

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

3

2000

БИБЛИОТЕКА
АРХАНГЕЛЬСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

ИЗДАТЕЛЬ – АРХАНГЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

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

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

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

Ответственный секретарь **Р.В. Белякова**

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 3

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

Сдан в набор 05.05.2000. Подписан в печать 08.06.2000.
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 13,5. Усл. кр.-отт. 13,5.
Уч.-изд. л. 16,4. Тираж 1000 экз.
Архангельский государственный технический университет.

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17, тел.: (818-2) 44 13 37,
факс: (818-2) 44 11 46. e-mail: sokolov@agtu.ru http:// www.agtu.ru

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

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Т.Д. Румянцева.</i> Развивать и полнее использовать научный потенциал регионов	7
-----------------------------------------------------------------------------------------	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Н.В. Петухов, А.В. Терентьев, А.М. Невидомов.</i> Мониторинговая роль лесоустройства	15
<i>Л.Н. Прохоров, В.Ф. Зинин, Н.В. Бондаренко.</i> К методике расчета энерго-временных параметров ножевых срезающих устройств	23
<i>В.С. Писанов.</i> Этапы и темпы формирования сосняков лишайниково-зеленомошных в условиях влияния водохранилища	33
<i>А.И. Жиров, А.А. Солодов.</i> Комплексная экологическая оценка лесорастительных условий на геотопологической основе	39
<i>В.М. Ивонин, А.В. Прахов.</i> Результаты испытания способа облесения оврагов при их «шахматном» выполаживании	45
<i>М.А. Софронов, А.В. Волокитина.</i> О «линейном» методе описаний и измерений при изучении лесной растительности	52
<i>Б.П. Чураков.</i> Влияние некоторых патогенных грибов на способность дуба черешчатого к возобновлению в Среднем Поволжье	57
<i>В.Н. Косицын.</i> Опыт оценки ресурсного потенциала морошки в Вологодской области	63
<i>Е.В. Авдеева.</i> Разработка регрессионных моделей структуры городских зеленых насаждений	67
<i>Г.А. Доррер, С.П. Якимов.</i> Определение пожарной опасности в лесу методами дистанционного зондирования	70
<i>Г.Е. Романов.</i> Многоцелевое лесопользование и социальная устойчивость в истощенных лесосырьевых базах	76

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>А.С. Федоренчик, С.С. Макаревич, Н.П. Вырко.</i> Деформация лесных почв под воздействием колесных и гусеничных движителей	80
<i>Д.Г. Шимкозич.</i> Оптимизация параметров приводных грейферов для круглых лесоматериалов	86
<i>С.Л. Смирнов.</i> Разработка СУБД для картографического материала	92

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Ю.Г. Павлов.</i> Трассировка раскройных карт при лазерной резке материалов	96
<i>П.М. Мазуркин, Р.И. Винокурова, Е.В. Тарасенко, В.Ю. Осипова.</i> Изменение плотности древесины по высоте дерева	102
<i>А.С. Прокофьев, А.А. Сморгков.</i> Расчетные сопротивления усталости для клееной древесины	108
<i>И.И. Иванкин.</i> Теоретические исследования начальной жесткости ленточных пил	112

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>С.С. Глазков, О.Н. Филимонова.</i> Модификация ДВП сополимером кубовых остатков бутадиена со стиролом	120
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

- С.Б. Селянина, К.Г. Боголицын, Н.Ж. Янляева.* Роль лигнина в устойчивости лигнинной фазы, образующейся при разложении сульфатного мыла..... 123

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Н.Ф. Павлова.* Оценка влияния изменений курсовой политики банка России на финансовые результаты деятельности лесозэкспортных предприятий. 130

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- С.В. Карпов, А.Л. Куликовская, Э.Н. Сабуров.* О расчете аэродинамики выходного канала циклонных камер 135

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Н.С. Минин.* Интересная книга 143
-

CONTENTS

<i>T.D. Rumyantseva.</i> To Develop and Use the Scientific Potential of Russia in a More Complete Way	7
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

FORESTRY

<i>N.V. Petukhov, A. V. Terentjev, A. M. Nevidomov.</i> Monitoring Role of Forest Organization	15
<i>L.N. Prokhorov, V.F. Zinin, N.V. Bondarenko.</i> To the Technique of Calculating Energy-and-time Parameters of Shearing Units	23
<i>V.S. Pisanov.</i> Formation Stages and Rates of Lichen-and-green moss Pine Stands under the Influence of Water Storage Basin	33
<i>A.I. Zhirov, A. A. Solodov.</i> Complex Ecological Evaluation of Forest Site on Geotopological Basis	39
<i>V.M. Ivonin, A. V. Prakhov.</i> Test Results of Gully Afforestation under their «Checkerboard» Flattening	45
<i>M.A. Sofronov, A. V. Volokitina.</i> On the «Linear» Method of Describing and Measuring for Forest Vegetation Study	52
<i>B.P. Churakov.</i> Influence of Some Pathogenic Fungi on the Reproduction of Oak in the Middle Povolzhje	57
<i>V.N. Kositsyn.</i> Experience of Resource Potential Evaluation of Cloudberry in the Vologda Region	63
<i>E.V. Avdeeva.</i> Development of Regression Models for Urban Plantation	67
<i>G.A. Dorrer, S.P. Yakimov.</i> Fire Hazard Test by Remote Sensing	70
<i>G.E. Romanov.</i> Multiple-purpose Forest Management and Social Sustainability in the Exhausted Wood Raw Bases	76

WOODEXPLOITATION

<i>A.S. Fedorenchik, S.S. Makarevich, N.P. Vyrko.</i> Forest Soils Deformation under the Influence of Wheeled and Tracked Skidders.....	80
<i>D.G. Shimkovich.</i> Optimization of Power Grapple for Roundwood	86
<i>S.L. Smirnov.</i> Development of DBMS for Cartographic Data	92

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>Yu.G. Pavlov.</i> Tracing of Cutting Sheets at Laser Cutting of Materials	96
<i>P.M. Mazurkin, R.I. Vinokurova, E.V. Tarasenko, V. Yu. Osipova.</i> Wood Density Change along the Tree Height	102
<i>A.S. Prokofjev, A.A. Smorchkov.</i> Estimated Fatigue Resistance for Glued Wood.	108
<i>I.I. Ivankin.</i> Theoretical Analysis of Initial Hardness of Band Saws	112

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>S.S. Glazkov, O.N. Filimonova.</i> Modification of Fiberboard by Copolymer of Still Bottoms of Butadiene with Styrene.....	120
<i>S.B. Selyanina, K.G. Bogolitsyn, N.Zh. Yanlyayeva.</i> Lignin Role in the Stability of Lignin Stage Formed at Sulphate Soap Decomposition.....	123

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- N.F. Pavlova.* Influence of the Rate Policy of the Bank of Russia on the Financial Results of the Forest Export Companies Activity 130

SUMMARIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

- S.V. Karpov, A.L. Kulikovskaya, E.N. Saburov.* On Calculating Aerodynamics of Cyclone Chamber Outlet 135

CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

- N.S. Minin.* Interesting Book 143
-

УДК 001:62

Т.Д. РУМЯНЦЕВА

Заместитель председателя правительства администрации
Архангельской области

РАЗВИВАТЬ И ПОЛНЕЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕГИОНОВ

На пороге нового тысячелетия для всех народов и стран встает волнующий вопрос о перспективах будущей жизни. В настоящее время человечество переходит к новому, информационному, типу развития, которое ориентировано на то, чтобы решить экологические и другие глобальные проблемы, порожденные предшествующим периодом техногенного развития. В новую эпоху, как никогда раньше, ставка делается на творческие возможности человека.

Следующее столетие будет характеризоваться доминированием нематериальных ценностей, сдвигом от безудержного роста вещественно-энергетического потребления к информационному обмену. По существу, на наших глазах происходит переход к новому способу производства – оптимизированному не только по материальным, экономическим, энергетическим, экологическим, но и человеческим параметрам.

Предстоит выработать новую стратегию реформ, которая, утверждая приоритет духовной и интеллектуальной сферы, будет связана с внедрением наукоемких, энерго- и ресурсосберегающих технологий, широким развитием и использованием информатики.

Вызов времени, с которым сталкиваемся мы сегодня, чрезвычайно серьезен. Его реализация требует упорной, сосредоточенной работы, которая может быть успешной только в случае восстановления в обществе уважения к добросовестному квалифицированному и социально обеспеченному труду. Ведущая роль в решении всех этих проблем будет принадлежать науке.

Противоречия, возникшие в политической и социально-экономической жизни страны, как в зеркале, отразились и на научном сообществе. Российская наука испытала ряд ударов: структурную перестройку; резкое уменьшение финансирования; разрушение материальной базы; отток квалифицированных кадров в другие отрасли внутри страны и за рубеж; приватизацию.

Несмотря на это, наука сохранилась и продолжает развиваться. По данным Министерства науки и технологий РФ, из ста передовых направлений почти в двадцати Россия имеет результаты выше мирового уровня. Это электронно-ионные и плазменные технологии, мониторинг природно-

техногенной среды, биотехнологии, атомная энергетика, авиационная и космическая техника, новые материалы и др.

Возможности науки велики. Воплощенные в жизнь научные достижения могут дать мощный толчок развитию экономики государства. Эффект от использования научного потенциала есть и на уровне нашего региона. Так, в условиях системного кризиса середины 90-х гг. именно объединенными усилиями ученых и практических работников были разработаны «Основные направления антикризисной программы», а в 1997 г. – «Основные направления развития Архангельской области до 2000 года». Сегодня можно говорить о положительных результатах этой политики. В 1999 г. впервые за многие годы удалось достичь устойчивой динамики роста объемов промышленного производства и некоторого профицита бюджета. Прирост промышленной продукции составил 22,5 %; инвестиции в основной капитал возросли на 5; объем подрядных работ – на 35; грузооборот транспорта – на 18; услуги связи – на 21 %. Улучшилось финансовое состояние предприятий. По итогам 1999 г. прибыль по крупным и средним предприятиям составила 4,8 млрд р. Перечисления налога на прибыль в бюджет области увеличились почти в 4 раза.

Это позволило решить некоторые социальные проблемы: ликвидированы долги по выплате пенсий; существенно сократилась задолженность по заработной плате работникам бюджетной сферы. Впервые в полном объеме выполнены обязательства по статье областного бюджета «Фундаментальные исследования и содействие научно-техническому прогрессу». На конкурсной основе отобраны и профинансированы 22 научных проекта. Положительные сдвиги в развитии экономики налицо, однако нерешенных вопросов все еще много.

Экономический рост Архангельской области может и должен быть связан с техническим перевооружением и использованием высоких технологий. Одним из основных факторов роста станет научный потенциал области. В формуле «наука – производство» главная роль будет принадлежать науке.

Можно выделить три группы предпосылок, благоприятных для развития науки в регионе: 1) мощные природные и промышленные ресурсы, освоение которых требует соответствующего научного обеспечения; 2) развитая научная инфраструктура; 3) уже имеющиеся научные кадры высокой квалификации и развивающийся образовательный потенциал.

1. Природными и промышленными ресурсами наша область богата. Обозначим лишь некоторые точки роста для науки, где на практике можно апробировать и внедрить результаты фундаментальных (теоретических) исследований.

Область обладает уникальными запасами леса, нефти, газа и другого углеводородного сырья, алмазов, бокситов, известняков, гипсов, глин. Открыто 270 месторождений. Это позволяет уже в ближайшие годы создать крупные мощности по добыче и переработке полезных ископаемых.

Вместе с тем, предстоит увеличить объемы геологоразведочных работ, провести комплексное доизучение перспективных районов на основе современных технологий, включая геохимические, минералогические, геофизические исследования (на Мезенской синеклизе, шельфе арктических морей).

В г. Северодвинске находится единственный в России государственный центр атомного судостроения с новейшими технологиями, позволяющими выполнять любые заказы не только в области строительства судов. Уже сегодня предприятия, входящие в состав этого центра, значительно увеличили долю продукции гражданского назначения. Расширяются объемы работ по изготовлению буровых платформ для добычи нефти, строительству гражданских судов, модульных установок безреагентной подготовки питьевой воды, оборудования и механизмов для геологов, лесозаготовителей и лесопереработчиков, нефтяников, алмазодобытчиков. Формируется единая комплексная региональная программа конверсии. Создается индустрия по переработке отслуживших срок ядерных объектов.

На первом российском космодроме «Плесецк», обладающем высокими технологиями и огромными возможностями для создания информационной системы и развития космических исследований, реализуется крупнейшая конверсионная программа «Рокот». Это совместная работа с научно-производственным центром им. М.В. Хруничева.

Область имеет технологически необходимую мегасистему по обеспечению возрождения и бесперебойной работы Северного морского пути и превращения его в международную транспортную магистраль. Это еще одно стратегическое направление приложения научных сил для роста экономики региона.

Но главным потенциалом и ценностью является человек. Отсюда вытекает необходимость комплексного анализа природной и социальной сферы его жизнедеятельности. Сегодня мы с удовлетворением отмечаем, что такие исследования, причем с учетом глубоких исторических и культурных традиций, в последние годы проводятся учеными академических институтов, Архангельской государственной медицинской академии, Поморского государственного университета.

2. Говоря о развитии научной инфраструктуры, нужно отметить, что в регионе сформировалась сеть многопрофильных научно-исследовательских организаций и учреждений, которые осуществляют фундаментальные и прикладные научные исследования. Таких организаций 32. Большинство из них входит в состав Архангельского объединенного научного центра. Созданный в 1993 г. под руководством вице-президента РАН, акад. Н.П. Лаверова, центр объединил организации, представляющие академическую, вузовскую и отраслевую науку. В настоящее время он решает вопросы по координации деятельности научных учреждений, определению наиболее перспективных направлений развития науки в области.

Плодотворно работают два научных центра Российской академии наук: Институт экологических проблем Севера Уральского отделения РАН

(директор – чл.-кор. РАН Ф.Н. Юдахин) и Отдел экологической физиологии человека Института физиологии Коми научного центра УрО РАН (заведующий – д-р медицинских наук, проф. А.В. Ткачев). Эти учреждения проводят фундаментальные исследования в области геоэкологии, химии, гуманитарных и медицинских наук. Отдел экологической физиологии человека преобразуется в Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН.

В структуре Медакадемии образован и активно работает Северный научный центр Российской академии медицинских наук. В Поморском университете создан Поморский научный центр Северо-Западного отделения Российской академии образования. Основная цель деятельности этих центров – получение, развитие и применение новых знаний и технологий в сфере здравоохранения, медицины и образования на основе интеграции академической и университетской науки и эффективного использования научного потенциала региона. Очевидно, что академическая наука постепенно укрепляет свои позиции в нашей области. Сегодня пришло время создания в Архангельске научного центра РАН.

Высшие учебные заведения области логично вписались в региональную научную инфраструктуру. Организованы и успешно работают 14 научных центров и институтов, 20 научно-исследовательских и проблемных лабораторий, где разрабатываются и реализуются важные для области программы и проекты.

Основа экономики и благосостояния населения Архангельской области – лесной комплекс. Запасы леса соизмеримы с финляндскими, объемы же последних лет по промышленным отраслям и особенно по экспортной выручке вызывают чувства огорчения и досады. И здесь помощь может и должна прийти от науки. Флагманом лесной науки не только области, но и Севера и всей страны был наш орденоносный Архангельский лесотехнический институт. Став техническим университетом, он уже подтверждает свой новый высокий рейтинг, входя в число 100 лучших вузов России. Лесные факультеты АГТУ разработали готовые к внедрению высокие технологии по дорожному строительству и новым видам лесосплава, лесному машиностроению, биотехнологии, теплоэнергетике и другим направлениям. Администрации области предстоит неотложная работа по энергичному налаживанию научного сотрудничества между АГТУ и отраслевой наукой, включая СевНИИЛХ, СевНИИП, Научдревпром – ЦНИИМОД.

Архангельская медицинская академия стала инициатором региональной научно-технической программы «Здоровье населения Европейского Севера», которая утверждена главами администраций Архангельской, Мурманской, Вологодской областей и Ненецкого автономного округа. В результате ее осуществления совместными усилиями ученых Северо-Запада создастся пакет прикладных проектов, направленных на улучшение показателей общественного здоровья населения региона.

Несмотря на сложную ситуацию в отраслевой науке, сохранились четыре крупных научно-исследовательских института: Архангельский НИИ сельского хозяйства, ЦНИИМОД, СевНИИЛХ, Северное отделение

ПИНРО. Эти институты могут и должны стать научным полигоном для решения практических задач агро- и лесопромышленного комплексов, охраны окружающей среды, сохранения уникальных для Европейского Севера видов растений и пород животных, исследования биологических запасов Белого моря.

3. Развитие Архангельской области требует научного и кадрового обеспечения, подготовки специалистов, способных работать в новых социально-экономических условиях. По своему интеллектуальному потенциалу область занимает 22-е место среди 89 регионов страны. Количество ученых, исследователей высшей квалификации постоянно растет. В области работают сегодня 142 доктора наук и профессора, более 850 кандидатов наук. За последние три года число кандидатов и докторов наук выросло в 2 раза, улучшилось качество диссертационных работ, их тематика приближена к потребностям региона.

В последние 3-4 года улучшились возможности осуществлять в Архангельске подготовку научных и научно-педагогических кадров. Аспирантура и докторантура открыты при четырех вузах и научных учреждениях. Количество аспирантов и докторантов за последние три года удвоилось и теперь составляет более 400 человек.

Особенностью региона является концентрация научных кадров в высших учебных заведениях. Можно смело говорить о том, что за последнее десятилетие Архангельск стал настоящим университетским городом. В пяти ведущих вузах (АГМА, АГТУ, ПГУ им. М.В. Ломоносова, Севмашвуз, Архангельский филиал ВЗФЭИ) трудятся более 80 % кадров высшей научной квалификации. Наука является основой классического (университетского) образования. Только в высшей школе достижения науки сразу внедряются в учебный процесс. А талантливая молодежь имеет возможность заниматься исследованиями под руководством выдающихся ученых, основателей собственных научных школ.

Активное участие наших ученых в международном научном сотрудничестве в последние годы стало приносить конкретные плоды. Среди многочисленных международных проектов следует отметить некоторые уже давшие ощутимые результаты.

Проект «Развитие телемедицины на Северо-Западе России» осуществляется департаментом здравоохранения областной администрации и АГМА совместно с учеными Норвегии и Швеции. В результате за последние пять лет создана сеть телемедицинских центров, которые позволяют врачам, работающим в районах, получать оперативную консультацию коллег из областного центра. С помощью телеконсультаций были спасены жизни многих пациентов и оказана квалифицированная медицинская помощь людям, живущим в отдаленных уголках области.

Программа производства семенного картофеля – совместный проект НИИ сельского хозяйства и норвежской фирмы «Агрофонд» – позволила адаптировать к природным условиям области морозостойкие культуры, вы-

веденные норвежскими селекционерами, и частично решить проблему обеспечения населения необходимыми сельскохозяйственными продуктами.

В Поморском университете и Медакадемии с помощью коллег из Германии, Норвегии и Швеции успешно реализуются научно-образовательные программы подготовки социальных работников. Проект по обучению техническим специальностям студентов АГТУ и ПГУ осуществляется в Нарвике (Норвегия). В результате область уже сегодня получает специалистов европейского уровня, необходимых для промышленных предприятий и социальной сферы региона.

Почти десять лет в Архангельске работает Норвежско-Поморский центр, созданный университетами Тромсе (Норвегия) и Поморским, на чьей базе выполняются многочисленные научно-образовательные и культурные проекты сотрудничества между соседними северными странами и нашей областью.

В прошлом году архангельские ученые приняли участие почти в 100 международных и всероссийских конференциях. В самом Архангельске было проведено около 70 научных региональных, всероссийских и международных конференций. Наиболее важными среди них стали: выездная научная сессия Россельхозакадемии «Проблемы развития и научное обеспечение агропромышленного комплекса северных регионов России»; выездная сессия Северо-Западного отделения Российской академии медицинских наук; Международная конференция «Региональная политика и проблемы развития Европейского Севера: взгляд из XX в XXI век» и многие другие. Рекомендации этих конференций внимательно изучаются и используются при разработке соответствующих социально-экономических программ.

Особое значение в научной жизни региона имеют Ломоносовские чтения. Они были впервые организованы на архангельской земле тридцать лет назад и с тех пор являются важнейшим событием научной и культурной жизни области. Имя великого земляка стало символом, объединяющим усилия ученых и практиков в решении важнейших вопросов науки, образования, экономики. Многие важнейшие для региона проблемы были обсуждены с привлечением ученых со всей страны именно на Ломоносовских чтениях.

Говоря о развитии науки, нельзя не упомянуть о трудностях, которые переживает наше научное сообщество: это недостаточное финансирование научных разработок; неплатежеспособность потенциальных заказчиков научной продукции; необходимость обновления технической базы и информационных фондов научных подразделений.

Администрация Архангельской области предпринимает конкретные шаги по решению этих проблем. Разработанный совместно с Областным собранием депутатов и принятый в феврале 1998 г. областной закон «О региональной научно-технической политике Архангельской области» создал базу для развития науки в регионе. Этот закон позволяет развивать систему научного сопровождения экономической и социальной политики региона, осуществлять поддержку организаций, общественных объединений и физи-

ческих лиц, занимающихся научно-технической деятельностью на территории области.

В марте прошлого года в областной администрации начал свою работу отдел науки и высшей школы. Он осуществляет взаимодействие с федеральными органами власти, учеными и научными объединениями, создает базу данных по научному потенциалу. Отдел разработал положение о конкурсе научно-технических проектов, финансируемых из областного бюджета по статье «Фундаментальные исследования и содействие научно-техническому прогрессу». Этот документ является одним из рычагов формирования регионального заказа на проведение научно-исследовательских работ. На конкурс уже подано более 60 заявок, проведена независимая экспертиза, отобраны наиболее актуальные для региона проекты.

В декабре 1999 г. администрация Архангельской области и Министерство науки и технологий Российской Федерации подписали генеральное соглашение о сотрудничестве в сфере науки и технологий. Этот документ поднял на качественно новый уровень взаимоотношения между Миннауки и администрацией области, поможет привлечь бюджетные средства на реализацию федеральных научных программ.

В конце прошлого года были утверждены «Основные направления научно-технической и инновационной политики Архангельской области на 2000-2001 годы» с целью создать в регионе единое научно-образовательное пространство, сформировать научно-технический потенциал, отвечающий современным требованиям и ресурсным возможностям Архангельской области.

В качестве основных направлений политики администрации области в сфере науки можно выделить следующие:

1) поддержка кооперации и интеграции академической, вузовской и отраслевой науки для решения актуальных для области социально-экономических проблем;

2) формирование регионального заказа на научные исследования и выбор исполнителей на конкурсной основе;

3) улучшение финансовой ситуации в науке через перераспределение и концентрацию средств областного бюджета на приоритетных направлениях; селективная поддержка ведущих академических, вузовских и отраслевых научных организаций, а также привлечение средств внебюджетных источников и частного капитала, финансирование прикладных исследований на возвратной основе;

4) содействие созданию Архангельского научного центра Российской академии наук (в составе Уральского отделения);

5) включение области в единое научно-образовательное пространство со странами Баренц-региона через развитие информационных и телекоммуникационных сетей;

6) формирование областного заказа на подготовку специалистов с высшим образованием, в том числе через систему целевого приема, с учетом потребностей экономики, развития науки и социальной сферы региона.

Таким образом, в ближайшие годы предусматривается осуществить единую региональную политику, где наука выступит в качестве важнейшего средства разработки и реализации программ долгосрочного социально-экономического развития области, создать эффективный механизм ее реализации. При этом должна быть обеспечена согласованность научной, производственной и образовательной политики области. Уже сегодня важно определить приоритеты в науке на длительную перспективу. Отсюда вытекает задача разработки программы «Развитие науки и технологий в Архангельской области до 2005 г.». Принятая на Всероссийском совещании по образованию «Национальная доктрина развития образования в Российской Федерации» позволяет надеяться на гуманизацию науки и образования, на то, что в XXI в. главными для науки станут человек и социальная сфера.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630*524.6

Н.В. ПЕТУХОВ, А.В. ТЕРЕНТЬЕВ, А.М. НЕВИДОМОВ

Поволжское государственное лесоустроительное предприятие

Петухов Николай Васильевич родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Брянский технологический институт, начальник Поволжского государственного лесоустроительного предприятия, заслуженный лесовод России. Имеет 3 печатных труда в области лесоустроительного проектирования, оценки лесов и организации лесного хозяйства.



Терентьев Александр Владимирович родился в 1949 г., окончил в 1972 г. Ленинградскую лесотехническую академию, главный инженер Поволжского государственного лесоустроительного предприятия.



Невидомов Алексей Михайлович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Горьковский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий инженер Поволжского государственного лесоустроительного предприятия. Имеет более 20 научных трудов и внедрений в лесохозяйственное производство.



МОНИТОРИНГОВАЯ РОЛЬ ЛЕСОУСТРОЙСТВА

Разработаны методические рекомендации по составлению главы «Лесной мониторинг» в лесоустроительных проектах, основанные на анализе многолетнего производственного опыта.

Methodological recommendations based on the analysis of long-term production experience are developed for composing the chapter of «Forest Monitoring» in the forest organization projects.

Система лесоустройства являет собой уникальный банк данных для лесного мониторинга, уже готовый быть представленным в соответствующей форме для анализа, выявления направленности и интенсивности изменений, происходящих в лесном фонде под влиянием природных и антропогенных причин, и в конечном итоге для составления прогнозов в целях охраны и рационального использования лесных ресурсов, обеспечивающих непрерывное и неистощительное лесопользование. XXI в. можно ожидать «веком окружающей среды» (по образному выражению Э. У. фон Вайцеккера), который пройдет под знаком экологического кризиса с более выраженными кризисными ситуациями, чем все предыдущие. Перед лицом подобного рода катаклизмов и Запад, и Восток будут вынуждены пересмотреть основу морального и политического мировоззрения в сторону примата экологии над экономикой [5], поэтому мониторинговая роль лесоустройства в будущем столетии будет, безусловно, неуклонно возрастать. Повсеместно организованная система лесного мониторинга как важнейшая составная часть общего экологического мониторинга позволит взять под контроль все основные изменения экологической обстановки под влиянием естественных и антропогенных (прямых и косвенных) причин и таким образом заранее предвидеть все возможные их последствия для принятия адекватных превентивных мер. Именно поэтому с 1995 г. в России ежегодно составляется доклад о состоянии лесов и их использовании по данным лесного мониторинга как современная информационная технология регистрации текущих изменений лесного фонда [4]. При этом можно считать, что информационно-методическая база лесного мониторинга «зидается на трех китах»: анализ массовых материалов лесоустройства; данные постоянных пробных площадей; аэрокосмический мониторинг. Поскольку использование постоянных пробных площадей в лесном мониторинге [10] и аэрокосмический мониторинг [1, 2, 11] уже описаны, то мы в своей статье сосредоточим внимание на использовании анализа массовых данных лесоустройства в мониторинговой работе лесопроектных организаций и проиллюстрируем

При этом мы предлагаем различать общий лесной мониторинг состояния лесных ресурсов и земель лесного фонда и частный лесной мониторинг, включающий все специальные виды: лесопожарный, лесопатологический, мониторинг состояния лесов в зонах радиоактивного заражения, технических загрязнений и т. д.

Кроме того, описаны частные виды лесного мониторинга: система лесопатологического мониторинга [7], использование баз данных таксационных описаний в лесной фитосоциологии [3], мониторинг лесов в условиях аэрального загрязнения [1] и т. д.

результаты проведенной нами многолетней работы на примере наиболее изученного в этом плане хозяйства Нижегородской области – Краснобаковского лесхоза-техникума.

В соответствии с современными требованиями глава проекта организации и развития лесного хозяйства в каждом предприятии должна представлять собой образец локального лесного мониторинга на базе данных лесоустройства. Для этого нужно проанализировать имеющиеся материалы по всем годам лесоустройства территории. Необходимо сделать выводы по следующим пунктам.

I. Анализ динамики процента лесистости территории; уменьшение лесистости неизбежно в конечном итоге ухудшает экологическую обстановку в районе.

1 и 2. Процентное соотношение коренных и производных древостоев. Резкое увеличение доли производных насаждений свидетельствует о серьезных нарушениях естественного лесообразовательного процесса, особенно если возрастает процент длительно- и устойчиво-производных растительных группировок.

3. Учет лесокультурных площадей позволяет оценить степень активного компенсирующего воздействия человека в ответ на ухудшение экологических условий путем, направленным на поддержание оптимального процента лесистости территории.

II. Анализ динамики процента не покрытых лесом земель.

1. Учет вырубок и гарей позволяет определить процент лесов, уничтоженных за исследуемое время прямым воздействием (рубки, пожары – лесопожарный мониторинг).

2. Учет площадей погибших насаждений дает возможность выявить процент лесов, деградировавших под влиянием косвенных факторов (нарушение экологических условий, популяционно-онтогенетические причины).

III. Анализ динамики нелесных земель.

1. Учет площадей болот позволяет проследить процессы заболачивания или, наоборот, осушения территории.

2. Через учет площадей песков в лесной зоне оценивается динамика эрозионно-аккумулятивных геоморфологических процессов.

3, 4, 5. Учет площадей пашен, сенокосов и пастбищ позволяет оценить степень экстенсивности прямого сельскохозяйственного воздействия на лес.

IV. Анализ динамики средних таксационных показателей основных лесобразующих пород.

1. Средний возраст по составляющим породам позволит сделать важный вывод о восстановительно-возрастной динамике лесов района. При нормальном развитии естественно-генетического ряда средний возраст должен быть в границах средневозрастной и приспевающей групп по каждой породе. Если средний возраст попадает в группу спелых и перестойных древостоев, значит, началась деградация лесной формации в исследуемом

районе, вытекающая из нарушения ее естественной возрастной структуры. Попадание среднего возраста в группу молодняков свидетельствует об интенсивном развитии данной лесной формации.

2. Средний класс бонитета как показателя производительности условий местопроизрастания по праву можно считать интегральным экологическим критерием при оценке лесорастительных условий. Снижение класса бонитета в возрасте спелости (V-VI классы возраста) свидетельствует об ухудшении экологической обстановки. Для универсальной сравнительной оценки класс бонитета устанавливается только по шкале М.М. Орлова также при работе с ранними лесоустроительными материалами при использовании имеющихся в них данных о среднем возрасте и средней высоте.

3. Динамика средних полнот по составляющим породам в возрасте спелости позволяет определить степень использования потенциальных биологических возможностей типов лесорастительных условий данного района. Снижение средней полноты менее 0,6 свидетельствует об утрате экологической устойчивости лесной формации, если она представлена в основном низкополнотными насаждениями.

4. Средний запас в возрасте спелости является интегральным критерием имеющейся биологической продуктивности лесов района.

V. Данные о динамике подроста используются для прогноза, позволяющего оценить его благонадежность по составляющим породам.

VI. Селекционно-генетическая оценка в процессе лесоустроительных работ используется для мониторинга биоразнообразия лесных экосистем, поскольку согласно программе «Биоразнообразие лесов России», принятой Всероссийским совещанием «Биологическое разнообразие лесных экосистем», одним из важнейших в лесах России следует признать генетическое разнообразие особей, определяющее индивидуальную изменчивость [6]. Поэтому при разработке мероприятий, направленных на поддержание биологического разнообразия, важнейшим моментом является создание систем генетических резерватов и охраняемых эталонных насаждений и участков (заповедники, заказники, памятники природы и т. п.) [6].

На конкретном примере Краснобаковского лесхоза-техникума Нижегородской области проиллюстрируем многолетние результаты мониторингового анализа массовых данных лесоустройства в качестве образца использования приведенной конкретной схемы оценки имеющихся показателей с важными для исследованного района экологическими выводами и прогнозами. Таким образом находит свою конкретную реализацию мониторинговая роль лесоустройства, столь важная для современной экологии. При этом анализ материалов лесоустройства в плане долгосрочной экологической экспертизы предпочтительнее и весомее анализа материалов других видов хозяйственного устройства территории (земельное, водное и пр.) хотя бы потому, что здесь мы имеем дело с самым длительно развивающимся во времени типом растительности. Тем более, что лесоустройство России уже имеет довольно богатый исторический опыт инвентаризационных

работ по примерно единым методикам оценки, а это дает возможность их аналитического сопоставления с достаточной степенью достоверности.

Лесоустройство Краснобаковского лесхоза-техникума в его нынешних границах в полном объеме проведено в 1956 г. Наиболее наглядно сопоставление данных с этого года, позволяющее с максимальной степенью достоверности проследить изменения в лесном фонде за 40-летний период (табл. 1, 2). Поскольку территория лесхоза-техникума довольно типична для Приветлужского пихтово-елового района подзоны хвойно-широколиственных лесов таежной зоны европейской части России, то ее в известной мере можно считать моделью для региональной мониторинговой работы лесоустройства.

Приветлужский пихтово-еловый лесорастительный район характеризуется преобладанием хвойно-мягколиственных насаждений с незначительным участием широколиственных пород. Главными лесобразующими

Таблица 1
Динамика лесного фонда по основным категориям земель

Категория земель	Год лесоустройства				
	1956	1965	1975	1985	1995
I. Покрытая лесом площадь	<u>35 222</u>	<u>36 280</u>	<u>37 377</u>	<u>37 601</u>	<u>37 230</u>
	83,7	86,1	89,1	89,6	88,4
1, а) Хвойные	<u>21 445</u>	<u>25 332</u>	<u>26 603</u>	<u>26 688</u>	<u>25 288</u>
	60,9	69,8	71,2	70,9	67,9
б) Твердолиственные	<u>172</u>	<u>231</u>	<u>193</u>	<u>173</u>	<u>172</u>
	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5
2. Мягколиственные	<u>13 605</u>	<u>10 717</u>	<u>10 581</u>	<u>10 740</u>	<u>11 770</u>
	38,6	29,6	28,3	28,6	31,6
3. Лесные культуры	<u>1 453</u>	<u>2 289</u>	<u>4 844</u>	<u>6 631</u>	<u>8 533</u>
	3,4	5,4	11,6	15,8	20,3
II. Не покрытые лесом земли					
1. Гари и погибшие насаждения	<u>9</u>	<u>172</u>	<u>64</u>	<u>77</u>	<u>216</u>
	-	0,4	0,2	0,2	0,5
III. Нелесные земли					
1. Болота	<u>614</u>	<u>619</u>	<u>349</u>	<u>784</u>	<u>1 427</u>
	1,5	1,5	0,8	1,9	3,4
2. Пески	<u>115</u>	<u>117</u>	<u>95</u>	<u>57</u>	<u>4</u>
	0,3	0,3	0,2	0,1	-
3. Пашни	<u>62</u>	<u>39</u>	<u>17</u>	<u>11</u>	<u>8</u>
	0,1	0,1	-	-	-
4. Сенокосы	<u>1 269</u>	<u>1 013</u>	<u>935</u>	<u>783</u>	<u>297</u>
	3,0	2,4	2,2	1,9	0,7
5. Пастбища	<u>89</u>	<u>107</u>	<u>86</u>	<u>70</u>	<u>21</u>
	0,2	0,3	0,2	0,2	-

Примечание. В числителе – га, в знаменателе – %. Прочерк в знаменателе стоит в тех случаях, когда данная категория земель составляет в лесном фонде только сотые доли процента.

Таблица 2

**Динамика средних таксационных показателей
основных лесообразующих пород**

Порода	Год лесостройства	Средние				Порода	Год лесостройства	Средние			
		возраст, лет	класс бонитета	полнота	запас в возрасте спелости, м ³ /га			возраст, лет	класс бонитета	полнота	запас в возрасте спелости, м ³ /га
Сосна	1956	51	II,3	0,71	225	Береза	1956	29	II,0	0,72	192
	1965	44	II,0	0,68	231		1965	30	I,5	0,72	206
	1975	44	II,0	0,70	255		1975	37	I,5	0,75	204
	1985	52	II,0	0,70	252		1985	44	I,6	0,75	213
	1995	55	I,8	0,68	229		1995	52	I,4	0,74	239
Ель	1956	77	II,1	0,62	230	Осина	1956	23	I,8	0,72	234
	1965	64	I,8	0,67	254		1965	25	I,5	0,77	249
	1975	75	II,0	0,68	275		1975	29	I,7	0,79	266
	1985	70	II,0	0,65	275		1985	40	I,5	0,77	259
	1995	57	II,0	0,63	268		1995	49	I,3	0,78	295
Пихта	1956	90	I,6	0,56	197	Ольха черная	1956	31	III,4	0,67	168
	1965	49	I,8	0,70	190		1965	28	II,2	0,66	116
	1975	61	I,8	0,72	237		1975	38	II,7	0,68	108
	1985	89	I,5	0,55	240		1985	43	II,7	0,63	97
	1995	93	I,5	0,57	255		1995	50	II,8	0,60	154
Дуб низкоствольный	1956	19	III,1	0,69	-	Липа	1956	15	II,1	0,69	-
	1965	39	III,3	0,62	167		1965	16	II,6	0,73	-
	1975	45	III,0	0,65	150		1975	14	II,6	0,73	-
	1985	59	III,1	0,62	142		1985	13	II,3	0,73	-
	1995	70	II,9	0,65	199		1995	16	II,3	0,84	-

породами являются сосна, ель, пихта, береза, осина, ольха. В числе подлесочных пород чаще встречаются липа, можжевельник, ракатник русский, реже черемуха и по поймам рек и речек ива, смородина.

Из табл. 1, 2 можно сделать следующие выводы.

Динамика процента лесистости территории (табл. 1, п. I) колебалась в допустимых пределах. С 1956 г. по 1985 г. несколько увеличился процент лесистости за счет возрастающего производства лесных культур (п. I. 3), зарастания части сельхозугодий (п. III. 3, 4, 5) и временных лесных дорог, утративших свое значение, а также мелиорации и облесения песков (п. III. 2). Однако к 1995 г. по сравнению с 1985 г. площадь покрытых лесом земель сократилась на 371 га (п. I). Это произошло в результате общего повышения уровня грунтовых вод, вызванного созданием ряда искусственных водохранилищ, и подтопления насаждений, произрастающих в мокрых местах. При этом увеличилась площадь болот (п. III. 1), погибших насаждений (п. II. 1) и невозобновившихся вырубок. Ввиду отсутствия спроса и ухода за сельхозугодьями площадь их прогрессирующе последовательно сокраща-

лась, начиная с 1956 г. (п. III. 3, 4, 5). Площадь водного зеркала территории постепенно уменьшалась за счет обмеления малых рек и водоемов.

Доля хвойных насаждений увеличилась (п. I. 1, а) за счет интенсивного производства лесных культур (п. I. 3). Сокращение процента хвойных древостоев за ревизионный период 1985–1995 гг. (п. I.1, а) явилось следствием действия новой лесоустроительной инструкции 1995 г.* Некоторое увеличение доли мягколиственных (п. I. 2) объясняется также тем, что основная часть вырубок, в основном еловых, возобновилась со сменой хвойных пород, главным образом на березу, так как площадь под осиной снизилась.

В целях выявления тенденции к смене пород лесоустройством проведен анализ соотношения хвойных и лиственных древостоев по формуле и шкале (табл. 3), приведенным в «Инструкции о порядке ведения государственного учета лесов» (1982):

$$I_{\text{сп}} = P_{\text{мл}}/P_{\text{сп}},$$

где $I_{\text{сп}}$ – интенсивность смены пород;

$P_{\text{мл}}$ – доля мягколиственных насаждений, % от общей площади спелых и перестойных ($P_{\text{сп}}$).

По Краснобаковскому лесхозу-техникуму $I_{\text{сп}} = \frac{17,9}{47,7} = 0,37$, что сви-

детельствует о быстром улучшении породного состава.

Анализируя динамику средних таксационных показателей основных лесобразующих пород по табл. 2, можно выполнить их популяционный анализ [9]. Сосна, ель**, береза, осина, ольха черная представлены в настоящее время на исследованной территории популяциями нормального типа; пихта и дуб*** – регрессивного; липа – инвазионного типа. Отсюда

* Изменение в распределении лесного фонда по преобладающим породам в сторону увеличения доли мягколиственных пород (п. I. 2) за межучетный период 1985–1995 гг. вызвано соотношением хвойных, твердолиственных и мягколиственных пород по суммарному коэффициенту хозяйства, который по действующей с 1995 г. новой лесоустроительной инструкции для средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных насаждений равен 5, а в молодняках, кроме лесных культур, – 4.

** Ель имеет тенденцию перехода в популяцию регрессивного типа, так как средний возраст ельников колебался вблизи возраста спелой группы (табл. 2).

*** Состояние дубрав Волжского бассейна подробно описано нами ранее [8]. Наши выводы полностью подтверждаются на конкретном примере Краснобаковского лесхоза-техникума (табл. 2).

Таблица 3

Шкала выявления динамики породного состава насаждений

$I_{сп}$	Темп положительного изменения породного состава насаждений	$I_{сп}$	Темп отрицательного изменения породного состава насаждений
1,0...0,9	Медленное улучшение	1,1...1,2	Медленное ухудшение
0,8...0,6	Средний темп улучшения	1,3...2,0	Средний темп ухудшения
$\leq 0,5$	Быстрое улучшение	$\geq 2,1$	Быстрое ухудшение

следует, что в будущем возможна сукцессионная смена пихто-ельников и дубрав липняками, если вовремя не остановить эту негативную тенденцию своевременными адекватными лесохозяйственными мероприятиями.

На основании сделанных выводов лесоустройство предлагает следующие направления в улучшении лесного фонда.

1. Организация хозяйства по принципу непрерывного, неистощительного и рационального лесопользования.

2. Сокращение сроков выращивания спелой древесины хвойных пород за счет проведения прогрессивных выборочных и постепенных рубок, рубок переформирования и обновления.

3. Улучшение качественного состава лесов через лесовосстановление не покрытых лесом земель и реконструкцию малоценных и низкополнотных молодняков искусственным путем на селекционной основе.

4. Ускорение процесса лесовосстановления благодаря сохранению хвойного подроста.

5. Своевременное и качественное проведение санитарных рубок, комплекса профилактических лесозащитных мероприятий.

6. Выполнение и совершенствование противопожарного устройства лесов.

7. Ориентирование промышленных цехов на максимальное использование мягколиственных пород.

8. Хозяйственное использование недревесных полезных лесов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бутусов О.В., Виноградов В.В., Степанов А.М. Космический мониторинг мягколиственных лесов Южного Урала в условиях аэриального загрязнения // Лесоведение. - 1996. - № 3. - С. 16-27. [2]. Виноградов В.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. - М., 1984. - 325 с. [3]. Заугольнова Л.Е., Хайина Л.Г. Опыт разработки и использования баз данных в лесной фитоценологии // Лесоведение. - 1996. - № 1. - С. 76-83. [4]. Кукуев Ю.А. Требования к лесоустройству в современных условиях // Лесн. хоз-во. - 1995. - № 4. - С. 34-36. [5]. Лебус К.-Ю. Искусство, критически отражающее проблемы окружающей среды // Зеленый мир. - 1997. - № 1 (236). - С. 10-11. [6]. Мамаев С.А., Махнев А.К. Проблемы биологического разнообразия и его поддержания в лесных экосистемах // Лесоведение. - 1996. - № 5. - С. 3-10. [7]. Мозолевская Е.Г. Система лесопатологического мониторинга в лесах России // Лесн. хоз-во. - 1995. -

№ 5. - С. 2-4. [8]. Невидомов А.М. Состояние пойменных дубрав Волжского бассейна // Лесоведение. - 1996. - № 6. - С. 3-15. [9]. Работнов Т.А. Фитоценология. - М., 1983. - 296 с. [10]. Рысин Л.П. Использование постоянных пробных площадей в лесном мониторинге // Лесн. хоз-во. - 1995. - № 3. - С. 33-35. [11]. Сухих В.И. Комплексный ресурсный и экологический мониторинг лесов // Лесн. хоз-во. - 1995. - № 1. - С. 5-7.

Поступила 30 августа 1997 г.

УДК 630*242:65.011.54

Л.Н. ПРОХОРОВ, В.Ф. ЗИНИН, Н.В. БОНДАРЕНКО

ВНИИЛМ

Прохоров Леонид Николаевич родился в 1933 г., окончил в 1957 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора ВНИИЛМа по научной работе, начальник ЦОКБлсхозмаш, член-корреспондент РАЕН, заслуженный машиностроитель РФ. Имсет 114 печатных работ по вопросам энергетики, механизации лесовосстановления, рубок ухода, рациональной эксплуатации МТП и др.



Зинин Владислав Федорович родился в 1942 г., окончил в 1969 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией механизации рубок ухода и энергетики ВНИИЛМа, заслуженный изобретатель РФ. Имеет 104 печатные работы в области обоснования параметров рабочих органов и конструкций машин для облесения овражно-балочных систем и рубок ухода за лесом.



