрО РАН

Поступила 30.01.01

V.I. Komarov, G.F. Prokshin, I.B. Philippov

Influence of Cooking Conditions on Stress-strain Behavior and Strength of Kraft-ethanol Pulp

It is found out that addition of ethyl alcohol to white liquor allows reducing the cooking process period on 30-35% and enhance the degree of delignification up to 20 Kappa number. If cooking is carried out at the temperature of 150° not only the former level is preserved but also the yield of half-finished product is increased on 4.5% (up to 56.5%) in comparison with traditional sulfate pulp. Kraft-ethanol types of pulp when analyzing degrees of mass grading possess higher paper-forming properties then usual softwood sulfate pulp.

**МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ*****А.А. Ефремов, О.М. Соколов, Ю.А. Варфоломеев***

Ефремов Анатолий Антонович родился в 1952 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, глава администрации Архангельской области, почетный доктор Архангельского государственного технического университета, академик Академии проблем качества РФ, МАМР, МАЭФП, РАИН. Имеет около 100 печатных трудов в области экономики и социальной политики, минеральных ресурсов и транспортных перевозок в северном регионе.



Соколов Олег Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Ленинградский технологический институт ЦБП, доктор химических наук, профессор, ректор, заведующий кафедрой биотехнологии Архангельского государственного технического университета, академик Международной академии наук, РИА, РАЕН, Академии проблем качества РФ, член корреспондент МИА. Имеет более 170 печатных трудов в области исследования процессов сульфатной варки, изучения свойств и применения технических лигнинов.



Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерных конструкций и архитектуры Архангельского государственного технического университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет около 300 научных трудов в области обеспечения долговечности древесины в строительстве экологически безопасными методами.

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ
В СТУДЕНЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТРЯДАХ
(на примере Архангельской области)**

Изложена методика работы по возрождению движения ССО, основанная на принципах преемственности поколений. Описаны мероприятия по корректировке учебного процесса. Рассмотрены социально-экономические аспекты деятельности ССО.

производственная практика, корректировка учебных планов, студенческие строительные отряды, ветераны, опыт, возрождение, трудовая занятость, развитие малонаселенных и труднодоступных местностей.

Реформирование социально-экономической и политической системы в России привело к разрушению существовавшей в нашей стране до начала 90-х годов государственной системы занятости молодежи. Учебные заведения стали испытывать сложности с организацией учебно-производственных практик. Ранее доминирующую функцию в этой работе

выполняла хорошо организованная и скоординированная сеть летних студенческих трудовых отрядов: строительных, реставрационных, сельскохозяйственных, педагогических и др. Отличная производственная практика в студотрядах дополняла образовательный процесс в учебных заведениях, оказывала огромное влияние на формирование личности. Студенты получали опыт самостоятельной жизни, работы в коллективе, навыки в руководстве. В те годы трудовые отряды являлись наиболее действенной формой студенческих инициатив, лучшей школой самоуправления, которую прошли многие нынешние руководители.

История молодежного движения студенческих строительных отрядов (ССО) началась в Московском государственном университете. Решением конференции ВЛКСМ физического факультета МГУ от 13.10.1958 г. труд на новых стройках в Казахстане был объявлен одним из важнейших участков комсомольской работы [1]. Для подготовки студентов разных специальностей к строительным работам в период летних каникул был организован штаб. Комплектование отрядов осуществлялось на добровольной основе, все студенты, имевшие двухмесячный летний отдых, могли трудиться в ССО.

Общее руководство студенческими отрядами в нашей стране с 1962 г. осуществлял Центральный целинный штаб, а с 1967 г. – Центральный штаб ССО при ЦК ВЛКСМ. В каждой республике Советского Союза действовали республиканские штабы студенческих отрядов. Координацию деятельности студотрядов в областях вели областные штабы ССО. Существовали штабы ССО во многих вузах, а в летнее время – и в районах или группе соседних районов.

