

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ
ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

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

6

**МАТЕРИАЛЫ, ПОСВЯЩЕННЫЕ 80-ЛЕТИЮ
ВОРОНЕЖСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ**

2010

ИЗДАТЕЛЬ – СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ)
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Главный редактор – д-р техн. наук, проф. **А.Л. Невзоров**
Заместитель главного редактора – д-р экон. наук, проф. **Е.С. Романов**

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

д-р хим. наук, проф. **А.М. Айзенштадт**, д-р геогр. наук, проф. **А.С. Алексеев**, д-р техн. наук, проф. **Е.Д. Гельфанд**, д-р техн. наук, проф. **А.А. Камусин**, д-р экон. наук, проф., акад. РАСХН **Н.И. Кожухов**, д-р техн. наук, проф. **В.И. Комаров**, д-р техн. наук, проф. **В.С. Куров**, канд. техн. наук, проф. **Н.В. Лившиц**, д-р с.-х. наук, проф. **Р.Н. Матвеева**, д-р техн. наук, проф. **В.И. Мелехов**, д-р с.-х. наук, проф. **М.Д. Мерзленко**, д-р биол. наук, проф. **Е.Г. Мозолева**, д-р техн. наук, проф. **Д.Г. Мясичев**, д-р с.-х. наук, проф. **Е.Н. Наквасина**, канд. с.-х. наук, доц. **О.А. Неволлин**, д-р техн. наук, проф. **А.Н. Обливин**, д-р техн. наук, проф. **А.В. Питухин**, д-р хим. наук, проф. **Д.А. Пономарев**, д-р с.-х. наук, проф. **Е.М. Романов**, д-р с.-х. наук, проф. **В.П. Рябчук**, д-р техн. наук, проф. **Э.Н. Сабуров**, д-р техн. наук, проф. **В.Г. Санаев**, д-р биол. наук, проф. **А.В. Селиховкин**, д-р техн. наук, проф. **В.В. Сергеевичев**, д-р техн. наук, проф. **В.А. Суслов**, д-р техн. наук, проф. **Ф.Х. Хакимова**, д-р с.-х. наук, проф. **А.И. Чернодубов**, д-р с.-х. наук, проф. **Г.А. Чибисов**, д-р техн. наук, проф. **Ю.А. Ширнин**, проф. **Х.-Д. Энгельмани**

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

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

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 6

Редакторы Н.П. Бойкова, Л.С. Окулова
Компьютерная верстка О.В. Деревцовой
Перевод Н.Т. Подражанской
Графическое оформление О.А. Томиловой

Сдан в набор 11.12.2010. Подписан в печать 04.02.2011. Заказ № 20
Форм. бум. 70×108 1/16. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 14,195. Усл. кр.-отг. 14,195.
Уч.-изд. л. 19,176. Тираж 1000 экз.
Северный (Арктический) федеральный университет

Адрес редакции: 163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17,
тел./факс: 8 (818-2) 28-76-18, тел. 21-89-01
e-mail: forest@agtu.ru http://www.lesnoizhurnal.ru

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-42283 от 11.10.2010.

Издательство Северного (Арктического) федерального университета
163002, г. Архангельск, наб. Сев. Двины, 17



СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.М. Бугаков, Л.Т. Свиридов.</i> 80-летняя история Воронежской государственной лесотехнической академии.....	7
---	---