Бондаренко Николай Владимирович родился в 1947 г., окончил в 1972 г. Всесоюзный заочный институт железнодорожного транспорта, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории механизации и энергетики ВНИИЛМа. Имеет 29 печатных работ по вопросам разработки дистанционных и электрогидравлических систем управления манипуляторной техники для рубок ухода за лесом.



К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ЭНЕРГО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ НОЖЕВЫХ СРЕЗАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

На примере ножевого срезающего устройства машины для прореживания лесных культур МПК-3 даны теоретические предпосылки и приведены основные формулы для обоснования и управления процессом срезания деревьев при гидравлическом источнике энергии.

Based on the shearing unit of the machine used for thinning forest cultures МПК-3 the theoretical prerequisites are presented and the main formulas are given for substantiating and managing the process of shearing trees under the hydraulic energy source.

Рубки ухода за лесом включают в себя ряд технологических операций, одной из которых является подготовка технологических коридоров (ТК). Для проведения этой операции в молодых насаждениях (на стадии последних прочисток и первых прореживаний) ученые ВНИИЛМа разработали специальную машину МПК-3, которая представляет собой съемное технологическое оборудование, монтируемое на трелевочном тракторе ТДТ-55А [5]. Основными узлами машины являются: подвижное телескопическое звено (ПТЗ), срезающее устройство с зажимными рычагами, наклонный лоток и система привода и управления рабочими органами. Кроме подготовки ТК, данной машиной можно проводить сплошное удаление древесной растительности (деревьев) в междурядьях лесных культур, а также селективную выборку деревьев из рядов и удаление рядов в загущенных культурах.

Наиболее нагруженным узлом в конструкции машины является срезающее устройство (СУ), которое установлено на конце ПТЗ. По типу СУ является ножевым, а по принципу действия «ножничным». Упрощенно СУ представляет собой поперечную балку 9 (рис. 1) с шарнирно закрепленными на ее концах рычагами 4 и 11. Задние концы рычагов шарнирно соединены с глухой 6 и выдвижной 8 цапфами гидроцилиндра (ГЦ) 7, передние с левым 2 и правым 12 держателями плоских ножей 1 и 13. Для обеспечения относительно плоскопараллельного перемещения режущих кромок ножей держатели задними концами шарнирно соединены короткими рычагами 3 и 10 с поперечной балкой 9.

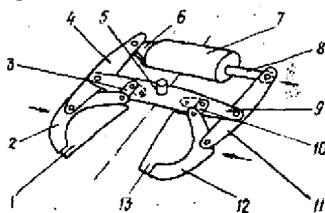


Рис. 1. Упрощенная схема СУ

В качестве энергоблока для привода СУ используют штатную гидросистему трактора, включающую шестеренный насос, гидрораспределитель и гидробак. Для управления СУ в кабине трактора устанавливается дополнительный гидрораспределитель (ГР). Гидравлическая схема привода СУ показана на рис. 2. Вход 3 ГР 1 соединен с напорной магистралью гидросистемы трактора, а выход 4 – с поршневой полостью 6 ГЦ.

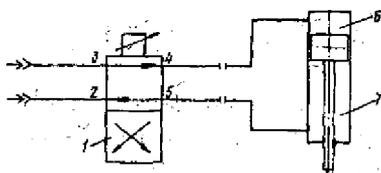


Рис. 2. Гидравлическая схема привода СУ

При этом выход 5 ГР соединен со штоковой полостью ГЦ, а вход 2 – со сливной магистралью гидросистемы трактора.

Кинематическую схему СУ можно представить, ограничившись одной ее половиной, как показано на рис. 3. При проектировании и расчете ножевых СУ необходимо учитывать не только энергосиловые, но и временные параметры процесса резания. Это позволит качественно оценить оптимальность конструкции СУ и его надежность.

Энергосиловые и временные параметры достаточно полно рассмотрены в теории робототехнических устройств [4]. Для их определения используют системы нелинейных дифференциальных уравнений, которые решают численными методами, заменяя реальные нелинейные зависимости первыми членами их разложения в ряд Тейлора.

При решении прикладных (практических) задач управления двухсторонним гидроприводом желательно, на наш взгляд, применять общие решения уравнений гидропривода в аналитической форме, легко доступной для инженерных расчетов.

Наиболее близка к поставленной цели теория гидравлических импульсных систем (ГИС) [3]. В ней расчет закрытых гидросистем с подвижным элементом (поршень ГЦ) ведется по волновым уравнениям с учетом граничных условий у нагрузки. Под нагрузкой в ГИС понимается элемент, преобразующий потенциальную и кинетическую энергию импульса в импульс силы (в нашем случае силы резания).

Форму входного гидроимпульса, т. е. функцию изменения во времени давления в поршневой полости ГЦ привода, принимают исходя из характера источника входного давления и конструкции управляющего элемента – гидрораспределителя (ГР). Согласно ГИС давление в поршневой полости ГЦ для схемы с источником постоянного давления и генерированием импульса открывающимся золотником ГР в системе с нагрузкой упругого сопротивления можно определить по формуле

$$p_{1(t)} = p_{01} (1 - e^{-t/\tau}), \quad (1)$$

где $p_{1(t)}$ – текущее давление в поршневой полости ГЦ;

t – текущее время;

p_{01} – максимальное расчетное давление в напорной магистрали;

τ – постоянная времени наполнения объема напорной магистрали.

Последний параметр находят из конкретных конструктивных параметров напорной магистрали:

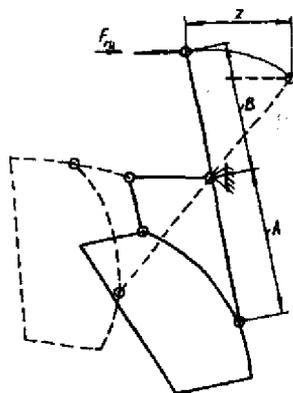


Рис. 3. Кинематическая схема СУ

$$\tau = \frac{40,8\mu l Q}{d^4 \Delta p_n}, \quad (2)$$

где μ – динамическая вязкость рабочей жидкости;
 l – длина трубопровода напорной магистрали;
 d – внутренний диаметр трубопровода;
 Q – расчетный расход жидкости за период одного реза (на практике принимается по производительности насоса трактора);
 Δp_n – расчетное (экспериментальное) значение скорости изменения давления в напорной магистрали в процессе ее наполнения.

Подставляя в формулу (2) конструктивные параметры машины МПК-3 ($l = 6$ м; $d = 0,012$ м; $Q = 1,2$ л/с; $\Delta p_n = 100$ МПа/с) и используя справочные данные [1] для μ , получаем

$$\tau = \frac{40,8 \cdot 0,54 \cdot 10^{-5} \cdot 600 \cdot 1200}{(1,2)^4 \cdot 1000} \approx 0,04 \text{ с.}$$

Цифровые значения параметров в эту формулу удобнее подставлять в системе СГС, так как значение μ определено через кинематическую вязкость жидкости ν , задаваемую в справочниках в сантистоксах (в СИ – $\text{м}^2/\text{с}$, $1 \text{ Ст} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$).

Продолжительность формирования полного входного гидроимпульса (t_n) согласно теории ГИС равна утроенному значению параметра τ . Таким образом, продолжительность формирования полного входного гидроимпульса не превысит 0,12 с. По теории ГИС значение t_n сравнивают с отношением $2l/\nu$, где ν – скорость распространения гидроволны в напорной магистрали.

Значение ν определим по известной формуле [1]

$$\nu = \frac{1}{\sqrt{\rho_0 / E_{ж} + \rho_0 d / \delta E_{\tau}}}, \quad (3)$$

где ρ_0 – плотность рабочей жидкости;
 $E_{ж}$, E_{τ} – модуль упругости рабочей жидкости и материала трубопровода;
 δ – толщина стенки трубопровода.

Используя конкретные значения параметров рассматриваемого СУ ($\rho_0 = 900$ $\text{кг}/\text{м}^3$; $E_{ж} = 1400$ МПа; $d = 0,012$ м; $E_{\tau} = 2 \cdot 10^5$ МПа; $\delta = 0,003$ м), получаем $\nu \approx 1240$ м/с и $2l/\nu \approx 0,01$ с.

Таким образом, $t_n \gg 2l/\nu$. Это означает, что необходимо рассматривать переходные процессы, изменяющие вторую фазу основного гидроимпульса, в данном случае его постоянную часть. Рассмотрим вначале входное давление от насоса как пульсирующую величину с вынужденной частотой ω_0 . Амплитуда пульсаций определяется конструктивными и энергетическими характеристиками насоса и напорной системы:

$$\Delta p_v = \frac{\Delta p_{vx}}{r_k \omega_0 c} \sin(\omega_0 t + \Psi + \varphi), \quad (4)$$

где Δp_v – текущая амплитуда вынужденных колебаний (пульсаций) давления во второй фазе гидроимпульса);

Δp_{vx} – абсолютное значение амплитуды вынужденных колебаний (пульсаций);

r_k – полное волновое сопротивление напорной магистрали;

c – гидродинамическая емкость напорной магистрали;

Ψ – начальная фаза для текущей амплитуды давления (определяемая положением шестерен в насосе);

φ – фазовый сдвиг между собственными и вынужденными колебаниями в гидросистеме.

В момент включения ГР в напорной магистрали начинается переходный процесс с появлением собственных колебаний массы жидкости, подключенной системы с частотой ω . В результате сопротивления системы эти колебания по теории ГИС затухают по экспоненте. Амплитудный их характер Δp_c аналогичен (4), но добавляется сомножитель $e^{-\gamma t}$, где γ – декремент затухания собственных колебаний системы.

Практический интерес представляет собой наиболее неблагоприятный для гидросистемы СУ случай, когда имеет место резонанс: $\omega_0 = \omega$, и вынужденные и собственные колебания однофазны в течение всего переходного периода. В этом случае

$$\Delta p_{\Sigma} = \Delta p_v + \Delta p_c = \frac{\Delta p_{vx}(1 + e^{-\gamma t})}{r_k \omega_0 c} \sin \omega t, \quad (5)$$

где $\gamma = r/2M$.

Значения r_k , согласно теории ГИС, определяют по формуле

$$r_k = \sqrt{r^2 + (\omega M - 1/\omega c)^2}, \quad (6)$$

где M – масса жидкости в напорной магистрали;

r – гидросопротивление напорной магистрали (определяется первым сомножителем выражения (2));

$c = Q/\Delta p_n$.

Значения Δp_{vx} определяют через амплитудный коэффициент пульсации [2] по формуле

$$\Delta p_{vx} = p_{01} \cdot 1,25 \cos^2 \alpha / k, \quad (7)$$

где α – угол зацепления зуба шестерни насоса (обычно $\alpha = 20^\circ$);

k – число зубьев шестерни насоса (для данного СУ $k = 12$).

Анализ формул (5)-(7) с конкретными параметрами СУ показал, что даже при совпадении частот вынужденных и собственных колебаний этот процесс не окажет значительного влияния на энергетическую характеристику основного гидроимпульса. Причиной являются достаточно высокая час-

тота вынужденных колебаний (более 200 Гц) и небольшая амплитуда колебаний (менее 0,1 МПа) при длительности затухания менее 1,3 с. Таким образом, влияние вынужденных и вызванных ими собственных колебаний рабочей жидкости в напорной магистрали можно не учитывать.

Рассмотрим влияние отраженной гидроволны на характер изменения основного гидроимпульса. Представим напорную систему СУ как управляющий элемент (ГР), соединяющий источник давления (насос) с замкнутым гидроприводом, в конце которого размещена полость с плоской перегородкой (поршнем), которая «подпружинена» через рычаг упругой средой (деревом).

Единичный гидроимпульс, образующийся при смещении (открытии) золотника ГР, «пробегает» по трубопроводу и наталкивается на плоскость поршня. Образующаяся при этом отраженная волна накладывается на основной гидроимпульс, искажая его форму в той или иной степени. В данном случае под термином «волна» подразумеваются собственные затухающие колебания, вызванные отраженным гидроимпульсом. А амплитуда отраженной волны зависит от согласования сопротивления трубопровода и сопротивления нагрузки, т. е. степени подвижности поршня ГЦ.

Амплитуду отраженной волны и характер её затухания можно определить по формуле

$$P_{\text{отр}(t)} = p_{\text{вх}} i_n e^{-\gamma_1 t} \sin(\omega_1 t_1 + \psi_0), \quad (8)$$

где i_n – коэффициент передачи амплитуды отраженной волны;

γ_1 – декремент затухания колебаний;

ψ_0 – начальная фаза колебаний;

ω_1 – частота собственных колебаний в отраженной волне;

t_1 – текущая координата времени от начала образования отраженной волны.

Анализ этой зависимости показывает, что амплитуда становится максимальной сразу после формирования «отражения» основного гидроимпульса (при $t_1 = 0$) и при наибольшем значении i_n , которое может достигнуть единицы. В этом случае начальная амплитуда гидроимпульса вдвое превышает амплитуду основного гидроимпульса, что может представить угрозу для безопасной (надежной) эксплуатации СУ. Исключить это явление в значительной мере можно в реальной конструкции, заложив в нее определенный свободный ход поршня ГЦ при предельном диаметре срезаемого дерева. Это позволяет существенно снизить значение i_n в начальный момент движения, так как поршень становится подвижным без большого начального сопротивления.

На рис. 4 представлены характеристики входных гидроимпульсов с наложением на них отраженной волны для реального СУ. Сплошная линия показывает изменение p_1 во времени для максимального диаметра срезаемого дерева, штриховая – для минимального. Отрезки $\theta - I$ и $\theta - I'$ отражают характер нарастания основной фазы гидроимпульсов (без наложения отра-

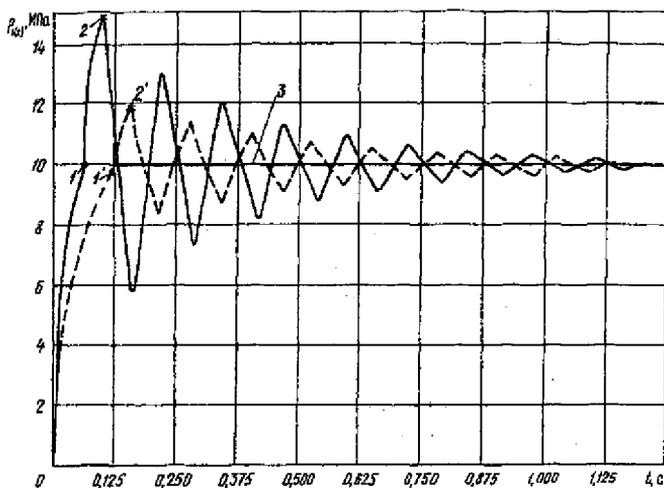


Рис. 4. Расчетные характеристики гидроимпульса в ГЦ с наложением отраженной волны

женной волны) соответственно для D_{\max} и D_{\min} ; кривые 1 — 2 и 1' — 2' — фронты первых гармоник колебаний отраженной волны. Необходимо отметить, что характер основного гидроимпульса (без наложения) отражался бы в обоих случаях прямой линией 3. Однако отраженная волна в течение периода своего затухания (примерно 1,3 с) придает второй фазе гидроимпульса (после точек 1 и 1') характер экспоненциально-затухающей синусоиды. При этом первичная амплитуда гидроимпульса в конкретно рассматриваемом СУ возрастает в первом случае на 52 % (D_{\max}), во втором на 19 % (D_{\min}).

Эффект наложения может быть использован при разработке СУ и как положительный фактор, значительно повышающий начальное усилие реза и обеспечивающий «кинетический» разгон ножей СУ до момента реза. Необходимо лишь предусмотреть эти процессы, используя не слишком высокое $p_{\text{вх}}$, обеспечив достаточную прочность системы и, что очень важно, высокую частоту собственных колебаний ω_1 в отраженной волне (желательно более 20 Гц). Только в этом случае колебания амплитуды отраженной волны практически не скажутся на скорости движения ножа в срезаемой древесине.

Учитывая сказанное, примем далее, что характер изменения основного гидроимпульса выражается двумя зависимостями:

$$p_{1(t)} = \begin{cases} p_{01}(1 - e^{-t/\tau_1}) & \text{при } 0 \leq t \leq 3\tau; \\ p_{\text{вх}} i_n e^{-\gamma_2 t} \sin \omega t & \text{при } 3\tau \leq t \leq t_n; \end{cases} \quad (9)$$

где τ_1 — постоянная времени для напорной магистрали СУ для МПК-3;

γ_2 — декремент затухания колебаний отраженной волны, определяемый частным $r/2M$;

$$i_n = p_{01}/r_k \omega_1 c. \quad (10)$$

Исходя из принятых допущений составим по схеме на рис. 3 уравнение для определения движения поршня (и ножа) СУ в процессе единичного реза:

$$\frac{md^2z}{dt^2} = p_{1(t)} S_1 - p_{2(t)} S_2 - R_{\text{сопр}(t)} - R_{\text{тр}}, \quad (11)$$

- где m – приведенная масса подвижных деталей СУ;
 z – текущая координата перемещения ножа СУ;
 t – текущая координата времени реза от его начала;
 S_1 – эффективная площадь поршня со стороны активной поршневой полости ГЦ;
 $p_{2(t)}$ – текущее значение давления в штоковой полости ГЦ;
 S_2 – эффективная площадь поршня со стороны штоковой полости ГЦ;
 $R_{\text{сопр}(t)}$ – функция, описывающая меняющееся сопротивление резу со стороны дерева;
 $R_{\text{тр}}$ – функция, описывающая сопротивление трению в подвижных узлах СУ.

При составлении уравнения (11) и в дальнейших расчетах принимали следующие допущения:

температура и плотность жидкости во время рассматриваемых процессов не изменяются;

перетечки между полостями гидроцилиндра пренебрежительно малы;

движение рабочей жидкости в трубопроводах и полостях ГЦ происходят в ламинарном режиме.

Противодавление, т. е. первое вычитаемое в уравнении (11), легко определить, представив, что на сливную магистраль со штоковой полостью воздействует через поршень экспоненциальный импульс давления. Действие такого импульса аналогично подключению полости 7 (см. рис. 2) сливной магистрали к источнику давления с $p_{\text{вх}} = \text{const}$, а затем – отключению его и замыканию выхода сливной магистрали на систему с бесконечно большим объемом.

В этом случае давление в сливной магистрали с момента воздействия первичного импульса возрастает по закону

$$p_{2(t)} = p_{02}(1 - e^{-t/\tau_2}) \text{ при } 0 < t < 3\tau_2, \quad (12)$$

где p_{02} – входное давление предполагаемого источника давления (принимаяем $p_{02} \approx p_{01}$);

τ_2 – постоянная времени для сливной магистрали.

Последний параметр определяется соотношением

$$\tau_2 = \frac{M_1 d_1^4}{\lambda 40,8 l_2 \mu}, \quad (13)$$

где M_1 – масса рабочей жидкости в сливной магистрали;

d_1, l_2 – средний диаметр и длина трубопровода сливной магистрали;

λ – приведенный коэффициент для местных сопротивлений трубопровода и самой магистрали.

При замыкании сливной магистрали на систему с бесконечно большим объемом (т. е. переключении ГР на слив) имеем

$$p_{2(t)} = p_{02} e^{-t/\tau_3} \quad \text{при } \tau_2 \leq t \leq 3\tau_3, \quad (14)$$

где τ_3 – постоянная разряда сливной системы, $\tau_3 = M_1/c_1$;

c_1 – гидродинамическая емкость сливной магистрали.

Таким образом, характер изменения $p_{2(t)}$ можно записать в виде

$$p_{2(t)} = \begin{cases} p_{02}(1 - e^{-t/\tau_2}) & \text{при } 0 \leq t \leq 3\tau_2; \\ p_{02}e^{-t/\tau_3} & \text{при } 3\tau_2 \leq t \leq 3\tau_3. \end{cases} \quad (15)$$

Итак, временные зависимости для гидроимпульсов (входного и противодавления) в дифференциальном уравнении (11) удалось выразить в чисто экспоненциальном виде, что позволит далее легко их интегрировать.

Многочисленные экспериментальные исследования других авторов и наши измерения позволили аппроксимировать нарастание сопротивления при внедрении плоских ножей в древесину дерева в процессе реза следующей зависимостью:

$$R_{\text{сопр}(t)} = K_p D_{\text{max}} B/A (1 - e^{-0,06D}), \quad (16)$$

где K_p – коэффициент пропорциональности, учитывающий конструктивные особенности конкретного СУ;

B/A – соотношение плеч рычагов (см. рис. 3), характеризующее передаточное число рычажной передачи от гидроцилиндра к ножам.

Для конкретного СУ отношение B/A должно быть дополнено зависимостью, учитывающей его изменение в процессе реза из-за введения в конструкцию дополнительных связей (короткие рычаги 3 и 10 на рис. 1)

Годограф механизма, снятый с натурального образца СУ, позволил аппроксимировать изменение B/A (т. е. i_m) в процессе реза зависимостью

$$i_m \approx B/A(1,1 - 0,016z_1), \quad (17)$$

где z_1 – текущая координата глубины внедрения ножа в древесину срезаемого дерева.

Сила трения в подвижных соединениях СУ аппроксимируется, как правило, полиномом второй степени [2] через первую и вторую степень скорости движения поршня ГЦ. Однако проведенные исследования на натурном и макетном образцах СУ рассматриваемого типа позволили принять для практических расчетов $R_{\text{тр}}$ на уровне 8 % от текущего значения усилия гидродвигателя (ГЦ).

С учетом всего приведенного дифференциальное уравнение (11) для СУ примет вид

$$mz'' = p_{01}S_1[(1 - e^{-t/\tau_1}) + i_n e^{-\gamma_2 t}] - p_{02}S_2[(1 - e^{-t/\tau_2}) + e^{-t/\tau_3}] - k_{pm}D_{max} \times (1 - e^{-t/0,06D}) - R_{тр} \quad (18)$$

где D, D_{max} – текущий и максимальный диаметры срезаемого дерева;

$$R_{тр} \approx 0,08 \{p_{01}S_1[(1 - e^{-t/\tau_1}) + i_n e^{-\gamma_2 t}] - p_{02}S_2[(1 - e^{-t/\tau_2}) + e^{-t/\tau_3}]\}. \quad (19)$$

Представленная форма дифференциального уравнения движения поршня ГЦ (и ножа СУ) отображает временной характер изменения ускорения их движения в процессе реза.

Интегрирование обеих частей уравнения с делением правой части на m позволяет получить формулу для расчета скорости движения ножа СУ в процессе реза:

$$z' = \frac{p_{01}S_1[(1 - \tau_1 e^{-t/\tau_1}) + i_n / \gamma_2 e^{-\gamma_2 t} \cos \omega t] - p_{02}S_2[(1 - \tau_2 e^{-t/\tau_2}) + \tau_3 e^{-t/\tau_3}] - k_{pm}i_m D(1 - 0,06De^{-t/0,06D}) - R_{тр}}{m} \quad (20)$$

Графики скорости движения ножа СУ приведены на рис. 5.

Сплошная кривая отображает характер изменения скорости внедрения ножа в древесину при максимальном диаметре срезаемого дерева 24 см, штриховая – при минимальном 8 см. Вертикаль I разделяет весь период реза на зоны свободного хода ножей (до внедрения в древесину) – слева и зону упругого сопротивления (движение ножа в древесине) – справа от I .

«Провал» в характеристиках $z'(t)$ на участках $1 - 2$ и $1' - 2'$ обусловлен резким нарастанием противодавления в штоковой полости ГЦ в начале движения поршня (и ножей).

Последующие резкие нарастания скоростей движения ножа (участки $2 - 3$ и $2' - 3'$) вызваны наложением первого фронта отраженной волны на основной гидроимпульс (см. рис. 4). А следующие за точками 3 и $3'$ высокочастотные затухающие колебания – следствие собственных колебаний

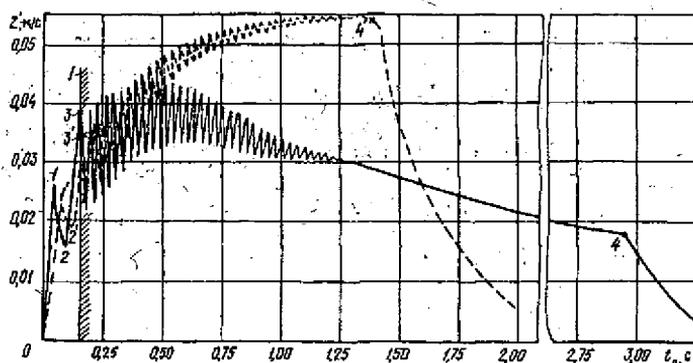


Рис. 5. Расчетные характеристики для скорости движения ножа СУ при D_{min} и D_{max}

в массе рабочей жидкости нагнетательной магистрали, после воздействия отраженной волны. Отрезки кривых после точек 4 и 4' (резкий спад скорости) соответствуют моменту окончания реза. Необходимо отметить, что оптимальной представляется зависимость $z'(t)$ «трапециевидного» характера с крутым линейным передним фронтом нарастания скорости (без провалов) на участке 0 – 3; с постоянной величиной на участке 3 – 4 и круто падающей после точки 4.

Таким образом, не претендуя на полноту решений рассматриваемых вопросов, по предложенной методике можно: оптимизировать параметры гидропривода СУ на стадии проектирования или при эксплуатации посредством подбора соотношения внутренних диаметров системы гидропривод – гидрораспределитель – гидроцилиндр; обосновать протяженность гидролиний с учетом потерь на сопротивление; определить оптимальные перемещения золотника ГР; рассчитать усилие резания при внедрении ножей СУ в ствол дерева, характер изменения их скорости и ускорения перемещения в любой момент времени реза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода: Справочник. - Киев: Техника, 1969. - 320 с. [2]. Коваль П.В. Гидропривод горных машин. - М.: Недра, 1967. - 387 с. [3]. Могендович Е.М. Гидравлические импульсные системы. - Л.: Машиностроение, 1974. - 216 с. [4]. Пневматика и гидравлика. Приводы и системы управления: Сб. науч. стат. / Под ред. Е.В. Герц. - М.: Машиностроение, 1990. - Вып.15. - 271 с. [5]. Прохоров Л.Н., Зинин В.Ф. Новый комплекс машин для прореживания с заготовкой древесины // Лесн. хоз-во. - 1997. - № 1. - С.45-47.

Поступила 30 августа 1997 г.

УДК 630*187.

В.С. ПИСАНОВ

Дарвинский государственный заповедник

Писанов Виктор Сергеевич родился в 1938 г., окончил в 1973 г. Московский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Дарвинского государственного заповедника (Вологодская область). Имеет более 30 печатных работ в области изучения динамики антропогенных лесов, экологического мониторинга.



ЭТАПЫ И ТЕМПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОСНЯКОВ ЛИШАЙНИКОВО-ЗЕЛЕНОМОШНЫХ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩА

Показаны изменения в лишайниково-зеленомошных сосняках под влиянием водохранилища. Установлены типы-этапы, характеризующие новые временные периоды в развитии исходного типа и высокие темпы изменений. При изучении процессов в подтопляемых лесах использованы принципы динамической типологии И.С. Мелехова.

The changes in lichen-and-green moss pine stands under the influence of water storage basin are demonstrated. The types-stages are determined that characterize new temporary periods in the development of the base type and high rates of changes. The principles of dynamic typology by I.S. Melekhov are used when studying the processes in underflooded forests.

Среди лесов Дарвинского заповедника, произрастающих в условиях влияния Рыбинского водохранилища, на долю суходольных приходится менее 20 % покрытой лесом площади. Лишайниково-зеленомошные сосняки, входящие в наиболее ксерофитную лишайниковую группу, занимают менее 1 %, причем доля этих лесов постоянно сокращается.

До образования водохранилища лишайниково-зеленомошные леса росли вдоль речных долин по высоким берегам. Сейчас некоторые участки выходят непосредственно к берегу водохранилища, испытывая его прямое влияние [1], при этом колебания уровня грунтовых вод (УГВ) повторяют изменения уровня водохранилища. Со стороны водораздела к таким лесам подходят заболачивающиеся и заболоченные сфагновые сосняки, что создаст своеобразный режим почвенно-грунтового увлажнения.

Объектом данного исследования явились лишайниково-зеленомошные сосняки, представленные восемью пробными площадями. Три из них (№ 14, 15, 19) были заложены А.М. Леонтьевым в 1946 г., две (№ 27, 33) – при лесоустройстве 1955 г., еще три (№ 38, 47, 50) – К.А. Кудиновым в 1962 г. Наиболее полное описание основных компонентов типа леса было выполнено А.М. Леонтьевым в год закладки пробных площадей, а в 1960 г. А.А. Успенская провела на них почвенные исследования [6]. На пробе 19 с середины 60-х гг. выполняются ежегодные замеры УГВ.

Пробные площади расположены по высоким берегам подпираемых водохранилищем лесных рек и на донном острове. Высотные отметки мест произрастания изучаемых лесов на 2 ... 3 м выше нормального проектного уровня водохранилища, равного 102 м абс., поэтому условия дренажа здесь благоприятные.

Почвы на всех пробных площадях вторично-дерновые слабоподзолистые пылевато-песчаные. Хотя их название одинаковое, мощность и формирование дернового горизонта различны. На пробах 14, 15, 19 до заселения их лесом почвы были культурными, имеют мощный темноокрашенный гумусовый слой. В иллювиальном горизонте на глубине до 60 см отмечено значительное содержание соединений фосфора [6]. На других пробах дерновый слой сильно оподзолен, светло-серой окраски, маломощный. Образовался он на месте суходольных малопродуктивных лугов и под пологом изреженных лишайниковых сосняков на дюнных островах.

Процессы, происходящие во вторично-дерновых подзолистых почвах, изучали многие почвоведы. Л.В. Яковлева [8] отмечала усиление процесса оглеения разных горизонтов почвы на пониженных участках (до 103,5 м абс.). В более высоких местах (104,0 м абс. и выше) оглеения не было. Т.С. Манькова [3], изучая динамику почвенных процессов в лишайниково-зеленомошных сосняках за 30-летний период, не обнаружила признаков оглеения.

Режим УГВ анализировали по данным замеров в гидрологических колодцах на пробе 19, удаленной от водохранилища на 100 м. Исследовали данные двух лет, существенно различающихся по уровенному режиму водохранилища и количеству выпавших осадков. В маловодный год отмечен третий тип уровенного режима [1], за вегетационный период выпало 240 мм осадков; в многоводный год уровень водохранилища был нормальным проектным, осадков 340 мм. Уровень грунтовых вод за вегетационный период в маловодный год находился на глубине 3,0 ... 3,5 м, в многоводный 1,5 ... 2,0 м от поверхности почвы, поддерживался за счет инфильтрации из водохранилища.

Деревья в лишайниково-зеленомошных сосняках имеют стержневые корни, углубляющиеся до 1,0 м. В многоводные годы верхняя граница капиллярной каймы находится на глубине 0,5 ... 1,0 м от поверхности и часть корней погибает, но оставшиеся вполне обеспечивают дерево водой. В сухие годы эта граница опускается до 2,0 м, поэтому корневая система интенсивно разрастается. Такой нестабильный режим функционирования корневой системы не может не сказаться на росте древостоя.

Напочвенный покров в лишайниково-зеленомошных сосняках в год их первого описания был представлен лишайниками (до 50 % площади) и зелеными мхами. Травяно-кустарничковый ярус флористически разнообразен (до 30 видов), но слабо выражен. Очевидные изменения проявились уже через 10 ... 15 лет после первого описания. В таблице показана динамика лишайниково-мохового покрова на трех пробных площадях за 45-летний период. Изменился и травяно-кустарничковый ярус. Если при первом описании фоновые виды не выделялись, то в 1991 г. ими стали черника (пробы 15, 38, 50) и брусника (пробы 27, 33). Поскольку за исследуемый период на всех пробных площадях напочвенный покров стал другим, то, как отмечает

№ пробной площади	Год	Динамика фоновых видов, % покрытия		
		Мох Шребера	Дикранум	Лишайники
14	1946	60	10	30
	1976	65	25	+
	1991	80	15	+
15	1946	60	+	30
	1976	85	5	+
	1991	90	+	+
19	1946	50	+	50
	1976	70	10	+
	1991	90	+	+

И.С. Мелехов [4, с.357], «данный тип леса следует считать уже отличным от первоначального».

Ярус подлеска был представлен можжевельником численностью от нескольких сотен до 7 тыс. кустов на 1 га. К настоящему времени высокие кусты засохли, осталось немного мелких. Появились немногочисленные кусты рябины, крушины, малины.

В возобновлении при первом описании отмечены сосна и ель. В низкополнотных насаждениях насчитывалось до 15 тыс. на 1 га самосева и мелкого подроста сосны, но весь он засох, едва достигнув 1,5-метровой высоты. Численность елового подроста от 0,3 до 4,0 тыс. экз. на 1 га, высота разная, состояние хорошее, на некоторых пробных площадях ель образует второй ярус.

Древостой – эдификатор лесного сообщества в условиях влияния водохранилища – тоже изменился, на разных пробных площадях в неодинаковые возрастные периоды. За 45 лет на пробах 14, 15 и 19 древостой достиг 90-летнего возраста (к 1991 г.), за это время произошло незначительное (на 0,3 класса) повышение бонитета. На двух пробах увеличились полнота, запас, средние диаметр и высота, на пробе 15 полнота и запас снизились, но возросли средние размеры деревьев, здесь же накопилось много сухостоя и валежника. На пробах 27 и 33 за 36-летний период древостои достигли возраста 120 лет, существенно повысились их бонитет (с IV до III класса), полнота, запас живого древостоя и отпада. На пробах 38 и 50 за 29 лет древостой достиг 70-летнего возраста, сохранился высокий (I класс) бонитет, увеличился запас живого древостоя и отпада, полнота на одной пробе повысилась, на другой снизилась. На пробе 47 за этот же период древостой достиг 40-летнего возраста, бонитет остался высоким (Iб класс), существенно увеличились средние размеры деревьев, запас и отпад, полнота почти не изменилась (1,1).

Как видим, динамика таксационных показателей довольно разнообразная. Для ответа на вопрос о роли водохранилища был рассчитан показатель Π – эффект влияния подтопления или импульс изменения относительного значения таксационных показателей по К.А. Кудинову [2], расчетная

формула приведена в нашей работе [5]. Для пробных площадей 14, 27 и 50 проанализированы изменения показателя P за два 10-летних периода: первый (1972 – 1981 гг.) – сухой и второй (1982 – 1991 гг.) – влажный. Определяли эффект влияния подтопления на средние диаметры и высоты, число стволов, запас живого древостоя, средний и текущий приросты, отпад. Результаты оказались неоднозначными. Древостой на пробе 14 испытывал отрицательное влияние водохранилища на все таксационные показатели в оба периода и в целом за 45 лет. Древостой пробной площади 27 проявил реакцию, связанную с особенностями периодов. В сухой период влияние водохранилища оказалось отрицательным для всех таксационных показателей, во влажный – положительным. В целом за 36 лет оно было отрицательным, кроме показателя средней высоты. Древостой пробной площади 50 в сухой период отрицательно реагировал на подтопление, во влажный положительно, повышались средние размеры деревьев, запас и текущий прирост. В целом за 29 лет подтопление сказалось отрицательно на изменении всех таксационных показателей, кроме средней высоты.

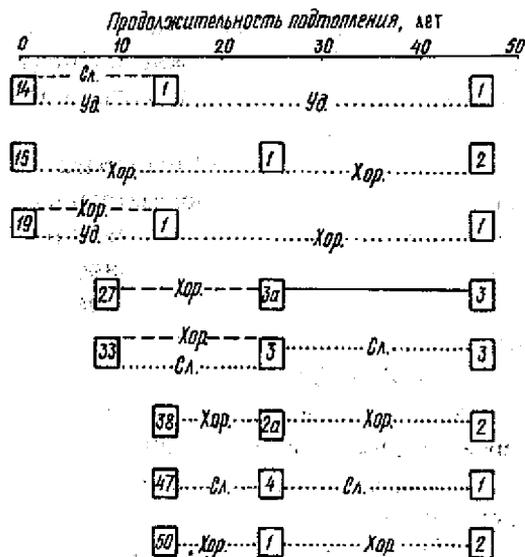
Итак, многолетние наблюдения за ростом и развитием лишайниково-зеленомошных сосняков в возрасте приспевания и спелости свидетельствуют о существенном нарушении механизма их саморегуляции. Это связано с резким изменением гидрологического режима почв под влиянием водохранилища. Однако в самой почве, в отличие от более влажных типов леса, нет процессов оглеения и заболачивания.

В условиях подтопления все компоненты фитоценоза претерпели значительные изменения, особенно напочвенный покров. Повысился класс бонитета, о чем свидетельствует увеличение средней высоты древостоя на большинстве изучаемых пробных площадей. Однако по другим показателям (средний диаметр, запас, прирост, отпад) эффект, рассчитанный для всего периода наблюдения, оказался отрицательным.

Прослеживается зависимость изменения класса бонитета от предшествующего типа-этапа. Наибольшее увеличение отмечено на тех пробных площадях, которые трансформировались из лишайникового типа.

С позиций динамической типологии рассматриваемый лишайниково-зеленомошный тип леса является типом-этапом, характеризующим ускоренное формирование под влиянием подтопления новых типов-этапов: зеленомошника чистого, черничника, брусничника и др. Динамика проявляется в стадии спелого леса, когда тип считается сформировавшимся и очень устойчивым. Темпы формирования новых типов-этапов следует считать ускоренными.

На рисунке приведена схема типов-этапов на примере рассмотренной группы из восьми пробных площадей. Аналогичный подход использован при изучении динамики заболачивающихся сосняков [5].



Динамика типов-этапов лишайниково-зеленомошных сосняков: 14, 15, 19, 27, 33, 38, 47, 50 – номера пробных площадей; 1 – тип-этап зеленомошник чистый; 2а – орляково-черничный зеленомошный; 2 – черничник зеленомошный; 3а – брусничник лишайниково-зеленомошный; 3 – брусничник зеленомошный; 4 – орляково-зеленомошный; возобновление: ---- сосны (слабое – до 300; удовлетворительное – до 1000; хорошее – более 1000 шт. на 1 га); ели (градиации те же); — отсутствует

Анализ изменений в подтопляемых лесах показал, что представить ясную картину их динамики можно на основе динамической типологии И.С. Мелехова [4]. Она сохраняет преемственность биогеоценотического подхода и элементарную таксономическую единицу – тип леса как тип-этап, характеризующий конкретный временной этап в его развитии. Динамическая типология вытекает из типологии В.Н. Сукачева, расширяя ее границы и возможности при изучении быстромменяющихся антропогенных лесов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Дьяконов К. Н. Влияние крупных равнинных водохранилищ на леса прибрежной зоны. - Л.: Гидрометиздат, 1975. - 127 с. [2]. Кудинов К. А. Результаты анализа особенностей роста сосны на побережьях Рыбинского водохранилища. Автореф. дис. ... канд. с-х. наук. - М., 1969. - 26 с. [3]. Манькова Т. С. Современные процессы в подзолистых почвах, находящихся под влиянием Рыбинского водохранилища. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - М., 1985. - 15 с. [4]. Мелехов И. С. Лесоведение. - М.: Лесн. пром-сть, 1980. - 406 с. [5]. Писанов В. С. Динамика заболачивающихся сосняков в условиях подтопления Рыбинским водохранилищем // Лесоведение. - 1996. - № 4. - С. 20-28. [6]. Успенская А. А. Материалы к изучению почвенного покрова основных типов лесов // Тр. ДГЗ. - Вологда: Сев.-Зап. кн. изд-во. - 1968. - Вып. 9. - С. 123-181. [7]. Яковлева Л. В. Почвенные процессы во вторично-депных подзолистых почвах // Там же. - С. 267-304.

Поступила 5 декабря 1997 г.

УДК 504.06 (47-157)

А.И. ЖИРОВ, А.А. СОЛОДОВ

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена

Жиров Андрей Иванович родился в 1961 г., окончил в 1983 г. Ленинградский государственный педагогический институт им. А.И. Герцена, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и геологии Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Имеет 32 печатные работы в области геоэкологии, оценки ресурсно-экологического потенциала таежных территорий, геотопологии.



Солодов Алексей Анатольевич родился в 1973 г., окончил в 1995 г. Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, аспирант кафедры физической географии и геологии РГПУ. Имеет 2 печатные работы в области геоэкологического картографирования, дендроиндикации.



КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ НА ГЕОТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

Предложен алгоритм для проведения оценочного картографирования лесорастительных условий на геотопологической основе с привлечением данных о литологии поверхностных отложений. Использование метода двух ведущих факторов позволяет осуществлять дистанционную бонитировку земель.

The algorithm is suggested to carry out evaluation mapping of the forest site on a geotopological basis taking into account the sedimentology data on surface deposits. Using the method of two leading factors allows realizing the distant site assessment.

Рациональное природопользование в пределах таежной зоны, обладающей огромным эколого-ресурсным потенциалом, ограничивается отсутствием простой, научно обоснованной методики инвентаризации и эколого-ресурсной оценки земель.

Земная поверхность, представляя сочетание различных местоположений, может быть охарактеризована рядом параметров (гипсометрическое положение, уклон, форма в профиле и плане, характер границ, гравитационная, циркуляционная и антропогенная экспозиции). В сходных климатиче-

ских условиях, в пределах одинаковых местоположений, формируется одинаковый тип земель, который, согласно Л.Г. Раменскому, обладает сходной реакцией на одни и те же агротехнические и мелиоративные мероприятия.

Предлагаемая авторами методика синтетической оценки и картографирования лесорастительных условий базируется на закономерностях, выявленных в процессе изучения взаимодействия рельефа с другими компонентами окружающей среды.

Рельеф как один из экологических факторов участвует в формировании пространственной дифференциации почвенного покрова, растительности и микроклиматов в пределах локальных территорий, что отмечали еще В.В. Докучаев, Б.А. Келлер, Г.Ф. Морозов, Л.Г. Раменский, С.А. Сапожникова, Г.И. Танфильев и др. Выявленные корреляционные связи между геоморфологическим и флористическим компонентами уже в начале нашего века применялись для решения конкретных задач. Например, при планировании Батумского ботанического сада (1912 г.) в первую очередь были учтены такие геоморфологические (геотопологические) параметры, как уклоны и экспозиции склонов, т. е. показатели, детерминирующие другие (в первую очередь гидротермические) экологические факторы. Успешность проведенных мероприятий иллюстрируется тем фактом, что к настоящему времени свыше 5000 видов, разновидностей и форм растений из разных природных зон сосуществуют на площади 120 га.

Распределение приземного поля многих агроклиматических факторов обусловлено или контролируется рельефом на локальном уровне, что позволяет использовать его в качестве ведущего фактора при выполнении различных геоэкологических работ.

Многочисленные научные материалы о распределениях количественных показателей отдельных экологических факторов в зависимости от форм рельефа и в связи с ними послужили делу развития методов ландшафтного и микроклиматического картографирования на топографической основе (Е.Н. Романова, З.А. Мищенко и др.). Некоторые авторы считали возможным говорить даже об «индикационной геоморфологии» [1]. Тем не менее, до сих пор методологическая проблематика комплексного эколого-оценочного картографирования не получила логического завершения. Вероятно, основным препятствием на пути решения данного вопроса являлась недооценка возможностей системного подхода по отношению к топографической информации, а также отсутствием среди ученых общего мнения относительно ведущего фактора.

Данное препятствие, на наш взгляд, было устранено лишь в самом конце 80-х гг., в связи с разработкой А.Н. Ласточкиным метода построения дискретных моделей рельефа (геотопологические карты или карты местоположений) [2]. Местоположение в данном случае выступает в качестве главной операционной единицы картографирования, однородной в экологическом отношении как по воздействию окружающей среды на живые организмы, так и по реакции последних на эти воздействия. Непрерывность земной поверхности, устойчивость и целостность ее внутренних компонентов по-

звolyют использовать методику геотопологического картографирования при построении комплексных оценочно-ресурсных и оценочно-экологических карт.

Однако рельеф — не единственный фактор, определяющий разнообразие природных комплексов на ландшафтном уровне. А.И. Перельман еще в 1955 г. указывал: «Богатство горных пород подвижным кальцием оказывает большое влияние и на организмы, и на почвы, и на местные воды, придавая ландшафту черты резкого отличия от соседних «кислых» ландшафтов» [3, с. 200]. Поэтому привлечение данных о почвообразующих породах можно считать абсолютно необходимым при бонитировке земель.

Таким образом, исчерпывающее представление о комплексном природно-экологическом и ресурсном потенциале складывается на основе геолого-геоморфологических компонент ландшафта, которые, представляя закономерное сочетание различных экологических режимов, определяют функционирование геосистем на внутриландшафтном уровне организации.