Всесоюзный штаб ССО и четко отлаженная вертикальная структура «республика – регион – область – район или группа районов (летом) – город – вуз – линейный отряд» в доперестроечные годы действовал круглогодично. Многочисленные инженерные, медицинские и другие специализированные службы штабов со стабильным круглогодичным финансированием помогали оперативно обеспечивать линейные отряды материалами и фронтом работ, контролировали соблюдение правил техники безопасности, оказывали медицинскую и другую помощь студентам. Централизованная плановая система позволяла рационально использовать многочисленные сезонные трудовые ресурсы учащейся молодежи в интересах регионов, практиковать взаимопомощь и заблаговременно готовиться к работе ССО.

В 70–80-е гг. активность ССО достигла максимума. В 1974 г. на 35 тыс. объектах нашей страны работали свыше 600 тыс. студентов, что позволило ввести в эксплуатацию 17, 8 тыс. объектов. В 1974 г. в составе интернациональных ССО работало свыше 7 тыс. иностранных студентов из 90 стран [1]. Лучшим отрядам предоставлялись наиболее престижные и высокооплачиваемые объекты. В начале 90-х гг. по всей стране зафиксирован значительный спад численности отрядов.

В Архангельской области первые ССО были созданы в Архангельском лесотехническом институте в 1966 г. В суровых климатических усло-

виях Севера наиболее благоприятными для производства строительных работ являются летние месяцы. Именно на этот период приходится пик отпускного сезона северян, и требуется целенаправленная помощь многочисленных трудовых ресурсов. ССО внесли особенно большой вклад в развитие малонаселенных и труднодоступных местностей. Объектами были реставрируемые памятники истории и архитектуры Соловецкого музея-заповедника, строительство железной дороги Архангельск – Карпогоры, автодороги Архангельск – Вологда, Савинского цементного завода, Няндомской птицефабрики, школ, больниц, жилых домов в различных районах области, геологоразведочных комплексов в Ненецком национальном округе и т. д. Наряду с производственной деятельностью студенты оказывали большую помощь местному населению в решении социальных проблем. В 1972 г. за два месяца летних каникул 1200 студентов АЛТИ, трудившихся в 36 выездных и городских ССО на строительстве в труднодоступных местах автомобильной дороги Архангельск – Вологда, моста через р. Волошка, линии электропередачи в Лешуконском районе и других важных объектах области, освоили 1,6 млн р. капиталовложений [2]. В восьми районах Архангельской области 28 сельскохозяйственных отрядов общей численностью 1320 студентов и преподавателей АЛТИ убрали картофель на площади 1905 га и отгрузили в Архангельск 9596 т картофеля, заготовили 10 619 т кормов. Летом 1975 г. 1080 студентов ССО АЛТИ освоили 2,967 млн р. капиталовложений, дали более 150 концертов, прочитали населению более 200 лекций. В период летних каникул 1976 и 1977 гг. в Архангельской области школу ССО прошли 10 950 студентов. По данным о дислокации ССО АЛТИ [2], в 1969 – 1989 гг. на важных стройках в разных районах Архангельской области работало от 13 до 41 выездных отрядов. Результаты организованной деятельности архангельских студентов в летний сезон сопоставимы с работой крупного треста. В 1989 г. в Архангельской дирекции по обслуживанию пассажиров работал сводный студенческий отряд проводников.

За годы перестройки проблема трудовой занятости молодежи обострилась. По данным Государственного комитета Российской Федерации по молодежной политике, молодежь как социальная группа является одной из самых многочисленных и многообразных по своей структуре и на 2000 г. насчитывала около 33 млн человек в возрасте от 14 до 29 лет, или 36 % от численности всего населения в трудоспособном возрасте. По данным Госкомстата Российской Федерации, доля официально зарегистрированной безработной молодежи в возрасте от 16 до 30 лет на начало 1992 г. составила по стране 16 %, в 1995 г. – 35, в 1996 г. – 34, в 1997 г. – 31,3, на начало 1999 г. – 31,9 % [1].

В Архангельской области проблема занятости молодежи также чрезвычайно актуальна. ССО здесь не действовали около 10 лет. Новое поколение студентов утратило традиции и опыт этого движения.