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>А.Л. Мусиевский.</i> Основные итоги 80-летних наблюдений за восстановлением и формированием семенных дубрав Шипова леса.....	14
<i>О.М. Корчагин, В.Ю. Заплетин.</i> Всхожесть желудей, абсолютная сохранность семян и жизненное состояние прегенеративных особей дуба черешчатого в зависимости от светового режима.....	22
<i>М.А. Гувьшикина, М.П. Чернышов.</i> Лесоводственно-хозяйственная классификация малоценных лесных насаждений Воронежской области.....	30
<i>В.В. Кругляк.</i> Особенности системы озеленения и перспективы развития ландшафтной архитектуры г. Воронежа.....	34
<i>А.И. Миленин.</i> Динамика радиального прироста дуба черешчатого в байрачных дубравах Воронежской области.....	39
<i>А.Н. Смольянов, А.И. Ревин, Н.Б. Старостюк.</i> Использование регрессионных методов в моделировании лесистости.....	45
<i>Е.И. Гурьева.</i> Характеристика состава и современное состояние насаждений санаториев Воронежской области.....	49
<i>М.В. Кочергина, М.В. Пожидаева.</i> К проблеме расширения ассортимента декоративных кустарников на объектах озеленения г. Воронежа.....	56
<i>Ю.В. Чекменева, В.Т. Попова, В.Д. Дорофеева.</i> Влияние антропогенного загрязнения на сезонное развитие и семеношение псевдотсуги Мензиса (<i>Pseudotsuga Menziesii</i> , var. <i>viridis</i>) различных половых типов.....	62
<i>А.Л. Мусиевский.</i> Программа формирования эталонных семенных дубрав лесостепной и степной зон.....	70
<i>В.В. Ткачев.</i> Совершенствование процесса сортирования лесных семян на плоских качающихся решетках.....	77
<i>О.М. Корчагин, В.Ю. Заплетин.</i> Поражение семян <i>Quercus robur</i> L. грибом <i>Microsphaera alphitoides</i> Griff. et Maubl. в меняющихся по годам условиях затенения посевов в лесном питомнике.....	81

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>И.М. Бартнев, М.Н. Лысыч.</i> Оптимизация параметров комбинированного рабочего органа лесного культиватора.....	89
<i>М.В. Драпалюк, В.С. Полев.</i> Моделирование рубящих элементов цепного кустореза.....	94
<i>Р.Г. Боровиков, П.Н. Щерблякин, Н.А. Бородин, И.В. Четверикова.</i> Защита карданной передачи лесохозяйственных машин от перегрузок.....	99
<i>Л.Д. Бухтояров, П.И. Попиков, А.А. Сидоров.</i> Оптимизация параметров демпфера гидропривода механизма подъема стрелы лесного манипулятора.....	102
<i>П.Н. Щерблякин, Н.А. Бородин, Р.Г. Боровиков, И.Н. Журавлев.</i> К расчету силовых и прочностных характеристик предохранительного устройства фрезерной почвообрабатывающей машины.....	106
<i>Н.Ю. Юдина, Р.А. Щеглов.</i> Математическое моделирование процессов в системе гидроприводов рабочих органов лесных машин.....	109

<i>Д.Н. Афоничев, Н.Н. Папонов, В.В. Васильев.</i> Сплоточная единица стабилизированной плавучести.....	114
<i>В.А. Зеликов.</i> Результаты моделирования системы энергосбережения лесного почвообрабатывающего агрегата на основе трактора ЛХТ-55.....	120
<i>МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ</i>	
<i>Л.Т. Свиридов, А.В. Ивановский, В.П. Ивановский.</i> Обрабатываемость резанием древесины различных пород.....	126
<i>А.А. Аксенов.</i> Влияние отрицательных температур на твердость прессованной древесины.....	133
<i>Л.Т. Свиридов, В.П. Ивановский, А.В. Ивановский.</i> К наладке деревообрабатывающих станков, оснащенных режущим диском.....	138
<i>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ</i>	
<i>Ю.А. Варфоломеев, А.Т. Гурьев, О.Г. Плехов, Р.А. Алешко.</i> Высокотехнологичное проектирование строительства и реконструкции дорог с непрерывным жизненным циклом в лесах с биоповреждениями.....	145
<i>ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ</i>	
<i>В.С. Петровский.</i> Инновации в области автоматизации управления в технологических, организационно-экономических системах предприятий лесного комплекса.....	153
Указатель статей, помещенных в «Лесном журнале» в 2010 г.	156



CONTENTS

- V.M. Bugakov, L.T. Sviridov.* Eighty-year History of Voronezh State Forest Technical Academy..... 7