Предлагаемая методика позволяет с достаточной мерой точности определить значения параметров, необходимых для оценки и сравнения как отдельных климатических и эдафических режимов, так и всего природно-экологического потенциала в целом. Сумма оценочных единиц отдельных природных факторов отражает степень пригодности данного типа земель для того или иного растительного сообщества и непосредственно связана в ненарушенных геосистемах с годичным приростом фитомассы, а в измененных — с ее потенциальным значением.

В общих чертах технологическую схему производства данного вида карт можно представить следующим образом (рис. 1). При получении заказа на выполнение конкретной экспертной оценки какой-либо территории 1 следует определить достаточный объем промежуточных работ 2, с которыми сопряжено получение конечного результата. Затем необходимо подготовить в информационном блоке 3 возможно более подробные данные о топографии и морфометрии района, литологии почвообразующих пород, а также климатические данные на уровне фоновых значений, которые в дальнейшем при участии переводных коэффициентов из расчетного блока 4 будут преобразованы в информацию, характеризующую более низкие уровни геосистемной организации. В случае однородности почвообразующих пород в пределах района возможно ранжирование местоположений по степени их геохимической автономности, зависящей от гравитационных потоков и потому легко определяемой по векторным картам.

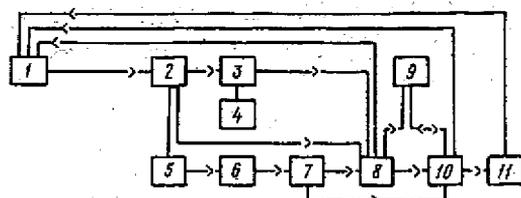


Рис.1. Технологическая схема оценочного экологического картографирования

В дальнейшем топографическую основу картируемой территории посредством несложных алгоритмизированных действий необходимо преобразовать в карту дискретных элементов земной поверхности (карту местоположений, элементарных ландшафтов) 5. Поскольку собственно геотопологическая карта представляет собой законченное произведение, то необходимо изготовить генерализованный универсальный шаблон, на котором достаточно ограничиться указанием границ местоположений. Одновременно возможно заполнение сводной таблицы характеристик данных местоположений интересующей исследователя информацией, а также осуществление действий с переводными расчетными коэффициентами 6.

Для целей оценочного экологического картографирования необходимо провести ранжирование полученных данных на основе информации о толерантности тех растительных или животных видов, для которых производится оценка 7. Разные по знаку экстремальные проявления климатического фактора зачастую имеют одинаковое отрицательное влияние на живые организмы, что предъявляет особые требования к определению экологического оптимума, от которого (иногда не в равной пропорции) в обоих направлениях происходит снижение комфортности. Оценочная величина почвообразующих пород находится в прямой зависимости от содержания в них биологически значимых элементов.

Опыт показал, что если следовать указанным рекомендациям, трудностей при создании отдельных аналитических карт 8 не возникает. Тем более, что работа на данном этапе сводится к заполнению шаблонов в соответствии с условными обозначениями, которые присваиваются градуированным по ступеням величинам или баллам параметра. Для проверки метода авторами была создана серия карт, позволяющих оценить экологический потенциал различных местоположений на предмет определения их комфортности для произрастания сосны обыкновенной: карта годового количества ФАР (рис. 2), суммы температур воздуха безморозного периода, длительности безморозного периода, суммарной солнечной радиации, запасов продуктивной влаги (рис. 3).



Рис. 2. Карта сумм ФАР за безморозный период: 1 — 833...856; 2 — 857...879; 3 — 948...971; 4 — 972...994; 5 — 995...1017 МДж/м²

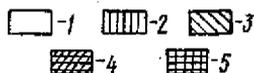




Рис. 3. Карта запасов продуктивной влаги в 50-сантиметровом слое почвы: 1 – 60...70; 2 – 80...90; 3 – 110...120; 4 – 130...140; 5 – 140...150; 6 – 150...160; 7 – 370...380 мм

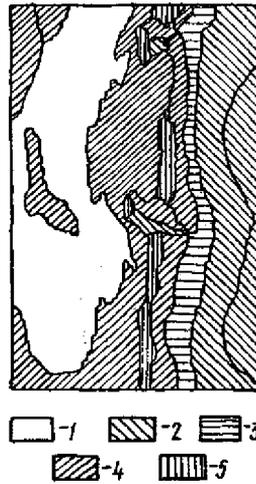


Рис. 4. Оценочная карта лесорастительных условий: 1 – 16...30; 2 – 31...35; 3 – 36...40; 4 – 41...45; 5 – 46...50 баллов

Построение результирующей оценочной карты лесорастительных условий 10 может производиться как вручную, так и при помощи ЭВМ (рис. 4). В таблице представлены баллы различных экологических факторов, рассчитанные для сосны обыкновенной.

Характеристика местоположений: 1 – заболоченная водораздельная равнина с близким залеганием суглинистых моренных отложений; 2 – водораздельная равнина с песчаными и супесчаными поверхностными отложениями; 3 – речная долина с преобладанием песчаного аллювия;

Экофактор	Балл фактора по номеру местоположений											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Запас продуктивной влаги в почве	1	24	23	24	17	22	24	24	24	22	24	19
Сумма ФАР	7	7	3	7	8	10	10	7	7	2	2	9
Суммарная солнечная радиация	5	5	5	5	7	5	4	4	5	5	2	5
Продолжительность безморозного периода	1	5	2	4	6	5	5	5	5	3	3	5
Сумма температур безморозного периода	1	4	2	3	6	4	4	3	4	4	2	4
Почвообразующие породы	1	1	5	1	2	2	2	3	3	4	2	2
Итого	16	46	40	44	46	48	49	46	48	40	35	44

4 – минеральные острова, сложенные песчаными озерно-ледниковыми отложениями; 5 – склоны южной экспозиции с уклонами $25 \dots 30^\circ$ и комплексом песчаных и супесчаных отложений (части склонов, различающиеся по увлажнению и минеральному богатству, в данном масштабе не находят отражения, балл – средняя оценка верхней, средней и нижней частей склона); 6 – верхняя часть склона восточной экспозиции с уклоном $10 \dots 15^\circ$ и песчаными отложениями; 7 – склоны восточной экспозиции с уклонами $15 \dots 20^\circ$ и коллювиально-делювиальными отложениями; 8 – верхние части склонов восточной экспозиции с уклонами $25 \dots 30^\circ$; 9 – средние части склонов восточной экспозиции с уклонами $7 \dots 10^\circ$, перекрытые песчаными отложениями; 10 – нижние части склонов восточной экспозиции с уклонами $4 \dots 6^\circ$, перекрытые делювиальными песками и суглинками; 11 – склоны северной экспозиции с уклонами $15 \dots 20^\circ$ и комплексом песчаных и супесчаных отложений; 12 – склон западной экспозиции с уклонами $3 \dots 6^\circ$, перекрытый песчаными отложениями.

Контроль над полученными результатами важен на каждом этапе работы, особенно перед построением результирующих синтетических карт. В этом случае он основывается на материалах таксации насаждений, данных о производительности лесов, аэрофотографической информации или полевых работах в пределах ключевых участков.

Проверка достоверности и информационной глубины оценочной синтетической карты лесорастительного потенциала была осуществлена авторами на не подвергнутой явному антропогенному воздействию территории, посредством совмещения границ ареалов распространения основных лесообразующих пород и бонитетной мозаики в пределах распространения одной породы с границами комфортотопов. Анализ карт показал, что различия в комфортности местоположений отражают распространение древесных пород с разной толерантностью к условиям среды. Для получения более детализированной картины, например определения бонитетной структуры или жизненных состояний, необходимо применение топографической основы более крупного масштаба, чем 1:25 000.

В заключение необходимо отметить, что в отличие от ландшафтного подхода к оценочному картографированию природных ресурсов предлагаемый метод, основанный на двух ведущих факторах, выгодно отличается возможностью бонитировки природного потенциала труднодоступных регионов, для которых построение крупномасштабных ландшафтных карт сопряжено с дорогостоящими полевыми работами. Кроме того, предлагаемая методика обладает широкими возможностями по комплексированию оценок отдельных экологических показателей за счет устойчивости картографической операционной единицы – местоположения. Разумеется, предлагаемый топологический подход вовсе не отрицает ландшафтного, тем более, что возможно их рациональное сочетание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Викторов С.В., Востокова С.А. Индикационное направление в изучении ландшафта // Вопросы ландшафтоведения. - Алма-Ата, 1963. [2]. Лас-точкин А.Н. Рельеф земной поверхности. - Л., 1991. [3]. Перельман А.И. Очерки геохимии ландшафта. - М., 1955.

Поступила 15 апреля 1997 г.

УДК 630*237

В.М. ИВОНИН, А.В. ПРАХОВ

Новочеркасская государственная мелиоративная академия
Поволжский филиал Российского учебного центра ФСЗ

Ивонин Владимир Михайлович родился в 1938 г., окончил в 1969 г. Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и охраны природы Новочеркасской государственной мелиоративной академии, действительный член Академии аграрного образования и Нью-Йоркской академии наук, заслуженный деятель науки России. Имеет 250 печатных работ по вопросам экологии и защитного лесоразведения.



Прахов Александр Владимирович родился в 1960 г., окончил в 1983 г. Саратовский сельскохозяйственный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора Поволжского филиала Российского учебного центра ФСЗ. Имеет 35 печатных работ по вопросам защиты почв от эрозии и защитного лесоразведения.



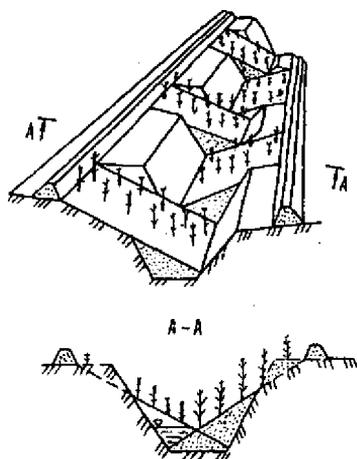
РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ СПОСОБА ОБЛЕСЕНИЯ ОВРАГОВ ПРИ ИХ «ШАХМАТНОМ» ВЫПОЛАЗИВАНИИ

Показано, что «шахматное» выполазивание оврагов снижает интенсивность эрозионных процессов, улучшает режим влажности почвы, положительно сказывается на приживаемости и росте лесных культур. Эффективным агротехническим приемом оказалось мульчирование поверхности почвы.

It is shown that «checkerboard» flattening of gully reduces the erosion rate, improves the soil moisture, and provides a positive influence on survival and growth of forest cultures. The trash conservation turned to be an efficient agrotechnical method.

В 1985–1995 гг. были выполнены комплексные исследования, направленные на разработку эффективных способов облесения оврагов сухой степи [2, 3]. Результаты изучения особенностей оврагообразования в различных почвообразующих породах, лесорастительных условий эрозионных форм рельефа, динамики эрозионно-аккумулятивных и склоновых процессов на физических моделях позволили определить принципы совершенствования технологий лесной мелиорации, на основе которых разработано несколько новых способов борьбы с линейной эрозией. Один из них [1] известен как способ «шахматного» выполаживания оврагов. Его сущность заключается в следующем.

Овраг по всей длине разбивают на рабочие участки протяженностью 15 ... 30 м. На каждом четном участке выполаживают правый откос, на каждом нечетном – левый. Бульдозер срезает бровку оврага и обрушивает ее до упора в



основание противоположного ненарушенного откоса и достижения заданной крутизны выположенной поверхности (8 ... 20 °). При этом выположенные участки располагаются в шахматном порядке, чередуясь с ненарушенными (см. рисунок). Последние охватывают также устья отвершков, впадающих в основное русло. В результате взаимного перекрытия соседних выположенных участков на дне оврага образуются лиманы, накапливающие воды атмосферных осадков. Нарушенные почвы со срезанным верхним слоем глубоко рыхлят навесным

плантажным плугом. Предпосадочную обработку выполняют навесными культиваторами или фрезами. При посадке сеянцев лучше использовать навесные автоматические кассетные машины или меч Колесова, высаживая ценные лесные и плодовые культуры в нижних частях выположенных участков, на рыхлых, плодородных и хорошо обеспеченных влагой почвах. На вышерасположенных местоположениях следует высаживать нетребовательные, засухоустойчивые виды. По периметру оврага бульдозером строят водонаправляющий вал, ограждающий участки нарушенных почв от поступления вод поверхностного стока. Вдоль мокрого откоса вала по общепринятой технологии создают лесную полосу.

При данном способе, по сравнению со сплошным выполаживанием, в два раза сокращается объем земляных и лесокультурных работ. Лиманы

на дне оврага, задерживая воды местного стока, препятствуют эрозионной подрезке донным потоком оснований лесокультурных участков, увлажняют их и основания ненарушенных откосов, способствуя самооблесению (налет семян и корневые отпрыски). Выположенные участки, опираясь в ненарушенные откосы, препятствуют оползням, осыпям и обрушениям рыхлого насыпного почвогрунта лесокультурных площадей.

Этот способ испытывали в ОПХ «Качалинское» ВНИИ агролесомелиорации (Иловлинский район Волгоградской области, левобережье р. Дона, каштановые почвы). Был выбран типичный овраг трапециевидного поперечного профиля, развивающийся в легких суглинках, глубина эрозионного вреза 8 ... 11 м, ширина днища 2 ... 6 м, расстояние между бровками 10 ... 19 м, уклон тальвега 0,02 ... 0,04. Гранулометрический состав, физико-механические, химические и прочностные характеристики почв и пород приведены в ранее опубликованной работе [2] и в целом обеспечивают возможность инженерной подготовки овражных бортов и удовлетворительные лесорастительные условия.

Выполаживание производили бульдозером ДЗ-42 участками по 20 ... 25 м. Этим же бульдозером строили ограждающий вал высотой 1,2 м. Посадку сеянцев выполняли под меч Колесова. Варианты опыта: чистые культуры робинии лжеакации, тополя гибридного (осокорь × пирамидальный) и клена ясенелистного. Изучали рост и состояние культур в зависимости от местоположения на выположенном участке: на нарушенных почвах со срезанным верхним слоем и на преобразованных почвах на месте частично засыпанного русла оврага. Дополнительно исследовали влияние мульчирования поверхности почвы опилками (3 т на 1 га). В качестве контрольного варианта использовали культуры робинии и клена ясенелистного, высаженные на ненарушенных почвах вблизи выположенного оврага по общепринятой зональной технологии.

Размещение сеянцев 1,5 × 1,5 м. Робинию и клен сажали весной 1985 г., тополь – осенью 1985 г. Весной 1986 г. выше ограждающего вала заложили 4-рядную лесную полосу из робинии (схема посадки 3 × 1). В первый год в вариантах без мульчи проводили два агротехнических ухода, при мульчировании необходимости в уходах не было. Весной первого года наблюдений ограждающие валы не допустили поступления стока талых вод на выположенные откосы, но в самом овраге на этих откосах мощность снежного покрова перед снеготаянием была 45 см, плотность 0,31 г/см³. Запасы снеговой воды в овраге привели к формированию стока на выположенных участках в пределах 15 ... 20 мм. Объемы смыва почвы, полученные измерением струйчатых размывов, составили: для южной экспозиции с мульчей 0,75, без мульчи 7,1; для северной соответственно 0,04 и 1,0 м³/га.

К весне второго года на участках выполаживания северной экспозиции накопилось снеговой воды 31, на южной – 18,5 мм, но стока и смыва не наблюдалось. Не зафиксировано просадочных явлений и гравитационных деформаций выположенных и ненарушенных откосов. Эти результаты подтвердились при последующих многолетних наблюдениях.

Таблица 1

Дата взятия образца	Влажность почвы, %, на участке		
	выположенном		ненарушенном
	с мульчей	без мульчи	
1985 г.:			
май	13,5	10,4	7,0
октябрь	17,2	13,6	10,3
1986 г.:			
апрель	20,5	15,1	12,3
июль	10,1	8,0	6,5
октябрь	9,2	6,5	5,7
1987 г.:			
май	22,3	21,5	13,9
июль	12,3	11,8	9,9
октябрь	19,0	18,8	12,0

Трехлетнее изучение динамики влажности почвы на глубине 0 ... 50 см под лесными культурами термовесовым методом в начале, середине и конце вегетационного периода (табл. 1) показало, что влажность на выположенных участках всегда выше, чем на соседних ненарушенных откосах. Мульчирование выположенной поверхности заметно увеличивает влажность почвогрунта, особенно в первые два года. По мере перегнивания мульчи и смыкания крон деревьев разница уменьшается.

Мульчирующий слой снижает испарение влаги из почвы, способствует увеличению объема поглощаемого ею поверхностного стока. Улучшение гидрологического режима благоприятно сказывается на приживаемости и развитии лесных культур (табл. 2, 3).

На выположенных участках лучшая приживаемость отмечена у культур робинии, худшая у клена. На преобразованных почвах у всех пород приживаемость выше, чем на нарушенных. Мульчирование значительно повышает этот показатель во всех вариантах опыта (табл. 4).

По данным Иловлинской метеостанции, за 1984/85 гидрологический год выпало 327 мм атмосферных осадков, что составляет 85 % средней многолетней величины, в том числе за лето 1985 г. — 110,9 мм.

Таблица 2

Почвы	Приживаемость в год посадки, %		
	робинии	тополя	клена
Нарушенные:			
без мульчи	82,4	43,8	35,4
с мульчей	86,9	60,5	54,4
Преобразованные:			
без мульчи	90,2	79,5	62,7
с мульчей	98,0	84,3	78,1
Ненарушенные (контроль)	80,3	-	75,0

Таблица 3

Почвы	Средний прирост, см			
	по высоте		по диаметру	
	Робиния	Клен	Робиния	Клен
1985 г.				
Нарушенные:				
без мульчи	26	21	0,3	0,3
с мульчой	38	39	0,4	0,5
Преобразованные:				
без мульчи	90	46	0,6	0,5
с мульчой	100	55	1,0	0,5
Ненарушенные (контроль)	48	47	0,7	0,8
1986 г.				
Нарушенные:				
без мульчи	31	13	1,0	0,2
с мульчой	60	22	1,1	0,4
Преобразованные:				
без мульчи	98	44	1,4	1,2
с мульчой	123	70	1,6	1,6
Ненарушенные (контроль)	41	18	0,4	0,4
1987 г.				
Нарушенные:				
без мульчи	74	44	1,2	1,0
с мульчой	95	58	1,4	1,2
Преобразованные:				
без мульчи	108	49	2,0	1,4
с мульчой	130	75	2,1	1,9
Ненарушенные (контроль)	84	30	1,2	1,0

В июле 1986 г. выпало 5,9, а в августе 4,0 мм осадков. Это привело к гибели тополя в варианте нарушенных почв без мульчирования и снижению приростов на нарушенных почвах и в контроле у остальных культур (табл. 3). На преобразованных почвах засуха не оказала существенного влияния вследствие накопления лиманами талых вод (18,5... 31,0 мм). Материалы табл. 3 иллюстрируют преимущества мульчирования и отражают положительное воздействие лучших лесорастительных условий, складывающихся в нижней половине выположенных откосов, на прирост культур по высоте и диаметру.

Мульчирование поверхности почвы способствует подавлению сорной травянистой растительности. В дальнейшем при смыкании крон деревьев засоренность ликвидируется. Здесь большое преимущество имеют быстрорастущие виды. Так, робиния на преобразованных почвах сомкнулась на второй год после посадки, полностью подавив сорняки; на нарушен-

Таблица 4

Почвы	Фитомасса сорной травянистой растительности, кг/га, в культурах		
	робинии	клена	тополя
1985 г.			
Нарушенные:			
без мульчи	96,0	81,4	-
с мульчой	0	0	-
Преобразованные:			
без мульчи	168,8	155,7	-
с мульчой	0	0	-
Ненарушенные (контроль)	154,0	167,1	-
1986 г.			
Нарушенные:			
без мульчи	109,3	101,7	106,1
с мульчой	0	0	0
Преобразованные:			
без мульчи	54,0	284,1	392,6
с мульчой	0	0	0
Ненарушенные (контроль)	230,5	219,7	-
1987 г.			
Нарушенные:			
без мульчи	34,1	156,3	175,3
с мульчой	0	81,4	76,5
Преобразованные:			
без мульчи	0	398,0	409,9
с мульчой	0	81,4	76,5
Ненарушенные (контроль)	220,0	314,8	-

Примечание. 0 – выпавшие культуры.

ных – на третий год. В культурах тополя и клена (за трехлетний период они не сомкнулись) отмечено нарастание фитомассы (табл. 4) следующих видов травянистой растительности: живокость (*Delphinium consolida* L.), мелколпестник канадский (*Erigeron canadensis* L.), дескурация Софьи (*Descurainia Sophia* L.), выюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), пырей ползучий (*Agropyrum repens* (L.) P. B.), щирца (*Amoranthus albus* L.), полынь австрийская (*Aetemisias austriaca* Jacq.), донник желтый (*Melilotus officinalis* (L.) Desr.).

Травянистые ценозы развивались преимущественно на преобразованных почвах. Нарушенные почвы, лишенные верхнего гумусового слоя с запасами семян и обладающие пониженным плодородием, были засорены значительно меньше.

Таблица 5

Вариант опыта	Высота, м			Диаметр, см		
	робинии	клена	тополя	робинии	клена	тополя
1991 г.						
Приовражное насаждение	4,0	-	-	3,4	-	-
Выположенный откос:						
без мульчи	<u>2,5</u> 4,8	<u>1,3</u> 2,5	<u>0</u> 4,3	<u>3,4</u> 3,9	<u>0,1</u> 2,7	<u>0</u> 3,4
с мульчой	<u>4,1</u> 6,2	<u>1,8</u> 3,7	<u>1,8</u> 7,0	<u>4,1</u> 6,0	<u>2,1</u> 4,1	<u>1,6</u> 5,9
Ненарушенные почвы (контроль)	4,0	0	-	4,4	0	-
1994 г.						
Приовражное насаждение	5,3	-	-	4,7	-	-
Выположенный откос:						
без мульчи	<u>3,5</u> 5,5	<u>0</u> 3,5	<u>0</u> 5,0	<u>4,1</u> 4,5	<u>0</u> 3,0	<u>0</u> 5,1
с мульчой	<u>4,5</u> 7,0	<u>0</u> 6,5	<u>0</u> 8,0	<u>5,3</u> 6,5	<u>0</u> 5,6	<u>0</u> 6,7
Ненарушенные почвы (контроль)	5,1	0	-	5,4	0	-

Примечание. В числителе показатели для культур на нарушенных почвах; в знаменателе – на преобразованных.

Обследования опытного участка, проведенные в октябре 1991 и августе 1994 и 1996 гг., подтвердили надежное закрепление оврага без следов эрозионных процессов и гравитационных деформаций. Лесные культуры робинии хорошо сохранились; сомкнуты, повсеместно отмечен жизнеспособный самосев высотой 1,0 ... 1,8 м.

Наилучшими таксационными показателями характеризуются культуры на преобразованных почвах с мульчированием, где робиния достигла средней высоты 7,0 м при диаметре на высоте груди 6,5 см, клен – 6,5 м и 5,6 см, тополь – 8,0 м и 6,7 см соответственно. На преобразованных почвах без мульчи показатели у всех древесных пород ниже (табл. 5).

На верхних частях выположенных откосов с нарушенными почвами, лишенными плодородного слоя, без мульчи, складываются худшие лесорастительные условия, что определило замедленное развитие робинии, гибель тополя и клена. В 1991 г. клен здесь достиг высоты 1,3 м и был сильно изрежен, а к 1994 г. погиб. Мульчирование поверхности нарушенных почв способствует улучшению лесорастительных условий до уровня зональных, предотвращению гибели тополя и клена, повышению таксационных показателей робинии (табл. 5).

Таким образом, мульчирование техногенных почв на выположенных оврагах сухой степи оказывает существенное мелиоративное влияние на лесные культуры, ускоряет их рост и развитие в течение нескольких лет.

При этом исключаются затраты на проведение агротехнических уходов, ослабляется негативное воздействие засух и суховеев на древостой.

В целом способ облесения оврагов при их «шахматном» выполаживании вполне успешно прошел 10-летние испытания и может быть рекомендован для использования в степях Среднего и Нижнего Дона, а также Нижнего Поволжья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 1301330 СССР, МКИ⁴ А 01 В 13/16. Способ мелиорации оврагов / В.М. Ивонин, А.В. Прахов (СССР). - № 3958755/30-15; Заявлено 06.08.85; Опубл. 07.04.87, Бюл. № 13// Открытия. Изобретения. - 1987. - № 13. - С. 3. [2]. Ивонин В.М. Противозерозионные мелиорации водосборов в районах оврагообразования. - М., 1992. - 378 с. [3]. Ивонин В.М. Экологическое обоснование земельных улучшений. - Новочеркасск, 1995. - 196 с.

Поступила 29 апреля 1997 г.

УДК 630*182 + 578.087

М.А. СОФРОНОВ, А.В. ВОЛОКИТИНА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН



Софронов Марк Адрианович родился в 1930 г., окончил в 1953 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет более 100 печатных работ в области изучения природы пожаров растительности (в том числе лесных), борьбы с ними, влияния пожаров на бюджет углерода.



Волокитина Александра Витальевна родилась в 1949 г., окончила в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Имеет 90 печатных работ в области экологии пожаров: растительности, классификации и картографирования растительных горючих материалов, влияния пожаров на бюджет углерода.

О «ЛИНЕЙНОМ» МЕТОДЕ ОПИСАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Изложена концепция линейного метода описаний и измерений. Даны рекомендации по использованию метода на пробных площадях и на более крупных объектах

The concept of «linear» method of describing and measuring is presented. The recommendations on using the method on test plots and bigger areas are given.

В условиях острого дефицита средств изучение экосистем, особенно сложных лесных, нуждается в использовании недорогих и производительных методов и методик.

Для структуры лесных массивов и других крупных объектов растительности характерна «однородная неоднородность» различных порядков, особенно наглядно проявляющаяся на аэрофотоснимках разного масштаба. Например, лесной массив, который выглядит достаточно однородным на снимках масштаба 1 : 50 000, оказывается весьма неоднородным при масштабе 1 : 5000.

Лесную растительность обычно изучают «ключевым» методом, с использованием пробных площадей. Их размеры невелики (0,2 ... 0,5 га), поэтому требования к их внутренней однородности достаточно высоки. Такая однородность (по видовому и возрастному составу древостоя, его густоте и пр.) не характерна для лесных массивов. Очевидно, что данные, полученные на подобных пробных площадях, распространять на участки с обычной однородной неоднородностью не совсем корректно. Закладывать же большие пробные площади (10 га и более), которые могут отражать характерную неоднородность, не представляется возможным. В данной ситуации может помочь «линейный» метод описаний и измерений.

Линейный метод не является чем-то совершенно новым. Его элементы используются в различных методиках [1], в том числе и при обычной наземной таксации леса во время инвентаризации. Мы попытались обобщить их, развить и представить в виде самостоятельного метода исследований.

Смысл метода — делать как бы «разрезы» картин всего разнообразия растительного покрова на больших площадях вместе с разнообразием условий; это позволит наглядно представлять пространственное варьирование различных характеристик, выявлять их типичные сочетания (в целях классификации), определять причинно-следственные связи между характеристиками и т. п. Описания и измерения производят по линиям (трансектам) в точках (иногда на отрезках линии между точками). Расстояние между точками может быть разным для каждого вида описаний (древостой, почвенный покров, почва) и зависит также от степени разнообразия растительности на каждом участке. Подобные разрезы позволяют получать практиче-

ски те же характеристики, что и по данным сплошного картирования, но при сравнительно небольших затратах труда.

Характерными особенностями метода являются, во-первых, нанесение линий (трансектов) на план, снимок или топокарту, во-вторых – отметка местоположения каждого описания и измерения на линии. При анализе данных трансект делят на однородные части, которые группируют, получая характеристику.

Особенно полезен линейный метод для характеристики элементов, закрытых на снимках пологом древостоя (напочвенный покров, подрост, подлесок, валежник), а также элементов, скрытых от непосредственного наблюдения, т. е. слоев мха, подстилки, почвы, глубины оттаивания на мерзлотных почвах и т. п.

Этот метод желательно использовать также и на пробных площадях для характеристики нанорельефа, напочвенного покрова, почвы, глубины оттаивания и т. п. Методика была разработана нами, проверена и уточнена в 1991–1992 гг. Исследования проводили на четырех пробных площадях в лиственничниках зеленомошной группы типов леса (бассейн р. Нижней Тунгуски).

Сами линии (трансекты) обозначали шпагатом, натянутым над поверхностью. Под ним растягивали мерную ленту или рулетку. Профиль нанорельефа и мерзлоты определяли по расстоянию от шпагата. Толщину слоев подстилки и мха, а также мощность почвенных горизонтов измеряли от поверхности минеральной почвы. Был выяснен вопрос, насколько точно отражается пространственная картина распределения измеряемых или описываемых величин при различных расстояниях между точками. В этих целях закладывали линии, где измерения нанорельефа, толщины мха и подстилки, глубины оттаивания почвы и пр. делали через 0,2 м и принимали полученную картину за истинную. Затем из тех же данных делали выборки точек при разных вариантах расстояний между ними и со сдвигами, а полученные картины сравнивали с истинной, чтобы определить оптимальные (т. е. максимально возможные) расстояния между точками.

В нанорельефе были выявлены элементы двух порядков: 1) со средним поперечником 0,6 м и высотой 10 см; 2) то же 2,3 м и 20 см. Нанорельеф оказывает влияние на синузильность покрова. В итоге установлено, что оптимальная длина линий (трансектов) на пробной площади от 20 до 40 м, а расстояние между точками описаний по линии – 0,5, 1,0 или 2,0 м в зависимости от однородности напочвенного покрова.

Линейным методом удобно учитывать на пробных площадях всходы и самосев в связи с условиями их произрастания. Он выполняется вдоль линии на полосе шириной 0,25, 0,5 или 1,0 м между точками описания.

В настоящее время большое внимание уделяется изучению бюджета углерода. Важное значение имеет динамика баланса углерода на больших площадях, например на крупных гарях. Мы предлагаем оценивать ее по динамике биомассы, используя линейный метод [3]. Трансекты лучше проектировать поперек склонов (в нижней, средней и верхней частях), а также

вдоль по водоразделам. На склонах трансекты пересекают ручьи и ложбины. На топокарте или аэрофотоснимке намечают линию хода, определяют азимуты и длины ее частей, ориентиры. Одновременно с прокладкой хода на местности проводят описания и измерения.

В линейном методе полезно использовать приемы ключевого при выборе мест заложения трансектов или учетных линий, сочетать трансекты с пробными площадями. При наличии космоснимков с высокой разрешающей способностью или аэрофотоснимков можно предварительно оконтуривать выделы и не делать описания и измерения сплошь по всему трансекту, а закладывать на нем учетные линии по 40 ... 60 м длиной в типичной части выделов, пересекаемых трансектом.

Рассмотрим вкратце методику, в соответствии с которой дается характеристика компонентов биомассы лесного сообщества. Она была испытана нами на гарях разной давности.

Органический слой на почве (из мхов, лишайников, опада и подстилки). Расстояние между точками описания от 2 до 6 м, в зависимости от однородности напочвенного покрова. Толщину органического слоя измеряют от границы с минеральной почвой вверх: вначале – всего слоя, а затем нижнего (полуразложившегося) слоя подстилки; дополнительно можно измерять и другие слои.

Запас биомассы слоя (m , $\text{кг}/\text{м}^2$) рассчитывают по толщине слоя (d , м) и его плотности (ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$) по формуле $m = d\rho$. Мы определили среднюю плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$) для слоев, которые часто встречаются на Севере Сибири: 1) кустистые лишайники (*Cladonia*); хорошо развитые – 20, слабо развитые – 35; 2) подстилка под слоем лишайника – 100; 3) зеленые мхи (*Pleurozium*, *Hylocomium*) на затененных увлажненных участках – 15; на открытых дренированных участках – 30; 4) зеленые мхи (*Aulacomnium*) – 35; 5) сфагнум (вне болот) – 30; 6) мелкие политрихумы – 70; 7) опад из хвои лиственницы – 35; 8) подстилка рыхлая – 60; 9) подстилка плотная оторфованная (торфянистая) – 80; 10) остатки мха и подстилки на гарях – 50.

Доля площади, занимаемой каждым видом синузий, принимается пропорциональной доле точек на трансекте, где был отмечен данный вид синузий.

Травяно-кустарничковый ярус. В каждой точке на площадке 0,25 или 0,50 м^2 вначале отмечают элемент нанорельефа (наноповышение, нанопонижение, ровное место), а затем выполняют описание, обычно по подъярусам, указывая среднюю высоту, преобладающие виды и глазомерно оценивая биомассу подъярусов по градациям (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 и более $\text{кг}/\text{м}^2$). Предварительно следует провести тренировку глазомера на специальных площадках, как это делают в Канаде.

Валежник. По ходу линии измеряют диаметры (начиная с 2 см) у лежащих деревьев в том месте ствола, где его пересекает линия (трансект), и отмечают в записи местоположение этих деревьев, древесную породу, давность валежника (свежий, недавний, старый). При оценке биомассы валежника вначале определяют его запас (V , $\text{м}^3/\text{га}$) по категориям, для чего

рассчитывают по измеренным диаметрам у каждой категории сумму площадей сечения (S , м²) на данном отрезке трансекта длиной L , м, пересчитывают ее на 100 м и умножают еще раз на 100, т. е. $V = 10\,000 S/L$. Запас биомассы (M , кг/га) находят по формуле $M = VP$, где P — плотность древесины данной категории валежника для данной древесной породы, кг/м³.

Кустарники, подлесок и подрост учитывают на отрезках трансекта (обычно между точками описаний) на полосе шириной 0,5 или 1,0 м, в зависимости от их густоты. Один край полосы обозначает мерная лента (рулетка), противоположный оценивают глазомерно и при необходимости уточняют с помощью мерного шеста. Для каждой породы (вида) отмечают число экземпляров (стволоков) по градациям высоты (до 0,2; 0,21 ... 0,50; 0,51 ... 1,00; 1,01 ... 2,00; 2,01 ... 4,00 м). Для расчета биомассы по этим данным нужны несложные таблицы.

Древостой. Для оценки его биомассы оптимальным способом является учет деревьев вдоль по линии на полосе шириной до 6 м (т. е. по 3 м с каждой стороны от линии). Отмечают местоположение дерева на линии, его породу, диаметр на высоте 1,3 м, состояние (растущее, усыхающее, погибшее и старый сухостой). Высоты измеряют эпизодически для определения разряда высоты. Удобно делать это шведским способом, при котором в качестве базиса используют двухметровый шест. В наиболее характерных местах выполняют глазомерно описания древостоя, а также оценивают суммы площадей сечения полнотомером Биттерлиха. Объемы стволов определяют с помощью таксационных таблиц, по диаметру и разряду высоты; биомассу стволов — с учетом плотности древесины.

Крона (ветви, сучья, хвоя или листва), корни. Их биомассу находят на основании установленных зависимостей от биомассы (запаса) стволов и таксационной характеристики (древесная порода, класс бонитета, класс возраста) с помощью специальных региональных таблиц. Такие таблицы уже имеются для некоторых древесных пород Сибири [2].

Точность полученных средних характеристик определяют по обычным статистическим формулам, она зависит от количества замеров и варьирования измеряемой величины. При заданной 10 %-й точности результата точность отдельных измерений по абсолютной величине может составлять около 30 % от средней величины варьирования (среднего квадратичного отклонения). Это дает право использовать простые и производительные способы измерений и оценок.

Точность оценки суммарной биомассы во многом зависит от точности оценки компонентов, вносящих наибольший вклад в биомассу. И если точность хотя бы одного компонента окажется невысокой, то не будет смысла оценивать с высокой точностью другие компоненты, особенно те, вклад которых невелик (например травяно-кустарничковый ярус).

В заключение необходимо отметить, что линейный метод не противопоставляется ключевому, он дополняет его за счет элементов статистического метода, отличается рациональностью, гибкостью и нешаблонностью.

Широкое применение линейного метода в настоящее время возможно благодаря использованию компьютерной техники при обработке и анализе цифровых и графических данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Волокитина А. В. Особенности распределения жидких осадков под пологом леса // Лесоведение. - 1979. - № 2. - С. 40-48. [2]. Онучин А. А. и др. Таблицы для таксации фитомассы сосновых древостоев Сибири. - Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1987. - 16 с. [3]. Sofronov M. A., Volokitina A. V., Kajimoto T. On the investigation of postfire biomass dynamics in the northern ecosystems of Siberia. - Proceedings of the fourth Symposium on the joint Siberian permafrost studies between Japan and Russia in 1995. - Tsukuba, Japan. - P. 48-54.

Поступила 27 мая 1997 г.

УДК 630*443.3

Б. П. ЧУРАКОВ

Ульяновский государственный университет

Чураков Борис Петрович родился в 1939 г., окончил в 1962 г. Московский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей экологии Ульяновского государственного университета, почетный работник высшего образования РФ. Имеет около 80 печатных работ в области лесной фитопатологии и микологии.



ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ НА СПОСОБНОСТЬ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО К ВОЗОБНОВЛЕНИЮ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Выявлена зависимость порослевой способности дуба от наличия патогенных грибов и сезона рубки: Установлено влияние происхождения и патологического состояния деревьев на семенную продуктивность дуба.

The dependence of the oak growth ability on the pathogenic fungi and the cutting season is revealed. The influence of the origin and pathological state of trees on the oak seed productivity has been determined.

Отечественные ученые уделяют серьезное внимание выявлению роли отдельных групп патогенных грибов в процессах деградации дубрав. Точки зрения на эту проблему различны. Ряд авторов считают, что патогенные грибы оказывают определенное влияние на распад дубовых насаждений [2, 7, 8, 12 и др.]. Есть мнение, что трутовые грибы имеют существенное значение только в перестойных насаждениях дуба [6, 9 и др.].

Успешное возобновление дуба черешчатого в условиях прогрессирующей деградации дубрав Среднего Поволжья возможно только при сохранении семенной и порослевой способности к возобновлению. Известно, что его порослевая способность зависит от множества факторов биотического и абиотического характера, в частности от жизнеспособности деревьев, зараженности их возбудителями болезней и заселенности энтомовредителями, сезона рубки и иных факторов [1, 5 и др.].

Изучено влияние некоторых из перечисленных факторов на порослевую способность дуба черешчатого в условиях дубравных экосистем Кузоватовского лесхоза Ульяновской области. Исследования проводили в порослевых древостоях V класса бонитета, VI класса возраста в трех типах леса: дубравах разнотравной, липовой и лещинной.

Была определена зависимость порослевой способности дуба от времени рубки деревьев и зараженности их отдельными трутовыми грибами. Для исследований выбирали деревья как без признаков гнили (здоровые), так и пораженные дубовым трутовиком (*Inonotus dryophilus* (Brk.) Murr.) или ложным дубовым трутовиком (*Phellinus robustus* (Karst.) Bourd. et Galz.).

В 1992 г. в выбранных древостоях дуба в трех типах леса заложены пробные площади по 40 деревьев в каждой по трем вариантам: здоровые деревья, пораженные дубовым и ложным дубовым трутовиками. Всего заложено 9 пробных площадей, общее число деревьев — 360. На пробных площадях проведена рубка деревьев в четыре приема: зимой (февраль), весной (май), летом (июль) и осенью (ноябрь) по 10 деревьев на каждой пробе. Осенью 1995 г. выполнен количественный учет поросли на каждой пробе с подразделением пней на не пораженные и пораженные дубовым или ложным дубовым трутовиками. Результаты учета приведены в табл. 1.

Анализ полученных данных показывает, что наиболее обильная поросль наблюдается у пней (как пораженных, так и не пораженных грибами) осенней и зимней рубок во всех исследованных типах леса. У пней весенней и летней рубок ее меньше. Здоровые пни осенней и зимней рубок имеют больше поросли, чем пораженные трутовыми грибами, особенно ложным дубовым трутовиком. У пней весенней и летней рубок намечается та же тенденция, хотя снижение недоуверенно. В обследованных насаждениях тип леса не оказал существенного влияния на порослевую способность дуба.

Помимо количественного проведен качественный учет поросли, заключающийся в определении высоты (табл. 1). Из полученных данных видно, что у пней осенней и зимней рубок энергия роста больше и поросль

Таблица 1

Время рубки	Число порослевин, шт. (числитель) и их высота, м (знаменатель) на пнях				
	$X \pm m$	пораженных			
		дубовым трутовиком		ложным дубовым трутовиком	
		$X \pm m$	P	$X \pm m$	P
Дубрава разнотравная					
Февраль	<u>5,5 ± 0,3</u>	<u>3,7 ± 0,5</u>	<u>3,1</u>	<u>2,9 ± 0,5</u>	<u>4,5</u>
	0,46 ± 0,02	0,37 ± 0,03	2,5	0,30 ± 0,02	5,7
Май	<u>2,1 ± 0,4</u>	<u>1,4 ± 0,4</u>	<u>1,2</u>	<u>0,6 ± 0,3</u>	<u>3,0</u>
	0,25 ± 0,02	0,18 ± 0,02	2,5	0,14 ± 0,02	3,9
Июль	<u>2,0 ± 0,5</u>	<u>1,7 ± 0,5</u>	<u>0,4</u>	<u>0,9 ± 0,3</u>	<u>1,9</u>
	0,20 ± 0,01	0,17 ± 0,02	1,5	0,13 ± 0,01	5,0
Ноябрь	<u>5,6 ± 0,5</u>	<u>3,6 ± 0,5</u>	<u>2,8</u>	<u>3,0 ± 0,4</u>	<u>4,3</u>
	0,45 ± 0,03	0,43 ± 0,04	0,4	0,32 ± 0,03	3,1
Дубрава липовая					
Февраль	<u>5,6 ± 0,6</u>	<u>5,3 ± 0,5</u>	<u>0,4</u>	<u>3,5 ± 0,5</u>	<u>2,6</u>
	0,43 ± 0,02	0,44 ± 0,02	0,4	0,36 ± 0,02	2,5
Май	<u>2,1 ± 0,5</u>	<u>2,7 ± 0,4</u>	<u>1,0</u>	<u>1,1 ± 0,4</u>	<u>1,7</u>
	0,22 ± 0,02	0,17 ± 0,02	1,8	0,13 ± 0,02	3,2
Июль	<u>2,3 ± 0,4</u>	<u>2,3 ± 0,6</u>	<u>0</u>	<u>1,1 ± 0,4</u>	<u>1,8</u>
	0,19 ± 0,02	0,16 ± 0,02	1,1	0,11 ± 0,01	3,6
Ноябрь	<u>5,2 ± 0,4</u>	<u>4,2 ± 0,5</u>	<u>1,7</u>	<u>3,1 ± 0,3</u>	<u>4,2</u>
	0,44 ± 0,02	0,38 ± 0,03	1,7	0,29 ± 0,02	5,4
Дубрава лещинная					
Февраль	<u>5,4 ± 0,6</u>	<u>4,6 ± 0,4</u>	<u>1,1</u>	<u>3,1 ± 0,5</u>	<u>3,0</u>
	0,44 ± 0,02	0,40 ± 0,02	1,4	0,30 ± 0,03	3,9
Май	<u>2,1 ± 0,5</u>	<u>1,5 ± 0,5</u>	<u>0,9</u>	<u>1,4 ± 0,5</u>	<u>1,0</u>
	0,18 ± 0,01	0,15 ± 0,01	2,1	0,12 ± 0,01	4,3
Июль	<u>2,2 ± 0,5</u>	<u>1,7 ± 0,5</u>	<u>0,7</u>	<u>1,2 ± 0,4</u>	<u>1,9</u>
	0,18 ± 0,02	0,10 ± 0,01	3,6	0,10 ± 0,01	3,6
Ноябрь	<u>5,5 ± 0,5</u>	<u>4,8 ± 0,6</u>	<u>0,9</u>	<u>3,2 ± 0,3</u>	<u>4,0</u>
	0,44 ± 0,02	0,43 ± 0,03	0,3	0,33 ± 0,02	3,9

выше. Это характерно как для не пораженных, так и пораженных трутовыми грибами пней дуба черешчатого. У пней, пораженных грибами, особенно ложным дубовым трутовиком, высота порослевин меньше.

Исследователи, работающие в разных регионах нашей страны, отмечают сильную зараженность пней дуба черешчатого опенком осенним (*Armillaria mellea* Quel.) [3, 6, 10 и др.]. А.В. Лесовский и А.Ф. Мартышечкина [4] считают, что агрессивность опенка усиливается под влиянием неблагоприятных метеорологических условий, вредителей, мучнистой росы и других факторов. С теоретической точки зрения важно выяснить, как опенок влияет на жизнеспособность пораженных и не пораженных трутовыми

грибами пней дуба черешчатого. Для практики лесного хозяйства очень существенно определить степень сохранения порослевой способности дуба в случае поражения опенком.