В целях повышения качества производственной подготовки и воспитания выпускников учебных заведений, решения проблемы занятости молодежи, реализации актуальных задач развития области Попечительский совет

АГТУ и администрация Архангельской области решили провести работу по возрождению областного молодежного движения ССО в новых социально-экономических условиях.

Очевидно, что использование административно-командных методов в новых экономических условиях неприемлемо, а в студенческой среде малоэффективно. Анализ разных методических подходов к решению поставленной задачи показал, что необходимо обеспечить преемственность позитивного опыта и традиций поколений, для чего привлечь к совместной работе как можно больше нынешних студентов и ветеранов ССО.

Работу начали в 1998 г. с научного обобщения опыта деятельности ССО. Старшекурсники и дипломники строительного факультета АГТУ исследовали архивы общественных движений Архангельской области, АГТУ, прессы, принимавших организаций, а также личные архивы ветеранов ССО. На кафедре инженерных конструкций и архитектуры этой теме была посвящена одна из дипломных работ. Опыт прежних лет и перспективы анализировали на встречах с ветеранами стройотрядовского движения.

На основании результатов системного анализа архивных документов и воспоминаний ветеранов издана большая документальная иллюстрированная книга по истории ССО АЛТИ – АГТУ [2]. В ней даны поименные списки стройотрядов разных лет, что вызвало повышенный интерес широких слоев общественности. Идею возрождения молодежного движения ССО в Архангельской области активно поддержало старшее поколение, родители нынешних студентов. Тема стройотрядов регулярно освещалась в средствах массовой информации. Круг участников этой работы систематически расширялся, возрастал авторитет ССО среди архангельских студентов.

На областном слете ветеранов ССО АЛТИ – АГТУ 25 ноября 2000 г. обсудили программу возрождения и развития массовости движения ССО в Архангельской области, провели переговоры с руководителями предприятий, многие из которых в студенческие годы прошли школу ССО. Координацию работы со стройотрядами поручили ОАО «Архангельский Технополис», учрежденному администрацией Архангельской области, мэрией г. Архангельска и АГТУ для решения актуальных региональных проблем с использованием достижений науки и техники.

Организовать оперативное управление отрядным движением в новых социально-экономических условиях гораздо сложнее, чем в доперестроечные времена с централизованным планированием и экономической поддержкой со стороны государства. При финансовой помощи комитета по делам женщин, семьи и молодежи администрации Архангельской области, АГТУ и ОАО «Архангельский Технополис» 1 февраля 2001 г. был создан Архангельский областной штаб ССО.

Будущих бойцов ССО с разными базовыми учебными специальностями обучали на строительном факультете правилам техники безопасности и технологии производства основных видов работ. В работе первых ССО было предусмотрено участие квалифицированных преподавателей.

В 2000 г. было организовано 3 стройотряда. Они работали на важнейшей стройке области – Котласском мосту через р. Малая Северная Двина, прокладке кабеля оптико-волоконной связи от Архангельского железнодорожного вокзала до станции Исакогорка, участвовали в реконструкции лесоперерабатывающего производства на лесной территории космического полигона в г. Мирном Плесецкого района.

В 2001 г. планировали организовать 5 отрядов, а создали 11 общей численностью 190 человек. Они освоили 2 млн 810 тыс. капиталовложений; выработка в среднем составила 14 790 р. на человека. Студенты снова работали в г. Мирном, а также на строительстве газопровода Нюксеница – Архангельск в Вельском районе, ремонтировали деревянные дома в Нарьян-Маре, строили больницу в Исакогорке и подкрановые пути на базе геологов в порту Экономия, вели отделку пусковых объектов Архангельска, изготавливали асфальт, обустроивали автодороги не только в нашей области, но и в Республике Коми.

Перспектива массовой работы студентов в стройотрядах в летний период требует корректировки учебного процесса. На строительном факультете решили вопрос совмещения учебно-производственных практик с работой в ССО. В программу дипломного проектирования включили темы по разработке проектов таких объектов, которые можно построить силами одного отряда за два летних месяца. На 2002 г. запланирована творческая дипломная работа по созданию сценария и съемкам телевизионного фильма о прошлом и настоящем молодежного движения ССО в Архангельской области с экономическим анализом работы первых отрядов нового поколения.