FORESTRY

- A.L. Musievsky.* Main Results of 80-year Observations of Seed Oakeries Reforestation and Formation in Shipov Forest..... 14
- O.M. Korchagin, V.Yu. Zapletin.* Germination of Acorns, Absolute Preservation of Seedlings and Viable State of Pregenerative Species of English Oak Depending on Light Conditions..... 22
- M.A. Tuvyshkina, M.P. Chernyshov.* Silvicultural-economical Classification of Low-value Forest Stands in the Voronezh Region..... 30
- V.V. Kruglyak.* Peculiarities of Landscape Planning System and Prospects of Landscape Architecture Development in Voronezh..... 34
- A.I. Milenin.* Dynamics of Radial Increment of English Oak in Small Oak Forests in Steppe Ravines of Voronezh Region..... 39
- A.N. Smolianov, A.I. Revin, N.B. Starostyuk.* Use of Regression Methods in Forest Land Simulation..... 45
- E.I. Gurieva.* Characteristic of Stands Composition and State-of-the-art of Sanatoria in the Voronezh Region..... 49
- M.V. Kochergina, M.V. Pozhidaeva.* On Extension of Ornamental Bushes Assortment in Voronezh Gardening Objects 56
- Yu.V. Chekmeneva, V.T. Popova, V.D. Dorofeeva.* Influence of Anthropogenic Pollution on Seasonal Development and Seed-bearing Ability of Douglas Fir of Different Reproductive Type..... 62
- A.L. Musievsky.* Programme of Standard Seed Oak-forests Formation for Forest-steppe and Steppe Zones..... 70
- V.V. Tkachev.* Improvement of Forest Seeds Sorting on Flat Swinging Sieves..... 77
- O.M. Korchagin, V.Yu. Zapletin.* Affect of English Oak Seedlings by Oak Powdery Mildew in Changeable Conditions of Sown Area Shading in Forest Nursery... 81

WOODEXPLOITATION

- I.M. Bartenev, M.N. Lysych.* Parameters Optimization of Combined Operating Element for Forest Cultivator..... 89
- M.V. Drapalyuk, V.S. Polev.* Simulation of Cutting Moments of Chain Shrub Cutter. 94
- R.G. Borovikov, P.N. Shcheblykin, N.A. Borodin, I.V. Chetverikova.* Overload Protection of Cardan Gear of Forest Machines..... 99
- L.D. Bukhtoyarov, P.I. Popikov, A.A. Sidorov.* Parameters Optimization of Hydraulic Actuator Damper for Boom Hoisting Mechanism of Forest Manipulator..... 102
- P.N. Shcheblykin, N.A. Borodin, R.G. Borovikov, I.N. Zhuravlev.* To Calculation of Safeguard Force Characteristics for Milling Soil-cultivating Machine..... 106
- N.Yu. Yudina, R.A. Shcheglov.* Mathematical Process Simulation in Hydraulic Drives System of Operating Elements in Forest Machines..... 109
- D.N. Afonichev, N.N. Paponov, V.V. Vasiliev.* Raft Section of Stabilized Flotation... 114
- V.A. Zelikov.* Simulation Results of Energy Saving System for Forest Soil-cultivating Aggregate on LHT-55 Tractor Base..... 120

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

- L.T. Sviridov, A.V. Ivanovsky, V.P. Ivanovsky.* Cutting Workability for Wood of Different Species..... 126
- A.A. Aksenov.* Effect of Negative Temperatures on Compressed Wood Hardness.... 133
- L.T. Sviridov, V.P. Ivanovsky, A.V. Ivanovsky.* On Setup of Woodworking Machines Equipped with Saw Blade..... 138

SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING

- Yu.A. Varfolomeev, A.T. Guriev, O.G. Plekhov, R.A. Aleshko.* High-technology Design of Road Building and Rehabilitation with Continuous Life Cycle in Forests with Biodeterioration..... 145

FROM VUSES' LIFE

- V.S. Petrovsky.* Innovations in Control Automation of Technological, Economic-organizing Systems of Forest Industry Enterprises..... 153
- Index of Articles Issued by «Lesnoi Zhurnal» in 2010..... 156
-