Для выявления порослевой способности был проведен учет больных и здоровых пней, пораженных опенком. Исследования проводили в Кузоватовском лесхозе в порослевых дубовых древостоях V класса бонитета, VI класса возраста в трех типах леса: дубравах разнотравной, липовой и лещинной. В каждом типе леса закладывали пробы по 10 пней дуба рубки 1991 г. в пятикратной повторности и в трех вариантах: без признаков гнили, с гнилью от дубового и ложного дубового трутовиков, т. е. 45 проб и 450 пней. На каждой пробе учитывали пни с порослью по четырем степеням ее отмирания: до 25, 50, 75 и 100 %. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Как видим, между степенью отмирания поросли дуба и патологическим состоянием пней нет определенной зависимости. Однако в некоторых случаях просматривается тенденция к усиленному (до 100 %) отмиранию поросли у пней, пораженных трутовыми грибами (особенно ложным дубовым трутовиком), по сравнению со здоровыми. Также не обнаружено определенных закономерностей между степенью отмирания поросли и типами

Таблица 2

Степень отмирания поросли дуба, %	Число пней с порослью, шт.				
	здоровых $X \pm m$	пораженных			
		дубовым трутовиком		ложным дубовым трутовиком	
		$X \pm m$	P	$X \pm m$	P
Дубрава разнотравная					
≤ 25	2,0 ± 0,4	1,8 ± 0,4	0,5	0,6 ± 0,2	3,5
≤ 50	3,4 ± 0,5	2,8 ± 0,4	0,9	3,8 ± 0,4	0,6
≤ 75	2,0 ± 0,3	2,8 ± 0,4	1,6	1,2 ± 0,2	2,2
≤ 100	2,6 ± 0,4	2,6 ± 0,4	0,0	4,4 ± 0,5	3,0
Дубрава липовая					
≤ 25	2,6 ± 0,2	2,0 ± 0,5	1,2	0,6 ± 0,4	4,2
≤ 50	2,2 ± 0,4	2,6 ± 0,5	0,6	4,4 ± 0,5	3,4
≤ 75	4,0 ± 0,3	2,8 ± 0,4	2,4	1,0 ± 0,4	6,0
≤ 100	1,2 ± 0,4	2,6 ± 0,5	2,2	4,0 ± 0,7	3,5
Дубрава лещинная					
≤ 25	2,6 ± 0,5	2,4 ± 0,4	0,3	0,4 ± 0,2	4,1
≤ 50	2,2 ± 0,4	2,0 ± 0,5	0,3	4,2 ± 0,4	3,4
≤ 75	4,0 ± 0,3	2,8 ± 0,4	2,2	1,0 ± 0,4	6,0
≤ 100	1,2 ± 0,4	2,8 ± 0,4	2,9	4,4 ± 0,5	5,0

Таблица 3

Тип дубрав	Зараженность, %		Число порослевины, шт.	
	$X \pm m$	P	$X \pm m$	P
Разнотравная	$18,0 \pm 5,0$	-	$0,8 \pm 0,4$	-
Липовая	$14,0 \pm 5,0$	0,6	$0,6 \pm 0,4$	0,4
Лещинная	$16,0 \pm 5,0$	0,3	$0,4 \pm 0,2$	0,9

дубрав, хотя по отдельным степенями отмирания в смежных типах леса заметна существенная разница.

Несмотря на то, что дубовая губка (*Daedalea quercina* L. ex Fr.) является разрушителем мертвой древесины, есть указания, что порослевые деревья могут заражаться этим грибом от материнского пня [8, 11]. Изучены степень зараженности дубовой губкой пней дуба и наличие на них поросли в дубравах разнотравной, липовой и лещинной. Для учета в каждом типе леса заложены пробы по 10 деревьев в пятикратной повторности. На каждой пробе учитывали зараженные пни и поросль, результаты приведены в табл. 3.

Данные таблицы показывают, что уровень зараженности пней дубовой губкой сравнительно невысок и примерно одинаков во всех обследованных типах леса. Порослевая способность пней очень низка во всех типах леса и не превышает 0,8 порослевины на один пень.

Таблица 4

Степень зараженности поросли, %	Число порослевины, шт., на пнях				
	здоровых $X \pm m$	пораженных			
		дубовым трутовиком		ложным дубовым трутовиком	
	$X \pm m$	$X \pm m$	P	$X \pm m$	P
Дубрава разнотравная					
≤ 25	$17,5 \pm 4,5$	$16,9 \pm 3,0$	0,2	$13,5 \pm 1,4$	0,9
≤ 50	$24,7 \pm 2,1$	$27,3 \pm 2,7$	0,8	$16,2 \pm 2,2$	4,1
≤ 75	$27,2 \pm 1,8$	$30,2 \pm 1,7$	1,2	$28,2 \pm 2,0$	0,4
≤ 100	$30,1 \pm 6,6$	$26,3 \pm 2,0$	0,6	$43,3 \pm 3,3$	1,8
Дубрава липовая					
≤ 25	$11,8 \pm 4,2$	$13,5 \pm 2,7$	0,3	$13,5 \pm 1,9$	0,4
≤ 50	$16,2 \pm 2,3$	$24,5 \pm 1,9$	2,9	$21,3 \pm 1,7$	1,8
≤ 75	$34,2 \pm 3,2$	$28,8 \pm 1,4$	1,6	$26,5 \pm 2,5$	1,9
≤ 100	$37,8 \pm 4,0$	$33,2 \pm 2,6$	1,0	$40,3 \pm 2,4$	0,5
Дубрава лещинная					
≤ 25	$10,0 \pm 3,1$	$12,0 \pm 2,1$	0,5	$10,8 \pm 1,7$	0,2
≤ 50	$17,5 \pm 2,0$	$20,3 \pm 1,4$	1,2	$23,8 \pm 2,7$	1,9
≤ 75	$25,5 \pm 3,0$	$29,7 \pm 2,3$	1,1	$23,2 \pm 2,1$	0,6
≤ 100	$47,0 \pm 3,1$	$38,0 \pm 3,5$	1,9	$42,2 \pm 3,2$	1,1

Поскольку мучнистая роса (возбудитель – *Microsphaera alphytoides* Griff. et Maubl.) является широко распространенным заболеванием дуба, интересно было выяснить степень зараженности поросли в зависимости от патологического состояния пня. В каждом типе леса было заложено по 6 пробных площадей в трех вариантах: пни здоровые, с гнилью от дубового и от ложного дубового трутовиков. На каждой пробной площади отсчитывали подряд по 100 порослевин с подразделением их по четырем степеням зараженности мучнистой росой: до 25, 50, 75 и 100 %. Результаты исследований представлены в табл. 4.

Из полученных данных видно, что во всех обследованных типах леса по мере возрастания степени пораженности поросли от 25 до 100 % число порослевин, пораженных мучнистой росой, увеличивается. Например, в дубраве разнотравной до 25 % мучнистой росой поражено 17,5 порослевин, до 100 % – 30,1. Существенных различий в уровне зараженности поросли в зависимости от патогенного состояния пней не обнаружено. Тип леса также, по-видимому, не оказывает заметного влияния на зараженность поросли мучнистой росой.

Изучено влияние некоторых трутовых грибов на массу желудей деревьев дуба семенного и порослевого происхождения. Исследования проводили в дубраве разнотравной. Было обследовано 36 деревьев в возрасте 80 ... 100 лет (18 семенных и 18 порослевых), в каждом варианте по 6 здоровых, пораженных дубовым и ложным дубовым трутовиками. Осенью с каждого дерева собирали по 100 желудей и определяли их массу. Результаты исследований приведены в табл. 5.

Из таблицы видно, что масса желудей у деревьев семенного происхождения во всех случаях достоверно больше, чем у деревьев порослевого происхождения. У здоровых деревьев она также достоверно больше, чем у пораженных трутовыми грибами. Это характерно как для семенных, так и для порослевых деревьев. В то же время не наблюдается существенной

Таблица 5

Происхождение деревьев	Категория деревьев	Масса желудей, мг			
		$X \pm m$	P	P_1	P_2
Семенное	Здоровые	5893 ± 34	-	-	-
	Пораженные: дубовым трутовиком	4396 ± 37	29,9	-	-
Порослевое	ложным дубовым трутовиком	4064 ± 44	15,9	2,9	-
	Здоровые	5130 ± 82	-	-	8,6
	Пораженные: дубовым трутовиком	3518 ± 103	12,2	-	8,1
	ложным дубовым трутовиком	3261 ± 78	16,5	2,0	8,9

разницы между массой желудей деревьев, пораженных дубовым и ложным дубовым трутовиками.

Анализ полученных данных дает основание констатировать, что в условиях средневоложских дубрав патогенные грибы могут оказывать существенное влияние на репродуктивную способность дуба черешчатого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Атрохин В.Г. Лесоводство и дендрология. - М., 1982. - 219 с. [2]. Гранатов А.Б. Фауна дуба в средневозрастных дубравах Тульских засек // Науч. тр. /МЛТИ. - 1974. - Вып. 50. - С. 146-157. [3]. Иванов А.И. Макромицеты дубрав Пензенской области // Микол. и фитопат. - 1985. - Т. 19, № 5. - С. 383-388. [4]. Лесовский А.В., Мартышечкина А.Ф. Изучение некоторых факторов, влияющих на устойчивость насаждений дуба против возбудителей болезней // Лесоводство и агролесомелиорация. - 1978. - Вып. 51. - С. 48 - 55. [5]. Мелехов И.С. Лесоведение. - М.: Агропромиздат, 1980. - 406 с. [6]. Селочник Н.Н. Фитопатологический мониторинг лесных дубравных биогеоценозов лесостепи // Пробл. лесн. фитопат. и миколог. - М., 1994. - С. 73-74. [7]. Семенкова И.Г. Гнилевые и раковые болезни дуба в Московской области // Науч. тр. / МЛТИ. - М., 1981. - С. 279. [8]. Соколова Э.С., Семенкова И.Г. Лесная фитопатология. - М., 1981. - 179 с. [9]. Степочкин П.М. Гнилевые заболевания дуба в Тульских засеках // Лесн. хоз-во. - 1974. - № 12. - С. 77-78. [10]. Частухин В.Я. Усыхание дуба в Воронежской области и причины этого явления // Тр. / Воронеж. заповед. - Воронеж, 1949. - Вып. 3. - С. 70-88. [11]. Черемисинов Н.А., Негруцкий С.Ф., Лешковцева И.И. Грибы и грибные болезни деревьев и кустарников. - М., 1970. - 194 с. [12]. Яковлев А.С., Яковлев И.А. Распространение грибных болезней в дубравах Среднего Поволжья // Пробл. лесн. фитопат. и миколог. - М., 1994. - С. 103-104.

Поступила 2 апреля 1997 г.

УДК 630*982.5

В.Н. КОСИЦЫН

ВНИИЛМ

Косицын Владимир Николаевич родился в 1959 г., окончил в 1985 г. Московский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела многоцелевого лесопользования и лесоустройства ВНИИЛМа. Имеет около 30 печатных трудов в области исследования продуктивности недревесных растительных ресурсов леса.



ОПЫТ ОЦЕНКИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА МОРОШКИ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Приведены данные о площади плодоносящих зарослей, среднем многолетнем биологическом запасе морошки и его плотности по лесхозам Вологодской области. Выделены лесхозы,

наиболее перспективные для организации промышленных заготовок морошки. В целом по лесному фонду области рассчитаны биологический, эксплуатационный, экономически доступный и реально возможный запас плодов морошки.

The data on the fruit-bearing bushing area are given, as well as the ones on average perennial biological stock and density of cloudberry according to the forest management companies of the Vologda region. The forest management companies were sorted out to be the most perspective from the point of view of organizing commercial harvesting of cloudberry. The biological, operational and economically accessible and really possible stock of cloudberry has been estimated for the forest stock of the region in a whole.

В условиях многоцелевого лесного хозяйства учету, оценке и использованию подлежат все ресурсы леса, в том числе и пищевых растений. Среди последних важное место занимают ресурсы морошки (*Rubus chamaemorus* L.).

Сравнительная стоимостная оценка древесных ресурсов и морошки в сосняке сфагновом подзоны южной тайги показала, что доход от использования ягод за период оборота рубки был в 11,5 раза больше [3]. Ежегодные биологические запасы плодов морошки в России значительны и подлежат промышленному освоению предприятиями лесного хозяйства [1]. Однако биологический урожай морошки используется довольно слабо (собирается только до 10 % урожая), что связано, в первую очередь, с отсутствием достоверных и объективных сведений о ее ресурсах в конкретных регионах страны.

Нами проведена оценка ресурсного потенциала морошки на примере Вологодской области (подзоны средней и южной тайги). Здесь наиболее типичными местообитаниями морошки являются сосняки, ельники сфагновые и долгомошные в возрасте 60 лет и старше, березняки сфагновые и долгомошные в возрасте 40 лет и старше, мезо- и олиготрофные болота. В табл. 1, составленной на основании наших наблюдений [2] и литературных

Таблица 1

Тип леса (болота)	Степень покрытия плодоносящими зарослями площади фитоценоза, %	Средняя многолетняя биологическая урожайность, кг/га
Сосняк сфагновый	15	75
Ельник «	10	20
Березняк «»	5	15
Ельник долгомошный	10	30
Березняк «	5	10
Мезотрофное (переходное) болото	5	10
Олиготрофное (верховое) болото	10	40

данных [4, 5], приведены основные ресурсные характеристики морошки — степень покрытия плодоносящими зарослями площади фитоценоза и средняя многолетняя биологическая урожайность в наиболее продуктивных местообитаниях вида.

В качестве первичного объекта оценки ресурсов морошки на территории лесного фонда Вологодской области принят лесхоз, обладающий определенными административными, экономическими и производственными функциями. На основании данных табл. 1 и лесоустроительных материалов о площадях распространения наиболее продуктивных для морошки типов леса (болота) по лесхозам области были рассчитаны площади плодоносящих зарослей и средние многолетние биологические запасы морошки, которые представлены в табл. 2. Самые большие площади плодоносящих зарослей морошки находятся в Борисово-Судском (22,22), Тотемском (12,40) и Бабаевском (11,42 тыс. га) лесхозах. Там же сосредоточены наибольшие запасы плодов (1030, 560 и 530 т соответственно).

Для сопоставления рассчитанных по лесхозам области биологических запасов морошки использовали показатель плотности запаса сырья, представляющий собой отношение биологического запаса в конкретном лесхозе к общей площади этого лесхоза. Эти показатели по лесхозам Вологодской области представлены в табл. 2.

Самая высокая плотность запаса сырья морошки (от 1,46 до 2,32 кг/га) отмечается в лесхозах, входящих в Молого-Судский и Шекснинско-Грязовецкий лесорастительные округа (за исключением Чибсаро-Грязовецкого района) южнотаежной подзоны [6]. Это Устюженский, Борисово-Судский, Кадуйский, Кирилловский, Бабаевский, Череповецкий, Чагодощенский и Белозерский лесхозы, а также Вологодское ГЛОХ. В них сосредоточено более половины всего биологического запаса плодов морошки, имеющегося в области. Следовательно, эта группа лесхозов наиболее перспективна для организации заготовок морошки в промышленных масштабах.

Самая низкая плотность запаса сырья характерна для лесхозов, расположенных в наиболее континентальной части области (Унженско-Югский лесорастительный округ южнотаежной подзоны): Бабшшинского, Кичменгско-Городецкого и Никольского.

Общая площадь плодоносящих зарослей морошки в лесном фонде Вологодской области составляет 185,27 тыс. га, а биологический запас плодов 8,34 тыс. т. Ресурсный потенциал каждого вида полезного растения характеризуется не только природно-сырьевой, но и экологической, хозяйственной, экономической, социальной функциями. Поэтому при оценке ресурсного потенциала морошки в Вологодской области рассчитывали и другие категории запаса сырья. Эксплуатационный запас — часть биологического, которую можно изымать с учетом технологии заготовки и потребностей лесной фауны. Согласно нашим исследованиям, эксплуатационный запас морошки в Вологодской области составляет 75 % от биологического, т. е. 6,25 тыс. т. Экономически доступный запас — часть эксплуатационного,

Таблица 2

Лесхоз	Площадь плодonoсящих зарослей, га	Средний многолетний биологический запас морошки, т	Плотность биологического запаса, кг/га
Подзона средней тайги			
Андомский	6 563,2	219,3	0,90
Вашкинский	4 843,6	242,1	1,19
Великоустюгский	8 121,8	350,9	0,60
Верховажский	3 232,0	145,0	0,55
Вожегодский	3 512,2	170,5	0,63
Ковжинский	7 925,2	368,2	1,18
Нюксенский	5 893,6	243,5	0,77
Онежский	10 282,6	307,3	0,71
Сямженский	2 795,5	145,9	0,65
Тарногский	3 867,8	165,8	0,51
Тотемский	12 393,4	561,2	0,85
Харовский	6 423,2	327,2	1,08
Национальный парк «Русский Север»	1 771,2	89,7	1,17
Подзона южной тайги			
Бабаевский	11 416,4	525,0	2,01
Бабушкинский	4 911,9	190,3	0,39
Белозерский	9 451,6	487,1	1,46
Борисово-Судский	22 216,2	1 025,7	2,22
Вологодский	436,7	22,4	0,24
Грязовецкий	4 596,9	207,4	0,57
Кадниковский	3 966,5	194,3	0,82
Кадуйский	9 180,0	402,4	2,12
Кирилловский	8 847,4	452,2	2,11
Кичменгско-Городецкий	3 694,0	165,3	0,38
Никольский	1 315,3	43,8	0,09
Устюженский	10 899,7	492,5	2,38
Чагодощенский	6 133,7	264,5	1,59
Череповецкий	9 481,3	465,3	1,73
Вологодское ГЛОХ	1 096,9	60,4	1,76
Итого	185 269,5	8 335,4	1,10

которая может быть использована с учетом современного уровня развития экономики в регионе. Она определяется в основном доступностью угодий, густотой дорожно-транспортной сети. Средняя протяженность дорожной сети в лесхозах области составляет 7,7 км на 1000 га при норме 10 км. Отсюда экономически доступный запас морошки в Вологодской области равен 77 % эксплуатационного, или 4,81 тыс. т. Реально возможный запас – часть экономически доступного за вычетом урожая, собираемого населением. Согласно выборочным опросам, на одного сельского жителя области приходится 2 кг, а на одного городского – 1 кг плодов морошки. Таким образом,

население ежегодно собирает около 1,83 тыс.т морошки, откуда реально возможный ее запас в области составляет 2,98 тыс.т.

В результате оценки ресурсного потенциала морошки в Вологодской области выделена группа лесхозов, расположенных в западной и юго-западной частях области, наиболее перспективных для организации промышленных заготовок этого сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Временное положение о службе учета ресурсов и прогнозирования урожая дикорастущих пищевых растений. - М.: ЦБНТИлесхоз, 1988. - 32 с. [2]. Косицын В.Н. Биологическая урожайность морошки в различных олиготрофных сообществах Вологодской области // Лесхоз. информ. - 1991. - № 12. - С. 53-54. [3]. Кулишкина С.Г., Косицын В.Н. Сравнительная стоимостная оценка древесных ресурсов и дикорастущих ягодников// Лесн. хоз-во. - 1996. - № 6. - С. 23-24. [4]. Лесотаксационный справочник для Северо-Востока европейской части СССР. - Архангельск: АИЛЛХ, 1986. - 358 с. [5]. Тюрин Е.Г., Нефедов Н.М., Серый А.А. Вологодские леса. - Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1984. - 126 с. [6]. Чертовской В.Г., Нилов В.Н., Ипатов Л.Ф. Лесорасчетное районирование Вологодской области. - Вологда: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1968. - С. 78-94.

Поступила 2 апреля 1997 г.

УДК 630*11

Е.В. АВДЕЕВА

Сибирский государственный технологический университет

Авдеева Елена Владимировна родилась в 1963 г., окончила Красноярский инженерно-строительный институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры проектирования лесного оборудования Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 20 публикаций, связанных с исследованиями влияния условий городской среды на состояние зеленых насаждений.



РАЗРАБОТКА РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ ГОРОДСКИХ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Рассмотрены вопросы создания рациональной структуры городских объектов озеленения.

The questions of creating the rational structure for urban plantation are considered.

Создание градостроительного комфорта заключается в разработке эффективных мероприятий, компенсирующих или устраняющих недостатки естественных условий и отрицательных факторов городской среды. Одним из путей решения данной проблемы является создание и сохранение зеленых насаждений из местных пород деревьев, рациональное размещение и выбор оптимальной структуры насаждений, что позволяет повысить роль озелененных территорий в оздоровлении окружающей среды. Это улучшение микроклимата регулированием температурного, влажностного и ветрового режимов, поглощение углекислого газа, пыли и копоти, обогащение воздуха кислородом, фитонцидами, снижение шума, улучшение декоративно-эстетических качеств городских ландшафтов.

Условия внешней среды существенно влияют на рост и развитие зеленых насаждений в городе, поэтому деревья одной и той же породы в одинаковом возрасте могут иметь различные биометрические показатели, которые зависят от размещения зеленых насаждений на территориях с разной степенью антропогенного загрязнения, влияния типа, способа и густоты посадок, площади и благоустройства озелененных территорий, состава насаждений и ухода за ними.

Для определения влияния этих факторов на состояние зеленых насаждений Красноярска были проанализированы биометрические показатели двух местных пород деревьев – березы повислой и лиственницы сибирской в возрасте от 15 до 37 лет. На каждом участке отобрано не менее 10 деревьев, измерены их высоты полная, до максимального диаметра кроны, до начала кроны, диаметр на высоте 1,3 м, диаметры кроны в двух перпендикулярных направлениях. Эти данные необходимы для определения длины освещенной поверхности кроны и ее протяженности, объема ствола и кроны.

В процессе экспериментальных исследований получены биометрические показатели деревьев рассматриваемых пород с различным шагом посадки, расстоянием между рядами, возрастом насаждений. Это позволило построить математические регрессионные модели рациональной структуры городских насаждений путем обработки данных методами планирования экстремальных полнофакторных экспериментов типа 2^m , где 2 – число уровней варьирования факторов (min и max); m – число факторов. В качестве последних приняты шаг посадки деревьев в рядах (X_1), расстояние между рядами (X_2), возраст посадок (X_3). За критерий оценки насаждений принят объем кроны дерева, позволяющий количественно оценить влияние факторов и имеющий вполне определенный физический смысл [2, 3].

Информацию обрабатывали в соответствии со следующим алгоритмом: 1) систематизация опытных данных, составление матриц планирования полнофакторных экспериментов типа 2^3 (трехфакторный эксперимент); 2) выбор типа уравнений регрессии и вычисление коэффициентов уравнений; 3) регрессионный анализ моделей: проверка значимости коэффициентов по критерию Стьюдента; адекватности моделей по критерию Фишера; однородности дисперсий (воспроизводимости опытов) по критерию Кохрена; определение точности и остаточной дисперсии опытов; 4) выполнение

программы крутого восхождения по поверхности отклика; 5) анализ полученных результатов.

Обработка результатов и построение математических моделей выполнены в соответствии с матрицами планирования: 1 – исследование влияния факторов на рост березы повислой; 2 – то же лиственницы сибирской. Получено уравнение регрессии:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3.$$

Коэффициенты уравнения регрессии в кодированных значениях факторов для матрицы 1 следующие: $b_0 = 42,9237$; $b_1 = b_2 = 2,3887$; $b_3 = 38,3262$; $b_{12} = 0,1237$; $b_{13} = b_{23} = 2,3612$; для матрицы 2 соответственно 75,2037; 5,0912; 61,7962; 0,1137 и 1,4087.

Программа крутого восхождения выполнялась в соответствии с алгоритмом [1, 3].

Исходя из физического смысла и априорных данных об их изменениях, с течением времени принимаем за исходный уровень (фон) состояние объектов при минимальных значениях факторов. Пределы изменения факторов от $X_{i \min}$ до $X_{i \max}$. В качестве базового фактора принимаем возраст деревьев; шаг основного фактора $S_3 = 1,5$.

Приращение объема кроны при варьировании факторов X_i вычисляли по уравнению

$$\Delta V = (b_1 + b_{12} X_2 + b_{13} X_3) \Delta X_1 + (b_2 + b_{12} X_1 + b_{23} X_3) \Delta X_2 + (b_3 + b_{13} X_1 + b_{23} X_2) \Delta X_3,$$

где ΔX_i – приращение факторов.

Полный объем кроны

$$V = V_{\min} + \Delta V,$$

где V_{\min} – объем кроны дерева на уровне выбранного фона (в нашем случае при $X_1 = 2$, $X_2 = 2$, $X_3 = 15$).

С использованием полученных моделей проведены многовариантные расчеты объемов кроны при следующих значениях факторов:

$$\begin{aligned} 2 \leq X_1 \leq 6; \Delta X_1 &= 1; \\ 2 \leq X_2 \leq 6; \Delta X_2 &= 1; \\ 15 \leq X_3 \leq 33; \Delta X_3 &= 2. \end{aligned}$$

Фрагменты результатов приведены в таблице.

$X_1 X_2$ м	Объем кроны деревьев, м ³ , в возрасте, лет											
	Береза повислая						Лиственница сибирская					
	15	25	33	45	51	55	15	25	33	45	51	55
2 × 2	4,6	42	71,9	116,7	139	154	6,2	71,7	124,1	202	242	268
3 × 3	4,6	45	76,5	124,5	148	164	9,7	76,8	130,5	221	251	278
4 × 4	4,6	47	81,2	132,2	158	175	13,0	82,1	137,0	219	260	288
5 × 5	4,6	50	86,0	140,2	167	185	17,0	87,3	143,0	228	270	298
6 × 6	4,6	52	91,0	148,2	177	196	21,0	92,7	150,0	236	279	308

Анализ обработки данных в соответствии с планом 2^3 позволил сделать следующие выводы.

1. Наибольшее влияние на увеличение объема кроны оказывает фактор X_3 – возраст дерева ($t_p = 26,63$). Влияние факторов X_1 и X_2 также существенно ($t_p = 1,66 \dots 2,19$), однако ниже фактора X_3 .

2. В пределах интервалов варьирования факторов функции $V = f(X_1, X_2, X_3)$ монотонно возрастают, точки экстремума отсутствуют, что не противоречит существу изучаемых объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.Н. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. - М.: Колос, 1980. - 168 с. [2]. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. - М.: Наука, 1965. - 340 с. [3]. Скокан А.И., Грифф М.И., Каран Е.Д. Планирование экспериментальных исследований в дорожном и строительном машиностроении. - М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1974. - 75 с.

Поступила 24 марта 1997 г.

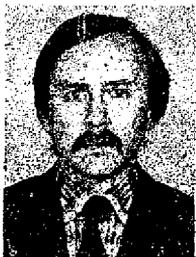
УДК 630*43+519.95

Г.А. ДОРРЕР, С.П. ЯКИМОВ

Сибирский государственный технологический университет



Доррер Георгий Алексеевич родился в 1936 г., окончил в 1960 г. Ленинградский кораблестроительный институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой системотехники Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 100 печатных работ по проблеме математического моделирования процессов распространения лесных пожаров и созданию компьютерных систем управления по борьбе с ними.



Якимов Сергей Петрович родился в 1960 г., окончил в 1983 г. Сибирский технологический институт, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры системотехники Сибирского государственного технологического университета.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСУ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Предложена статистическая модель описания расположения лесных горючих материалов. Разработана методика классификации лесных территорий по контрастам яркостных температур и способ определения пожарной опасности в лесу с использованием дистанционных методов. Приведены результаты расчетов, полученные на основе экспериментальных данных.

A statistical model for describing the forest inflammable material layout is suggested. The technique of grading the forest territories according to the contrast radiance temperature is developed as well as the one of fire hazard test based on the remote sensing methods. The calculation results based on the experimental data are given.

В последние годы заметно активизировалось использование методов дистанционного зондирования для определения состояния лесных ресурсов, чему способствует развитие международных контактов и создание в России сети станций приема данных с экологических спутников типа NOAA/AVHRR.

Определение класса пожарной опасности – одна из наиболее ответственных операций в охране лесов от пожаров. Применяемые в настоящее время методы, основанные на данных метеостанций и ретроспективной статистике пожаров, достаточно грубы, особенно в условиях Сибири и Дальнего Востока, где сеть метеостанций редка и оценка выполняется для больших территорий без учета разнообразия местных условий. Использование дистанционных методов позволило бы решить проблему более подробной и достоверной оценки пожарной опасности на охраняемой территории. Весьма перспективным для мониторинга пожарной «зрелости» лесов представляется пассивное зондирование параметров теплового излучения участка леса в диапазоне сверхвысоких радиочастот. В ряде работ [1, 3] обоснована возможность применения методов СВЧ-радиометрии для определения состояния лесных ресурсов, в том числе идентификации текущей пожарной опасности в лесу. В частности, в открытых местах

$$T_{\lambda} = \alpha(\lambda, w) T_{\text{п}} (1 - e^{-\gamma(\lambda, w)h}) + T_{\lambda, \text{п}} e^{-\gamma(\lambda, w)h}, \quad (1)$$

где T_{λ} – яркостная температура, К;

α, γ – коэффициенты излучения и поглощения;

λ – длина волны;

w – влагосодержание среды;

$T_{\text{п}}$ – термодинамическая температура почвы, К;

h – толщина излучающего слоя;

$T_{\lambda, \text{п}}$ – яркостная температура почвы.

Формула (1) показывает зависимость интенсивности радиотеплового излучения объекта от его влагосодержания, но непосредственное использо-

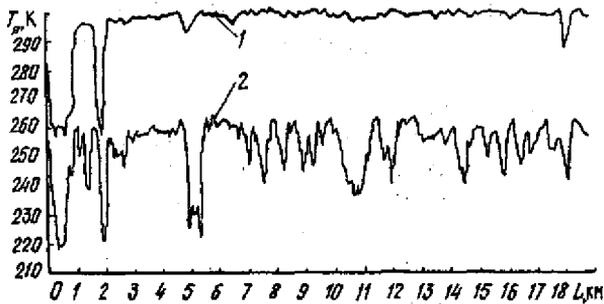


Рис. 1. «Радиояркий портрет» местности по трассе полета длиной L в пожароопасный (1) и непожароопасный (2) сезон на волне 2,25 см

вание ее для определения влагосодержания лесного горючего по яркостной температуре вряд ли возможно из-за экранирующего влияния крон деревьев [4], большого разнообразия и малой изученности электрофизических свойств лесной растительности. В то же время наблюдения показывают, что с ростом пожарной зрелости слоев лесных горючих материалов изменяются статистические характеристики полей излучения лесных массивов (рис. 1).

Горизонтальная структура лесных горючих материалов

Предлагается следующая модель описания расположения лесных горючих материалов. Каждый из параметров, характеризующий свойства слоя лесных горючих материалов, а также комплексы этих параметров рассматриваются как случайные кусочно-стационарные поля на плоскости. Предполагается, что участок случайного поля, соответствующий отдельно взятой фации, является стационарным в широком смысле. Понятно, что эти поля тесно взаимосвязаны, поскольку порождаются одним и тем же биогеоценозом.

Информация о структуре лесных горючих материалов, полученная с помощью бортовой измерительной аппаратуры, может быть существенно засорена. Неизбежные в условиях эксперимента сбои измерительного тракта, различного рода шумы и инерционность аппаратуры, неоднородности исследуемого объекта приводят к необходимости контроля поступающей информации, ее предварительной обработки и, по возможности, коррекции в реальном масштабе времени непосредственно на борту летательного аппарата. В работе Л.Ф. Бородина и Л.И. Гординой [2] описан метод рандомизированной линейно-ломаной аппроксимации, основанный на предположении о возникновении случайной компоненты только на этапе измерений. Метод неплохо зарекомендовал себя при исследованиях природных объектов, однородных по своей структуре (сельскохозяйственные насаждения, водные поверхности и пр.). Но использование его для классификации горючих материалов вряд ли целесообразно из-за уже отмечавшейся ранее неоднородности электрофизических свойств самого объекта исследования. На основе алгоритма Бородина–Гординой и известного правила «трех сигм»

нами была разработана рекуррентная процедура, заключающаяся в следующем.

Пусть результаты трассовых измерений интенсивности собственного радиотеплового излучения природного объекта дискретны с интервалом Δx в масштабе местности и представлены последовательностью N величин $T_1, T_2, \dots, T_k, \dots, T_N$.

Задача предварительной обработки по существу сводится к рекуррентной классификации выборки T_1, \dots, T_N по контрастам радиоярких температур по признаку распределений с одинаковыми средними. На первом этапе предполагается, что точки T_1 и T_2 принадлежат одной и той же генеральной совокупности, для которой оцениваются математическое ожидание и стандартное отклонение значений радиационных характеристик:

$$M^* = \frac{T_1 + T_2}{2}; \sigma^* = \sqrt{(T_1 - M^*)^2 + (T_2 - M^*)^2}.$$

Если точка T_3 принадлежит этой же генеральной совокупности, то ее значение удовлетворяет неравенству

$$M^* - 3\sigma^* \leq T_3 \leq M^* + 3\sigma^*. \quad (2)$$

При выполнении неравенства (2) считаем, что соответствующие участки территории относятся к одному типу лесных горючих материалов, точка T_3 включается в выборку; тогда значения M^* и σ^* уточняются:

$$M^* = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}; \sigma^* = \sqrt{(T_1 - M^*)^2 + (T_2 - M^*)^2}.$$

В противном случае возможны два варианта:

1) $T_3 \leq M^* - 3\sigma^*$.

Точка может принадлежать к распределению с меньшим средним, но нельзя исключать и того, что она является случайным выбросом, обусловленным, например, сбоем аппаратуры. Для уточнения этого обстоятельства проводится еще одна проверка:

$$T_4 \leq M^* - 3\sigma^*. \quad (3)$$

При выполнении неравенства (3) делается вывод о существовании еще одной генеральной совокупности с параметрами:

$$M^* = \frac{T_3 + T_4}{2}; \sigma^* = \sqrt{(T_3 - M^*)^2 + (T_4 - M^*)^2}.$$

Иначе точку T_3 естественно считать случайным выбросом.

2) $T_3 \geq M^* + 3\sigma^*$.

Как и в предыдущем варианте, следует проверить, не принадлежит ли точка T_3 к генеральной совокупности с большим средним:

$$T_4 \geq M^* + 3\sigma^*.$$

Подобные операции выполняются и для всех остальных точек выборки T_1, \dots, T_N . Отметим, что проверок, аналогичных неравенству (3), может быть любое количество в зависимости от конкретных требований, предъявляемых к алгоритму. Предлагаемый алгоритм классификации и расчета статистических характеристик поля радиотеплового излучения лесных горючих материалов легко приводится к рекуррентному виду.

Методика оценки пожарной зрелости лесных горючих материалов

В целях разработки метода идентификации пожарной опасности были исследованы записи радиотеплового излучения леса. Измерения проводили в натуральных условиях в районе р. Енисей и Вакрушихи на прямолинейном фиксированном маршруте с помощью пассивного СВЧ-радиометра (изделие Института радиотехники и электроники РАН) в различные периоды пожарной зрелости лесных горючих материалов на различных длинах волн. Класс пожарной опасности определяли по шкале В.Г. Нестерова.

Качественный анализ записей показал реальную возможность оценить пожарную опасность заболоченных и болотных лесов с учетом влаго содержания лесного горючего, зондируя собственное радиотепловое поле леса в диапазоне 0,8 ... 20,0 см. Применение более коротких волн нецелесообразно, так как радиометр будет реагировать только на влагосодержание крон деревьев, которое в пожароопасный период почти не меняется. Использование же длинных волн ведет к потере точности, вызванной влиянием глубинных слоев почвы. Полученные выводы хорошо согласуются с предложенной моделью структуры лесных горючих материалов.

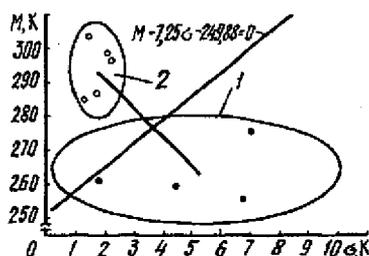
Предлагается следующий подход к проблеме разработки системы мониторинга пожарной опасности.

1) Выбирают одну или несколько базовых частот работы бортового СВЧ-радиометра. Диапазон 0,8 ... 20,0 см полностью находится в окне прозрачности атмосферы, поэтому выбор конкретной частоты не принципиален и определяется особенностями исследуемого объекта. В настоящей работе все расчеты проведены для измерений на волне 2,25 см.

2) Следующий этап – накопление информации для обучающей выборки. В качестве элементов последней предлагается использовать записи радиотеплового излучения леса на базовых частотах в различные периоды пожарной зрелости горючих материалов. Диагностическими признаками, идентифицирующими класс пожарной опасности, рекомендуется считать различные статистические характеристики случайного процесса изменения интенсивности радиотеплового излучения по трассе полета летательного аппарата и их функционалы.

3) Размерность пространства признаков пожарной зрелости, полученных на предыдущем этапе, может оказаться большой, что неизбежно ведет к усложнению распознающей системы, увеличению ее стоимости. Поэтому необходимо по возможности сокращать размерность исходного пространства признаков до минимального, содержащего только наиболее информативные.

Рис. 2. Нахождение границы между классами низкой (1) и средней (2) пожарной опасности



4) В пространстве информативных признаков находятся уравнения границ между классами пожарной опасности.

Использование методики для рассматриваемого примера реального лесного массива позволило выделить минимальное пространство диагностических признаков, в которое вошли математическое ожидание M^* и стандартное отклонение σ^* записи радиояростной температуры участка лесной территории. В этом пространстве в классе линейных функций было найдено уравнение границы между классами низкой и средней пожарной опасности:

$$M^* - 7,25\sigma^* - 249,88 = 0. \quad (4)$$

Результаты распознавания обучающей выборки представлены на рис. 2. Уравнение (4) не является универсальным. Его можно рассматривать лишь как пример расчета параметров системы мониторинга пожарной опасности для конкретного лесного массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Арманд Н.А. и др. Математическое моделирование как метод обработки данных радиофизического мониторинга окружающей среды / Н.А. Арманд, В.Н. Бортник, Ф.А. Мкртчян и др. // Методы информатики в радиофизических исследованиях окружающей среды. - М.: Наука, 1989. - С. 3-25. [2]. Бородин Л.Ф., Гордина Л.И. Алгоритм рандомизированной линейно-ломаной аппроксимации // Тр. I межведомств. совещ. «Статистические методы обработки данных дистанционного зондирования окружающей среды» (Минск, сентябрь 1980 г.). - М., 1983. - С. 100-103. [3]. Валендик Э.Н., Кисляхов Е.К., Сухинин А.И. Оценка пожарной опасности таежных лесов по радиотепловому излучению // Исследование Земли из космоса. - 1980. - № 3. - С. 14-19. [4]. Чухланцев А.А., Шутков А.М. Об учете влияния растительности при дистанционном СВЧ-радиометрическом зондировании земных покровов // Там же. - 1988. - № 3. - С. 67-72.

Поступила 31 мая 1996 г.

УДК 630*68

Г.Е. РОМАНОВ

Петрозаводский государственный университет



Романов Григорий Евгеньевич родился в 1953 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, доцент кафедры лесного хозяйства Петрозаводского государственного университета. Имеет около 20 печатных работ по проблемам многоцелевого природопользования.

МНОГОЦЕЛЕВОЕ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЕ И СОЦИАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ В ИСТОЩЕННЫХ ЛЕСОСЫРЬЕВЫХ БАЗАХ

Рассмотрены причины, порождающие социальную напряженность в истощенных лесосырьевых базах. Но истощены лишь запасы хвойных пород. Совершенно игнорируются недревесные ресурсы, использование территорий в рекреационных целях. Данные направления использования ресурсного потенциала территорий могут и должны развиваться одновременно, создавая мозаичную структуру по видам пользования, меняющуюся во времени.

The reasons of bringing forth the social tension in the exhausted wood raw bases are considered. But in fact the coniferous trees' resources are exhausted. Non-wood forest resources, use of forest areas for recreational purposes are completely ignored. The given trend of using the resources potential of the territories could be and may be developed at a time, thus creating a mosaic structure on types of management being changed in course of time.

Социальная устойчивость – это процесс развития человеческого общества, который идет параллельно с освоением природных ресурсов. Он зависит от состояния социальной инфраструктуры в условиях, когда имеются предпосылки для развития территории. Развитие территорий невозможно без сбалансированности процессов производства и потребления.

Удовлетворение потребностей реализуется, в частности, за счет диверсификации производства, основой чего в лесном секторе является биоразнообразие. Именно биологическое разнообразие, которое присутствует на любом участке территории, позволяет организовать не моно-, а многопрофильные, многоцелевые лесные предприятия.

Социальная устойчивость выступает как результат мероприятий, имеющих разнонаправленные цели (разные работы на различных объектах), но подчиненных единой цели — поиску удовлетворительных взаимоотношений природной, социальной и экономической составляющих данной локальной территории в настоящее время и на перспективу. Основа социальной устойчивости — занятость населения. Объектом хозяйствования становятся не таксационные выделы, а экосистемы, объединяющие все факторы производства.

Нынешнее положение в социальной сфере локальных лесных территорий сформировалось в результате естественного развития природных систем и последствий тех решений, которые приняты в прошлом. В лесном комплексе России к таким решениям можно отнести функционирование «кочующих» лесных предприятий (т. е. с ограниченными сроками эксплуатации), изменения спроса и направлений потоков товарной продукции и т. п.

Территориальная оторванность лесоперерабатывающих предприятий от лесов привела к образованию особой лесозаготовительной отрасли промышленности. Общие (по всем ведомствам) объемы лесозаготовок достигли пика в 1960 — 1970 гг. Это было время расцвета лесозаготовительных предприятий «кочующего» типа. После освоения эксплуатационных запасов и одновременно с выбытием жилого фонда люди и оборудование перебазировались в новые лесные массивы [7].

В середине 80-х гг. в вопросе о создании постоянно действующих лесных предприятий существовали следующие точки зрения: организация неистощительного пользования лесом на оборот рубки [3, 8]; стадийная концепция развития лесных предприятий [2, 4]. Фактически преобладали леспромхозы со сроками действия, ограниченными состоянием жилья и эксплуатационных запасов [7].

Жизнь заставляла менять формы и структуры лесных предприятий [2, 4], но в условиях плановой экономики это оказалось делом сложным, и много лесных предприятий со временем были ликвидированы. Однако и после этого в районах с лучшими лесорастительными и климатическими условиями, где люди имеют давние традиции, лесные поселки сохранились [5].

В последние годы снижение объемов лесопользования и переориентация на сортиментную заготовку древесины с поставкой ее во двор потребителя, минуя нижний склад, породили безработицу, которая в некоторых районах Карелии достигает 70 %. Организационные перемены на лесозаготовках были проведены поверхностно и касались в основном лесосечных работ. По-прежнему игнорируются пользование недревесными ресурсами и развитие рекреационного направления, требующие иных подходов к управлению как предприятиями, так и территориями.

Предприятия, ориентированные на потребление одного вида ресурса и выпускающие товарную продукцию ограниченной номенклатуры, оказались неперспективными ни с экономической, ни с социальной точек зрения [9, 10]. Иногда при полном истощении запасов древесины может быть при-

нято решение об использовании недр. Однако это порождает экологические проблемы [1], так как природная система уже не в состоянии самостоятельно восстановиться. Для восстановления продуцирующего ее состояния потребуется несоизмеримо больше финансовых средств, чем сиюминутная выгода от использования недр.

Иная картина получается при рекреационном развитии территории. Данное направление, включающее такие элементы, как туризм (активный и пассивный), охоту, рыбную ловлю, сбор и переработку грибов, ягод и т. п., потребует создания новых рабочих мест и профессий для обслуживания посетителей, но доходы могут в несколько раз превысить суммы поступлений от реализации древесины [9, 10].

Примером объекта многоцелевого пользования является учебно-опытное лесничество Петрозаводского университета «Матросы» [6]. Активное освоение лесов вокруг пос. Матросы началось с 1935 г.: здесь функционировал лесопункт. Ныне практически 4/5 древостоев имеют неудовлетворительное (по пиловочнику) распределение числа стволов по ступеням толщины: у 75 % запаса диаметр на высоте груди меньше 20 см. Износ жилого фонда в пос. Матросы составляет в среднем 70 % при низком уровне благоустройства. Уровень безработицы среди постоянных жителей поселка 68 %. При таких показателях пос. Матросы не имеет перспектив без коренной диверсификации. В то же время ряд его особенностей может послужить основой для возрождения: месторасположение и многоцелевые ресурсы. Так, близлежащий районный центр расположен на расстоянии 15, республиканский – 30 км; интенсивность движения по автомагистрали – около 500 автомашин в сутки; дачное строительство – 500 ... 600 домов; запасы ягод, грибов, березового сока – 0,6 ... 3,5 т; территория в режиме памятника природы – 300 га; маршруты научные, спортивные, учебные – не менее 8; карьер-1 ... 2 млн м³; запасы спелых, средневозрастных и приспевающих древостоев – 244 тыс. м³.