Для определения наиболее перспективной сферы деятельности ССО при решении актуальных проблем области была скоординирована тематика выполняемых кандидатских диссертаций. Аспирант кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов С.Е. Аксенов оценил объемы работ по восстановлению изношенного деревянного фонда г. Архангельска, в которых могут рационально использоваться силы ССО, и предложил новые методы усиления сгнивших деревянных фундаментов в торфяных грунтах. Заявку АГТУ на участие ССО в ремонте и реконструкции изношенного жилого фонда рассматривает мэрия г. Архангельска.

Первый опыт общественной деятельности ССО нового поколения получен в отряде «Севергаз-АГТУ», созданном в Институте нефти и газа АГТУ и работавшем на строительстве газопровода. Кроме производственной работы студенты оказывали помощь населению при решении социальных вопросов. 5 декабря 2001 г. на слете бойцов новых ССО в АГТУ был успешно использован принцип морального стимулирования, передовиков наградили Почетными грамотами и подарками. Для продолжения добрых традиций ССО было решено при формировании отрядов использовать старые названия, что должно привлечь к движению консультантов и спонсоров из числа ветеранов ССО. В то же время отмечено, что в 2000 – 2001 гг. в отрядах почти не было студенток.

В качестве основной формы нормативно-правовой деятельности отрядов была принята договорная. Первые ССО нового поколения руководствовались в своей работе должностными инструкциями членов отряда и основными положениями устава 10-летней давности. С учетом рекомендаций Государственного комитета РФ по молодежной политике[1] в 2001 г. было разработано «Положение о студенческом отряде Архангельской области», являющееся основой правовой базы отряда. Принятый к руководству документ включает семь разделов: общие положения, организационная структура студенческого отряда, финансово-хозяйственная

**Кадровый потенциал ССО АГТУ на 01.10.2001 г.
(без учета филиалов и обучения по сокращенным программам)**

Подразделение университета	Число студентов на курсах						Итого		
	I	II	III	IV	V	VI	мужчин	женщин	всего
Строительный факультет	127 / 82	133 / 95	128 / 55	79 / 50	61 / 43	-	528	325	853
Институт экономики, финансов и бизнеса	35 / 136	53 / 158	54 / 140	46 / 107	38 / 71	-	226	612	838
Механический факультет	153 / 5	165 / 10	174 / 10	110 / 1	103 / 2	-	705	28	733
Химико-технологический факультет	46 / 87	47 / 110	36 / 80	25 / 67	21 / 61	-	175	405	580
Факультет природных ресурсов	62 / 62	87 / 58	80 / 63	51 / 27	28 / 49	-	308	259	567
Факультет промышленной энергетики	143 / 21	103 / 33	79 / 12	88 / 12	58 / 15	-	471	93	564
Институт нефти и газа	177 / 11	111 / 10	77 / 21	71 / 8	37 / 4	-	473	54	527
Факультет механической технологии древесины	58 / 78	58 / 90	38 / 51	15 / 54	15 / 45	-	184	318	502
Юридический факультет	32 / 61	46 / 51	52 / 70	33 / 38	29 / 37	-	192	257	449
Лесохозяйственный факультет	51 / 51	46 / 48	50 / 38	42 / 36	28 / 22	-	217	195	412
Институт информационных технологий	85 / 25	78 / 21	65 / 13	32 / 11	23 / 10	-	283	80	363
Колледж информационных технологий	54 / 22	55 / 12	43 / 12	-	-	-	152	46	198
Бизнес-колледж	24 / 55	16 / 79	1 / 13	-	-	-	41	147	188
Юридический колледж	25 / 29	17 / 34	11 / 13	-	-	-	53	76	129
Итого по очной форме обучения	1072 / 725	1015 / 809	888 / 591	592 / 411	441 / 359	-	4008	2895	6903
Заочный факультет	456 / 190	403 / 229	141 / 121	94 / 100	77 / 71	32 / 39	1203	750	1953
Всего	1528 / 915	1418 / 1038	1029 / 712	686 / 511	518 / 430	32 / 39	5211	3645	8856

Примечание: В числителе число мужчин, в знаменателе – женщин.