УДК 630*945.3

В.М. Бугаков, Л.Т. Свиридов

80-ЛЕТНЯЯ ИСТОРИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ

Истоки создания ВЛТИ – ВГЛТА. Воронежский лесотехнический институт был создан в 1930 г. Его предшественником считается сельскохозяйственный институт (ВСХИ) (ныне Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки), где 1 октября 1918 г. было открыто лесное отделение. Это было связано с необходимостью освоения ценнейшего опыта отечественной лесной науки и практики, накопленного благодаря работам известных ученых: Ф.Х. Майера, И.Н. Шатилова, Г.Ф. Морозова, Г.Н. Высоцкого, А.Н. Верехи, Г.А. Корнаковского, Н.К. Генко, К.Д. Суходского, В.Н. Штурма, В.Д. Огиевского и др. В 1918–1920 гг. контингент студентов не превышал 20 чел. В 1922 г. прием увеличился до 50 чел. Значительно расширилась материальная база кафедр лесного профиля, заложены уникальные опытные объекты в «Старой лесной даче», Графском лесничестве. В 1922 г. создано учебно-опытное лесничество.

В 1923 г. состоялся первый выпуск лесоводов, в том же году отделение было преобразовано в факультет.

В 1926, 1927, 1929 гг. появились первые выпуски научных трудов лесного факультета. В т. VIII опубликованы лучшие работы студентов. В 1926–1927 гг. впервые в СССР организовано заочное отделение при лесном факультете, годом позже создан филиал при Хреновском лесном техникуме для подготовки специалистов среднего звена.

Первое десятилетие становления вуза. В 1930 г. в связи с перестройкой системы высшего образования постановлением правительства из состава ВСХИ был выделен Воронежский лесотехнический институт союзного значения и передан Союзлеспрому ВСНХ. Через год ВЛТИ, располагающийся вне зоны основных лесозаготовок, имеющий соответствующий набор научных разработок и опытных объектов, подчинили Главному управлению по лесному хозяйству выделенной лесокультурной зоны. В ее состав вошли леса лесостепи и предстепья, которым приданы водоохраные функции. В 1932–1935 гг. вуз именовался институтом лесного хозяйства. В 1936 г. он перешел в ведение Главлесоохраны при СНК СССР и стал называться лесокультурным.

В 1930-е гг. началась узкая специализация, отдельно готовили специалистов по лесозаготовке, лесным культурам, лесоустройству, лесным мелиорациям. С 1934 г. вуз вновь стал готовить кадры более широкой квалификации: лесохозяйственников и лесомелиораторов. С 1938 г. в институте была представлена одна специальность – инженер лесного хозяйства с защитой дипломного проекта, и с этого времени по 1955 г. вуз именовался лесохозяйственным.

Воронежский лесотехнический институт первым среди лесных вузов страны получил право принимать к защите диссертации. В совете института (или совместно с советом ВСХИ) защитили докторские диссертации известные ученые-лесоводы: М.В. Колпиков, А.И. Тарашкевич, А.И. Кондратьев, Н.П. Анучин, И.М. Науменко, А.С. Яблоков, В.К. Захаров, М.В. Давидов, П.С. Погребняк. По мнению одного из создателей воронежской лесной школы проф. А.В. Тюрина, к концу 1930-х гг. прием студентов в Воронежский лесной вуз достиг 235 чел. По подбору кадров, научно-педагогической работе, качеству подготовки специалистов институт занимал второе место в стране, уступая лишь Ленинградской лесотехнической академии.

Институт в годы Великой Отечественной войны. Уже в первые дни и месяцы войны на фронт ушли все военнообязанные студенты (в том числе 200 добровольцев), аспиранты, сотрудники кафедр, рабочие и служащие лесхоза. Оставшиеся в вузе несли службу на объектах ПВО, участвовали в строительстве оборонительных сооружений, уборке урожая в районах области. Коллектив института, продолжая в условиях военного времени готовить специалистов, помогал фронту. Осенью 1941 г., как обычно, состоялся прием студентов в количестве 150 чел., в декабре – досрочный выпуск 67 инженеров лесного хозяйства.

В 1942 г. учебный процесс был прерван. 4 июня по приказу Государственного Комитета обороны весь коллектив института эвакуировали в пос. Лубяны Татарской АССР. Все имущество и оборудование вуза, оставленное в Воронеже, было полностью уничтожено оккупантами. С 1 ноября 1942 г. начались обычные занятия в зданиях лесного техникума, и в конце года состоялся выпуск 44 специалистов. 26 января 1943 г. пришло радостное известие о полном освобождении Воронежа. В течение 1943–1944 гг. коллектив вуза постепенно возвращался в город. В феврале 1944 г. здесь был осуществлен очередной выпуск 63 инженеров лесного хозяйства.