Тяжелое социальное положение в районах с истощенными древесными запасами можно исправить, вовлекая в хозяйственное использование все природные ресурсы, создавая многоцелевые предприятия. Более того, повышение социальной устойчивости и развитие многоцелевого природопользования способствует решению глобальной задачи – формированию населения как рачительного, предприимчивого и гостеприимного хозяина территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. КукOLEV М. И., Романов Г. Е. Термодинамическая оценка локальных территорий и многоцелевое природопользование // Проблемы развития лесного комплекса Северо-Западного региона: Тез. докл. Междунар. конф. (Петрозаводск, Республика Карелия, октябрь, 1996. Петрозаводск. ун-т). - 1996. - С. 33-34.
- [2]. Лобовиков Т. С., Береславская В. А., Поздеев В. Л. К вопросу развития типов лесных предприятий // Лесн. журн. - 1981. - № 3. - С. 118-120. - (Изв. высш. учеб. заведений).
- [3]. Моисеев Н. А. Воспроизводство лесных ресурсов. - М.: Лесн. пром-сть, 1980. - 258 с.
- [4]. Петров А. П., Бурдин Н. А., Кожу-

хов Н.И. Лесной комплекс (Вопросы теории и практики). - М.: Лесн. пром-сть, 1985. - 296 с. [5]. Романов Г.Е. Организация производственной деятельности лесозаготовительных предприятий с истощенными сырьевыми базами // Лесн. журн. - 1991. - № 2. - С. 114-117. - (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Романов Г.Е. Учебно-опытное лесничество как объект многоцелевого природопользования // Лесн. журн. - 2000. - № 2. - С. 45 - 48. - (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Романов Е.С., Новгородова Т.И. Динамика жилого фонда и ее взаимосвязи с объемами производства леспромхозов // Лесн. журн. - 1973. - № 2. - С. 147-153. - (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Чупров Н.П., Антуфьева Е.Д. Динамическая модель непрерывного пользования лесом // Вопросы экономики использования и воспроизводства лесных ресурсов на Европейском Севере. - Архангельск: АИЛХиЛХ, 1975. - С. 25-34. [9]. Americans outdoors. The legacy, the challenge: The Report of the President's commission. Island Press. - Washington, D. C. Coeval, California, 1988. [10]. Klemperer W. D. Forest resource economics and finance. - Mc Graw-Hill Inc. 1996. - 551 p.

Поступила 22 апреля 1999 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*114:625.711.84

А.С. ФЕДОРЕНЧИК, С.С. МАКАРЕВИЧ, Н.П. ВЫРКО

Белорусский государственный технический университет



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 90 печатных работ по вопросам ресурсосберегающих и экологически чистых технологий заготовки древесины при рубках главного и промежуточного пользования, совместимости лесной техники с окружающей средой, лесного образования.



Вырко Николай Павлович родился в 1935 г., окончил в 1962 г. Белорусский технологический институт, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспорта леса Белорусского государственного технологического университета. Имеет более 130 печатных работ по проблемам обеспечения круглогодичной работы лесовозного автотранспорта на вывозке заготовленного леса, совершенствования методов расчета, проектирования и способов строительства лесных автомобильных дорог.

ДЕФОРМАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ

Приведены результаты теоретических исследований напряженно-деформированного состояния лесных почв под воздействием колесных и гусеничных движителей, как упруговязкого полупространства.

The results of theoretical studies are presented related to the strain-and-deformational state of the forest soils under the influence of wheeled and tracked skidders as elastic-and-frictional half-space.

С внедрением тяжелых лесотранспортных машин на лесосечных работах большую актуальность приобретает вопрос о совместимости лесных

машин с лесной средой. Воздействуя на лесную почву, уплотняя ее в колее, колесные и гусеничные движители вызывают изменения физико-механических и биологических свойств лесных почвогрунтов, что затрудняет естественное лесовозобновление. В связи с этим необходимо разработать методику, нормативы и требования, ограничивающие степень повреждения лесной почвы и обеспечивающие устойчивое функционирование лесов.

Лесные почвы относят к слабым грунтам. Для них характерны высокая дисперсность, влажность и пористость в природном состоянии, разветвленная корневая система, водно-коллоидные связи коагуляционного типа, значительное изменение механических свойств при искусственном нарушении структуры и др.

Наличие в структуре таких грунтов связей коагуляционного типа предопределяет реологический характер их поведения. При оценке механических свойств слабых грунтов первостепенное значение имеет фактор времени, который проявляется как в величине и характере сжатия грунта, так и в его сопротивляемости сдвигу.

Исследования В.А. Флорина [2] показали, что деформируемость дисперсных грунтов во времени вполне описывается линейной теорией наследственной ползучести Больцмана – Вольтерра. В самом общем случае имеем

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

где $\varepsilon(t)$ – относительная деформация;

σ – напряжение;

E – модуль упругости;

$K(t-\tau)$ – ядро ползучести или ядро интегрального уравнения, представляющего функцию влияния напряжений $\sigma(\tau)$ в момент времени τ на деформацию в момент времени t ;

t – время наблюдения;

τ – время, предшествующее моменту наблюдения.

Ядро ползучести $K(t-\tau)$ имеет вид [3]

$$K(t-\tau) = \delta e^{-\beta(t-\tau)}, \quad (2)$$

где δ, β – параметры, которые определяются по опытным кривым ползучести.

В общем случае решение интегрального уравнения (1) относительно напряжения $\sigma(\tau)$ имеет вид

$$\sigma(t) = E_0 \left[\varepsilon(t) - \int_0^t R(t-\tau)\varepsilon(\tau)d\tau \right], \quad (3)$$

где E_0 – общий модуль деформации;

$R(t-\tau)$ – резольвента интегрального уравнения (1) или ядро релаксации,

$$R(t-\tau) = \delta e^{-(\delta+\beta)(t-\tau)} \quad (4)$$

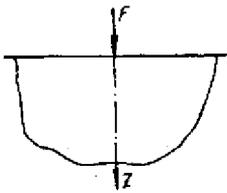


Рис. 1

Материалы, для которых зависимость между деформациями ϵ и напряжениями записывается уравнениями (1) и (3), называют вязкоупругими.

В дальнейшем грунтовое полупространство в лесном массиве будем рассматривать как квази-однородное вязкоупругое полупространство (рис. 1)

Определение напряжений и перемещений, возникающих в полупространстве от сосредоточенной силы F , будем искать в цилиндрической системе координат (осесимметричная задача) через функцию напряжений $\varphi = \varphi(r, z)$, с которой напряжения и перемещения связаны зависимостями

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} \right); \\ \sigma_\theta &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \nabla^2 \varphi - \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right); \\ \sigma_z &= \frac{\partial}{\partial z} \left[2(1-\mu) \nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right]; \\ \tau_{rz} &= \frac{\partial}{\partial z} \left[(1-\mu) \nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right]; \\ U &= -\frac{1+\mu}{E_0} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial z} - \frac{1+\mu}{E_0} \int_0^t \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial z} K(t-\tau) d\tau; \\ W &= \frac{1+\mu}{E_0} \left[2(1-\mu) \nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right] + \frac{1+\mu}{E_0} \int_0^t \left[2(1-\mu) \nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right] K(t-\tau) d\tau, \end{aligned} \right\} (5)$$

где $\sigma_r, \sigma_z, \sigma_\theta$ — нормальные напряжения, действующие соответственно по площадкам, перпендикулярным осям r и z и касательной к окружности радиуса r ;

$\tau_{r,z}$ — касательные напряжения в плоскости rz ;

U — горизонтальное перемещение r ;

W — вертикальное перемещение по оси z ;

μ — коэффициент Пуассона;

∇^2 — оператор Лапласа, который в цилиндрической системе координат имеет вид

$$\nabla^2 = \frac{\partial}{\partial r^2} + \frac{\partial}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}. \quad (6)$$

В качестве функции напряжений примем функцию φ , удовлетворяющую бигармоническому уравнению $\nabla^2(\nabla^2 \varphi) = 0$:

$$\varphi = CR + B [z \ln(R+z) - R], \quad (7)$$

где $R = \sqrt{r^2 + z^2}$;

B, C — постоянные, определяемые при $z = 0$; $R = r$; $\tau_{r,z} = 0$.

Подставляя функцию напряжений ϕ в уравнения (5), получаем

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= C \left(\frac{z}{R^3} - 3 \frac{r^2 z}{R^5} \right) - 2C\mu \frac{z}{R^3} + B \left[\frac{1}{R(R+z)} - \frac{z}{R^3} \right]; \\ \sigma_\theta &= 2(1-\mu)C \frac{z}{R^3} - B \frac{1}{R(R+z)} - C \frac{z}{R^3}; \\ \sigma_z &= 3C \frac{r^2 z}{R^5} - 2(2-\mu)C \frac{z}{R^3} + B \frac{z}{R^3}; \\ \tau_{rz} &= 3C \frac{r^3}{R^5} - 2C \frac{z}{R^3} - 2C(1-\mu) \frac{r}{R^3} + B \frac{r}{R^3}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Значения постоянных C и B определяют по формулам

$$C = \frac{F}{2\pi}; \quad (9)$$

$$B = \frac{F}{2\pi} (1 - 2\mu). \quad (10)$$

Подставляя выражения для C и B в уравнения (8), находим

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{F}{2\pi R^2} \left[(1-2\mu) \frac{R}{R+z} - 3 \frac{r^2 z}{R^3} \right]; \\ \sigma_\theta &= \frac{F(1-2\mu)}{2\pi R^2} \left(\frac{z}{R} - \frac{R}{R+z} \right); \\ \sigma_z &= \frac{3F}{2\pi} \frac{z^3}{R^5}; \\ \tau_{rz} &= -\frac{3F}{2\pi} \frac{rz^2}{R^5}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Если значения функции и постоянные C и B подставить в два последних уравнения системы (5) и принять ядро ползучести в виде экспоненты (2), которое при постоянной нагрузке имеет вид $K(\tau) = \delta_0 e^{-\beta_0 \tau}$, после некоторых преобразований получим

$$U = -\frac{F(1+\mu)}{2\pi E_0 R} \left[\frac{rz}{R^2} - (1-2\mu) \frac{r}{R+z} \right] \left[1 + \frac{\delta_0}{\beta_0} (1 - e^{-\beta_0 t}) \right]; \quad (12)$$

$$W = \frac{F(1+\mu)}{2\pi E_0 R} \left[\frac{z^2}{R^2} + 2(1-\mu) \right] \left[1 + \frac{\delta_0}{\beta_0} (1 - e^{-\beta_0 t}) \right], \quad (13)$$

где δ_0, β_0 — постоянные, определяемые из опытов на ползучесть.

Перемещения на поверхности грунта при $z = 0$ и $R = r$ равны:

$$U = -\frac{F(1+\mu)(1-2\mu)}{2\pi E_0 r} \left[1 + \frac{\delta_0}{\beta_0} (1 - e^{-\beta_0 t}) \right]; \quad (14)$$

$$W = \frac{F(1-\mu^2)}{\pi E_0 r} \left[1 + \frac{\delta_0}{\beta_0} (1 - e^{-\beta_0 t}) \right]. \quad (15)$$

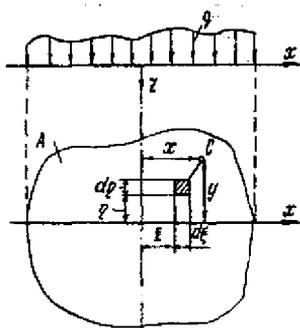


Рис. 2

Анализ формул (11), (14) и (15) показывает, что напряжения и перемещения в точке приложения силы F становятся бесконечно большими. Но силы, как правило, прикладываются не в точке, а передаются через какую-либо площадку. Решение в этом случае может быть получено на основании принципа суперпозиции из рассматриваемой задачи.

Учитывая то, что нагрузка от колесных и гусеничных движителей передается на грунт через площадку, рассмотрим задачу, когда на плоскость, ограничивающую полупространство, действует сплошная нагрузка, распределенная на некоторой площади A (рис. 2).

Выделим элементарную площадку $dA = d\xi d\eta$. Силу, действующую на нее, будем считать сосредоточенной и равной $dF = qdA = qd\xi d\eta$. Перемещение данной поверхности полупространства, от силы dF в некоторой точке $C(x, y)$, расположенной внутри загруженной площади, можно определить по формулам (14) и (15), заменяя r на $r_1 = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}$. Чтобы найти перемещение точки $C(x, y)$ от действия сплошной нагрузки по всей площади A , необходимо проинтегрировать их по площади A . Тогда получим

$$\left. \begin{aligned} U &= -\frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{2\pi E_0} \left[1 + \frac{\delta_0}{\beta_0} (1 - e^{-\beta_0 r}) \right] \iint_A \frac{q d\xi d\eta}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}}; \\ W &= \frac{1-\mu^2}{\pi E_0} \left[1 + \frac{\delta_0}{\beta_0} (1 - e^{-\beta_0 r}) \right] \iint_A \frac{q d\xi d\eta}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Для колесных движителей будем считать, что нагрузка q распределена равномерно по всей площади круга, равновеликого отпечатку следа колеса, тогда перемещения будут равны:

$$\left. \begin{aligned} U &= -\frac{q(1+\mu)(1-2\mu)}{2\pi E_0} \left[1 + \frac{\delta_0}{\beta_0} (1 - e^{-\beta_0 r}) \right] \iint_A \frac{d\xi d\eta}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}}; \\ W &= \frac{q(1-\mu^2)}{\pi E_0} \left[1 + \frac{\delta_0}{\beta_0} (1 - e^{-\beta_0 r}) \right] \iint_A \frac{d\xi d\eta}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}}. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Интегралы, входящие в формулы (17):

$$I = \iint_A \frac{d\xi d\eta}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}}, \quad (18)$$

зависят только от геометрической формы площади A , по которой распределена нагрузка.

Отношение сторон l/b	Значение отношения l/b при определении перемещений			
	в угловых точках прямоугольника	в центре прямоугольника	среднего значения перемещения	при загрузке абсолютно жестким штампом
1	1,759	3,518	2,984	2,765
2	2,403	4,806	4,084	3,833
3	2,796	5,592	4,806	4,524
4	3,079	6,158	5,341	5,058
5	3,298	6,596	5,749	5,403
10	3,974	6,596	7,068	6,660
-	2,000	Круг π	2,670	2,482

Если нагрузка распределена по площади круга, как для колесных движителей, то интеграл (18) не выражается через элементарные функции, а сводится к виду [1]

$$I = 4 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{a^2 - r^2 \sin^2 \varphi} \, d\varphi, \quad (19)$$

где a – радиус круга;

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Интеграл, входящий в уравнение (19), можно вычислить по таблицам эллиптических интегралов.

Для гусеничных движителей нагрузка распределена по площади прямоугольника шириной b и длиной l , поэтому интеграл (18) не выражается через элементарные функции. При определении перемещений его можно вычислить численными методами для различных отношений l/b . Результаты вычислений [3] приведены в таблице.

Подставляя значение интеграла I из таблицы в формулы (17), получаем перемещения соответствующих точек прямоугольной площадки (отпечатка гусеницы) загрузки, выраженные через ее ширину b .

Так, при прямоугольной площадке загрузки с соотношением сторон $l/b = 10$ для перемещений в центре площадки имеем

$$\left. \begin{aligned} U &= -7,948 \frac{qb(1+\mu)(1-2\mu)}{2\pi E_0} \left[1 + \frac{\delta_0}{\beta_0} (1 - e^{-\beta_0 r}) \right]; \\ W &= 7,948 \frac{qb(1-\mu^2)}{\pi E_0} \left[1 + \frac{\delta_0}{\beta_0} (1 - e^{-\beta_0 r}) \right]. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Таким образом, разработана модель, позволяющая описывать деформацию лесных почв с учетом их вязкоупругих свойств, а пользуясь формулами (17), можно определить полные (общие) перемещения, возникающие при нагружении. Они будут включать в себя как упругие, так и остаточные деформации, причем остаточные существенно больше упругих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. - М.: Высш. шк., 1968. - 512 с. [2]. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Т. 1 и 2. - М.: Госстройиздат, 1959, 1961. [3]. Цытович Н.А. Механика грунтов. - М.: Высш. шк., 1973. - 280 с.

Поступила 11 ноября 1998 г.

УДК 539.384:621.86.063.2

Д.Г. ШИМКОВИЧ

Московский государственный университет леса



Шимкович Дмитрий Григорьевич родился в 1952 г., окончил в 1976 г. Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры теории и конструирования машин Московского государственного университета леса. Имеет около 60 печатных трудов в области механики, многокритериальной оптимизации, проектирования лесозаготовительного оборудования.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНЫХ ГРЕЙФЕРОВ ДЛЯ КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

Изложены основные расчетные соотношения математической модели приводного грейфера для круглых лесоматериалов; дана постановка многокритериальной задачи оптимизации его параметров. Приведены некоторые результаты оптимизационных расчетов, их сравнение с экспериментальными данными и параметрами существующих грейферов.

The main estimated ratios of the mathematical model of power grapple for roundwood is presented; the multicriteria optimization task of its parameters is set forth. Some results of optimization estimations are given as well as their comparison with experimental data and parameters of current grapples.

Вопросам выбора рациональных параметров грейферных механизмов посвящено большое количество работ [1-6, 14 и др.].

Можно выделить следующие основные взаимосвязанные задачи оптимизации: формы челюстей грейфера; геометрических и кинематических параметров механизма; размещения масс конструкции грейфера. Определяющей является задача оптимизации формы челюстей.

В подавляющем большинстве случаев для моделирования процесса зачерпывания круглых лесоматериалов использовали методы теории сыпучей среды, что не позволяет в полной мере учесть влияние формы челюсти на силовые характеристики процесса.

Применение методов однокритериальной оптимизации также не дает возможности всесторонне оценить проектируемый грейфер.

В данной статье рассмотрена задача оптимизации параметров грейферных механизмов в многокритериальной постановке с использованием уточненных методов расчета взаимодействия челюстей с круглыми лесоматериалами [7-9, 11, 12].

Скорость смыкания челюстей относительно мала (до 0,2...0,3 м/с) [5], так как при больших скоростях наблюдается «кострение» лесоматериалов и резкое возрастание сил сопротивления. В связи с этим при исследовании грейферных механизмов с достаточной для практики точностью используют, как правило, статический подход. Полагаем, что в процессе зачерпывания грейфер движется симметрично по отношению к вертикальной плоскости пакета лесоматериалов. Это допущение традиционно и оправдано при определении основных параметров грейфера на этапе рассматриваемого проектного расчета.

Расчетная схема приведена на рис. 1. Для нее составим два уравнения равновесия, из которых находим:

уравнение для определения момента поворота челюсти M_p :

$$M_p = r_0 \left[R_x \cos \xi - R_y \sin \xi + R \frac{\sin(\xi + \varphi_k - \delta)}{\cos \varphi_k} \right] - M_A - M_{G_1}$$

и уравнение для определения нормальной реакции на нижнюю сторону челюсти R :

$$R = \left(\frac{G}{2} + R_y \right) \frac{\cos \varphi_k}{\cos(\varphi_k - \delta)},$$

где r_0 – расстояние от шарнира поворота челюсти O до ее конца;

ξ – угловая координата поворота челюсти, отсчитываемая от вертикали;

φ_k – угол трения между нижней стороной челюсти и лесоматериалами;

δ – угол наклона кривой зачерпывания к горизонтали;

M_{G_1} – момент силы тяжести челюсти G_1 относительно шарнира O ;

G – сила тяжести грейфера.

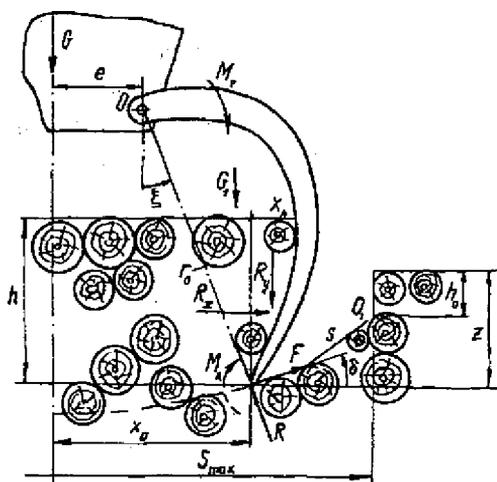


Рис. 1

Нагрузки на челюсть со стороны лесоматериалов (рис.1):

$$R_x = \gamma L h^2 C_x; R_y = \gamma L h^2 C_y; M_A = \gamma L h^3 C_m.$$

Силы R_x и R_y приведены к концу челюсти. В данных соотношениях они рассматриваются как случайные величины, характеристики которых определяются с помощью вероятностного метода расчета [12], что дает возможность вычислить математическое ожидание и дисперсию момента поворота.

Здесь γ – приведенная удельная сила тяжести лесоматериалов,

$$\gamma = \rho g k_\gamma k_\phi k_n k_v;$$

ρ – плотность древесины;

k_γ – коэффициент уплотнения массива лесоматериалов при зачерпывании, $k_\gamma = 0,63 \dots 0,68$ [5];

k_ϕ – коэффициент формы лесоматериалов, для сортиментов длиной до 6 ... 8 м $k_\phi \approx 1$ (что соответствует цилиндрической форме бревен); для хлыстов $k_\phi \approx 0,5$;

k_n – коэффициент доли силы тяжести пачки, приходящейся на захватное устройство (при зачерпывании пачки вблизи центра масс $k_n = 1,0$; у комлей $k_n = 0,6 \dots 0,7$);

k_v – коэффициент пересчета объема пачки, $k_v = (d_{1,3}/d)^2$ ($d_{1,3}$ – расчетный диаметр на высоте 1,3 м для определения объема пачки хлыстов, d – средний диаметр лесоматериалов в плоскости захвата); для сортиментов $k_v = 1$;

L – длина лесоматериалов;

h – текущая высота слоя лесоматериалов в зеве грейфера;

C_x, C_y, C_m – коэффициенты нагрузок погруженной в штабель части челюсти, вычисляемые на каждом шаге расчета по формулам, приведенным в [11, 12].

Неизвестная заранее кривая зачерпывания (траектория движения конца челюсти), характеризуемая углом δ , определяется в процессе расчета из условия минимума требуемого момента поворота челюстей M_p на каждом шаге расчета по углу поворота ξ (кривая наименьшего сопротивления).

К данным соотношениям добавляют дифференциальные выражения для изменения высоты слоя бревен h в процессе зачерпывания и кривой зачерпывания z (рис. 1):

$$dh = dz + \frac{\lambda}{L_s} ds - \frac{\Omega}{L_s} d\theta; \quad dz = \sin \delta ds,$$

где $\Omega(s) = \frac{r_h^2}{2}$; $r_h^2(s) = h^2(s) + x_h^2(s)$; $L_s(s) = x_0(s) + x_h(s)$; $x_0 = e + r_0 \sin \xi$;

$$\lambda(s) = h(s) \cos \delta(s) - x_h(s) \sin \delta(s),$$

а также уравнения связи между кинематическими параметрами

$$ds = r_0 \frac{\cos \xi}{\cos \delta} d\theta; \quad du = r_0 \frac{\sin(\xi - \delta)}{\cos \delta} d\theta,$$

где x – текущее раскрытие челюсти;

s – длина дуги кривой зачерпывания, отсчитываемая от точки O_1 положения конца челюсти после начального заглубления грейфера в штабель на величину h_0 при максимальном раскрытии челюстей S_{\max} ;

du – смещение по вертикали шарнира O челюсти при ее повороте на угол $d\theta$;

θ – угловая координата, отсчитываемая от максимального угла раскрытия челюсти ξ_{\max} : $\xi + \theta = \xi_{\max}$, $d\theta = -d\xi$.

Приведенную замкнутую систему уравнений интегрировали численно методом Рунге – Кутты четвертого порядка. В результате расчетов определяли все необходимые показатели процесса: кривую зачерпывания и нагрузку на челюсти, объем зачерпнутой пачки, фактический коэффициент заполнения зева грейфера, математическое ожидание и дисперсию момента поворота челюстей, среднюю и максимальную мощности для зачерпывания, удельную работу на зачерпывание 1 м^3 лесоматериалов.

Полученные соотношения позволяют сформулировать многокритериальную задачу оптимизации параметров приводного грейфера в форме, принятой в [10, 13].

Фиксированными параметрами задачи являются: грузоподъемность крана, масса грейфера, параметры зачерпываемых лесоматериалов, скорость смыкания челюстей. В процессе оптимизации изменяют расстояние между шарнирами и форму челюстей, для представления которой наиболее рациональным оказалось использование интерполяционных полиномов Эрмита; при расчетах учитывали толщину челюсти.

В данной задаче учитываются ограничения: по грузоподъемности крана; по выпуклости челюсти; на углы наклона кривой зачерпывания; на угол наклона концов челюстей в сомкнутом положении, а также условия отсутствия касания траверсы о лесоматериалы при зачерпывании; по выходу грейфера на поверхность, что наблюдается при недостаточной массе грейфера или нерациональной форме челюстей; по пересечению наружной поверхности челюсти с кривой зачерпывания. При нарушении хотя бы одного из этих ограничений совокупность значений параметров данного грейфера считается неудовлетворительной.

Оценку грейфера и отбор вариантов при оптимизации осуществляют по критериям: 1) удельной работе на зачерпывание 1 м^3 лесоматериалов; 2) средней мощности, требуемой на зачерпывание; 3) соотношению между максимальной и средней мощностями (для последующего рационального выбора параметров привода); 4) требуемому максимальному моменту поворота челюстей; 5) максимальному значению коэффициента вариации момента поворота, характеризующему уровень пульсаций нагрузок вследствие образования и разрушения «балок» при зачерпывании; 6) максимальному раскрытию челюстей, используемому для задания габаритных ограничений

при проектировании грейферов, работающих в ограниченном пространстве (в полувагонах, накопителях транспортеров и т. д.); 7) максимальному заполнению зева грейфера. Данная система критериев учитывает все основные требования, предъявляемые к грейферу при его проектировании.

На основе разработанной модели и программы для ПЭВМ, входящей в состав пакета ОПТИМУМ [13], с использованием методов и методики многокритериальной оптимизации [10, 13], исследована задача оптимизации

параметров грейферных механизмов и проанализировано влияние формы челюстей грейфера, его массы, длины лесоматериалов, начального заглубления концов челюстей на основные показатели процесса зачерпывания; произведено сравнение расчетных и экспериментальных данных, показавшее их хорошее соответствие.

Установлено, что форма челюстей грейфера существенно влияет на основные показатели процесса зачерпывания лесоматериалов. Коэффициент вариации момента поворота челюсти составляет 0,1 ... 0,4 в зависимости от ее формы.

На рис. 2, а представлены полученная в результате оптимизации наиболее рациональная при принятых

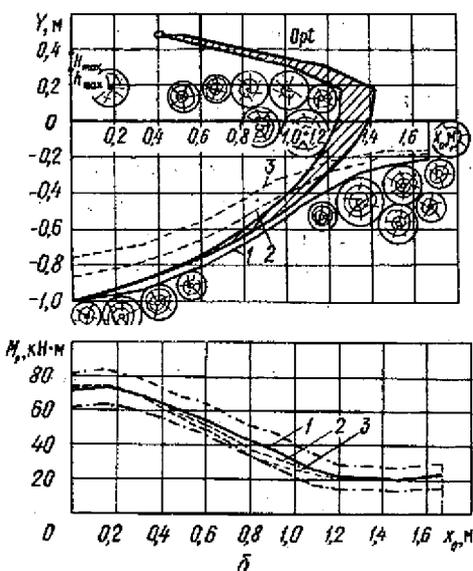


Рис. 2

условиях работы форма челюсти (обозначенная как Opt), а также кривые зачерпывания z , на рис. 2, б – характер изменения среднего момента поворота челюсти $\langle M_p \rangle$, его нижняя и верхняя границы (штрих-пунктирные линии) в зависимости от величины раскрытия челюсти x_0 (см. рис. 1) при различных длинах сортиментов L (1 – 6; 2 – 8; 3 – 10 м). На рис. 2, а, Y – вертикальная координата, отсчитываемая от исходного (горизонтального) уровня вершин бревен в штабеле лесоматериалов перед началом зачерпывания; h_{\max} – полученная в расчете высота заполнения зева грейфера (показана при $L = 6$ м); H_{\max} – высота расположения нижней траверсы грейфера при сомкнутых челюстях (конструктивный параметр, входящий в функциональные ограничения).

С использованием пакета ОПТИМУМ можно оптимизировать параметры приводных грейферов для любых конкретных условий работы.

На рис. 3 показано влияние различных форм челюстей из паретовского множества решений (обозначены светлыми кружками и квадратами – челюсть Opt) и длины лесоматериалов L на удельную работу зачерпывания сортиментов C . На рис. 3 нанесены также экспериментальные данные:

линиями (1 – для хвойных, 2 – для лиственных пород) – из [5] (исходные данные энергетического метода); треугольниками (хвойные породы) и ромбами (лиственные породы) – из [1].

Сравнение указанных данных свидетельствует о том, что:

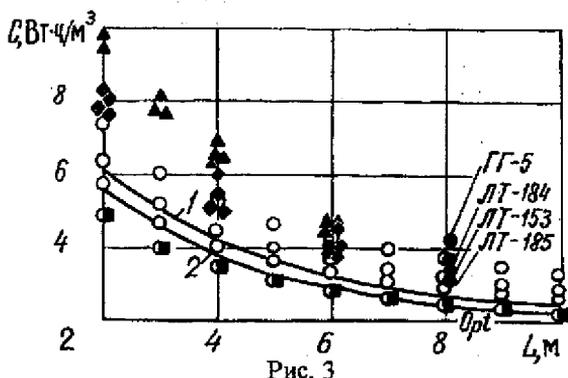
1) разработанные методы расчета нагрузок и оптимизации параметров грейферов позволяют достаточно адекватно определять основные показатели процесса зачерпывания круглых лесоматериалов;

2) форма челюсти оказывает существенное влияние на мощностные и силовые характеристики грейфера, увеличивая их в 1,5-2,0 раза;

3) широко применяемый в настоящее время энергетический метод расчета грейферов с использованием коэффициента удельной работы зачерпывания, принимаемого без учета конкретной формы челюстей, может давать большую погрешность в определении потребной мощности двигателя привода и параметров его рабочей характеристики.

Сравнение ряда форм челюстей существующих грейферов (черные кружки с обозначением марок грейферов ЛТ-153, ЛТ-185, ЛТ-184, ГТ-5 на рис. 3) с челюстью Opt (квадраты с пометкой Opt) показывает, что оптимизация формы челюсти позволяет снизить энергоемкость процесса зачерпывания до 30 %, повысить коэффициент заполнения зева грейфера, а также улучшить ряд других показателей существующих грейферов.

Оптимизация геометрических и кинематических параметров механизма привода челюстей в целях наилучшего воспроизведения требуемой при зачерпывании зависимости момента поворота челюстей от угла их поворота, а также оптимизация параметров элементов конструкции производится в аналогичной многокритериальной постановке с использованием соответствующих программ из пакета ОПТИМУМ [10, 13].



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Бондаренко А.Д. Экспериментальное исследование грейфера МЛТИ 20/10ВЛ // Науч. тр. /МЛТИ. – 1975. – Вып. 75. – С. 46-56. [2]. Каракулин Г. Г. Теоретические основы определения оптимальных параметров канатных грейферов общего назначения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М., 1982. - 30 с. [3]. Козлов В.Ф., Панина Р.А. К вопросу оптимизации конструктивных параметров грейферных механизмов МЛТИ // Науч. тр./МЛТИ. – 1972. – Вып. 42. – С. 128-137. [4]. Морохин В.И. Оптимизация формы челюсти грейфера// Комплексная механизация и автоматизация работ на нижних складах: Тр. ЦНИИМЭ.-

Химки, 1983. - С. 87-96. [5]. Таубер Б. А. Грейферные механизмы. - М.: Машиностроение, 1985. - 272 с. [6]. Тимошенко П. Д. Графоаналитический анализ грейферных механизмов для круглых лесоматериалов // Науч. тр. / СНИИЛП. - Свердловск: Ср.-Уральск. кн. изд-во, 1972. - С. 118-124. [7]. Шимкович Д. Г. К определению усилий для разрушения «балок», образующихся при зачерпывании грейфером круглых лесоматериалов // Науч. тр./МЛТИ. - 1987. - Вып. 197. - С. 22-36. [8]. Шимкович Д. Г. Сравнительная оценка методов расчета нагрузок при зачерпывании круглых лесоматериалов // Лесн. журн. - 1990. - № 5. - С. 51-55. - (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Шимкович Д. Г. Оптимизация формы челюстей грейферных механизмов при зачерпывании круглых лесоматериалов // Лесн. журн. - 1990. - № 6. - С. 34-38. - (Изв. высш. учеб. заведений). [10]. Шимкович Д. Г. Основы оптимального проектирования элементов конструкций лесных машин. - М.: МЛТИ, 1990. - 68 с. [11]. Шимкович Д. Г. Об устойчивости системы сжатых цилиндрических тел и вероятных значениях критической силы // Лесн. журн. - 1991. - № 5. - С. 42-48. - (Изв. высш. учеб. заведений). [12]. Шимкович Д. Г. Вероятностный метод расчета нагрузок при взаимодействии челюсти грейфера с круглыми лесоматериалами // Науч. тр./МЛТИ. - 1992. - Вып. 247. - С. 141-151. [13]. Шимкович Д. Г. Пакет программ многокритериального оптимального проектирования лесозаготовительных машин и механизмов // Науч. тр./МГУЛ. - 1995. - Вып. 271. - С. 43-56. [14]. Шуть Г. Е. Теоретическое и экспериментальное исследование работы одноканатного грейфера для круглых лесоматериалов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М.: МЛТИ, 1975. - 29 с.

Поступила 10 февраля 1998 г.

УДК 630*58:681

С.Л. СМЕРНОВ

Архангельский государственный технический университет

РАЗРАБОТКА СУБД ДЛЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Предложена методика составления управляющей программы (СУБД) для программного продукта, состоящего из банков картографического и справочного материалов в растровой форме.

The technique of database management system (DBMS) construction is offered for the software combining cartographic and reference material in the halftone.

В настоящее время многие организации лесотехнического профиля занимаются обработкой картографического материала для формирования баз данных с целью решения различных народнохозяйственных задач.

На протяжении нескольких лет аналогичную работу выполняли сотрудники АГТУ. Под руководством проф. С.И. Морозова было разработано программное обеспечение для формирования базы данных лесовозных

автомобильных и железных дорог Архангельской области. База данных составлена из банков картографического и справочного материалов для дорог различного назначения и управляющей программы, предназначенной для получения по запросу пользователя необходимой справочной и картографической информации. С ее помощью может быть решена проблема использования трасс лесовозных дорог при строительстве автомобильных дорог общего пользования.

После формирования базы картографического материала была разработана система управления базой данных (СУБД), предназначенная для оперативного просмотра и изменения справочной и картографической информации с учётом того, что картографический материал представляется в растровой форме.

Как известно [2], существует три способа обработки исходного картографического материала (карт): векторный, растровый и растрово-векторный. В случае векторной формы задача легко решается с помощью геоинформационных систем, в которых существует возможность увязки пространственных данных (координат объекта) с базами данных изображенных на карте объектов. Обычно при реализации векторных карт, относящихся к конкретной задаче, не вся информация с оригинала переводится в векторную форму, что способствует снижению трудозатрат.

Иначе обстоит дело с растровой формой. Растр, в отличие от векторной формы, не несет в себе информации об объектах, расположенных на нем. Единственным элементом, которым оперирует растр, является пиксел. Поэтому очень трудно выявить связь между конкретным объектом, представленным в растровой форме, и базой данных объектов. Это можно осуществить, используя так называемый метод горячих зон [3]. Он состоит в том, что на растровом изображении фиксируются контуры интересующих объектов – горячие зоны, а затем программа осуществляет проверку на предмет попадания в эти зоны. Масштабирование картинка исключается, так как в этом случае необходимо переопределять горячие зоны.

Однако растровая форма имеет преимущество, заключающееся в том, что не составляет большого труда получить точную копию оригинала карты с сохранением максимума информации.

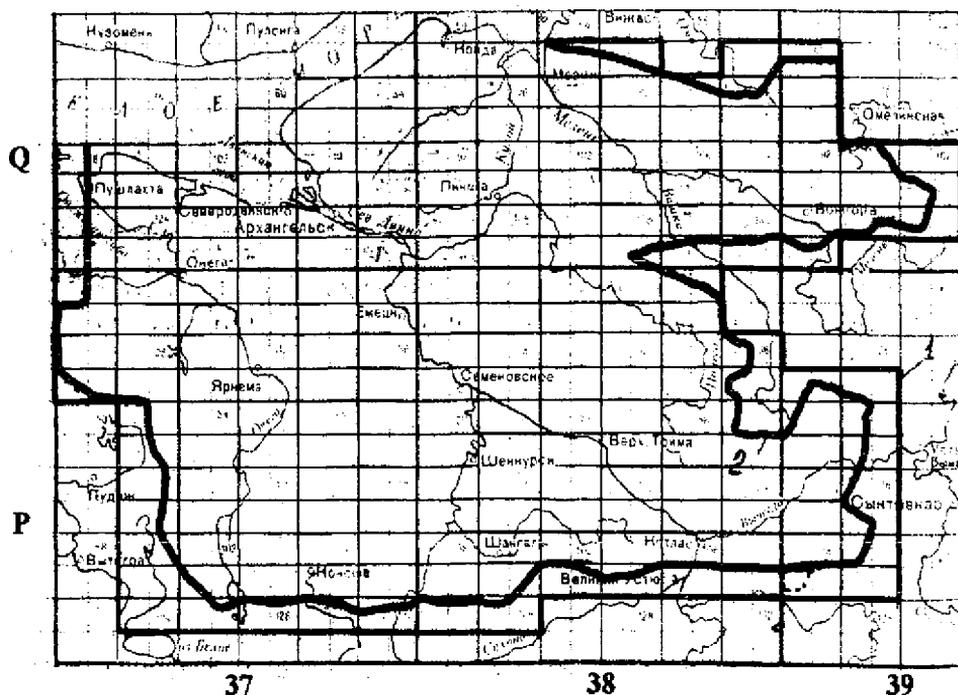
Сравнивая векторный и растровый способы ввода картографического материала, можно отметить следующее. В случае векторной и растрово-векторной форм относительно легко реализовать связь между объектами и базой данных, но за это приходится платить высокими трудозатратами и себестоимостью проекта. Растровую форму проще получить и она более дешевая, однако не следует забывать о главном ее недостатке – сложности установления явной связи с базой данных.

При выполнении исследований нами была разработана в растровой форме электронная версия карты Архангельской области в виде картографического массива, сохраняющего детали исходного картографического

* Пиксел – это точка (ячейка памяти) на плоскости памяти видеоадаптера.

материала. Такая информация не встречалась в литературе и не исключено, что она будет представлять интерес при решении аналогичных задач.

В данной статье приведены основные сведения по разработке СУБД. На основании доступного нам картографического материала вся Архангельская область была представлена массивами карт, сгруппированных в шести квадратах Q-37, Q-38, Q-39; P37, P38, P39, каждый из которых был представлен более мелкими фрагментами, получившими название планшетов. Всего создано 197 планшетов (см. рисунок).



Сборная карта Архангельской области: 1 – контур планшетов, 2 – контур границ области

С помощью сканера все планшеты были переведены в растровую форму и отредактированы в графическом редакторе. Таким образом был получен массив банка данных картографического материала, одновременно составлен банк данных справочного материала, представляющего собой набор таблиц Paradox 7.0.

Следующий этап решения задачи состоял в установлении связи N:N (сетевая модель данных) между банками картографического и справочного материалов. (Необходимо учитывать, что одна дорога может проходить по нескольким планшетам, а на одном планшете может быть изображено несколько дорог.) Для упрощения задачи планшеты были связаны с таблицей СУБД Paradox. Запись в таблице для каждого планшета состояла из полей: номер квадрата, номер планшета в квадрате, наименование планшета. Сами планшеты (файлы в формате JPEG) в таблицу не были внесены, так как

необходимо было обеспечить возможность передачи планшетов во внешние просмотрщики (графические редакторы или вывереры). Это расширило возможности просмотра и редактирования, что трудно было бы сделать, если бы планшеты были включены в эту таблицу в качестве MEMO-поля. Однако связь между записью в таблице и планшетом (файлом на диске) все же присутствовала, так как имена файлов задавали по шаблону A_B.jpg (где А – номер квадрата, В – номер планшета в квадрате). Возможен вариант, при котором планшет включается в таблицу в качестве OLE-поля. В этом случае наиболее полно используются все возможности, которые предоставляет выбранный OLE-объект, однако значительно возрастает размер таблицы.

СУБД Paradox не поддерживает сетевую модель данных, поэтому связь N:N пришлось реализовывать «вручную», используя широкие возможности, предоставляемые разработчиком баз данных в Delphi 3 [1].

Для этой цели была создана промежуточная таблица с полями: 1 – номер дороги, 2 – тип дороги, 3 – квадрат, 4 – номер планшета. Поля 1 и 2 являются первичным ключом главной таблицы справочного материала, поля 3, 4 – первичным ключом таблицы картографического материала. Таблица автоматически корректируется при установлении новых связей, а также при любом изменении записей (замена, удаление) в базах данных.

Используя SQL-запросы, нетрудно получить информацию о том, какие дороги и на каких планшетах изображены.

При выборе команды «Просмотр планшета» автоматически формируется имя файла по предложенному выше шаблону, файл загружается во внутренний просмотрщик. Отсюда его можно передать в указанную пользователем программу, которая предоставляет более широкие возможности для манипулирования растровой графикой.

Таким образом, описанный выше способ позволяет установить связь между картой, представленной в растровой форме, и банком справочного материала. Основной недостаток данного способа – необходимость «ручного» поиска расположения дороги на планшете. Положительной стороной является простота реализации.

Программный продукт для системы управления банком данных был апробирован и использован нами при выборе материала для различных дорог области, в том числе лесовозных. Он может быть применен для управления другими объектами при наличии соответствующих банков справочной информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Миллер Т. и др. Использование Delphi 3. Специальное издание. - Кудымкар: Дialeктика, 1997. - 768 с. [2]. Чесалов Л.Е., Суханов М.Г. Печать твердых копий карт // ГИС обозрения: Информ. бюл. - 1997. - № 4. - С. 38-39. [3]. Эйткен П., Джерол С. Visual C++ для мультимедиа. - Кудымкар: Коми кн. изд-во, 1996. - 384 с.

Поступила 15 февраля 1999 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.9

Ю.Г. ПАВЛОВ

Московский государственный университет леса



Павлов Юрий Георгиевич родился в 1946 г., окончил в 1970 г. Московский авиационный институт, кандидат технических наук, доцент Московского государственного университета леса. Имеет 70 печатных работ в области принятия решений при управлении в условиях неопределенности.

ТРАССИРОВКА РАСКРОЙНЫХ КАРТ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКЕ МАТЕРИАЛОВ

Разработан метод автоматического поиска траектории резания при лазерном раскрое материалов, минимизирующий операции с лазерной заслонкой и удовлетворяющий технологическим ограничениям лазерной резки материалов деревообработки.

The method of automatic search of cutting trace at laser cutting is developed allowing to minimize the operations with laser plates and meeting the technological restrictions of laser cutting for wood-processing materials.

Цель и задачи исследования

Лазерный раскрой материалов на целлюлозной основе предопределяет ряд специфических требований к траектории движения лазерного резака.

Поскольку в целях экономии материала выкраиваемые фигуры соприкасаются друг с другом (остаточные температурные деформации незначительны), а повторный проход по однажды пройденному лазером участку недопустим (ведет к увеличению ширины реза, обугливанью), то возникающая проблема отыскания траектории резания выходит за класси-

ческие рамки задач трассировки [3, 5–7] и примыкает к задачам о паросочетаниях [1].

Кроме того, для обеспечения максимальной производительности лазерной установки необходимо определить не просто траекторию резания, удовлетворяющую технологическим требованиям разделения лазером материалов, но, прежде всего, обеспечить минимизацию как длины траектории холостого хода лазерного резака (с закрытой лазерной заслонкой), так и число операций открывания–закрывания луча лазера.

Существенно также, что определение на ЭВМ траектории резания, участков холостого хода, точек прерывания лазерного луча должно осуществляться в оперативном режиме. В данной постановке рассматриваемая задача относится к классу NP-полных проблем [2, 4].