деятельность, охрана труда и быт, медико-санитарное обеспечение, воспитательная и общественная работа.

Для координации дальнейшей деятельности движения ССО проводится анкетирование среди студентов, проанализирован кадровый потенциал ССО АГТУ.

На 01.01.2002 г. в АГТУ обучается 13 527 студентов. Наиболее подробно рассмотрен контингент студентов, обучающихся в Архангельске (см. таблицу).

С учетом того, что студенты, обучающиеся на военной кафедре, после IV курса проходят сборы в армии и большинство выпускников устраиваются на работу, кадровый потенциал ССО АГТУ составляет около 6 тыс. чел., в том числе 41,5 % женщин. Исходя из этого, при наборе подрядных работ и формировании отрядов в 2002 г. больше внимания следует уделить трудоустройству женщин.

Анализ мнений активистов отрядного движения 22 регионов России на семинаре на тему «Деятельность студенческих трудовых отрядов в современных условиях: опыт, анализ, перспективы», прошедшем 28.11-01.12. 2001 г. в С.-Петербурге, показал, что отряды целесообразно специализировать по профилю будущей работы студентов, как это практиковалось ранее. Мастеров, бригадиров следует выбирать из числа наиболее подготовленных студентов III – IV курсов строительного факультета. Учитывая характер работ, проводимых в Архангельской области в настоящее время, факультету механической технологии древесины надо направлять своих студентов на работу, связанную с модернизацией лесоперерабатывающих производств, химическому – на реконструкцию целлюлозно-бумажных комбинатов, факультету промышленной энергетики – на строительство и обустройство линий электропередач и т. п. Перспективны отряды круглогодичного действия, например отряды правопорядка, сформированные на базе юридического факультета. Здесь будущие юристы пройдут полезную практику, примут участие в обеспечении порядка при проведении массовых мероприятий в университете и городе, уменьшении преступности. Помощь в работе такому отряду окажут службы милиции.

ССО позволят сократить затраты на производственную практику студентов, развить навык солидарной ответственности за дела коллектива в целом и каждого его члена в отдельности. В настоящий момент это исключительно важно для общества и государства. Кроме того, работающий летом студент в будущем сможет самостоятельно оплачивать свое обучение, хотя бы частично, а не рассчитывать только на деньги своих родителей. Это открывает реальные возможности для продолжения образования способным детям из малообеспеченных семей.

В результате организованной совместной деятельности студентов и ветеранов в Архангельской области возрождаются ССО, обеспечена преемственность позитивного опыта и традиций этого молодежного движения. Однако предстоит еще много дел по корректировке учебных планов вузов с учетом производственной практики студентов в отрядах, совершенствова-

нию договорных отношений, дотаций, организационных форм и направлений деятельности отрядов, организации соревнования, подбору кадров, подготовке командного состава, атрибутики, популяризации движения и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации для субъектов РФ по организации деятельности штабов студенческих отрядов / Под ред. И.Б. Полякова. – Смоленск, 2000. – 118 с.
2. *Соколов О.М.* и др. Студенческие строительные отряды АЛТИ – АГТУ / О.М. Соколов, Ю.А. Варфоломеев, А.Н. Федотов и др. – Архангельск: АГТУ, 2000. - 134 с.

Администрация Архангельской области
Архангельский государственный технический университет

Поступила 15.01.02

A.A. Efremov, O.M. Sokolov, Yu.A. Varfolomeev

Productive Training of Engineers in Students' Construction Teams (Based on the Example of Arkhangelsk Region)

The work procedure on revival of Students' Construction Teams movement is developed based on principles of succession of generations. The events on updating the training process are described. The social-economic aspects of SCT activity are analyzed.





УДК 504.45.05.06.