Восстановление и развитие вуза в послевоенные годы (1946–1960 гг.). В первые послевоенные годы активно велись восстановительные работы, в которых участвовали преподаватели, студенты, рабочие и служащие. С каждым годом увеличивалась учебная площадь, большое внимание уделялось улучшению бытовых условий научно-педагогического состава, строились жилые дома, студенческие общежития.

В этот период подготовка кадров осуществлялась на трех факультетах: лесохозяйственном, лесомеханическом и лесоинженерном. В 1960 г. был открыт факультет механической технологии древесины, позже переименованный в факультет технологии деревообработки. К 1955 г. педагогический коллектив включал 9 профессоров и 60 доцентов, кандидатов наук, что составляло 54 % общей численности. На кафедрах лесоводства, геологии и почвоведения, ботаники ученые степени имели все преподаватели. Некоторые из них – профессора О.Г. Каппер, И.М. Науменко, С.И. Костин, доценты И.Ф. Ларин, И.М. Федосеев, В.С. Скрыпников и др. – работали в вузе по 20 лет и более. Многие кафедры вели плодотворную научную

работу. Возглавлявшаяся проф. И.М. Науменко кафедра лесной таксации принимала активное участие в разработке генплана развития лесного хозяйства УССР, ряда регионов. Кафедра лесоводства под руководством проф. О.Г. Каппера работала над естественным возобновлением ценных пород и передовыми методами рубок ухода. Кафедра лесных культур, руководимая доц. В.И. Рубцовым, занималась изучением и совершенствованием создания лесных культур в лесхозах Центрального Черноземья. Группа ученых во главе с проф. П.Н. Хухрянским проводила большую работу по прессованию древесины и замене ею цветных и черных металлов в лесной промышленности и сельском хозяйстве. Доц. М.М. Вересин завершал многолетнюю работу по применению методов селекции в лесном хозяйстве. На кафедре защиты леса под руководством проф. П.А. Положенцева успешно велись работы по энтомо-гельминтологии и изучению устойчивости деревьев к вредителям и болезням.

Положительные результаты давала практика организации ряда исследований по различным проблемам совместно с производственниками под руководством ученых института. Она использовалась при разработке противоэрозионных мероприятий на Цимлянском водохранилище и решении ряда крупных вопросов организации лесного хозяйства в ценных лесных массивах Воронежской области, на Северном Кавказе и в Казахстане. При Воронежском юго-восточном аэрофотолесоустроительном тресте под руководством сотрудников кафедр работали специальные опытно-исследовательские партии, решающие наиболее сложные научно-производственные задачи.

Учеными института был издан ряд учебников и учебных пособий: по климатологии и метеорологии (проф. С.И. Костин), физиологии растений с основами микробиологии (доц. П.Б. Раскатов), экономике лесного хозяйства (доц. И.В. Воронин, П.Я. Островский) и др. Проф. О.Г. Каппер опубликовал монографию «Хвойные породы».

В связи с расширением материально-технической базы института контингент студентов увеличился с 1016 чел. в 1948 г. до 1760 в 1962 г.

Вуз в 1960–1980-е годы. В этот период прием в вуз возрос до 750...800 чел. на стационарные и 350...400 на заочный факультеты. Значительно расширилось подготовительное отделение, на которое было принято 150 слушателей. Всего в институте обучались 6 тыс. студентов, из которых 3,7 тыс. – на дневном отделении. Ежегодный выпуск молодых специалистов достигал 700 чел. Среди обучающихся имелаась большая группа иностранных студентов из 23 стран мира.

На 31 кафедре работали 360 преподавателей, в том числе 16 докторов наук и профессоров, 189 кандидатов наук и доцентов. Учеными вуза был выполнен ряд фундаментальных исследований. Изданы 70 монографий, 39 учебников и учебных пособий, опубликовано около 2,5 тыс. статей общим объемом 400 печ. листов.