Постановка задачи

Исходными данными для задачи определения эффективной траектории резания служат синтезированные способы размещения геометрических объектов (ГО) – раскройная карта. Ниже способ размещения будет трактоваться как исходный неориентированный геометрический граф $G(V, E, \Phi)$ – раскладка.

В общем случае имеют место две задачи поиска траектории движения (трассировки) лазерного резака.

1. Объекты в синтезированных размещениях пересекаются только в одной точке, т. е. степень каждой вершины графа, описывающего размещение, чётная, и такой граф $GQ(V^0, E^0, \Phi^0)$ называют эйлеровым. Особенность его состоит в том, что он имеет единственное (минимальное) реберное разделение, покрывающее граф. С позиции задачи определения траектории резания с минимумом холостого хода данное свойство эйлерова графа означает, что соответствующее ему размещение ГО может быть реализовано вообще без холостых ходов.

2. В полученных размещениях ГО имеются не только общие точки, но и линии соприкосновения, т.е. в графе, описывающем размещение, появляются вершины нечётной степени. Данный случай наиболее часто встречается на практике и поэтому представляет наибольший интерес. Эффективность синтезированной траектории резания полностью определяется длиной холостого хода лазерного резака, и исходная задача сводится к отысканию кратчайшей траектории холостого хода.

Таким образом, имеется неориентированный геометрический граф $GR(V, E', \Phi')$, в общем случае состоящий из несвязанных подграфов и дополняющий выделённый эйлеров граф $GQ(V^0, E^0, \Phi^0)$ до исходного $G(V, E, \Phi)$. Граф GR состоит из $|E| = m$ простых кривых-резов, соединяющих $2m$ вершин нечётной степени. Задача состоит в отыскании на плоскости такого маршрута, соединяющего между собой m кривых, в котором суммарная длина переходов от одной кривой к другой минимальна.

Поскольку кривые из множества E' являются элементами раскладки и значит прорезаются, то, другими словами, задача состоит в нахождении единственного маршрута движения лазерного резака из исходного состояния в конечное. В этот маршрут гарантированно входят все ребра графа $GR(V', E', \Phi')$, часть его – траектория холостого хода лазерного резака, минимальна. Вход в одну из вершин отрезка e_{j1} означает, что выход осуществляется из смежной вершины V_{j2} , принадлежащей тому же отрезку. Каждая из вершин $V_j \in V'$ конечных точек ребер E' может быть соединена с любой другой вершиной $V_i \in V'$, и соответствующие расстояния r_{ij} полагаются известными. Параллельные ребра не допускаются, ибо не соответствуют физическому содержанию задачи, следовательно матрица расстояний $R(r_{ij})$ – симметричная.

Общее число элементов в множестве E составляет $(2(m-1))^2$, из них m ребер $e_{jx} \in E_x$ принадлежит раскладке, а $[(2(m-1))^2 - m]$ ребер $e_{jx} \in E_x$ – множеству возможных холостых ходов лазера. При этом число возможных траекторий составляет $2^{m-1}(m-1)!$, и даже при $m \approx 20$ необходима разработка алгоритмов направленного перебора на множестве допустимых гамилтоновых циклов.

В итоге исходная задача может быть сформулирована следующим образом: для заданной матрицы $R(r_{ij})_{(2m+1) \times (2m+1)}$, удовлетворяющей условиям $r_{ij} \geq 0$, $i = 1, 2m+1$, $j = 1, 2m+1$, $i \neq j$, $r_{ij} = \infty$, $i = j$, найти циклическую подстановку $w_0 \in \Omega$, для которой $\min_{(w \in \Omega)} \sum_{(ij) \in \Omega} r_{ij}^* = \rho(w_0)$, а все элементы множества E_m принадлежат w_0 . (Здесь r_{ij}^* – длины ребер $e_{ij}^* \in E_x$ из множества холостых ходов лазера).

Метод эквивалентных преобразований

Прежде всего заметим, что длина ребер e_{jm} , принадлежащих множеству резов E_m , не существенна с позиции глобального критерия

$\min_{(w \in \Omega)} \sum_{(ij) \in \Omega} r_{ij}^* = \rho(w_0)$. Однако целевая функция $\rho(w_0)$ существенно зависит от

упорядочения в неупорядоченной паре $(l \& m) \in S_p$. Для учета этого фактора от исходной матрицы расстояний R размерностью $(2m+1) \times (2m+1)$ вида

	0	1	2	...	2m
0	∞	r_{01}	r_{02}	...	$r_{0,2m}$
1	r_{01}	∞	r_{12}	...	$r_{1,2m}$
2	r_{02}	r_{12}	∞	...	$r_{2,2m}$
...
...
2m	$r_{0,2m}$	$r_{1,2m}$	$r_{2,2m}$...	∞

перейдем к матрице специального вида RR , в которой отразим альтернативность в выборе направления резания:

$$RR = \begin{array}{c|cccccccc} & 0 & 12 & 21 & 34 & 43 & \dots & \dots & (2m, 2m-1) \\ \hline 0 & \infty & r_{01} & r_{02} & r_{03} & r_{04} & \dots & \dots & r_{0,2m} \\ 21 & r_{01} & \infty & \infty & r_{13} & r_{14} & \dots & \dots & r_{1,2m} \\ 12 & r_{02} & \infty & \infty & r_{23} & r_{24} & \dots & \dots & r_{2,2m} \\ \vdots & \vdots \\ 2m, 2m-1 & \vdots \\ 2m-1, 2m & r_{0,2m-1} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \infty & \infty \\ & r_{0,2m} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \infty & \infty \end{array}$$

При формировании матрицы RR в таком виде полагаем, что вершина V_0 является точкой исходного положения лазерного резака. Возможность перехода из V_0 как в V_1 , так и в V_2 , отражена в матрице RR с помощью введения фиктивных (условных) вершин 12 и 21.

Поскольку ребра $(e_{12} \in \varepsilon_m) \vee (e_{21} \in \varepsilon_m)$, то из вершины V_0 возможен переход как в V_1 (что соответствует резу 12), так и в V_2 (рез 21). Следовательно, в RR числовые значения r_{01} и r_{02} соответствуют длине холостого перехода из V_0 в V_1 или V_2 .

Аналогичным образом строятся другие строки матрицы RR . При переходе от исходной матрицы R к матрице RR исключены длины ребер резов $e_{jm} \in \varepsilon_m$. Таким образом, рассматривая RR как исходную матрицу, с помощью процедур классической схемы метода ветвей и границ определяем глобальный гамильтонов цикл, проходящий по вершинам 0, 12, ..., $(2m-1, 2m)$, что и является нашей задачей. Матрица RR – эквивалент матрицы R исходной задачи (в смысле поиска кратчайшей траектории холостого хода). Однако специфическая структура этой матрицы требует существенной модификации процедур стягивания.

Определим правила стягивания матрицы $(RR)^i$ на произвольном шаге i вычислительного процесса.

Пусть для определенности $e_{kk+1, jj+1}$ – ребро ветвления. В соответствии с классической схемой метода ветвей и границ при переходе к матрице $(RR)^{i+1}$ необходимо исключить $(k, k+1)$ -ую строку, $(j, j+1)$ -й столбец и положить $r_{jj+1, kk+1} = \infty$ (что исключает локальный цикл $e_{kk+1, jj+1} \cup e_{jj+1, kk+1}$).

Поскольку ребро $e_{kk+1, jj+1}$ выходит из вершины k и входит в вершину $k+1$, то для исключения появления в дальнейшем процессе построения гамильтонова цикла других ребер, выходящих из вершины k и входящих в вершину $k+1$, необходимо при переходе от $(RR)^i$ к $(RR)^{i+1}$ исключить строку $(k+1, k)$ и столбец $(k+1, k)$.

В соответствии с ребром ветвления $e_{kk+1, jj+1}$ вершина j имеет выходящее ребро, а вершина $j+1$ – входящее ребро. Значит необходимо исклю-

чить возможность появления новых ребер, входящих в вершину $j + 1$ и выходящих из вершины j . Для этого при переходе от $(RR)^j$ к $(RR)^{j+1}$ необходимо исключить строку $(j + 1, j)$ и столбец $(j + 1, j)$.

Таким образом, процедура стягивания матрицы RR при условии, что $e_{kk+1, jj+1}$ – ребро ветвления, состоит в исключении строк $(k, k + 1)$, $(k + 1, k)$, $(j + 1, j)$ и столбцов $(j, j + 1)$, $(k + 1, k)$, $(j + 1, j)$. В общем случае размерность матрицы RR уменьшается на каждом шаге процесса на три, в то время как в классической схеме – лишь на единицу.

Особого рассмотрения требует случай, когда ребром ветвления является ребро $e_{0, jj+1}$. Проводя аналогичные рассуждения, получаем, что в процессе стягивания $(RR)^j$ необходимо исключить строки $(0, j + 1, j)$, столбцы $(j + 1, j)$, $(j, j + 1)$ и положить $r_{jj+1, 0} = \infty$.

Наконец, если $e_{kk+1, 0}$ – ребро ветвления, то при стягивании $(RR)^j$ исключаем строки $(k, k + 1)$, $(k + 1, k)$, столбцы $(0, k + 1, k)$ и полагаем $r_{0, kk+1} = \infty$.

В заключении отметим, что в случае симметричной матрицы R существуют по меньшей мере два кратчайших цикла, отличающихся направлением их обхода. К этим циклам приводят процедуры приведения по строкам-столбцам и, наоборот, столбцам-строкам. В этом смысле процедуры эквивалентны, но они могут существенно отличаться элементами множеств неупорядоченных пар индексов $S = \{(1, m) : \tilde{r}_{1m} = 0\}$ на данном шаге процесса.

В этих условиях предпочтительнее схема ветвления, не содержащая в множестве $S_m \subseteq S$ более одного элемента. В связи с этим целесообразно ведение одновременно двух процессов, соответствующих приведению по строкам-столбцам и наоборот.

Предложенные методы позволяют минимизировать длину траектории холостого хода лазерного резака, что и обеспечивает наиболее производительный режим работы лазерного комплекса. Для оптимизации процесса в целом достаточно минимизировать число операций с лазерной заслонкой.

Как отмечалось выше, исходный граф $G(V, E, \Phi)$ имеет $2m$ вершин нечетной степени. Таким образом, минимальное реберное разделение, покрывающее такой граф, состоит из m цепей, и, следовательно, минимальное

Число вершин нечетной степени N	Длина траектории холостого хода, мм		Процент приближения к оптимуму	Затраты времени ЭВМ $t_{м.э.п.} / t_{п.п.}$
	Полный перебор	Метод эквивалентных преобразований		
4	67,28	67,28	100,0	3,356
6	137,89	137,89	100,0	4,270
8	204,22	225,80	90,6	3,960
10	142,44	142,44	100,0	1,960
12	190,84	190,84	100,0	0,408
14	171,51	171,51	100,0	0,326
16	153,19	181,97	84,0	0,301

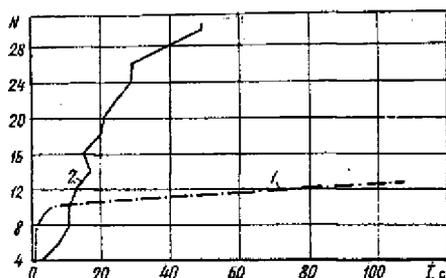


Рис. 1. Связь затрат времени ЭВМ с размерностью задач: 1 – полный перебор, 2 – метод эквивалентных преобразований

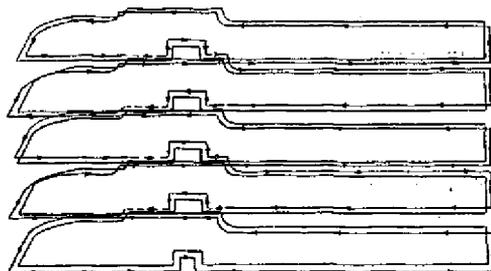


Рис. 2. Фрагмент раскройной карты

число операций с лазерной заслонкой при реализации данной раскладки равно m , что и достигается в синтезированных вычислительных схемах.

Экспериментальные исследования

Эффективность метода эквивалентных преобразований (м.э.п.) проиллюстрирована (табл. 1, рис. 1) в сравнении с алгоритмом полного перебора (п.п.).

На рис.2 приведен укрупненный фрагмент одной из раскройных карт, в котором штрихпунктирная линия отображает порядок обхода карты лазером, а сплошная – участки холостого хода (закрытая лазерная заслонка).

Выводы

Как показали результаты поиска траекторий резания на промышленных раскройных картах, разработанный метод эквивалентных преобразований является эффективным средством автоматизации технологической подготовки лазерной резки материалов, позволяет повысить производительность лазерного комплекса за счет минимизации затрат технологического времени на холостые ходы и операции с лазерной заслонкой, а также создает предпосылки для полной автоматизации технологического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И. Лекции по теории графов. - М.: Высш. шк., 1989. - 236 с. [2]. Коган Д.И., Шеянов А.В. Полиномиальная реализуемость метода ветвей и границ для частных классов задач диспетчеризации // Математическое моделирование и оптимальное управление: Вестник ННГУ им. Н.И. Лобачевского. - Н. Новгород, 1997. - С. 11-27. [3]. Мишенин О.А., Маркова И.Н. Оптимизация траектории движения режущего инструмента при программном раскрое текстильных материалов // Автоматизация проектирования производств в текстильной промышленности: Тр. конф. - Л., 1980. - С. 6-11. [4]. Наумов Г.Е. NP-полнота задач построения оптимальных решающих деревьев // Докл. АН СССР. - 1991. - Т. 317, № 4. - С. 850-873. [5]. Сергеев С.И. Алгоритмы решения минимаксной задачи коммивояжера // Автоматика и телемеханика. - 1995. - № 7. - С. 144-150. [6]. Balas E. The prize

collecting traveling salesman problem // Networks. - 1995. - 25, N 4. - P. 199-216. [7].
 Pandit R., Muralidharan B. A capacitated general routing problem on mixed networks // Computer and Operations Research. Res. - 1995. - 22, N 5. - P. 165-178.

Поступила 5 января 1999 г.

УДК 630*812

П.М. МАЗУРКИН, Р.И. ВИНОКУРОВА, Е.В. ТАРАСЕНКО, В.Ю. ОСИПОВА

Марийский государственный технический университет



Мазуркин Петр Матвеевич родился в 1946 г., окончил в 1968 г. Марийский политехнический институт, доктор технических наук, профессор, и. о. заведующего кафедрой природообустройства Марийского государственного технического университета, заслуженный деятель науки и техники Республики Марий Эл, академик РАЕН, член Международной ассоциации «Эвристика», эксперт СНГ по машиностроению. Имеет более 500 печатных работ в области функционально-конструктивного блочно-модульного синтеза манипуляторных машин, аванпроектирования и моделирования систем машин и биотехнических систем.

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ ПО ВЫСОТЕ ДЕРЕВА

Показана возможность статистического изучения физико-механических свойств древесины растущих деревьев вдоль их ствола.

The possibility of statistical study of physical-and-mechanical wood properties for the growing trees along their trunk is demonstrated.

Определение основных характеристик древесины растущего дерева, способов и средств раскроя ствола непосредственно в лесу, на складах или непосредственно у потребителя сортиментов имеет большое практическое значение. Поэтому представляют интерес такие методы изучения [2], которые позволили бы совместить работы в лесном хозяйстве с проектированием технологий рубок и механической обработки заготовленных круглых лесоматериалов. При этом в ходе роста леса возможна также сертификация древесины непосредственно на корню, например для проектирования лесохозяйственных и экологических мероприятий. Как известно [1, 3], одним из основных показателей, характеризующих качество древостоев, является плотность древесины.

Цель статьи – показать возможность определения плотности древесины модельного дерева (например при выполнении лесоустроительных работ) и математического моделирования исследуемого показателя.

Уравнение образующей ствола для различных видов деревьев и различного их возраста имеет вид [1]

$$R_x = R_0 \exp(-a_1 H_x^{a_2}) - a_3 H_x^{a_4} \exp(-a_5 H_x^{a_6}), \quad (1)$$

где R_x – радиус ствола в произвольном сечении, см;

R_0 – радиус ствола около корневой шейки, см;

a_1, a_2, \dots, a_5 – эмпирические коэффициенты;

H_x – высота сечения вдоль оси x ствола с учетом высоты пня, начиная с корневой шейки, м.

Данное исследование проведено на большом количестве модельных деревьев. Для анализа использованы два из них: пихта (возраст 65 лет, высота 21,1 м, диаметр на высоте груди 18,3 см, протяженность кроны 11,0 м, средняя плотность древесины ствола $\bar{\rho} = 806,3 \text{ кг/м}^3$, средняя плотность древесины с корой $\bar{\rho}_{\text{д.к}} = 828,8 \text{ кг/м}^3$), липа (возраст 40 лет, высота 14,4 м, диаметр на высоте груди 14,5 см; протяженность кроны 5,4 м, $\bar{\rho} = 835,7 \text{ кг/м}^3$, $\bar{\rho}_{\text{д.к}} = 710,9 \text{ кг/м}^3$). Эти деревья росли в пихтарниках с различными почвенно-грунтовыми и ландшафтными свойствами.

На основании измерений H_x и R_x , приведенных в табл. 1, уравнение (1) для этих конкретных случаев принимает следующий вид:

для пихты

$$R_x = 11,45 \exp(-0,0007879 H_x^{2,4963}) - 5,7569 H_x^{0,7663} \exp(-0,8446 H_x^{0,4751}); \quad (2)$$

для липы

$$R_x = 7,098 \exp(-0,00001522 H_x^{3,7601}) - 0,8085 H_x^{0,4924} \exp(-0,005661 H_x). \quad (3)$$

Таблица 1

Изменение радиуса (см) по высоте ствола без коры

$H_x, \text{ м}$	Пихта				Липа				
	\hat{R}_x	R_x	ϵ	$\Delta, \%$	$H_x, \text{ м}$	\hat{R}_x	R_x	ϵ	$\Delta, \%$
0,0	11,45	11,45	0,00	0,00	0,00	7,10	7,10	0,002	0,03
0,1	10,80	10,71	0,09	0,83	0,08	6,85	6,86	-0,015	-0,22
1,1	8,65	8,88	-0,23	-2,66	1,08	6,40	6,26	0,137	2,14
1,4	8,75	8,66	0,09	1,03	1,38	6,05	6,16	-0,108	-1,79
3,1	8,25	8,07	0,18	2,18	3,08	5,65	5,71	-0,058	-1,03
5,1	7,70	7,72	-0,02	-0,26	5,08	5,30	5,30	-0,001	-0,02
7,1	7,15	7,28	-0,13	-1,82	7,08	5,00	4,89	0,106	2,12
9,1	6,50	6,61	-0,12	-1,85	9,08	4,40	4,40	-0,003	-0,07
11,1	6,05	5,74	0,31	5,12	11,08	3,60	3,76	-0,158	-4,39
13,1	4,55	4,70	-0,15	-3,30	13,08	3,05	2,92	0,132	4,33
15,1	3,60	3,59	0,01	0,28	15,08	1,85	1,88	-0,034	-1,84
17,1	2,50	2,50	-0,003	-0,12					

Аналогично для описания изменения плотности древесины по высоте ствола ρ_x нами предложено уравнение

$$\rho_x = \rho_{к.ш} \exp(-a_1 H_x^{a_2}) + a_3 H_x^{a_4} \exp(-a_5 H_x^{a_6}) + a_7 H_x^{a_8}, \quad (4)$$

где $\rho_{к.ш}$ — плотность древесины около корневой шейки дерева.

Формула (4) имеет три составляющие: первая характеризует поступление питательных веществ из почвы и образование древесной массы по мере роста дерева; третья описывает поступление продуктов фотосинтеза из кроны и рост давления питательной жидкости по мере приближения к листьям и хвое; вторая — стрессовое взаимодействие двух указанных потоков. Для каждого конкретного дерева возможны различные сочетания значений параметров $a_1 \dots a_8$ уравнения (4), поэтому частные закономерности могут быть весьма разнообразными.

Плотность древесины исследованных деревьев (табл. 2) в свежесрубленном состоянии изменяется по следующим формулам:

для пихты

$$\rho_x = 822,22 \exp(-0,2059 H_x^{0,73694}) + 0,042383 H_x^{17,4400} \exp(-3,9825 H_x) + 76,403 H_x^{0,8376}; \quad (5)$$

для липы

$$\rho_x = 1120,39 \exp(-0,76809 H_x) + 253,976 H_x^{1,23827} \exp(-0,23490 H_x) + 79,7439 H_x^{0,70426}. \quad (6)$$

Пихта и липа имеют почти одинаковые третьи составляющие в формуле плотности. Как видно из табл. 2, плотность древесины липы около корневой шейки значительно выше плотности воды. Коренное отличие между образцами модельных деревьев заключается в механизмах накопления древесины в средних частях стволов (плотность измеряли по спилам, поэтому уравнения характеризуют средние значения плотности древесины по сечению ствола на заданной переменной высоте дерева).

Таблица 2

Изменение плотности (кг/м^3) свежесрубленной древесины

Пихта					Липа				
$H_x, \text{ м}$	$\hat{\rho}_x$	ρ_x	ϵ	$\Delta, \%$	$H_x, \text{ м}$	$\hat{\rho}_x$	ρ_x	ϵ	$\Delta, \%$
1,1	755,1	742,0	13,08	1,73	0,08	1093,4	1078,0	15,36	1,40
1,4	716,6	732,9	-16,26	-2,27	1,08	705,7	789,7	-84,02	-11,91
3,1	777,2	777,3	-0,06	-0,01	1,38	811,9	761,9	50,02	6,16
5,1	854,1	854,0	0,14	0,02	3,08	850,9	777,4	73,53	8,64
7,1	752,2	753,6	-1,45	-0,19	5,08	785,2	849,4	-64,22	-8,18
9,1	793,8	774,4	19,34	2,44	7,08	859,4	864,7	-5,28	-0,61
11,1	827,9	818,1	9,82	1,19	9,08	819,6	840,4	-20,74	-2,53
13,1	827,6	867,8	-40,25	-4,86	11,08	883,0	803,8	79,23	8,97
15,1	922,9	921,8	1,10	0,12	13,08	741,4	771,5	-30,14	-4,07
17,1	993,1	978,9	14,21	1,43	15,08	741,6	750,7	-9,06	-1,22

Таблица 3

Изменение плотности (кг/м³) воздушно-сухой древесины

Пихта					Липа				
H _x , м	$\hat{\rho}_x^{в.с}$	$\rho_x^{в.с}$	ϵ	$\Delta, \%$	H _x , м	$\hat{\rho}_x^{в.с}$	$\rho_x^{в.с}$	ϵ	$\Delta, \%$
0,0	371,49	-	-	-	0,08	692,06	689,20	2,86	0,41
0,1	459,35	459,41	-0,06	-0,01	1,08	420,58	442,19	-21,61	-4,15
1,1	391,83	385,69	6,14	1,57	1,38	442,39	432,38	10,01	2,26
1,4	375,27	382,82	-7,55	-2,01	3,08	446,27	423,37	22,90	5,13
3,1	386,42	386,43	-0,01	0,00	5,08	418,74	429,24	-0,50	-0,12
5,1	400,80	400,77	0,03	0,01	7,08	430,28	432,35	-2,07	-0,48
7,1	368,35	368,64	-0,29	-0,08	9,08	418,51	431,39	-12,88	-3,08
9,1	364,77	362,43	2,34	0,64	11,08	414,62	427,09	-12,47	-3,01
11,1	368,63	359,04	9,59	2,60	13,08	433,82	420,28	13,54	3,12
13,1	345,12	355,80	-10,68	-3,09	15,08	414,39	411,62	2,77	0,67
15,1	345,91	352,63	-6,72	-1,94					
17,1	356,51	349,52	6,99	1,96					

После сушки спилов при комнатной температуре получены уравнения для определения плотности воздушно-сухой древесины (табл. 3):

для пихты

$$\rho_x^{в.с} = 371,48 \exp(-0,003204 H_x^{1,07120}) + 0,0016213 H_x^{20,4399} \exp(-4,59710 H_x) + 16,6359 H_x^{-0,72350}; \quad (7)$$

для липы

$$\rho_x^{в.с} = 1019,63 \exp(-1,9918 H_x^{0,4303}) + 315,30 H_x^{0,2474} \exp(-4,59710 H_x). \quad (8)$$

Анализируя формулу (7) для пихты необходимо отметить, что последняя составляющая содержит параметр с отрицательным знаком. Это свидетельствует о редукции общего закона (4), т. е. о возможном упрощении его конструкции по аналогии с уравнением (8). С учетом этого для пихты получено следующее выражение:

$$\rho_x^{в.с} = 372,26 \exp(-0,000074438 H_x^{3,1869}) + 13,52 H_x^{-0,7955} \exp(0,2763 H_x). \quad (9)$$

Максимальная относительная погрешность $\Delta_{\max} = 4,41 \%$.

Как видно из формулы (9), знаки при параметрах второй части также отрицательны, поэтому после дальнейшей структурно-параметрической идентификации закона (4) для пихты имеем частную закономерность ($\Delta_{\max} = 11,75 \%$) вида

$$\rho_x^{в.с} = 371,49 \exp(-0,022242 H_x^{0,7305}) + 35,432. \quad (10)$$

Нами предложены формулы для определения плотности абс. сухой древесины ρ_0 и ее базисной плотности ρ_6 :

для пихты (табл. 4)

$$\rho_0 = 387,33 \exp(-0,02579 H_x^{0,6727}) + 0,00007348 H_x^{25,6590} \exp(-5,7135 H_x); \quad (11)$$

$$\rho_6 = 356,67 \exp(-1,9123 H_x^{0,5435}) + 299,166 H_x^{0,1845} \exp(-0,03518 H_x); \quad (12)$$

Таблица 4

Изменение плотности (кг/м³) древесины пихты

Высота H_x , м	Плотность абс. сухой древесины				Базисная плотность			
	$\hat{\rho}_0$	ρ_0	ϵ	Δ , %	$\hat{\rho}_6$	ρ_6	ϵ	Δ , %
0,0	353,92	387,33	-33,41	-9,44	356,67	356,67	0,000	0,00
0,1	437,63	385,21	52,63	12,03	400,71	401,33	-0,62	-0,15
1,1	373,78	376,82	-3,04	-0,81	354,80	340,51	14,29	4,03
1,4	357,47	375,00	-17,53	-4,90	322,10	338,93	-16,83	-5,23
3,1	368,79	372,58	-3,79	-1,03	336,50	340,90	-4,40	-1,31
5,1	382,92	381,84	1,08	0,28	364,65	341,15	23,50	6,44
7,1	350,82	352,97	-2,15	-0,61	324,94	335,94	-11,00	-3,39
9,1	346,53	345,64	0,89	0,26	309,97	327,06	-17,09	-5,51
11,1	351,55	340,01	11,51	3,27	326,35	315,91	10,44	3,20
13,1	328,86	334,86	-6,00	-1,82	305,19	303,45	1,74	0,57

Таблица 5

Изменение плотности (кг/м³) древесины липы

Высота H_x , м	Плотность абс. сухой древесины				Базисная плотность			
	$\hat{\rho}_0$	ρ_0	ϵ	Δ , %	$\hat{\rho}_6$	ρ_6	ϵ	Δ , %
0,08	662,69	662,57	0,12	0,001	579,23	578,53	0,70	0,12
1,08	396,76	404,05	-7,29	-1,84	334,90	359,73	-24,83	-0,07
1,38	423,94	414,61	9,33	2,20	386,64	363,55	23,08	5,98
3,08	426,99	427,89	-0,90	-0,21	386,76	374,34	12,42	3,21
5,08	410,37	416,64	-6,27	-1,53	362,87	376,09	-13,22	-3,64
7,08	412,12	408,27	5,85	1,42	375,61	373,54	2,07	0,55
9,08	403,54	401,72	1,82	0,45	358,62	368,93	-10,31	-2,87
11,08	400,04	402,65	-2,61	-0,65	372,60	363,15	9,45	2,54

для липы (табл. 5)

$$\rho_0 = 707,39 \exp(-6,42615H_x) + 296,426 H_x^{0,21179} \exp(-0,21211H_x) + 159,614 H_x^{0,33307}; \quad (13)$$

$$\rho_6 = 439,24 \exp(-5,93513H_x) + 362,840 H_x^{0,067880} \exp(-0,014659H_x). \quad (14)$$

Формула (13) для липы, по конструкции полностью повторяющая основной закон (4), имеет большую точность по сравнению с базисной плотностью (14). Исключение третьей составляющей означает, что она описывает влияние плотности влаги, увеличивающейся по высоте H_x .

Для описания изменения плотности коры по высоте дерева предложены следующие формулы (табл. 6)

для пихты

$$\rho_x^k = 685,64 \exp(0,002106 H_x^{2,0789}); \quad (15)$$

для липы

$$\rho_x^k = 184,13 \exp(1,2961 H_x^{0,2082}). \quad (16)$$

Таблица 6

Изменение плотности коры (кг/м³) свежесрубленных деревьев

Пихта					Лица				
H _x , м	$\hat{\rho}_x^k$	ρ_x^k	ϵ	$\Delta, \%$	H _x , м	$\hat{\rho}_x^k$	ρ_x^k	ϵ	$\Delta, \%$
1,1	838	687	150,3	17,94	1,08	412	687	-274,9	-66,68
3,1	919	701	218,3	23,75	3,08	1128	948	180,1	15,97
7,1	724	776	-52,1	-7,20	5,08	904	1134	-230,0	-25,44
9,1	1256	844	412,6	32,84	7,08	1265	1292	-26,8	-2,12
11,1	1029	938	90,5	8,80	9,08	1859	1433	426,5	22,94
13,1	532	1068	-535,3	-100,6	11,08	1710	1563	147,6	8,63
15,1	1315	1243	72,4	5,50	13,08	1845	1685	160,4	8,70
17,1	1576	1481	94,6	6,00	15,08	1407	1800	-393,6	-27,98

Таблица 7

Изменение толщины коры (см) свежесрубленных деревьев

Пихта					Лица				
H _x , м	\hat{h}_k	h _k	ϵ	$\Delta, \%$	H _x , м	\hat{h}_k	h _k	ϵ	$\Delta, \%$
0,0	0,65	0,64	0,006	0,92	0,00	0,50	0,50	0,003	0,60
0,1	0,45	0,48	-0,034	-7,56	0,08	0,50	0,50	0,003	0,60
1,1	0,40	0,40	0,001	0,25	1,08	0,55	0,50	0,053	9,64
1,4	0,40	0,39	0,011	2,75	1,38	0,50	0,50	0,003	0,60
3,1	0,40	0,35	0,046	11,50	3,08	0,50	0,49	0,007	1,40
5,1	0,30	0,33	-0,031	-10,33	5,08	0,50	0,48	0,023	4,60
7,1	0,35	0,32	0,034	9,71	7,08	0,40	0,44	-0,039	-9,75
9,1	0,30	0,30	-0,004	-1,33	9,08	0,30	0,38	-0,075	-25,00

Показатели коры трудно измеримы, поэтому закономерности роста по экспоненте (15) могут быть получены на основании более точных исходных данных.

Толщина коры по высоте ствола изменяется по закону гибели и описывается следующими уравнениями (табл.7):

для пихты

$$h_k = 0,6443 \exp(-0,46926 H_x^{0,21376}); \quad (17)$$

для липы

$$h_k = 0,4970 \exp(-0,0001927 H_x^{3,3015}). \quad (18)$$

При сравнении законов изменения радиуса ствола, плотности древесины и толщины коры отмечено, что они содержат общий закон экспоненциальной гибели значения показателя, с увеличением высоты сечения ствола. При этом плотность коры изменяется с экспоненциальным нарастанием по высоте.

Выводы

Результаты экспериментальных исследований и математического моделирования показали, что у исследуемых деревьев плотность древесины

изменяется по высоте в соответствии с трехчленной формулой (4), которая является общим законом. При этом базисная плотность и плотность абс. сухой древесины вдоль ствола дерева изменяются по закономерности, включающей только две первые составляющие общего закона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Коротяев Л. В. Исследование плотности свежесрубленной древесины северной ели // Лесн. журн. - 1982. - № 3. - С. 35-40. - (Изв. высш. учеб. заведений).
 [2]. Мазуркин П. М. Перспективы комплексного исследования древесины // Деревообраб. пром-сть, 1997. - № 4. - С.27-29. [3]. Полубояринов О.И. Плотность древесины. - М.: Лесн. пром-сть, 1976. - 160 с.

Поступила 8 октября 1998 г.

УДК 624.011. 539.3.669.018

А.С. ПРОКОФЬЕВ, А.А. СМОРЧКОВ

Воронежская государственная архитектурно-строительная академия
 С-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет



Сморчков Александр Анатольевич родился в 1953 г., окончил Курский педагогический институт, кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры КДиП С.-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Имеет свыше 40 научных работ в области исследования и оценки деформативности при статических и циклических нагрузениях элементов клееной древесины и разработки методов их расчета по второй группе предельных состояний.

РАСЧЕТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ДЛЯ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

На основании экспериментальных исследований клееной древесины при циклических нагрузениях получены расчетные сопротивления усталости для основных видов напряженного состояния, они нормированы по классам прочности и могут быть использованы при расчетах циклически нагруженных конструкций по I группе предельных состояний.

Based on the experimental study of glued wood at cyclic load the estimated fatigue resistances are obtained for the main types of the tense state. The estimated resistances are rated according to the durability classes and could be used when estimating the cyclic loaded constructions of the first group of limit states.

Древесина – единственный строительный материал, возобновляемый в природе. Поэтому перспективы использования в строительной отрасли конструкций на ее основе будут неуклонно расширяться. Области их применения определяются наличием широкого спектра внешних нагрузок различной интенсивности как статического, так и циклического характера. Циклические нагрузки вызывают в сечениях конструкций переменные асимметричные напряжения, что может привести к усталости материала и стать причиной их разрушения.

Проектирование надежных конструкций, обладающих достаточной работоспособностью и необходимой долговечностью при действии на них циклических нагрузок; невозможно без знаний величин сопротивлений усталости для основных видов напряженного состояния и параметров внешних силовых воздействий.

К основным параметрам действующих при эксплуатации циклических нагрузок относят нагрузки (максимальная и минимальная), асимметрию (отношение минимальной к максимальной в одном цикле), частоту (число смен максимальной нагрузки в единицу времени) и общее количество переменных нагружений.

Анализ эксплуатационных данных показал, что для строительных конструкций наиболее характерно асимметричное нагружение с коэффициентом асимметрии от 0,2 до 0,8 и частотой нагружения от 200 до 300 циклов в минуту. Максимальное число циклов нагружений за весь период эксплуатации конструкции находится в пределах от двух до пяти миллионов. Поэтому моделирование циклических нагрузок при испытаниях проводили в указанных пределах с варьированием уровней нагружения и коэффициентов асимметрии [1 – 3].

При назначении размеров образцов для испытаний исходили из того, что моделируются не натурные конструкции, а характер разрушения древесины в процессе достижения предельного состояния при изгибе: разрыв вдоль или отрыв поперек волокон (I форма), сдвиг в плоскости (II форма). Размеры элементов исключали влияние масштабного фактора на результаты исследований. Для достижения перечисленных форм разрушения варьировали такие параметры, как отношение l/h (где l – расчетный пролет, h – высота сечения элемента) в прямолинейных элементах и отношение r/l (где r – радиус кривизны срединного слоя элемента) в криволинейных элементах. Проведенные исследования [1, 2] показали, что в прямолинейных элементах при $l/h > 9,18$ (вероятность разрушения 95 %) достигается разрушение в виде нормального разрыва вдоль волокон, а при $l/h < 7,75$ (вероятность разрушения 95 %) – путем сдвига в нейтральной плоскости вблизи опор. Нормальный отрыв поперек волокон в нейтральной плоскости реализован в криволинейных элементах с $r/l < 2,50$ (вероятность разрушения 95 %).

Для изготовления образцов использовали сосновые доски толщиной 20 мм. Образцы склеивали фенолформальдегидным клеем КБ-3 (ранее широко использовавшимся на практике), клеями на резорциновой основе

ФР-12, ФР-100, ФРФ-50 [1, 2], а также клеями ВИАМ-БЗ и ДФК-14Р [3] в заводских условиях при полном соблюдении технологического регламента.

Для I формы разрушения (разрыв вдоль волокон) было испытано 40 балок сечением 120×120 мм с расчетным пролетом 1800 мм и соотношением $l/h = 15$ при коэффициентах асимметрии 0,80; 0,60; 0,45 и 0,30*. Балки нагружали двумя сосредоточенными силами на расстоянии 0,375 пролета от опоры.

По результатам проведенных исследований [2] получена зависимость коэффициента выносливости $K_{вн}$ (где $K_{вн}$ – отношение максимальной нагрузки, при которой балка выдержала базовое число циклов нагружений, к кратковременной) от коэффициента асимметрии цикла ρ :

$$K_{вн} = 0,384 + 0,343\rho + 0,085\rho^2 \quad (1)$$

Для II формы разрушения (сдвиг в нейтральной плоскости) решали две задачи: влияние на выносливость вида клея и коэффициента асимметрии.

Эксперименты проводили на образцах сечением 30×160 мм с расчетным пролетом 1200 мм и соотношением $l/h = 7,50$ при приложении нагрузки в четвертях пролета от опоры. Всего было испытано 76 балок при коэффициентах асимметрии 0,8; 0,6; 0,4 и 0,2.

По результатам испытаний было установлено, что вид клея не влияет на выносливость клееной древесины, но при этом отмечено качественное различие плоскостей разрушения элемента: в элементах на клее КБ-3, как правило, разрушение происходило по границе клей–древесина; на резорциновых клеях – по древесине, не затрагивая клеевой шов. Зависимость коэффициента выносливости от коэффициента асимметрии получена в следующем виде [1]:

$$K_{вн} = 0,355 + 0,585\rho + 0,125\rho^2. \quad (2)$$

Экспериментальные коэффициенты выносливости для I и II форм разрушения достаточно близко совпадают, укладываясь в доверительные интервалы зависимостей (1) и (2). Это позволило установить общую зависимость $K_{вн}$ от ρ и числа циклов нагружения, которую можно использовать при прогнозировании процесса разрушения [1, 3]:

$$K_{вн} = A - B \ln n, \quad (3)$$

где $A = 1,968 - 1,481\rho + 0,675\rho^2$,

$$B = 0,255 - 0,325\rho + 0,125\rho^2.$$

Изучение элементов из древесины более низкого класса прочности, а также с технологическими пороками (зубчатое соединение, дефект в виде

* Экспериментальные исследования проведены С.В. Поветкиным под руководством А.С. Прокофьева.

Вид напряженного состояния	Расчетное сопротивление усталости для классов прочности, МПа	
	К 24	К 30
Изгиб, сжатие вдоль волокон $R_{уш}$, $R_{уш 6}$	11,00	12,00
Растяжение:		
вдоль волокон $R_{уш 0}$	8,00	8,00
поперек волокон $R_{уш 90}$	0,28	0,32
Скалывание при изгибе:		
вдоль волокон $R_{уш 0}$	1,20	1,20
поперек волокон $R_{уш 90}$	0,60	0,60
Смятие:		
по всей площади $R_{уш 90}$	1,30	1,30
местное $R_{уш 90}$	2,10	2,10

ослабления клеевого шва) показало снижение кратковременных характеристик прочности, но не изменило процесс накопления повреждений. Поэтому зависимости (1) и (2) можно использовать для определения расчетных сопротивлений усталости для древесины по классам прочности, которые приняты в проекте главы СНиП «Деревянные конструкции. Нормы проектирования».

Результаты исследований других видов напряженного состояния (сжатие – клееные призмы $120 \times 120 \times 180$ мм; растяжение поперек волокон – криволинейные элементы и образцы в виде «восьмерок» с расчетным сечением 80×80 мм) не выходили из границ доверительных интервалов зависимостей (1) и (2).

Полученные ранее данные [1 – 3] позволили установить и впервые в отечественной практике рекомендовать в проект главы СНиП «Деревянные конструкции. Нормы проектирования» величины расчетных сопротивлений усталости для клееной древесины (см. таблицу) при расчетах элементов на выносливость по первой группе предельных состояний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Сморчков А. А. Выносливость и виброползучесть клееных деревянных балок: Дис. ... канд. техн. наук. - М., 1982. - 232 с. [2]. Поветкин С. В. Выносливость деревянных клееных элементов при изгибе: Дис. ... канд. техн. наук. - Воронеж, 1988. - 179 с. [3]. Прокофьев А. С. Работоспособность деревянных клееных элементов при статических и циклических воздействиях: Дис. ... д-ра. техн. наук. - Курск, 1987. - 366 с.

Поступила 13 января 1998 г.

УДК 621.935

И.И. ИВАНКИН

Архангельский государственный технический университет



Иванкин Илья Игоревич родился в 1971 г., окончил в 1994 г. Архангельский лесотехнический институт, старший преподаватель кафедры машин и оборудования лесного комплекса Архангельского государственного технического университета. Имеет около 20 печатных работ в области лесопильного оборудования и инструмента.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАЧАЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ

Получены формулы для определения начальной жесткости ленточных пил энергетическим методом.

The formulas are derived for determining the initial hardness of band saws by the energy method.

Способность пил ленточнопильных станков противодействовать боковым силам характеризуется их жесткостью. Различают три вида жесткости [4]: j_c – собственную для ненатянутой пилы; j_n – начальную для натянутой пилы при отсутствии сил резания; j_p – рабочую для пилы с учетом сил резания.

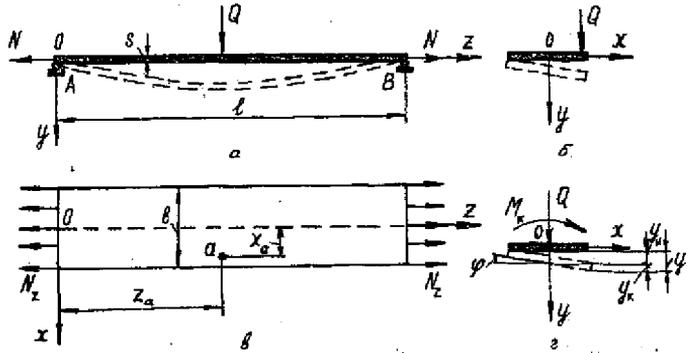
Для определения рабочей жесткости пилы, по которой оценивают точность пиления [3], необходимо знать j_n . Ее определяют через боковую силу Q и вызываемое ею отклонение полотна пилы y :

$$j_n = Q/y. \quad (1)$$

В работе [5] с использованием энергетического метода Ролея – Ритца выполнены теоретические исследования начальной жесткости ленточных пил. Для нахождения неопределенных параметров, входящих в ряд, который выражает прогиб пилы, на ЭВМ были решены в систем из четырех уравнений. Далее на ЭВМ рассчитаны прогиб пилы и начальная жесткость. Недостатками этого метода являются отсутствие конечной формулы для определения j_n и сложность ведения инженерных расчетов.

Конечная формула для определения начальной жесткости при сосредоточенной нагрузке ленточных и рамных пил приведена в [2], где также был применен энергетический метод. Но это частный, крайний случай.

Рис. 1. Расчетная схема при действии поперечной сосредоточенной силы Q : a – вид сбоку; $б$ – вид сверху; $б, з$ – вид с торца



Цель данной статьи – получить общую формулу, учитывающую распределенность нагрузки.

Расчетная схема для определения прогибов пилы при сосредоточенной нагрузке приведена на рис. 1.

Толщину пилы обозначим буквой s , ширину – b и свободную длину (расстояние между опорами) – l . Пила растянута силой N , интенсивность равномерно распределенной нагрузки которой по ширине пилы обозначим $N_z = N/b$. Боковая сила Q приложена в точке a , имеющей координаты x_a и z_a . Прогиб y определяется в точке приложения боковой силы.

Деформация полотна пилы y получена от изгиба оси пилы y_n и поворота сечений вокруг нее на угол φ (рис. 1, б, з). Для определения y воспользуемся методом тригонометрических рядов [6, 9].

Представим кривую прогибов оси пилы в виде тригонометрического ряда

$$y_n = a_1 \sin \frac{\pi z}{l} + a_2 \sin \frac{2\pi z}{l} + a_3 \sin \frac{3\pi z}{l} + \dots \quad (2)$$

Выражение для описания прогиба растянутой полосы при сосредоточенной поперечной нагрузке, приложенной на середине ее ширины [6–9], имеет вид:

$$y_n = \frac{2Ql^3}{E J_x \pi^4} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2(n^2 + \alpha)} \sin \frac{\pi z_a}{l} \sin \frac{\pi z}{l}, \quad (3)$$

где E – модуль упругости материала пилы, МПа;

$J_x = \frac{bs^3}{12}$ – момент инерции сечения пилы при изгибе, мм^4 (b, l, s – размерность в мм);

$\alpha = \frac{N l^2}{E J_x \pi^2}$ – величина безразмерная.