***О.Г. Морозова, Н.Н. Бабаева, С.М. Репях, С.В. Морозов,
М.В. Родионов***

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



ВЛИЯНИЕ ЗАТОПЛЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ БЕРЕЗОВСКОЙ ГРЭС-1

Установлено, что затопленный в ложе водоема-охладителя торф оказывает существенное влияние на качество воды, в том числе на концентрацию биогенных и растворенных органических веществ.

древесина сибирских пород, торфяное месторождение, торфяные почвы, водоем-охладитель, качество воды, гидрохимические показатели, баланс органических и биогенных веществ.

Стремительное увеличение производства энергии обусловило массовое гидротехническое строительство на малых и крупных реках. Зачастую под водоемы-охладители теплоэлектростанций отводят заболоченные торфяные поймы рек. При заполнении их возникают серьезные проблемы с качеством воды водоема и водотоков нижнего бьефа из-за несоблюдения санитарных правил и норм подготовки ложа.

Для оценки вклада в составляющую баланса органических и биогенных веществ, поступающих в водоем-охладитель из затопленных растительных остатков и торфа, проведены лабораторные эксперименты по экспозиции древесины сибирских пород и торфа в воде.

Водоем-охладитель Березовской ГРЭС-1 создан зарегулированием стока р. Береш, принадлежащей бассейну р. Чулым [2]. Ложе водохранилища не было подготовлено к заполнению, не проведены свodka древесной, кустарниковой растительности, травяного покрова и выборка торфа. В результате была затоплена древесно-кустарниковая растительность, в том

числе 242 га соснового бора и торфяное месторождение площадью 4 358 га, объем которого составил 30,7 млн м³ [3].

Беспрецедентный случай затопления огромного количества торфа в ложе водоема-охладителя БГРЭС-1 привел к поступлению в воду уже с первого года заполнения значительных количеств взвешенных веществ, биогенных элементов и трудноокисляемых органических веществ гуминовой природы, а также газообразных продуктов разложения торфа и древесной растительности [1].

После заполнения водохранилища поверхность акватории была занята всплывшими древесиной и торфяными островами. Скопление плавающего торфа в приплотинной части водоема снижало пропускную способность плотины, блокирование торфом водозаборного канала изменяло гидравлический режим работы теплоагрегатов, требовало дополнительных затрат на очистку водоводов; ухудшение качества воды по основным показателям привело к необходимости сооружения дамбы, отсекающей основное месторождение торфа. Таким образом, затопленные растительные остатки и торф представляли серьезную экономическую и экологическую проблему для водопользователя.

В течение десяти лет после заполнения водоема-охладителя дефицит кислорода наблюдался не только в придонных, но и в поверхностных горизонтах. Содержание растворенного кислорода в поверхностном горизонте мелководной части в верховье водоема снижалось до 4,0 мг/дм³, в придонных горизонтах регистрировался сероводород.

Таким образом, на разложение огромного количества органического вещества затопленной древесины и торфа потреблялось большое количество растворенного кислорода, что приводило к ухудшению гидрохимического режима водоема-охладителя.

В приходную статью баланса значительную долю вносят органические и биогенные вещества, продуцируемые в ходе трансформации органического материала растительных остатков, затопленных в водоеме-охладителе. Для оценки этих количеств были проведены лабораторные эксперименты по экспозиции затопленных образцов торфа и древесины в воде.

Для определения количества органических и биогенных веществ, поступающих при экспозиции образцов древесины в воде, было проведено две серии опытов. В первой серии навески древесного материала (ива, осина, сосна) в виде опилок, побегов, брусков из стволовой части помещали в большие стеклянные сосуды (аквариумы) вместимостью 100 л с дистиллированной водой. Образцы закрепляли на дне сосудов фарфоровым грузом. Опытный древесный материал отбирали в пойме р. Енисей. Соотношение с водой варьировали от 0,4:100 до 1:100. Время экспозиции составляло 60 ... 70 сут. Опыты проводили при температуре 17 ... 23 °С.

Результаты показали, что количество и скорость поступления в воду органических и биогенных веществ из древесной растительности зависит от вида, количества и состояния образца. Максимальное количество органиче-

ских и биогенных веществ поступает в воду при разложении побегов лиственных пород, меньшее – хвойных.

Кроме того, отмечено, что процесс перехода водорастворимых органических и биогенных веществ из древесины сопровождается интенсивным развитием микрофлоры. Органические вещества, выделяемые в процессе развития и метаболизма бактерий, оказывают существенное влияние на показатели количества растворенного органического вещества и концентрацию биогенов.

Для исключения этого влияния была проведена экспозиция образцов древесины в закрытых емкостях без доступа воздуха. Эту серию опытов проводили в полиэтиленовых емкостях вместимостью 2 л, полностью заполненных водой. В емкости закладывали образцы из расчета 10, 20, 30, 50 г древесного материала на 1 л воды. Время экспозиции составляло 1, 3, 7, 10, 15, 30 сут. Емкость использовали на одно определение показателей качества воды.

В воде после экспозиции определяли окисляемость (по показателю ХПК), содержание минерального и органического азота и фосфора. На основе результатов анализа рассчитаны следующие количества элементов, которые способны перейти в воду водоема-охладителя (масса затопленной древесины 140 т): 0,74 т органического углерода, 0,04 т минерального и 0,02 т органического азота, 0,02 т минерального и 0,03 т органического фосфора.

При расчете количества органических и биогенных веществ, поступивших из затопленного торфа, были использованы данные лабораторных определений в емкостях кубической формы высотой 2,5 м и вместимостью 2800 л. Экспозицию образцов почвы и торфа проводили при температуре 26 °С. Затопленные образцы торфа и торфяной почвы находились в слабоподвижном состоянии (скорость перемещения 0,01 м/с).

Образцы торфяных почв и торфа были отобраны из ложа водоема-охладителя БГРЭС-1 до его заполнения и помещены в емкости, заполненные водой р. Береш. Соотношение торфа и воды 1:100 соответствовало фактическому соотношению в водоеме-охладителе. Постоянный уровень воды после отбора проб поддерживали, добавляя речную воду из расчета натурального водообмена.

Результаты расчета количества органического вещества по ХПК и концентрациям биогенных веществ, поступающих из затопленного торфа, показали, что в воду водоема перешло 309,46 т органического углерода, 23,33 т органического и 15,29 т минерального азота, 0,46 т минерального и 0,04 т органического фосфора.

Таким образом, основной вклад в формирование гидрохимического режима водоема-охладителя БГРЭС-1 вносят растворенные органические и биогенные вещества затопленного торфа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозова О.Г., Кулакова Т.К., Адамович В.В. Качество воды водоема-охладителя БГРЭС-1 как фактор реконструкции гомеостаза // Реконструкция гомеостаза: Материалы IX Междунар. симпозиума. – Красноярск, 1998.– С. 118–121.

2. Морозова О.Г., Репях С.М., Морозов С.В. Влияние затопленных растительных остатков на формирование гидрохимического режима водоема-охладителя Березовской ГРЭС-1. 1. Влияние затопленного торфа на качество воды водоема-охладителя // Химия растительного сырья. – 2001. – № 1. – С. 75–82.

3. Морозова О.Г., Репях С.М., Морозов С.В. Оценка экологического состояния водоема-охладителя Березовской ГРЭС-1 // Вестник СибГТУ. – 2001.– №1.– С. 87–92.

Сибирский государственный технологический университет

Поступила 13.02.02

*O.G.Morozova, N.N. Babaeva, S.M. Repyakh,
S.V. Morozov, M.V. Rodionov*

Influence of Submerged Vegetable Residuals on Hydrochemical Mode of Cooling Pond at Berezovskaya Hydroelectric Station

It is found out that peat submerged in the cooling pond provides a substantial influence on the water quality, including the concentration of biogenetic and dissolved organic substances.