Запишем по аналогии с уравнением (2) выражение для угла поворота сечений пилы в виде тригонометрического ряда

$$\varphi = b_1 \sin \frac{\pi z}{l} + b_2 \sin \frac{2\pi z}{l} + b_3 \sin \frac{3\pi z}{l} + \dots \quad (4)$$

Потенциальную энергию деформации кручения пилы находим по формуле [7]

$$U_x = \frac{C}{2} \int_0^l \left(\frac{d\varphi}{dz} \right)^2 dz, \quad (5)$$

где $C = GJ_k$ — жесткость пилы при кручении, Н·мм²;

G — модуль сдвига, МПа;

$J_k \approx \frac{bs^3}{3}$ — момент инерции сечения пилы при кручении, мм⁴.

Так как величина φ задана уравнением (4), то квадрат ее производной содержит члены двух видов:

$$b_n^2 \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \cos^2 \frac{n\pi z}{l} \quad \text{и} \quad 2b_n b_m \frac{nm\pi^2}{l^2} \cos \frac{n\pi z}{l} \cos \frac{m\pi z}{l}.$$

Интегрируя, получаем

$$\int_0^l \cos^2 \frac{n\pi z}{l} dz = \frac{l}{2}; \quad \int_0^l \cos \frac{n\pi z}{l} \cos \frac{m\pi z}{l} dz = 0 \quad \text{при } n \neq m.$$

Тогда уравнение (5) представляем в виде

$$U_x = \frac{C \pi^2}{4l} \sum_{n=1}^{n=\infty} n^2 b_n^2. \quad (6)$$

Известно, что если упругая система претерпевает малое перемещение, то соответствующее увеличение потенциальной энергии деформации системы равно работе, совершенной внешними силами на таком перемещении [1]. Когда упругая кривая представлена рядом (4), бесконечно малые перемещения можно получить бесконечно малыми вариациями коэффициентов $b_1, b_2, b_3 \dots$. Если любому коэффициенту b_n дать приращение db_n , то вместо члена $b_n \sin \frac{n\pi z}{l}$ будем иметь член $(b_n + db_n) \sin \frac{n\pi z}{l}$; другие члены останутся без изменения. Это приращение db_n представляет дополнительный бесконечно малый прогиб, изображаемый синусоидой $db_n \sin \frac{n\pi z}{l}$, которая накладывается на первоначальную кривую. На этом дополнительном прогибе внешние силы совершают работу.

Точка приложения силы (рис. 1, z), претерпевает угловое перемещение $db_n \sin \frac{n\pi z_a}{l}$, и крутящий момент M_x , приложенный на расстоянии z_a от опоры, совершает работу:

$$dA_{M_x} = M_x db_n \sin \frac{n\pi z_a}{l}. \quad (7)$$

Потенциальную энергию деформации растяжения при кручении пилы определяем из выражения

$$U_{p,к} = \frac{1}{2} \int_{-\frac{b_0}{2}}^{\frac{b}{2}} \int_0^l N_z \left(\frac{dy_k}{dz} \right)^2 dx dz, \quad (8)$$

где y_k – прогиб пилы от кручения (рис. 1, z),

$$y_k = \varphi x = b_1 x \sin \frac{\pi z}{l} + b_2 x \sin \frac{2\pi z}{l} + b_3 x \sin \frac{3\pi z}{l} \dots \quad (9)$$

Интегрируя (8) аналогично (5), получаем

$$U_{p,к} = \frac{N \pi^2}{48 l} b^2 \sum_{n=1}^{n=\infty} n^2 b_n^2. \quad (10)$$

Приращение потенциальной энергии деформации кручения определяем из выражения

$$dU_k = \frac{\partial U_k}{\partial b_n} db_n = \frac{C \pi^2}{2l} n^2 b_n db_n. \quad (11)$$

Аналогично для потенциальной энергии деформации растяжения при кручении имеем

$$dU_{p,к} = \frac{\partial U_{p,к}}{\partial b_n} db_n = \frac{N \pi^2}{24l} b^2 n^2 b_n db_n. \quad (12)$$

Так как работа крутящего момента (выражение (7)) равна сумме приращений потенциальных энергий деформаций кручения (11) и растяжения (12), то

$$M_k db_n \sin \frac{n\pi z_a}{l} = \frac{C \pi^2}{2l} n^2 b_n db_n + \frac{N \pi^2}{24l} b^2 n^2 b_n db_n,$$

откуда

$$b_n = \frac{2M_k l \sin \frac{n\pi z_a}{l}}{n^2 \pi^2 \left(C + \frac{N b^2}{12} \right)}. \quad (13)$$

Подставляя выражение (13) в уравнение (4), находим

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{2M_k l}{\pi^2 \left(C + \frac{N b^2}{12} \right)} \left(\sin \frac{n\pi z_a}{l} \sin \frac{n\pi z}{l} + \frac{1}{2^2} \sin \frac{n\pi z_a}{l} \sin \frac{n\pi z}{l} + \dots \right) \\ &= \frac{2M_k l}{\pi^2 \left(C + \frac{N b^2}{12} \right)} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n^2} \sin \frac{n\pi z_a}{l} \sin \frac{n\pi z}{l} \end{aligned}$$

С учетом того, что $M_k = Qx_a$ и $y_k = \varphi x$, получаем

$$y_k = \frac{2Qx_a x l}{\pi^2 \left(C + \frac{N b^2}{12} \right)} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n^2} \sin \frac{n\pi z_a}{l} \sin \frac{n\pi z}{l}. \quad (14)$$

Полный прогиб пилы

$$y = y_n + y_k. \quad (15)$$

Подставив выражения (3) и (14) в уравнение (15), находим полный прогиб y :

$$y = \frac{2Ql}{\pi^2} \left(\frac{l^2}{E J_x \pi^2} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n^2(n^2 + \alpha)} \sin \frac{n\pi z_a}{l} \sin \frac{n\pi z}{l} + \frac{x_a x}{C + \frac{N b^2}{12}} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n^2} \sin \frac{n\pi z_a}{l} \sin \frac{n\pi z}{l} \right). \quad (16)$$

Для случая, имеющего практическое значение, когда боковая сила Q приложена к кромке пилы $\left(x_a = \frac{b}{2} \right)$ на середине ее свободной длины $\left(z_a = \frac{l}{2} \right)$, прогиб y для начальной жесткости J_n определяем в точке приложения боковой силы с координатами $x = x_a, z = z_a$:

$$y = \frac{2Ql}{\pi^2} \left(\frac{l^2}{E J_x \pi^2} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{n=\infty} \frac{1}{n^2(n^2 + \alpha)} + \frac{b^2}{4C + \frac{N b^2}{3}} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{n=\infty} \frac{1}{n^2} \right). \quad (17)$$

После подстановки (17) в выражение (1) получаем формулу для расчета начальной жесткости при сосредоточенной нагрузке Q :

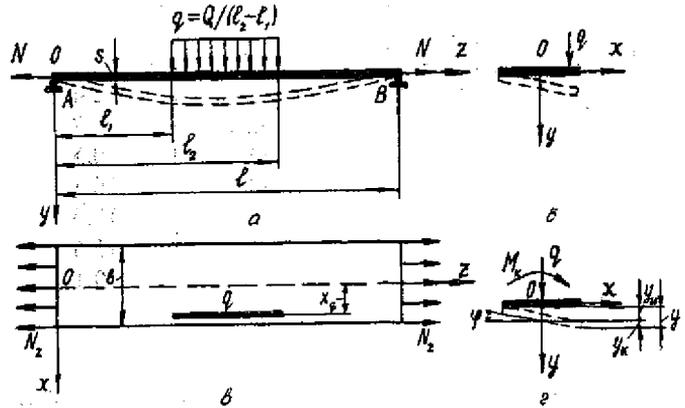
$$J_n = \frac{1}{\frac{2l}{\pi^2} \left(\frac{l^2}{E J_x \pi^2} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{n=\infty} \frac{1}{n^2(n^2 + \alpha)} + \frac{b^2}{4C + \frac{N b^2}{3}} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{n=\infty} \frac{1}{n^2} \right)}. \quad (18)$$

Расчетная схема для определения прогибов пилы при распределенной нагрузке приведена на рис. 2.

Полный прогиб пилы при распределенной нагрузке q (Н/м) найдем после интегрирования выражения (16) по z_a :

$$y = \frac{2q l^2}{\pi^3} \left(\frac{l^2}{E J_x \pi^2} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n^3(n^2 + \alpha)} \left(\cos \frac{n\pi l_1}{l} - \cos \frac{n\pi l_2}{l} \right) \sin \frac{n\pi z}{l} + \frac{x_q x}{C + \frac{N b^2}{12}} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n^3} \left(\cos \frac{n\pi l_1}{l} - \cos \frac{n\pi l_2}{l} \right) \sin \frac{n\pi z}{l} \right). \quad (19)$$

Рис. 2. Расчетная схема при действии поперечной распределенной нагрузки интенсивностью q : а – вид сбоку; б, в – вид сверху



Для случая, который встречается на практике, когда распределенная нагрузка q приложена к кромке пилы ($x_q = \frac{b}{2}$), прогиб y для нахождения начальной жесткости j_n определяется в точке $x_a = x_q$, $z_a = \frac{l_1 + l_2}{2}$:

$$y = \frac{2q l^2}{\pi^3} \left(\frac{l^2}{E J_x \pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3 (n^2 + \alpha)} \left(\cos \frac{n\pi l_1}{l} - \cos \frac{n\pi l_2}{l} \right) \sin \frac{n\pi (l_1 + l_2)}{2l} + \frac{b^2}{4C + \frac{N b^2}{3}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3} \left(\cos \frac{n\pi l_1}{l} - \cos \frac{n\pi l_2}{l} \right) \sin \frac{n\pi (l_1 + l_2)}{2l} \right) \quad (20)$$

Отсюда получаем формулу для определения начальной жесткости пилы при распределенной нагрузке:

$$j_n = 1 / \left[\frac{2 l^2}{\pi^3 (l_2 - l_1)} \left(\frac{l^2}{E J_x \pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3 (n^2 + \alpha)} \left(\cos \frac{n\pi l_1}{l} - \cos \frac{n\pi l_2}{l} \right) \sin \frac{n\pi (l_1 + l_2)}{2l} + \frac{b^2}{4C + \frac{N b^2}{3}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^3} \left(\cos \frac{n\pi l_1}{l} - \cos \frac{n\pi l_2}{l} \right) \sin \frac{n\pi (l_1 + l_2)}{2l} \right) \right] \quad (21)$$

Рассмотрим использование формулы (18) на примере ленточной пилы со следующими параметрами: $l = 400$ мм, $s = 1$ мм, $N = 5000$ Н, $b = 110$ мм, $E = 2,15 \cdot 10^5$ МПа, $G = 8,1 \cdot 10^4$ МПа.

Расчеты проводили на компьютере с использованием программы, разработанной с помощью математического пакета Mathcad PLUS 6.0 фирмы MathSoft, Inc. После подстановки численных значений в формулу (18) с учетом только первых четырех членов ряда ($n = 1, 3, 5, 7$) имеем $j_n = 18,6$ Н/мм, а при $n = 1, 3, 5 \dots 100\,001$ имеем $j_n = 17,9$ Н/мм. Таким образом, погрешность составляет 3,8 %, что приемлемо для практических целей.

Таблица 1

Свободная длина пилы l , мм	Значения j_n , Н/мм, при N , кН				
	2	4	6	8	10
200	21,0	31,9	42,4	52,7	63,0
300	13,3	20,7	27,7	42,4	41,4
400	9,7	15,3	20,5	27,7	30,8
500	7,7	12,1	16,3	20,5	24,5
600	6,3	10,0	13,6	16,3	20,4
700	5,4	8,6	11,6	13,6	17,4
800	4,7	7,5	10,1	11,6	15,2

Таблица 2

Длина распределенной нагрузки h , мм	Значения j_n , Н/мм, при N , кН				
	2	3	4	5	6
0	9,7	12,6	15,3	17,9	20,5
100	10,8	14,0	17,1	20,1	23,0
200	12,4	16,2	19,8	23,3	26,8
300	14,8	19,4	23,7	27,9	32,1
400	18,5	24,2	29,6	34,9	40,1

В табл. 1 и на рис. 3 приведены результаты расчетов начальной жесткости ленточной пилы j_n в зависимости от свободной длины l и силы натяжения N для случая сосредоточенной нагрузки при $s = 1$ мм, $b = 110$ мм.

В табл. 2 и на рис. 4 приведены результаты расчетов начальной жесткости ленточной пилы j_n в зависимости от длины $h = l_2 - l_1$ (высоты пропила) участка действия распределенной нагрузки q и силы натяжения N при $s = 1$ мм, $b = 110$ мм, $l = 400$ мм, $z_a = l/2$.

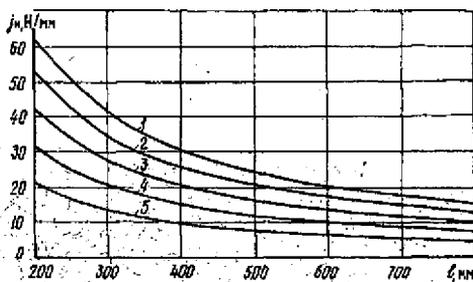


Рис. 3. Зависимость j_n от l при действии на полотно пилы сосредоточенной силы Q и различных значениях растягивающей силы N : 1 — 2; 2 — 4; 3 — 6; 4 — 8; 5 — 10 кН

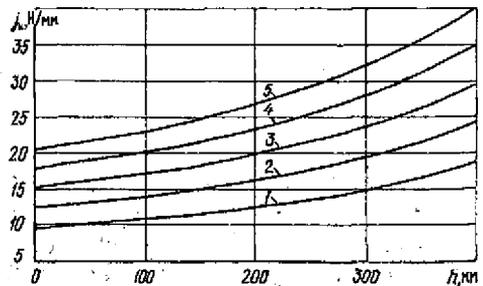


Рис. 4. Зависимость j_n от $h = l_2 - l_1$ (высоты пропила) при действии нагрузки q и различных значениях N : 1 — 2 кН; 2 — 3; 3 — 4; 4 — 5; 5 — 6 кН

Полученные результаты показывают большое влияние на начальную жесткость пилы распределенности нагрузки. Замена распределенной по высоте пропила нагрузки на сосредоточенную при определении начальной жесткости дает погрешность 40 ... 50 %.

Формулу для сосредоточенной нагрузки можно использовать для оценки относительной эффективности мероприятий, направленных на повышение начальной жесткости ленточных пил. При расчете режимов пиления древесины необходимо учитывать распределенность по высоте пропила нагрузки, действующей на пилу.

Приведенные материалы могут быть использованы для расчета режимов пиления древесины на ленточнопильных станках и определения способов их дальнейшего совершенствования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. - М.: Машиностроение, 1978. - 318 с. [2]. Прокофьев Г.Ф. Иванкин И.И. Теоретические исследования начальной жесткости ленточных и рамных пил // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. науч. тр. - Архангельск: РИО АГТУ, 1997. - № 3 - С. 20-24. [3]. Прокофьев Г.Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами. - М.: Лесн. пром-сть, 1990. - 240 с. [4]. Прокофьев Г.Ф. Некоторые вопросы точности рамного пиления // Совершенствование технологии и оборудования лесопильного производства. - Архангельск: ЦНИИМОД, 1981. - С. 69-75. [5]. Прокофьев Г.Ф., Ходерян Б.А., Ершов С.В. Начальная жесткость полосовых (ленточных и рамных) пил. - Архангельск: ЦНИИМОД, 1985. - 23 с. - Деп. Во ВНИПИЭИлеспроме 17.06.85, № 1589 л.б. [6]. Тимошенко С.П. Прочность и колебания элементов конструкций. - М.: Наука, 1975. - 704 с. [7]. Тимошенко С.П. Сопrotивление материалов. - 3-е изд. - М.: Наука, 1965. - Т. 2. - 480 с. [8]. Тимошенко С.П. Статические и динамические проблемы теории упругости. - Киев: Наук. думка, 1975. - 563 с. [9]. Тимошенко С.П. Устойчивость упругих систем. - 2-е изд. - М.: Гостехиздат, 1955. - 576 с.

Поступила 3 ноября 1998 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.812

С.С. ГЛАЗКОВ, О.Н. ФИЛИМОНОВА

Воронежская государственная лесотехническая академия
Воронежская государственная технологическая академия

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



Филимонова Ольга Николаевна родилась в 1957 г., окончила Куйбышевский политехнический институт, старший преподаватель кафедры промышленной экологии Воронежской государственной технологической академии. Имеет более 30 печатных работ в области переработки и утилизации отходов и побочных продуктов нефтехимической и химической промышленности.

МОДИФИКАЦИЯ ДВП СОПОЛИМЕРОМ КУБОВЫХ ОСТАТКОВ БУТАДИЕНА СО СТИРОЛОМ

Показана целесообразность применения для модификации древесно-волокнистых плит растворов сополимера кубовых остатков бутадиена со стиролом.

The expediency of using conjoint polymer solutions of butadiene residual oil with styrene has been demonstrated for fiberboards.

Большой научной и практической проблемой является модифицирование древесины и изделий из неё синтетическими полимерами в связи с возможностью изменения их свойств в заранее заданном направлении [1, 3].

Для стабилизации формоустойчивости и консервации древесины применяют феноло-, меламино- и мочевино-формальдегидные смолы, крем-

нийорганические полимеры, ненасыщенные полиэферы, а также мономерные соединения (стирол, дивинилбензол) и др. Наиболее широко изучена модификация древесины фенолоформальдегидными смолами, смолами фуранового ряда и фенолоспиртами [2]. Указанные модификаторы имеют серьезные недостатки: в частности, невысокую стойкость к атмосферно-влажностным условиям и высокую токсичность, которая резко ограничивает области применения модифицированной древесины. Поэтому остаются актуальными вопросы подбора и изучения новых видов модифицирующих составов.

В настоящей работе рассмотрены результаты исследований применения низкомолекулярного полимерного продукта из кубовых остатков нефтехимии в качестве основы пропитывающего состава для древесноволокнистых плит (ДВП). Кубовые остатки ректификации возвратного растворителя от производства диеновых каучуков, содержащие непредельные соединения, подвергали сополимеризации со стиролом в присутствии катионных катализаторов или радикальных инициаторов по стандартной методике. Характеристика выделенного методом отгонки растворителя сополимера кубовых остатков бутадиена со стиролом (СКОБС):

Внешний вид	Вязкий светло-коричневый продукт
Среднечисленная молекулярная масса \bar{M}_n	1700 ... 2000
Массовая доля стирола	90,0 %
Бромное число	66,2 г Br ₂ / 100 г
Температура размягчения	45,0 °С
Время высыхания	7,0 ... 14,0 ч
Массовая доля остаточного мономера	0,01 %

Как следует из представленных данных, продукт сополимеризации — низкомолекулярный сополимер олигомерного типа с высоким содержанием связанного стирола, обладающего ненасыщенностью и низкой концентрацией остаточного мономера.

Наиболее технологичной является пропитка древесины и изделий из неё в растворе. С целью определить наиболее эффективный пропитывающий состав были приготовлены растворы низкомолекулярного сополимера в толуоле различной концентрации. В качестве контролируемых параметров применяли условную вязкость и краевой угол смачивания, которые могут быть использованы для характеристики степени контакта раствора с твердым телом. Как видно из рис. 1, увеличение кон-

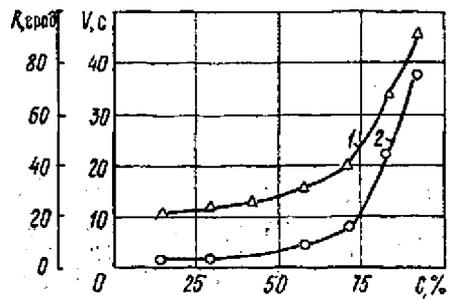


Рис. 1. Зависимость реологических и поверхностно-активных свойств раствора сополимера от концентрации C: 1 — условная вязкость V; 2 — краевой угол смачивания R

центрации раствора выше 50 ... 60 % масс. приводит к существенному росту вязкости и краевого угла смачивания, что свидетельствует о значительном снижении активности раствора.

Для получения модифицированных ДВП пропитку осуществляли в ванне с раствором сополимера различной концентрации (15 ... 60 % масс.) в течение 30 мин. Далее образцы ДВП сушили на воздухе в течение 60 мин и проводили термозакалку в сушильном шкафу при температуре $(110 \pm 05)^\circ\text{C}$ в течение 2 ч. Пропитанные образцы ДВП испытывали в соответствии с требованиями ГОСТ 19592 – 80.

Результаты испытаний показали (рис. 2), что пропитка образцов ДВП в исследуемых растворах обеспечивает повышение формоустойчивости пропитанного материала.

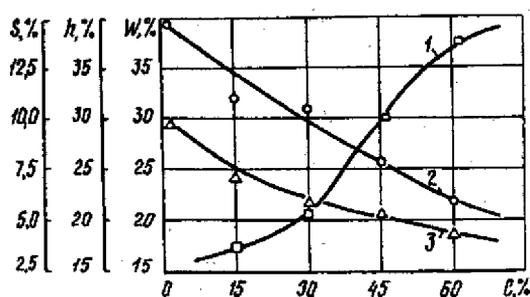


Рис. 2. Зависимость водостойкости и состава ДВП от концентрации раствора сополимера: 1 – содержание СКОБС S; 2 – водопоглощение W; 3 – набухание h

При этом с увеличением концентрации раствора сополимера происходит последовательное снижение величины набухания и водопоглощения (рис. 2, кривые 2 и 3). Улучшение гидрофобных свойств пропитанных образцов ДВП связано с увеличением содержания СКОБС, обладающего высокой гидрофобностью (рис. 2, кривая 1).

Для определения характера влияния содержания

СКОБС в структуре ДВП на эксплуатационные свойства плит изучены физико-механические свойства модифицированных образцов, проведено сравнение с контрольными образцами, пропитанными смесью таллового и льняного масел (содержание масел в пропитанных образцах после термозакаливания 12 % масс.).

Свойства пропитанных ДВП

Показатели	Значение показателей для образцов ДВП				
	контрольных	модифицированных различным количеством СКОБС, %			
		3,6	5,0	10,0	14,0
Плотность, кг/м ³	860	920	900	990	970
Влажность, %	10,0	8,3	9,2	8,6	8,4
Предел прочности при изгибе, МПа	42,1	60,2	61,6	73,4	69,1
Содержание свободного формальдегида, мг/100 г ДВП	9,3	7,8	5,6	6,1	7,3

Исходя из представленных в таблице данных, можно заключить, что лучшие показатели получены при введении сополимера в количестве 5...10 % от массы ДВП (его концентрация в растворе составляет 30 ... 45 % масс.). Отмеченное обстоятельство вероятно связано с характером распределения сополимера в пористой матрице ДВП, которое обеспечивает наиболее равномерную плотность и благоприятные условия для термоокислительного структурирования при термозакаливании.

Таким образом, показана целесообразность использования для модификации ДВП раствора СКОБС с массовой долей 30 ... 45 %. Установлено, что эффективное содержание сополимера в ДВП составляет 5 ... 10 % от массы ДВП. При этом достигается улучшение физико-механических показателей плит и снижение расхода модификатора в сравнении с талловым и льняным маслами, что обеспечивает замену дорогостоящих и дефицитных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Белый В.А. Влияние полимерных модификаторов на физико-механические свойства прессованной древесины // Пластикация и модификация древесины. - Рига: Зинатне, 1970. - 220 с. [2]. Вихров Ю. В. К вопросу о модификации древесины фенолоспиртами // Пластикация и модифицирование древесины. - Рига, 1970. - 30 с. [3]. Вихров В. Е. Термохимическая модификация древесины синтетическими смолами // Модификация древесины синтетическими полимерами. - Минск: Вышейш. шк., 1973. - 20 с. [4]. Мерсов Е. Д. Производство древесно-волоконистых плит. - М.: Высш. шк., 1989. - 240 с.

Поступила 24 марта 1997 г.

УДК 547.992.3

С.Б. СЕЛЯНИНА, К.Г. БОГОЛИЦЫН, Н.Ж. ЯНГЛЯЕВА
Архангельский государственный технический университет

Селянина Светлана Борисовна родилась в 1962 г., окончила в 1986 г. Архангельский лесотехнический институт, аспирант НИИ химии и химической технологии древесины Архангельского государственного технического университета. Имеет 12 печатных трудов в области лесохимии.



Боголицын Константин Григорьевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической и коллоидной химии Архангельского государственного технического университета, директор Научно-исследовательского института химии и химической технологии при АГТУ, член-корреспондент РИА и РАИН, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 200 научных трудов в области разработки физико-химических основ процессов переработки древесины.





Яглыева Надежда Жамбуловна родилась в 1975 г., студентка 5-го курса химико-технологического факультета Архангельского государственного технического университета.

РОЛЬ ЛИГНИНА В УСТОЙЧИВОСТИ ЛИГНИННОЙ ФАЗЫ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ СУЛЬФАТНОГО МЫЛА

Рассмотрены теоретические аспекты получения талловых продуктов из сульфатного мыла с различным содержанием лигнина. Предложены модель поведения изучаемой системы во времени и путь возможной ее дестабилизации.

Theoretical aspects of producing tall oil from sulphate soap with different lignin content are considered. The behavioral mode in time has been suggested for the system in question as well as the way of its possible destabilization.

Получение таллового масла является на сегодняшний день доминирующим направлением при переработке сульфатного мыла. Поскольку на процесс разложения сульфатного мыла серной кислотой значительное влияние оказывает лигнин [1, 3, 5], необходимо максимально полно оценить его роль во взаимодействии между талловым маслом и кислой водой, что и послужило предметом исследований. Для эксперимента использовали модельные смеси, приготовленные на основе технического сульфатного мыла Соломбальского и Архангельского ЦБК и групповых компонентов таллового масла.

В результате нейтрализации сульфатного мыла образующаяся реакционная смесь разделяется на 3 слоя: верхний – талловое масло (ТМ), средний – смесь лигнина, таллового масла и воды (в дальнейшем – лигниновая фаза или ЛФ) и нижний – кислая вода (КВ). В табл. 1 представлены данные, характеризующие выход и состав таллового масла и лигниновой фазы в зависимости от состава исходного сульфатного мыла. Из табл. 1 видно, что повышение массовой доли лигнина в талловом масле прямо пропорционально его содержанию в мыле. Кроме того, с увеличением доли лигнина в сульфатном мыле возрастает влажность получаемого из него таллового масла, а также снижаются содержание суммы СЖН и, соответственно, кислотное число, т. е. ухудшаются все основные показатели качества.

Параллельно с этим возрастает количество образующейся при разложении лигниновой фазы, основные компоненты которой – кислая вода

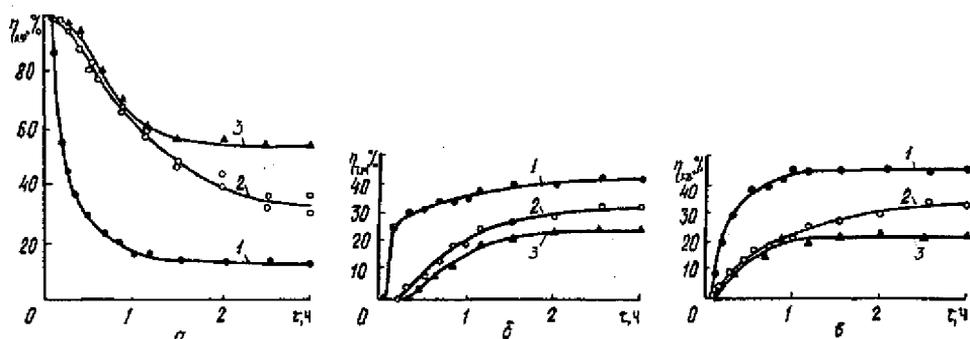


Рис. 1. Влияние продолжительности отстаивания τ реакционной смеси с различным содержанием лигнина $C_{л}$ на разрушение эмульсии $\eta_{эф}$ (а), выделение таллового масла $\eta_{тм}$ (б) и кислой воды $\eta_{кв}$ (в): 1 — $C_{л} = 0,86\%$; 2 — $1,50\%$; 3 — $4,68\%$ (по отношению к сухим веществам взятого сульфатного мыла)

и талловое масло. Содержание их, как видно из данных табл.1, колеблется в достаточно широких пределах. Вместе с тем, массовая доля лигнина в ЛФ остается примерно на одном уровне (5 ... 10 % — для лиственных образцов, 17 ... 21 % — для хвойных) и менее других показателей связана с составом исходного мыла.

Увеличение массовой доли лигнина в сульфатном мыле приводит как к росту объема лигниновой фазы и, соответственно, потере смолистых веществ и снижению выхода таллового масла, так и к изменению степени устойчивости эмульсии «масло-вода» в ЛФ.

Представленные на рис. 1, а графики наглядно демонстрируют, что рост массовой доли лигнина в сульфатном мыле заметно снижает скорость разделения ЛФ, увеличивая ее устойчивость. Следует отметить, что в отсутствие лигнина кислая вода и талловое масло эмульсию не образуют. Это хорошо согласуется с выходом таллового масла.

Для того, чтобы охарактеризовать изучаемую гетерогенную систему (ЛФ) и установить механизмы протекающих в ней коллоидно-химических взаимодействий, необходимо в первую очередь выяснить, какой из компонентов эмульсии «масло-вода» в ЛФ является дисперсной фазой, а какой — дисперсионной средой. Интенсивная окраска и высокая вязкость изучаемой системы существенно сужают круг методов определения типа эмульсии.

Результаты измерения электропроводности продуктов разложения сульфатного мыла позволяют сделать вывод о том, к какому типу принадлежит эмульсия. Поскольку электропроводность лигниновой фазы составляет $61,0 \text{ м·См/м}$, т. е. близка к кислой воде ($65,4 \text{ м·См/м}$), но отличается на три порядка от таллового масла ($6,1 \cdot 10^{-2} \text{ м·См/м}$), можно утверждать, что эмульсия принадлежит к типу «масло в воде». Таким образом, дисперсионной средой является водный раствор солей (кислая вода), а дисперсной фазой — талловое масло. Твердые частицы лигнина,

обладая развитой поверхностью, располагаются, по-видимому, на границе раздела фаз и стабилизируют тем самым эмульсию.

В целях подтверждения данного предположения нами была изучена зависимость разделения реакционной смеси от продолжительности отстаивания. Проведенный эксперимент позволил определить влияние содержания лигнина в сульфатном мыле на скорость разделения реакционной смеси и выход таллового масла после разложения мыла (рис. 1). В первом случае (0,86 % лигнина) система достигала равновесия уже через 0,5 ч после начала отстаивания, во втором случае (1,50 %) для этого потребовалось около 1 ч, а третий образец (4,68 %) лишь приблизился к равновесному состоянию через 1,5 ч. Таким образом, чем меньше сульфатное мыло содержит лигнина, тем быстрее и более полно выделяется талловое масло из общего объема смеси. Вместе с тем, на всех графиках прослеживается некоторый индукционный период до явного образования слоя таллового масла.

Сравнение графиков выхода таллового масла $\eta_{\text{тм}}$ и кислой воды $\eta_{\text{кв}}$ с кривой, характеризующей изменение объема лигнинной фазы $\eta_{\text{лю}}$ при отстаивании (рис. 1), позволяет условно поделить процесс разделения эмульсии в ЛФ на три стадии. На первой стадии разрушение эмульсии в ЛФ связано исключительно с выделением водной фазы из общего объема смеси. На втором этапе суммарный эффект достигается уже за счет прироста водной фазы и образования масляного слоя. Третья стадия характеризуется состоянием системы, близким к равновесному. Полученный эффект, по-видимому, связан с тем, что на первой стадии масло распределено в водной среде в виде мелких капель, стабилизированных частицами лигнина. С течением времени капли масла укрупняются до прослоек (чаще в форме линз) и всплывают на поверхность эмульсии, образуя самостоятельный слой. С ростом содержания лигнина в системе увеличивается продолжительность как первой, так и второй стадий процесса (табл. 2). При этом скорость разрушения эмульсии (определена методом касательных) существенно снижается.

Предположение о роли лигнина в устойчивости эмульсии хорошо объясняет эффект, полученный в описанных выше опытах, но требует дополнительного подтверждения. Косвенным доказательством выдвинутой модели коллоидно-химического поведения изучаемой системы может

Таблица 2

Массовая доля лигнина в системе, %	Продолжительность стадии, мин		Скорость разрушения эмульсии, %/мин
	первой	второй	
0,82	5	20	3,4
1,37	5	50	0,8
2,24	10	40	0,8
4,07	20	70	0,6
5,11	25	75	0,5
7,79	30	-	0,1

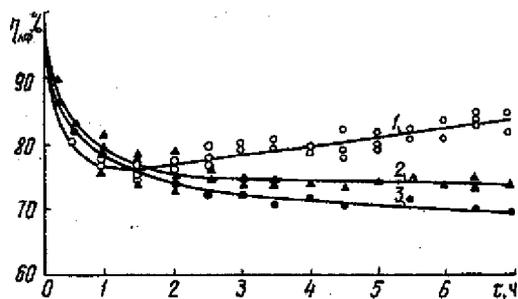


Рис. 2. Влияние τ на разрушение эмульсии $\eta_{раз}$ в замкнутом электромагнитном контуре (1), рассеянном электромагнитном поле (2) и без обработки (3)

тогда как у образца, помещенного в замкнутый электромагнитный контур, он постепенно увеличивался. Объем эмульсии в рассеянном электромагнитном поле оставался практически без изменений. Очевидно, что электромагнитные импульсы усиливают действие лигнина как эмульгатора. По-видимому, в результате подобной обработки происходит перераспределение электронной плотности, на заряженных группировках частиц лигнина. При этом возрастают силы отталкивания между покрытыми оболочкой лигнина каплями таллового масла, и эмульсия становится более стабильной.

Исходя из представленной модели процесса, логично предположить, что положительное влияние на разрушение эмульсии должно оказать введение в состав смеси вещества, способного быстрее, чем талловый лигнин, занимать место на поверхности раздела фаз и при этом не отталкивать, а связывать частицы дисперсной фазы между собой. Подобный эффект отмечен для слабokonцентрированных растворов лигносульфонатов (ЛС) высокой молекулярной массы [4, 6, 7].

Мы попытались применить это положение к эмульсии ЛФ. Действительно, как видно из рис. 3, добавка 0,2 % ЛС (молекулярная масса 75 000) в процессе разложения сульфатного мыла позволяет снизить объем ЛФ почти на 40 %, и, соответственно, увеличить выход таллового масла. Явно выражено ускорение как первой, так и второй ступени процесса

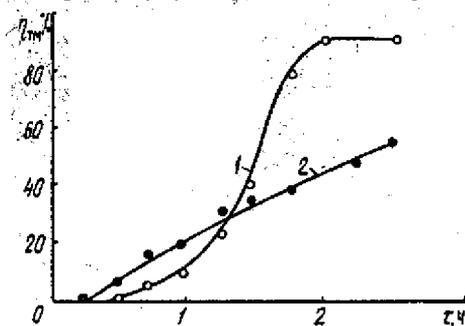


Рис. 3. Влияние τ на выделение таллового масла $\eta_{тм}$: 1 — с добавкой ЛС; 2 — без добавки ЛС

служить эксперимент по воздействию на нее импульсным электромагнитным полем (прямоугольные импульсы отрицательной полярности с амплитудой 5 В и частотой 50 Гц). Результаты, представленные на рис. 2, демонстрируют, что, если во всех случаях 20 ... 25 % эмульсии разрушалось в течение первого часа, то в ходе дальнейшего отстаивания объем эмульгированного слоя контрольного образца плавно снижался,

разрушения эмульсии в результате введения в систему ЛС. Исходя из теории влияния ЛС на гетерогенные системы [2], можно предположить, что молекулы ЛС, имеющие высокую молекулярную массу, занимают определенную площадь на поверхности частиц масла взамен сульфатного лигнина, способствуют укрупнению элементов дисперсной фазы и тем самым дестабилизируют эмульсию, приводя к выделению таллового масла в самостоятельный слой. Вместе с тем, подобный эффект может быть объяснен и внедрением ЛС в структуру лигнина, изменением его гидрофильно-липофильного баланса и, соответственно, эмульгирующих свойств. Решение данного вопроса требует проведения дополнительных исследований.

Таким образом, представленные выше результаты позволяют сделать выводы о том, что с ростом массовой доли лигнина в сульфатном мыле снижается выход и качество таллового масла; замедляется процесс разделения реакционной смеси. Негативное влияние лигнина на процесс получения таллового масла связано со способностью его сорбироваться на поверхности капель масла, распределенных в объеме жидкости, и стабилизировать тем самым эмульсию, образующуюся в ЛФ. Введение в систему ЛС с высокой молекулярной массой позволяет частично нейтрализовать данное воздействие. Однако, аргументированное объяснение механизма действия ЛС на изучаемую систему требует проведения дополнительных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Лесохимические продукты сульфатцеллюлозного производства / А.И. Головин, А.Н. Трофимов, Г.А. Узлов и др. - М.: Лесн. пром-ть, 1988. - 288 с. [2]. Лигнины (структура, свойства и реакции) / Под ред. К.Б. Сарканена и К.Х. Людвига - М.: Лесн. пром-ть, 1975. - 632 с. [3]. Переработка сульфатного и сульфитного щелоков / Б.Д. Богомолов, С.А. Сапотницкий, О.М. Соколов и др. - М.: Лесн. пром-ть, 1989. - 360 с. [4]. Goring D.A.J. The physical chemistry of lignin // Pure and Appl. Chem. - 1962. - Vol.5, N 1. - P.233-254. [5]. Johansson A. Purification of sulphate soap // Internat. tall oil symposium. - Imatra, Finland, 1983. - P.99-109. [6]. Lewis N.G., Goring D.A.J., Wong A. Fractionation of lignosulphonates released during the early stages of delignification // Can. J. Chem. - 1983. - Vol.61. - P.416-420. [7]. Rezanovich A., Yaworzyn J.F., Goring D.A.J. The dispersion of aqueous suspensions of titanium dioxide by water soluble lignin derivatives // Pulp and Paper Mag. Canada. - 1961. - N 1. - C. 172-178.

Поступила 25 марта 1997 г.

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 338.45:519:674

Н.Ф. ПАВЛОВА

Архангельский государственный технический университет



Павлова Наталья Фридриховна родилась в 1969 г., окончила в 1992 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита Архангельского государственного технического университета. Имеет 14 печатных работ, в основном по исследованию уровня конкурентоспособности продукции лесопромышленного комплекса.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КУРСОВОЙ ПОЛИТИКИ
БАНКА РОССИИ НА ФИНАНСОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕСОЭКСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

На уровне субъекта РФ проанализированы состояние и эффективность лесного экспорта при различных типах курсовой политики банка России. Выявлены основные факторы, повлиявшие на эффективность экспорта пиломатериалов из Архангельской области в 1995–1998 гг.

The state and efficiency of forest export is analyzed at the level of the subject of RF at different types of the rate policy of the Bank of Russia. The main factors are revealed having influenced the export of sawn timber from the Arkhangelsk Region in 1995–1998.

Отмена в Российской Федерации «валютного коридора» и возврат с 1 сентября 1998 г. к режиму плавающего валютного курса в настоящее время определяет ситуацию во внешней торговле не только региона, но и РФ в целом. По данным Министерства экономики РФ, в I квартале 1999 г. положительное сальдо торгового баланса РФ составило 5,8 млрд долларов (в I квартале 1998 г. – 0,4 млрд долларов) [4]. В первом полугодии 1998 г. в РФ сложился дефицит баланса товаров и услуг, что означало полное отсутствие поступления валюты в страну по внешнеторговым каналам [2]. Среди факторов, вызвавших осложнение внешнеэкономической ситуации

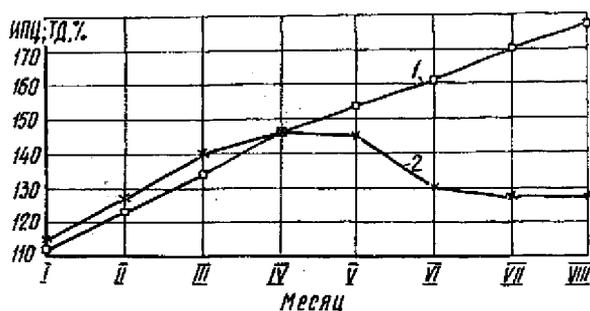


Рис. 1. Изменение индекса инфляции (ИПЦ на непродовольственные товары – кривая 1) и курса рубля к доллару США (ТД) в 1995 г. (2), % к декабрю 1994 г.

России, можно отметить как снижение мировых цен на основные статьи российского экспорта, так и переоценку ЦБ РФ курса рубля к доллару США к середине 1998 г. (6,2 р. за 1 доллар США).

Тенденция устойчивого снижения эффективности экспорта наметилась в РФ еще в 1995 г. На Европейском Севере России, в частности в Архангельской области, наиболее ярко это можно проследить по традиционному элементу лесного экспорта – пиломатериалам. В 1998 г. их поставлено на экспорт на сумму 95417, 6 тыс. долларов, или 29,4 % вывезенной продукции ЛПК – наибольшая доля после целлюлозы (31,4 %).

Связано это с тем, что изменение конъюнктуры традиционных рынков сбыта пиломатериалов, рост издержек производства и обращения, несоответствие темпов девальвации рубля темпам инфляции в условиях «валютного коридора» (особенно в 1995 г.) и другие факторы привели к существенному сближению внутренних и мировых цен.

Как известно, с июля 1992 г. по июль 1995 г. Центральный банк России (ЦБ РФ) определял официальный курс рубля к доллару по результатам торгов на ММВБ два раза в неделю. На рис. 1 приведена динамика темпов инфляции (ИПЦ на непродовольственные товары) и темпов девальвации (ТД) рубля к доллару США в 1995 г. (по отношению к декабрю 1994 г.)

Как видно из рис. 1, темп роста потребительских цен соответствовал темпу девальвации рубля до апреля 1995 г. Затем началось накопление так называемого «инфляционного потенциала» в экономике: курс рубля по отношению к доллару США начал укрепляться под воздействием увеличения спроса на рублевую наличность на межбанковском рынке (в результате усиления бюджетной и денежно-кредитной политики). Значительное увеличение золотовалютных резервов в 1995 г. позволило ЦБ РФ ввести режим односторонней привязки рубля к доллару («валютный коридор»), что снизило инфляционные ожидания в обществе. Но, как видно из рис. 1, курс рубля к доллару оказался завышен; расхождение между паритетом покупательной способности (ППС) рубля и его рыночным курсом к середине 1998 г. составило около 40 % [2].

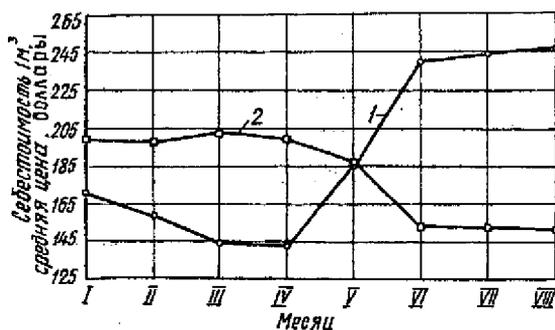


Рис. 2. Изменение затрат (1) и средней цены реализации CIF в долларах 1 м³ экспортных пиломатериалов (2) с января по август 1995 г.

Поскольку издержки производства экспортеров в 1995 г. увеличивались в среднем на 6 ... 9 % в месяц, многие лесозаводы-экспортеры области получили в 1995 г. убыток от основной деятельности (до 36 %), тогда как в отдельные периоды 1994 г. рентабельность производства экспортных пиломатериалов достигала 85,5 % [3].

На рис. 2 представлена динамика затрат и средней цены реализации (базис поставок – CIF) 1 м³ экспортных пиломатериалов по результатам деятельности крупнейшего лесозаготовителя Архангельской области – АО «Лесозавод № 3» с января по август 1995 г.

Эффективность экспорта пиломатериалов на условиях CIF данным предприятием в сентябре 1995 г. составила 61,58 %, снизилась по сравнению с январем того же года на 63,24 пункта. Пофакторный анализ показал, что снижение брутто-эффективности произошло за счет снижения цен на внешних рынках (-36,57 пункта) и завышения курса рубля (-27,68 пункта).

Несмотря на то, что в последующем темпы инфляции и девальвации совпадали (до 17 августа 1998 г.), экспорт в стоимостном выражении из Архангельской области в 1998 г. снизился по сравнению с 1997 г. на 25,2 пункта. Объемы импорта уменьшились еще более – на 54,85 пункта. Только стабильность валютного курса может выровнять соотношение между экспортом и импортом как в регионе, так и в РФ.