УДК 630*232.31(049.3)

Г.И. Редько

**ВЕСОМЫЙ ВКЛАД В ТЕОРИЮ
И ПРАКТИКУ ЛЕСНОГО СЕМЕНОВОДСТВА***

Книга о лесном семеноводстве появилась необычайно вовремя. С одной стороны, долго не было отдельных обобщающих работ по этому вопросу, с другой – произошли серьезные изменения в понимании данного хозяйственного направления. Вышел Федеральный закон «О семеноводстве» и ряд правительственных и отраслевых документов, призванных упорядочить организационные вопросы.

Авторы подчеркивают, что лесное семеноводство сложилось как отдельная, достаточно развитая отрасль лесохозяйственного производства, включающая в себя создание лесосеменной базы, учет урожая, заготовку и переработку лесосеменного сырья, хранение и использование семян лесных пород.

Проблемы семеноводства рассматриваются на теоретической основе, а само оно представлено как цельная динамическая система. Подчеркивается, что биологической основой семеноводства стало семеноведение – наука о развитии и жизнедеятельности семян, рассматривающая семя как определенный этап онтогенеза растения.

В пособии достаточно полно обобщены все стороны лесного семеноводства и учтены новые нормативные документы. Рассмотрены направления и методы лесного семеноводства, новые технологии, результаты исследований отечественных и зарубежных ученых. Сделана удачная попытка обобщить имеющиеся проблемы, дать им четкое толкование.

Работа состоит из введения, семи глав и списка литературы. В первой главе рассматриваются задачи и структура лесного семеноводства, в которой выделены его объекты и предлагаемые мероприятия, подчеркнута роль семенного контроля. Исследованы вопросы создания постоянной лесосеменной базы и лесосеменного районирования. Показана необходимость для теории и практики изучения внутривидовой изменчивости основных лесобразующих пород в географических культурах; в качестве примера рассмотрен рост географических культур кедров сибирского в условиях интродукции.

* *Брынцев В.А., Коженкова А.А.* Лесное семеноводство. Учеб. пособие. – М.: МГУЛ, 2001. – 116 с.

Вторая глава посвящена организации прогноза и учета урожая, методам этого важного хозяйственного мероприятия. Кроме широко известной шкалы В.Г. Каппера предложена новая 3-балльная шкала глазомерной оценки интенсивности цветения и плодоношения древостоев, прошедшая успешную проверку на зональных лесосеменных станциях.

В третьей главе обобщены сроки сбора лесосеменного сырья, организация и способы его заготовки. Достаточно подробно рассказано о приспособлениях и механизмах, применяющихся для заготовки семян. В четвертой главе рассмотрены вопросы переработки лесосеменного сырья хвойных и лиственных пород. Здесь отражены теоретические основы переработки, применяемые на производстве технологии извлечения семян из шишек и плодов, методы их очистки, выход семян из семенного сырья и деление их на партии.

Пятая глава, посвященная хранению семян, содержит анализ как отечественных, так и зарубежных технологий, позволяющих максимально длительное время сохранять жизнеспособность семян. Большое внимание уделено вопросу формирования федерального и страховых фондов, необходимых для ежегодного обеспечения лесного хозяйства страны семенным материалом. Эффективность использования системы федерального и страховых фондов показана на примере.

В шестой главе изложены данные о семенном контроле, его значении в системе лесного семеноводства, организации проверки качества семян и методов его определения.

В седьмой главе освещен вопрос подготовки семян к посеву, рассмотрены факторы, влияющие на прорастание семян, виды семенного покоя и способы подготовки семян к посеву. В список литературы включены не только важнейшие научные источники, но и нормативная документация, которую необходимо знать каждому специалисту, занимающемуся лесовосстановлением.

Написанное понятным языком, с большим количеством иллюстраций, выделением главных ключевых позиций новое учебное пособие должно быть хорошо воспринято учащимися высших учебных заведений. Без сомнения издание принесет большую пользу как для лесного хозяйства в целом, так и для лесного семеноводства в частности. Можно уверенно сказать, что оно станет настольной книгой не только для молодых специалистов, но и для умудренных опытом производственников.

С.-Петербургская лесотехническая
академия

G.I. Redko

Loaded Contribution in Theory and Practice of Forest Seed Science