В структуре лесного экспорта из Архангельской области в 1998 г., кроме целлюлозы и пиломатериалов, значительную долю занимали также картон (16,8 %) и бумага (13,7 %). На снижение экспортного оборота в 1998 г. по сравнению с 1997 г. повлиял, в основном, низкий уровень и нестабильность цен внешнего рынка на целлюлозу (цена 1 т снизилась за год в среднем в 1,5 раза).

Ограниченный спрос на российскую бумагу в странах дальнего зарубежья и нерентабельность поставок в государства СНГ по рублевым контрактам из-за неадекватного курса рубля вызвали в области снижение объемов экспорта этой продукции при росте производства.

В 1998 г. также вследствие снижения цен стоимость вывезенных пиломатериалов уменьшилась на 11% при увеличении физического объема поставок на 6,6 % и росте доли поставок в страны дальнего зарубежья.

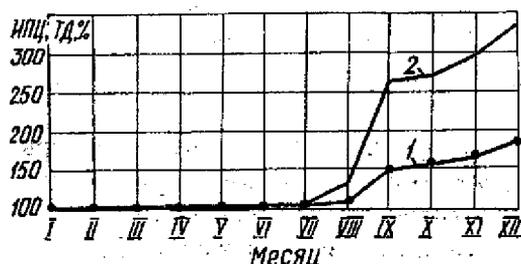


Рис. 3. Изменение индекса инфляции (ИПЦ – кривая 1) и курса рубля к доллару США (2) в 1998 г., % к декабрю 1997 г.

В сфере финансовых отношений субъектов лесного экспорта следует выделить наличие противоречий между лесозаготовителями и переработчиками в вопросах ценовой политики и сложившейся системы расчетов за продукцию, острой потребности у лесозаготовителей в «живых деньгах». Эти сложные финансовые отношения привели к тому, что в 1998 г. поставки на экспорт круглых лесоматериалов увеличились в 2,4 раза. При дефиците сырья у переработчиков значителен ущерб, наносимый области такими изменениями.

Однако благодаря произошедшей значительной девальвации рубля (рис. 3) повысилась финансовая устойчивость лесозаготовителей и, в определенной степени, их конкурентоспособность на внешнем рынке, что подтверждают данные таблицы (в тыс. долларов).

Факторы, влияющие на изменение эффективности	Выручка от реализации	Затраты на производство	Накладные расходы	Страховой тариф	Экспортный тариф	Прибыль от реализации	Уровень эффективности	
							%	Отклонение
Сентябрь 1995 г.								
-	912,00	1220,78	225,95	12,54	21,54	-568,81	61,59	-
Сентябрь 1998 г.								
-	720,00	461,25	203,76	9,90	-	45,09	106,68	45,09
Снижение цен на внешних рынках	720,00	1220,78	225,95	12,54	21,54	-760,81	48,62	-12,97
Снижение издержек под влиянием опережения темпов инфляции темпами девальвации рубля	720,00	461,25	225,95	12,54	21,54	-1,28	99,82	51,20
Уменьшение накладных расходов	720,00	461,25	203,76	12,54	21,54	20,91	102,99	3,17
Снижение страховых платежей за счет уменьшения контрактной стоимости	720,00	461,25	203,76	9,90	21,54	23,55	103,38	0,39
Отмена экспортного тарифа	720,00	461,25	203,76	9,90	-	45,09	106,68	3,30

В таблице приведен анализ эффективности экспорта пиломатериалов на условиях CIF в 1998 г. по сравнению с 1995 г. (расчет выполнен способом цепных подстановок для объема реализации пиломатериалов 6000 м³).

Как видим, даже при снижении цен на внешних рынках предприятие получило прибыль; уровень брутто-эффективности экспорта повысился в сентябре 1998 г. по сравнению с сентябрем 1995 г. на 45,09 пункта. Изменение цен на внешних рынках вызвало снижение эффективности экспорта на 12,97 пункта. Значительное повышение эффективности (на 51,2 пункта) произошло за счет снижения издержек в долларовом выражении под влиянием возникшего в послекризисный период опережения темпов инфляции темпами девальвации национальной валюты.

Получая значительные ресурсы после девальвации, важно правильно распорядиться ими на уровне субъекта РФ. Актуальна проблема усиления валютного контроля со стороны ЦБ РФ и других органов (ГТК РФ и др.) за субъектами внешней торговли. К наиболее серьезным мерам ЦБ РФ в этом направлении после валютного и финансового кризиса 1998 г. можно отнести повышение ответственности экспортеров за несвоевременную репатриацию валютной выручки; упрощение технологии перевода паспорта сделки по экспортным поставкам из одного банка в другой; модификация организации торгов на ММВБ в целях отделения торговли валютой в сфере внешнеэкономических операций от спекулятивных сделок; усиление контрольной деятельности [1].

В целом предсказуемость валютного курса при умеренной инфляции является наиболее важным условием стабильного функционирования всех субъектов внешней торговли, а исходя из их значения, и финансовой системы региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Мельников В.Н. Вопросы валютного регулирования и валютного контроля в период финансового кризиса // Деньги и кредит. - 1998. - № 12. - С. 36-42. [2]. Основные направления единой государственной денежно-кредитной политики на 1999 г. // Деньги и кредит. - 1998. - № 12. - С. 3-35. [3]. Павлова Н.Ф. Влияние регулирования курса национальной валюты на финансовые результаты деятельности лесозаготовительных предприятий // Экономические и социальные проблемы развития Европейского Севера: Сб. науч. тр. - Архангельск: Изд-во АГТУ, 1998. - С. 50-54. [4]. Свищев М. Этот год будет удачным для экспортеров // Финансовая Россия. - 1999. - № 19. - С. 6.

Поступила 30 июня 1999 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 533.6.011

С.В. КАРПОВ, А.Л. КУЛИКОВСКАЯ, Э.Н. САБУРОВ

Архангельский государственный технический университет



Карлов Сергей Васильевич родился в 1945 г., окончил в 1967 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры теплотехники Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 научных трудов в области исследования теплофизических основ работы циклонных устройств различного технологического назначения.



Сабуров Эдуард Николаевич родился в 1939 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники, проректор по научной работе Архангельского государственного технического университета, академик Российской и Международной инженерных академий, Российской академии естественных наук, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет более 300 публикаций в области аэродинамики и конвективного теплообмена в сильно закрученных потоках, их использования для интенсификации процессов теплообмена в аппаратах различного технологического назначения.

О РАСЧЕТЕ АЭРОДИНАМИКИ ВЫХОДНОГО КАНАЛА ЦИКЛОННЫХ КАМЕР

Изложена схема расчета аэродинамики газоотводящего канала циклонных устройств различного технологического назначения, приведено сопоставление результатов вычислений с опытными данными.

The calculation pattern for aerodynamics of gas-collecting channel in cyclone devices designed for different technological purposes is presented. The comparison of the calculation data with experimental data is given.

Аэродинамика движения закрученного потока газов в цилиндрическом выходном канале циклонной камеры представляет существенный интерес как с точки зрения дальнейшего развития теории циклонных процес-

сов, так и их практического использования для интенсификации горения и тепло-массообмена [1, 3, 4, 6].

Настоящая работа выполнена в серии исследований [2–6], относящихся к циклонным устройствам, состоящим из циклонной камеры с диаметром рабочего объема $D_{к1} = 310$ мм и цилиндрического канала с диаметром $D_{к2} = 96; 120; 152$ мм. Длина камеры $L_{к1} = 263,5$ мм и канала $L_{к2} = 3 \dots 853$ мм. Подвод воздуха в устройство осуществляли тангенциально с двух диаметрально противоположных сторон через прямоугольные шлицы высотой 20 мм и шириной 90 мм, отвод – через цилиндрический канал. Основные геометрические характеристики циклонного устройства в безразмерном виде: суммарная площадь входа $\bar{f}_{вх} = 4 f_{вх} / (\pi D_{к1}^2) = 4,77 \cdot 10^{-2}$; длина камеры $\bar{L}_{к1} = L_{к1} / D_{к1} = 0,85$; диаметр канала $\bar{D}_{к2} = D_{к2} / D_{к1} = 0,310; 0,387; 0,490$; длина канала $\bar{L}_{к2} = L_{к2} / D_{к2} = 0,0197 \dots 7,1080$.

При анализе и обобщении опытных данных использовали материалы 147 опытов. Распределения скоростей и давлений снимали в 1... 3 радиальных сечениях циклонной камеры и 1... 10 сечениях (в зависимости от $L_{к2}$) канала.

Существующие методы аэродинамического и теплового расчетов циклонов ориентированы в основном на камеры, длина выходного канала которых мала по сравнению с их диаметром [7, 8]. Методика аэродинамического расчета таких циклонов достаточно подробно изложена в [7–9].

Схема течения закрученного потока в канале определена [8] в результате анализа опытных распределений по текущей относительной (безразмерной) аксиальной координате $\bar{z} = z / D_{к2}$ (отсчитываемой от входного сечения канала), для безразмерных величин: тангенциальной скорости $\bar{w}_{\varphi m2} = w_{\varphi m2} / V_{вх}$ ($V_{вх}$ – средняя скорость воздуха в шлицах); радиуса $\bar{r}_{\varphi m2} = r_{\varphi m2} / R_{к2}$ (характеризующего положение $w_{\varphi m2}$); циркуляции скорости $\bar{\Gamma}_{\varphi m2} = w_{\varphi m2} r_{\varphi m2}$; радиуса нулевого значения избыточного статического давления $\bar{P}_{с2} = 2P_{с2} / (\rho_{вх} V_{вх}^2)$ ($\rho_{вх}$ – плотность воздуха во входных каналах) и давления на боковой поверхности канала $\bar{P}_{с,к2}$.

Нами выделены три участка течения (рис. 1): входной с координатой $\bar{z}_{вх}$, на котором происходит перестроение потока при переходе из камеры в канал; основной, ограниченный координатами $\bar{z}_{вх}$ и $\bar{z}_{вых}$; выходной протяженностью $(\bar{L}_{к2} - \bar{z}_{вых})$. При малых значениях безразмерной длины канала наблюдается вырождение: основного участка, и входной участок непосредственно переходит в выходной.

Безразмерная аксиальная координата границы входного и основного участков зависит только от $\bar{D}_{к2}$ и рассчитывается по уравнению

$$\bar{z}_{вх} = \frac{0,218}{\bar{D}_{к2}} \quad (1)$$

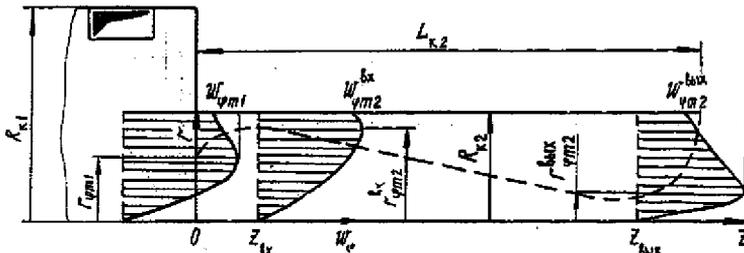


Рис. 1. Схема течения потока в канале

Как установлено, безразмерная аксиальная координата границы основного и выходного участков определяется лишь относительной длиной канала. По опытным данным получено

$$\bar{z}_{\text{вых}} = 0,122(\bar{L}_{к2})^{1,96}. \quad (2)$$

Анализ распределений $\bar{r}_{\text{фм2}}$, $\bar{G}_{\text{фм2}}$, $\bar{r}_{\text{р2}}$ показал, что влияние параметров $\bar{L}_{к2}$, $\bar{D}_{к2}$ на характеристики потока весьма существенно и отличается большой сложностью. В то же время они качественно подобны между собой, что позволяет придать расчетным зависимостям обобщенный вид.

Изменения $\bar{r}_{\text{фм2}}$, $\bar{r}_{\text{р2}}$, $\bar{G}_{\text{фм2}}$ (обозначаемых далее функцией $\bar{F}(\bar{z})$) на начальном участке течения описываются уравнением

$$\bar{F}(\bar{z}) = \bar{F}_{\text{вх}} [1 - (1 - \bar{F}_1 / \bar{F}_{\text{вх}})(1 - \bar{z} / \bar{z}_{\text{вх}})^3], \quad (3)$$

где $\bar{F}_{\text{вх}}$ – значение функции $\bar{F}(\bar{z})$ в сечении $\bar{z}_{\text{вх}}$;

\bar{F}_1 – расчетное значение $\bar{F}(\bar{z})$ в камере (определяется по методике [7]).

Значения $\bar{r}_{\text{фм2}}$, $\bar{r}_{\text{р2}}$, $\bar{G}_{\text{фм2}}$ на границе входного и основного участков рассчитывают по уравнению

$$\bar{F}_{\text{вх}} = \bar{F}_1 + \frac{\bar{L}_{к2} \exp[(0,6 - 0,5\bar{D}_{к2})\bar{L}_{к2}]}{A\bar{L}_{к2}^2 + B\bar{L}_{к2} + C} + \varepsilon, \quad (4)$$

где A, B, C – коэффициенты трехчлена, для расчета $\bar{r}_{\text{фм2}}^{\text{вх}}$: $A = 17,4$,

$B = -32,0$; $C = 18,8$; для расчета $\bar{r}_{\text{р2}}^{\text{вх}}$: $A = 19,0$, $B = -13,0$, $C = 4,1$;

ε – поправка; зависящая от $\bar{L}_{к2}$ и $\bar{D}_{к2}$, для расчета $\bar{r}_{\text{фм2}}$: $\varepsilon = 0$, для

расчета $\bar{r}_{\text{р2}}^{\text{вх}}$: $\varepsilon = 0,001 \bar{L}_{к2} / \bar{D}_{к2}^2$.

Безразмерная циркуляция скорости на границе входного и основного участков $\bar{\Gamma}_{\text{фм2}}^{\text{вх}} = \bar{w}_{\text{фм2}}^{\text{вх}} \bar{r}_{\text{фм2}}^{\text{вх}}$ практически не зависит от геометрических размеров канала и с погрешностью $\pm 7\%$ соответствует среднему значению 0,7.

Основной участок осевого распределения $\bar{r}_{\text{фм2}}$, $\bar{G}_{\text{фм2}}$ характеризуется плавным снижением функции до минимального значения на границе с выходным. Несколько хуже эта закономерность соблюдается для $\bar{r}_{\text{р}}$.

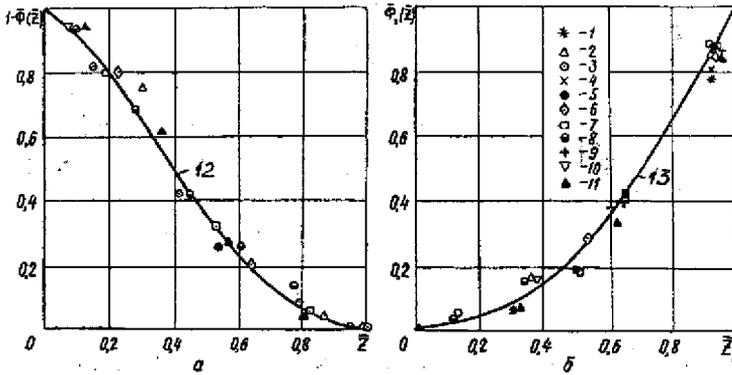


Рис. 2. Закономерности изменения $\bar{r}_{\text{фм}}$ в основной (а) и выходной (б) зонах канала при различных значениях \bar{D}_{k2} и \bar{L}_{k2} : $\bar{D}_{k2} = 0,310$: 1 - $\bar{L}_{k2} = 2,635$; 2 - 4,719; 3 - 6,802; $\bar{D}_{k2} = 0,387$: 4 - $\bar{L}_{k2} = 2,108$; 5 - 3,775; 6 - 4,567; 7 - 5,442; 8 - 7,108; $\bar{D}_{k2} = 0,490$: 9 - 2,983; 10 - 4,306; 11 - 5,612; 12 - расчет по уравнению (5); 13 - (7)

Протяженность основного участка определяется длиной канала. Если $\bar{z}_{\text{вых}} > \bar{z}_{\text{вх}}$, то основной участок течения существует и распределения $\bar{r}_{\text{фм2}}$, $\bar{r}_{\text{фм2}}$ (рис. 2, а) имеют вид

$$\bar{F}(\bar{z}) = \bar{F}_{\text{вх}} + \bar{\Phi}(\bar{z})(\bar{F}_{\text{вых}} - \bar{F}_{\text{вх}}), \tag{5}$$

где $\bar{\Phi}(\bar{z}) = 0,32 Z + 4,20 Z^2 - 5,52 Z^3 + 2,00 Z^4$;

$$Z = \frac{\bar{z} - \bar{z}_{\text{вх}}}{\bar{z}_{\text{вых}} - \bar{z}_{\text{вх}}}$$

Распределение \bar{r}_{p2} по \bar{z} на основном участке течения хорошо выражается зависимостью

$$\bar{r}_{p2} = \bar{r}_{p2}^{\text{вх}} + (A \bar{D}_{k2}^2 + B \bar{D}_{k2} + C) z, \tag{6}$$

где $A = -0,70$; $B = 0,43$; $C = -0,10$.

Безразмерные значения аэродинамических характеристик на границе основного и выходного участков $\bar{z}_{\text{вых}}$ находят по следующим эмпирическим уравнениям:

при $\bar{L}_{k2} < 2,532$ $\bar{r}_{\text{фм2}}^{\text{вых}} = \bar{r}_{\text{фм2}}^{\text{вх}}$

$$\bar{r}_{\text{фм2}}^{\text{вых}} = \bar{r}_{\text{фм2}}^{\text{вх}} - 0,47 + 1,19/\bar{L}_{k2};$$

при $\bar{L}_{k2} < 1,41$ $\bar{r}_{\text{фм2}}^{\text{вых}} = \bar{r}_{\text{фм2}}^{\text{вх}}$

$$\bar{r}_{\text{фм2}}^{\text{вых}} = 0,7754 - 0,0535 \bar{L}_{k2};$$

$$\bar{r}_{p2}^{\text{вых}} = \bar{r}_{p2}^{\text{вх}} - 0,70 \bar{D}_{k2}^2 + 0,43 \bar{D}_{k2} - 0,10.$$

Выходной участок течения в канале характеризуется монотонным ростом функций $\bar{r}_{\varphi m2}(z)$, $\bar{r}_{p2}(z)$, $\bar{\Gamma}_{\varphi m2}(z)$. Изменение $\bar{r}_{\varphi m2}$ (рис. 2, б) описывается квадратичной зависимостью

$$\bar{r}_{\varphi m2} = \bar{r}_{\varphi m2}^{\text{вх}} + (1 - \bar{r}_{\varphi m2}^{\text{вх}}) \bar{\Phi}_1(\bar{z}), \quad (7)$$

где $\bar{\Phi}_1(\bar{z}) = Z_1^2$,

$$Z_1 = \frac{\bar{z} - \bar{z}_{\text{вх}}}{\bar{L}_{\kappa 2} - \bar{z}_{\text{вх}}}.$$

При существовании основного участка течения имеем $\bar{z}_{\text{вых}} \leq \bar{z} \leq \bar{L}_{\kappa 2}$, при отсутствии — $\bar{z}_{\text{вх}} \leq \bar{z} \leq \bar{L}_{\kappa 2}$. Если координата $\bar{z}_{\text{вх}}$, рассчитанная по (1), превысит $\bar{L}_{\kappa 2}$, то ее следует принимать равной половине относительной длины канала.

Распределение безразмерной циркуляции тангенциальной скорости на выходном участке при выполнении условия $\bar{z}_{\text{вых}} < \bar{z}_{\text{вх}}$ находим по формуле

$$\bar{\Gamma}_{\varphi m2} = \left[(0,0085 \bar{L}_{\kappa 2}^2 + 0,36 - \bar{D}_{\kappa 2}) \left(\frac{\bar{z} - \bar{z}_{\text{вых}}}{\bar{L}_{\kappa 2} - \bar{z}_{\text{вых}}} \right)^2 + 1 \right] \bar{\Gamma}_{\varphi m2}^{\text{вых}}. \quad (8)$$

Аксиальное распределение \bar{r}_{p2} имеет вид

$$\bar{r}_{p2} = (0,34 \bar{z}^{4,6} + 1) \bar{r}_{p2}^{\text{вых}}. \quad (9)$$

Уравнения (1)–(9) были использованы для составления схемы аэродинамического расчета циклонного устройства, состоящего из камеры и цилиндрического канала. Методика расчета основана на струйном представлении закрученного потока [1, 7]. Радиальное распределение тангенциальной составляющей скорости w_{φ} как в канале, так и в камере, вполне удовлетворительно аппроксимируется зависимостями при $0 \leq \eta \leq 1$

$$\bar{w} = \frac{w_{\varphi}}{w_{\varphi m2}} = \frac{2\eta}{1+\eta}; \quad (10)$$

при $1 \leq \eta \leq \eta_{\kappa 2}$

$$\bar{w} = \frac{2}{1+\eta}, \quad (11)$$

где $\eta = r/r_{\varphi m2}$ — безразмерный текущий радиус;

$\eta_{\kappa 2} = R_{\kappa 2}/r_{\varphi m2}$ — безразмерный радиус рабочего объема канала.

Подставив аппроксимации \bar{w} (10) и (11) в дифференциальное уравнение радиального равновесия плоского вращающегося течения [7], представим его в безразмерном виде

$$\frac{d\bar{P}}{d\eta} = \frac{2\bar{w}^2}{\eta}, \quad (12)$$

где \bar{P} – безразмерное избыточное статическое давление, $\bar{P} = 2P_c / (\rho_{\text{фм}} w_{\text{фм}2}^2)$;
 $\rho_{\text{фм}}$ – плотность воздуха на радиусе $r_{\text{фм}2}$.

При интегрировании уравнения (12) в пределах изменения η от 0 до $\eta_{\text{к}2}$ получим следующие расчетные выражения для статического давления $\bar{P}_c = 2P_c / (\rho_{\text{вх}} V_{\text{вх}}^2)$:

при $0 \leq \eta \leq 1$

$$\bar{P}_c = \bar{P}_{\text{ск}2} - 8 \left[\ln \frac{4\eta_{\text{к}2}}{(\eta+1)(\eta_{\text{к}2}+1)} - \frac{1}{\eta+1} - \frac{\eta_{\text{к}2}}{\eta_{\text{к}2}+1} + 1 \right] \bar{w}_{\text{фм}2}^2; \quad (13)$$

при $1 \leq \eta \leq \eta_{\text{к}}$

$$\bar{P}_c = \bar{P}_{\text{ск}2} - 8 \left[\ln \left(\frac{\eta_{\text{к}2}}{\eta} \frac{\eta+1}{\eta_{\text{к}2}+1} \right) + \frac{\eta}{\eta+1} - \frac{\eta_{\text{к}2}}{\eta_{\text{к}2}+1} \right] \bar{w}_{\text{фм}2}^2, \quad (14)$$

где $\bar{P}_{\text{ск}2}$ – безразмерное давление на стенке канала, $\bar{P}_{\text{ск}2} = 2P_{\text{ск}2} / (\rho_{\text{вх}} V_{\text{вх}}^2)$.

Формулы для определения $\bar{P}_{\text{ск}2}$ можно получить, подставив зависимости для \bar{w} (10) и (11) в уравнение радиального равновесия (12) и проинтегрировав его в пределах изменения безразмерных радиусов от $\eta_{\text{р}2} = r_{\text{р}2} / r_{\text{фм}2}$ (безразмерного радиуса нулевого значения P_c) до $\eta_{\text{к}2}$:
 при $0 \leq \eta_{\text{р}2} \leq 1$

$$\bar{P}_{\text{ск}2} = 8 \left[\ln \frac{4\eta_{\text{к}2}}{(\eta_{\text{р}2}+1)(\eta_{\text{к}2}+1)} - \frac{1}{\eta_{\text{р}2}+1} - \frac{\eta_{\text{к}2}}{\eta_{\text{к}2}+1} + 1 \right] \bar{w}_{\text{фм}2}^2; \quad (15)$$

при $\eta_{\text{р}2} \geq 1$

$$\bar{P}_{\text{ск}2} = 8 \left[\ln \left(\frac{\eta_{\text{к}2}}{\eta_{\text{р}2}} \frac{\eta_{\text{р}2}+1}{\eta_{\text{к}2}+1} \right) + \frac{\eta_{\text{р}2}}{\eta_{\text{р}2}+1} - \frac{\eta_{\text{к}2}}{\eta_{\text{к}2}+1} \right] \bar{w}_{\text{фм}2}^2. \quad (16)$$

Одним из важных элементов расчета циклонных устройств является определение суммарного коэффициента сопротивления $\zeta_{\text{вх}} = 2\Delta P_{\text{п}} / (\rho_{\text{вх}} V_{\text{вх}}^2)$, где $\Delta P_{\text{п}}$ – перепад полного давления в устройстве, т.е. разность избыточных полных давлений в щлицах камеры и за выходным сечением канала.

Влияние $\bar{L}_{\text{к}2}$ на относительное изменение $\zeta_{\text{вх}}$ наиболее ощутимо в диапазоне $\bar{L}_{\text{к}2} = 0,5 \dots 2,0$ (рис. 3) и определяется изменениями $\bar{w}_{\text{фм}}$ и $\bar{r}_{\text{фм}}$ в камере и канале [2, 5].

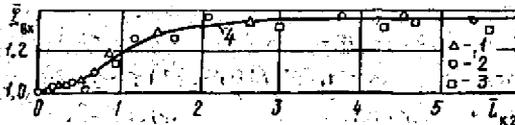


Рис. 3. Влияние относительной длины канала на суммарный коэффициент сопротивления циклонного устройства:

1 – $\bar{D}_{\text{к}2} = 0,310$; 2 – $0,387$; 3 – $0,490$;
 4 – расчет по уравнению (17)

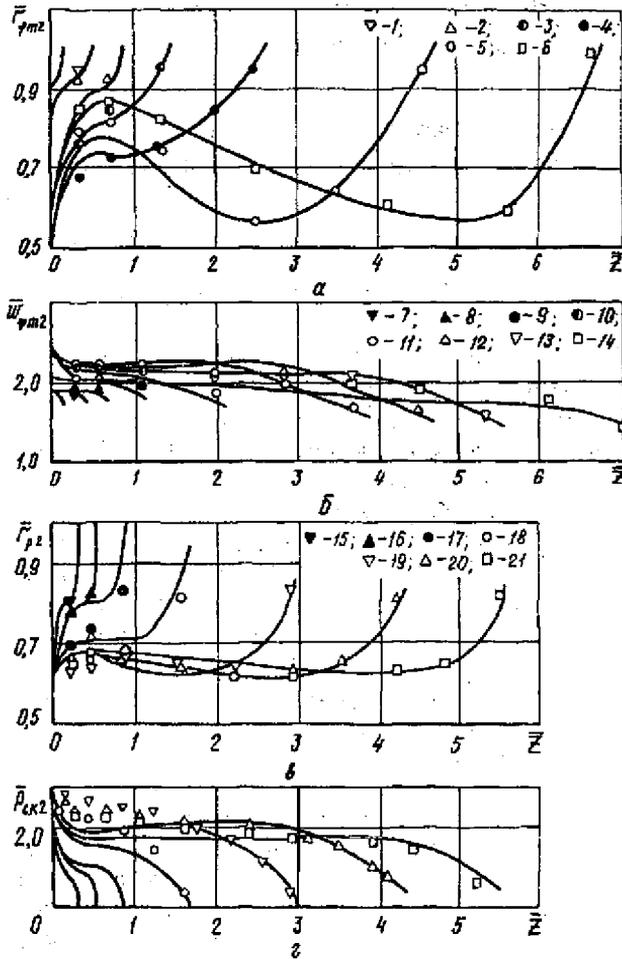


Рис. 4. Сопоставление расчетных (линии) и опытных (точки) распределений \bar{r}_{p2} ($\alpha - \bar{D}_{k2} = 0,310$), \bar{w}_{p2} ($\beta - \bar{D}_{k2} = 0,387$), \bar{r}_{p2} ($\alpha - \bar{D}_{k2} = 0,490$) и \bar{p}_{k2} (α) по длине выходного канала: 1 - $\bar{L}_{k2} = 0,521$; 2 - 0,875; 3 - 1,500; 4 - 2,635; 5 - 4,719; 6 - 6,802; 7 - 0,417; 8 - 0,700; 9 - 1,200; 9 - 1,200; 10 - 2,108; 11 - 3,775; 12 - 4,567; 13 - 5,442; 14 - 7,108; 15 - 0,322; 16 - 0,559; 17 - 0,928; 18 - 1,671; 19 - 2,983; 20 - 4,306; 21 - 5,612.

Для практических расчетов значения $\zeta_{вх}$ можно воспользоваться обобщающей зависимостью

$$\zeta_{вх} = \zeta_{вх1} \{1 + 0,36 \exp[-5 \exp(-2 \bar{L}_{k2})]\}, \quad (17)$$

где $\zeta_{вх1}$ - коэффициент аэродинамического сопротивления камеры, определяемый по методике расчета обычных циклонных устройств с пренебрежимо малой длиной выходного канала [7-9].

Среднеквадратичное отклонение опытных точек от расчетных кривых (рис. 4) для $\bar{r}_{\text{фм}2}$ не превышает 4 %, для $\bar{r}_{\text{р}2}$ - 4 ... 6 %, для $\bar{w}_{\text{фм}2}$ - 6 %, для $\bar{P}_{\text{ск}2}$ - 15 %.

Полученные уравнения использованы при разработке и реализации на ЭВМ математической модели циклонного устройства, включающей в себя алгоритмы расчета основных аэродинамических характеристик, коэффициентов сопротивления циклонной камеры и канала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Абкарян А.А., Алимов Р.З., Лукьянов В.И. Гидродинамика и теплообмен при течении закрученного потока воздуха в системе «вихревая камера – цилиндрический канал» // Теплообмен и трение в двигателях и энергетических установках летательных аппаратов. - Казань, 1987. - С. 4 - 8. [2]. Карпов С.В., Коптяева А.Л., Сабуров Э.Н. Исследование аэродинамики двухкамерного циклонного устройства // Актуальные проблемы рационального использования природных и энергетических ресурсов Европейского Севера: Сб. науч. тр. - Архангельск, 1994. - С. 201-204. [3]. Карпов С.В., Сабуров Э.Н. Аэродинамика двухкамерных циклонных нагревательных устройств // Вопросы энергетики и промышленной теплотехники Севера: Сб. НТОЭ и ЭП. - Вып. 4. - Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1974. - С. 97-105. [4]. Карпов С.В., Сабуров Э.Н. Некоторые результаты экспериментального исследования аэродинамики двухкамерного циклонного устройства // Тр. АЛТИ. - 1970. - Вып. 22. - С. 97-101. [5]. Карпов С.В., Сабуров Э.Н., Неманов Е.А. Исследование и анализ движения газов в выходном канале циклонного аппарата // Энергетика. - 1991. - № 6. - С. 88-94. - (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Карпов С.В., Сабуров Э.Н. О некоторых особенностях аэродинамики циклонно-вихревого нагревательного устройства с камерой для предварительного подогрева металла // Тр. АЛТИ. - 1971. - Вып. 24. - С. 216 - 219. [7]. Сабуров Э.Н. Аэродинамика и конвективный теплообмен в циклонных нагревательных устройствах. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. - 240 с. [8]. Сабуров Э.Н., Карпов С.В., Осташев С.И. Теплообмен и аэродинамика закрученного потока в циклонных устройствах. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. - 276 с. [9]. Сабуров Э.Н., Карпов С.В. Циклонные устройства в деревообрабатывающем и целлюлозно-бумажном производстве / Под ред. Э.Н. Сабурова. - М.: Экология, 1993. - 368 с.

Поступила 11 ноября 1997 г.

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 574.4:630*182(049.3)

Н.С. МИНИН

Архангельский государственный технический университет

ИНТЕРЕСНАЯ КНИГА

Вышла в свет коллективная монография известных исследователей лесов на их северном пределе*. Она состоит из 8 глав, введения и заключения, содержит сокращенный список используемой литературы и приложение.

Сформулированы основные положения концепции «Притундровые леса». Обосновываются новые границы территории. Предложено определение северной границы, где леса по долинам рек и в виде островов уходят далеко в тундру. Мощное наступление лесной и других отраслей промышленности с юга вызывает угрозу «истощения» полосы притундровых лесов. В связи с этим показана необходимость смещения южной границы притундровых лесов на 60 ... 80 км к югу. Подчеркивается, что эти леса необходимо выделять в самостоятельную зону, включающую часть тундры и нынешних пространств северной подзоны тайги. Показана возрастающая роль полосы притундровых лесов как жизненно важного экологически чистого пространства. Эта роль резко возрастает в результате «осеверения» территории России в связи с распадом СССР.

В главе «Естественно-историческая характеристика территории» приведено районирование территории на основе детального анализа комплекса природных условий, состава и характера лесной растительности. Одновременно с уточнением границ таксонов подробно охарактеризованы Кольская горная подобласть и Восточно-Европейская лесорастительная область, а также входящие в состав последней Беломорско-Тиманская, Печорская и Уральская горная провинции. Описаны климатические условия, рельеф, почвы, гидрологические условия, лесные экосистемы в пределах не только областей, но и выделенных лесорастительных округов.

Большое внимание уделено истории изучения, характеристике лесов и природе в целом. Показаны основные характеристики древостоев, продуктивность, типологический состав лесов и редколесий, их биогеоценотическая структура. На примере отдельных районов Кольской лесораститель-

* Семенов Б. А. и др. Притундровые леса Европейской части России (природа и ведение хозяйства) / Б. А. Семенов, В. Ф. Цветков, Г. А. Чибисов, Ф. П. Елизаров. - Архангельск: Пресс А, 1998. - 332 с.

ной подобласти рассмотрены ландшафтно-географические особенности пространственной структуры лесов на Крайнем Севере. Выявлена обусловленность главных свойств лесного покрова геоморфологией и рельефом территорий. Каждый тип ландшафта охарактеризован с позиции структуры географических местностей, типов урочищ.

Отдельная глава монографии посвящена строению древостоев и росту древесных пород. В ней показаны возрастная структура древостоев по типам леса, строение лесов и редколесий по диаметру и высоте, охарактеризована структура полога древостоев с учетом их возраста и возрастной структуры, показано варьирование основных морфологических признаков сосны, ели, лиственницы, березы. Рассмотрено состояние древесных пород и их рост по типам лесов различных формаций; приведены возрасты спелости сосняков; ход роста сосновых древостоев по классам бонитета, их товарная и сортиментная структура. Значительное место уделено анализу фитопатологического состояния древесных пород, видовому составу насекомых-вредителей леса.

Историческую, естественную устойчивость насаждений в условиях произрастания определяет их способность возобновляться естественным путем. Этому вопросу посвящена глава «Возобновление древесных пород». В ней рассматриваются качество семян, процессы заселения вырубок и гарей хвойными, биохимическое взаимоотношение растений, влияние пожаров на возобновление древесных пород под пологом древостоев и на рубках различных типов леса.

Большое место в монографии уделяется средообразующей, средостабилизирующей и защитной роли притундровых лесов, к настоящему времени слабо освещенной или вообще не изученной. Здесь показано влияние древесного полога на световой режим в насаждениях, температуру воздуха и его влажность. Рассмотрено изменение температуры почв на обдесенных и обезлесенных участках, характер промерзания и оттаивания почв; влияние деревьев на проникновение к поверхности жидких осадков, снегонакопление и снеготаяние, ветер на прилегающих к лесу пространствах и внутри древостоев и другие факторы, влияющие на рост, поселение, развитие растений, защитную роль насаждений, их продуктивность.

Расширение и усиление хозяйственной деятельности человека, связанной с разведкой и эксплуатацией полезных ископаемых, сопровождается часто необратимыми нарушениями растительного и почвенного покровов, образованием техногенных ландшафтов, изменением гидрологического режима. Этому вопросу посвящена глава «Антропогенные воздействия на притундровые леса и их последствия». Здесь рассматриваются последствия рубок и пожаров, минерализации почв при сведении (уничтожении) древесной растительности, динамика напочвенного покрова, процессы возобновления и роста древесных пород. Рассматривается изменение ценности лесных угодий как кормовой базы оленеводства. Анализируется влияние разработки полезных ископаемых на гидротермический режим почв и растительность, а также динамика загрязнения воздушного бассейна и его воздей

ствия на состояние лесов и естественное восстановление растительности на площадях, нарушенных при геологоразведочных работах и добыче нефти.

Раскрытие особенностей природы крайне северных лесов, их исключительно важной экосферной, защитной, средообразующей и средостабилизирующей роли, обобщение опыта хозяйствования на этих землях позволили авторам выйти на разработку системы защитного природоохранного притундрового лесоводства. Основные положения в системе хозяйствования сводятся к следующему:

В связи с усилившейся экспансией северных территорий промышленностью и труднооценимой экосферной значимостью крайне северных лесов, эти территории требуют пристального внимания со стороны природоохранных организаций не только на региональном, но и, прежде всего, на государственном уровнях.

Особенность природы лесов требует применения здесь особых принципов и способов хозяйствования. Главным направлением лесоводства должно быть защитное. В ближайшей перспективе следует задействовать несколько форм защитного лесохозяйственного производства: климатозащитную, средообразующую, водоохранную, защитную зеленых зон, особоохраняемых территориях. Предлагается специальная система рубок шадящего пользования лесом, система лесовосстановления. Важное место занимает комплекс мер по регулированию хозяйственной деятельности и согласованию возможностей, требований и задач различных отраслей народного хозяйства с задачами лесного хозяйства, упорядочению техногенных нагрузок, снижению и предотвращению загрязнения окружающей среды.

В «Приложении» к монографии приведены «Типологические схемы еловых, сосновых, лиственничных, березовых лесов и редколесий»; эскизы таблиц хода роста сосны по типам леса, таблицы объемов стволов ели, сосны, березы, осины и др.

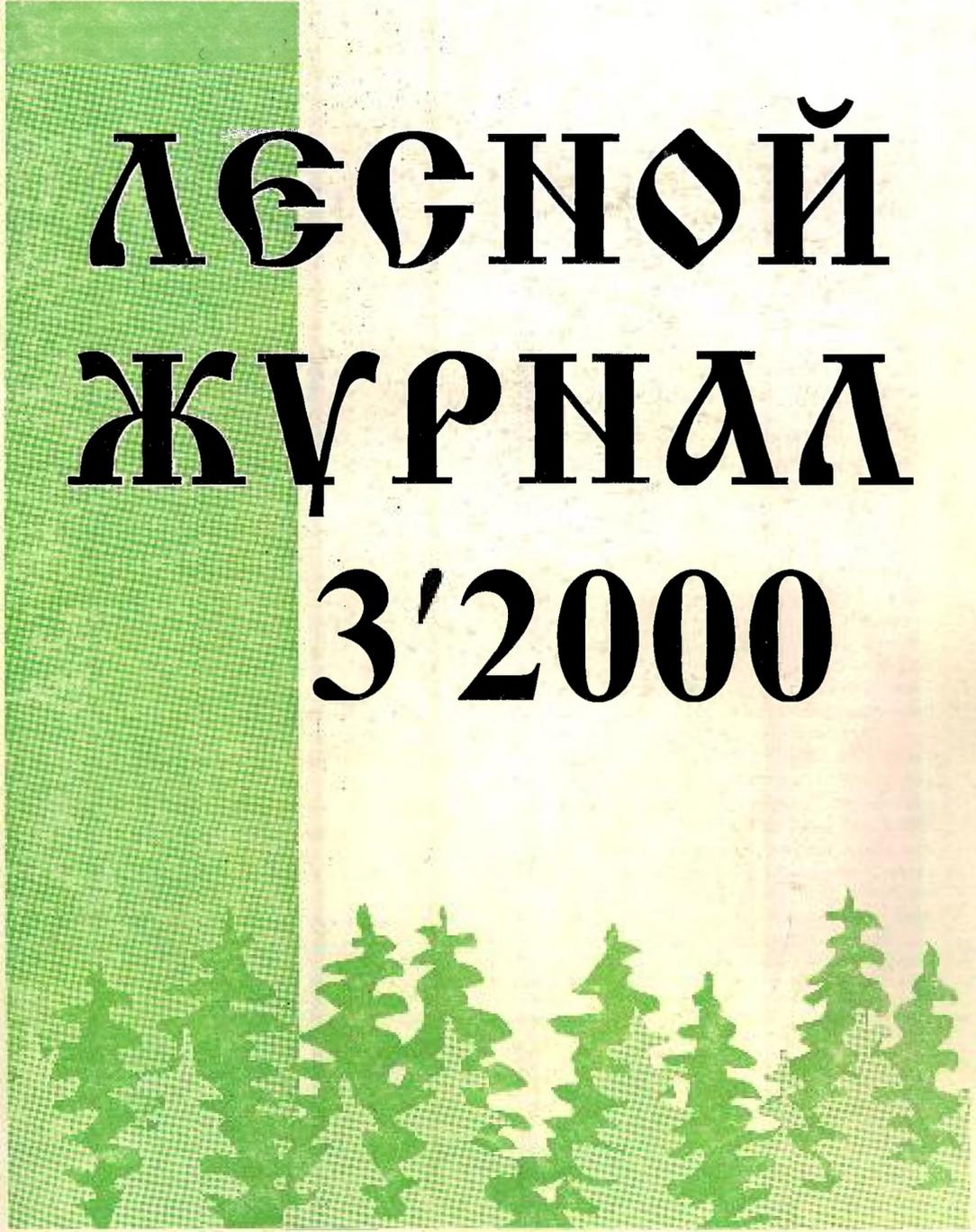
Монография является первой из обобщающих работ, посвященных лесам Крайнего Севера и их проблемам. Она интересна и нужна не только специалистам лесной науки и лесного хозяйства, но также ботаникам, экологам, специалистам по любым вопросам природопользования, сотрудникам природоохранных органов, а также краеведам и всем интересующимся природой и историей Крайнего Севера.

05
У-332

ISSN 0536 - 1036

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**ЛЕСНОЙ
ЖУРНАЛ
3'2000**



К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Статьи, представляемые в журнал, следует оформлять в соответствии с ОСТ 29.115-88 «Оригиналы авторские и текстовые издательские. Общие технические требования». Объем статьи должен составлять 6–7 страниц машинописного текста, статьи библиографического характера – 3 страницы. Над названием статьи проставляется индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). В заголовке статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и место работы. Рукописи направляются в редакцию в двух экземплярах, печатаются через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной 30 мм. Все страницы рукописи нумеруются. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные – двумя черточками сверху.

Для отличия от буквы О ноль (0) оставлять без подчеркивания. Греческие буквы обводятся красным карандашом, латинские – синим.

Приводимый в статье графический материал не должен дублировать цифровых таблиц. Никакие сокращения слов, имен, названий, как правило, не допускаются. Возможно употребление лишь общепринятых сокращений. Названия учреждений, предприятий, марки механизмов и т. п., употребляются в полном объеме.

П
гич авт
лно ав
нностр
крипци
том яз
случае
откуда
тома, гс
С1
ветствии

описание документа. Общие требования и правила составления» и должен содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы, и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в список литературы. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Иллюстрации представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для сканирования (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью на ватмане, тени на рисунках – при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка указывается его порядковый номер и фамилия автора. Подписи к рисункам прилагаются на отдельном листе.

Рукопись должна быть подписана автором, должны быть написаны дата ее отправки, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Для ускорения публикаций статей текст необходимо представлять на дискете 3,5 дюйма.

При отправке статьи электронной почтой обязательно наличие рукописи в двух экземплярах и всех необходимых документов.

Для компьютерной верстки журнала используется IBM PC совместимые компьютеры и программы, работающие в среде Windows. Для компьютерного набора статей предпочтительно применение текстового процессора Word for Windows.

Для рисунков и фотографий представляются графические файлы в форматах BMP, PCX, TIF (разрешение 300 – 600 dpi).

К статье должны быть приложены краткий реферат, аннотация, рекомендация

е, две фотографии (фамилия и окончание, звание, или печатных аний).

изводить сомнения руко- как правило,

не высылать

рнала могут латележом по

Подписывайтесь

на второе полугодие 2000 г.

на журнал
«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ»

«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ»

Индекс 70368

«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца. Стоимость трех номеров 105 руб., доплаты за услуги связи устанавливаются по регионам.

Подписка принимается органами «Роспечати».

Подписка на журнал может быть оформлена через редакцию. (Наш расчетный счет 40503810000002000148 в ГРКЦ г. Архангельска, БИК 041117001, ИНН 2901039102.) Копию платежного поручения или денежный перевод с указанием адреса и фамилии подписчика просим выслать в редакцию.

По заявке, направленной в редакцию, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск,
наб. Северной Двицы, 17, АГТУ, «Лесной журнал».



ISSN 0536 - 1036. Изв. вузов. Лесной журнал, № 3, 1 - 144