Большую научную и практическую ценность представляют монографии «Теллермановский лес» (доц. Е.И. Енькова), серия монографий по прессованной древесине (проф. П.Н. Хухрянский), селекции, семеноводству и лесным культурам (проф. Е.И. Дерюжкин, доценты М.М. Вересин, В.Б. Лукьянец, В.К. Попов), защитному лесоразведению в поймах рек и борьбе с эрозией почв (профессора Т.А. Харитонов, И.В. Трещевский, доценты В.Г. Шаталов, Я.В. Панков и др.), механизации лесохозяйственных работ (проф. П.С. Нартов), экономике и организации лесного хозяйства (профессора И.В. Воронин, В.П. Бычков), таксации и лесоустройству (профессора В.А. Бугаев, В.В. Успенский, М.П. Чернышов).

Учеными и студентами получены более 130 авторских свидетельств на изобретения. Из года в год увеличивались научные исследования по заказам отраслевых министерств и ведомств: объем хозяйственной тематики превышал 1 млн р. (в прежнем исчислении). Экономический эффект от внедрения результатов научных исследований в промышленность и сельское хозяйство превышал 11 млн р., или 3 р. на 1 р. затрат. Ряд кафедр поддерживал тесную связь с институтами АН СССР и союзных республик. Важные исследования проводили проблемная лаборатория прессованной древесины и лесной рекультивации земель, нарушенных горно-рудными предприятиями, а также отраслевая лаборатория по совершенствованию технологий производства и ремонта деталей лесных машин. На международной выставке «Лесдревмаш-79» институт получил Почетный золотой диплом торгово-промышленной палаты СССР. За научные достижения на ВДНХ СССР в 1976–1978 гг. учеными вуза получены 5 серебряных и 7 бронзовых медалей. Институт награжден двумя дипломами ВДНХ.

Непрерывно совершенствовался учебный процесс, расширилась материально-техническая база института.

Развитие вуза в условиях перестройки и перехода к рыночным отношениям (1985–2000 гг.). В это время осуществлялся ряд мероприятий по укреплению связи института (позже академии) с предприятиями, направляющими молодежь для обучения по специальным договорам. Проводилась большая работа по привлечению абитуриентов, созданы учебные опорные пункты для подготовки выпускников средних школ и техникумов. Принимались меры по повышению обеспеченности студентов современной учебно-методической литературой, обновлению парка ПЭВМ, внедрению вычислительной техники в учебный процесс, переоснащению учебных лабораторий, использованию активных методов обучения. Вычислительный центр реорганизован в центр новых информационных технологий (ЦНИТ).

Решением Коллегии по высшей школе Министерства науки, высшей школы и технической политики РФ вуз был аттестован и Постановлением Госкомвуза России в 1994 г. получил лицензию на право ведения образовательной деятельности в сфере профессионального образования по семи

специальностям и подготовки кандидатов наук по 20 программам. Приказом Государственного комитета РФ по высшему образованию от 23.06.1994 г. № 615 Воронежский лесотехнический институт переименован в Воронежскую государственную лесотехническую академию (ВГЛТА). В 1997 г. академия прошла повторную аттестацию с последующим лицензированием, а в 1999 г. – государственную аккредитацию.

В целях расширения сферы образовательных услуг с учетом потребности в специалистах для работы в новых экономических условиях был открыт ряд новых специальностей и специализаций, созданы гуманитарный факультет и факультет довузовской и послевузовской подготовки.

В июле 1995 г. при вузе учреждено Воронежское региональное отделение академии проблем качества, главной целью которого является содействие консолидации ученых и специалистов всех сфер народного хозяйства для ускорения социально-экономического развития региона путем повышения качества выпускаемой продукции и оказываемых услуг. Президентом отделения стал проф. Б.Ф. Преображенский, первым вице-президентом – проф. В. К. Попов.

В том же году организовано Центрально-Черноземное региональное отделение секции наук о лесе, в состав которого вошли профессора академии: В.К. Попов, И.М. Бартенев, Л.Т. Свиридов, В.К. Курьянов, Н.А. Харченко, В.И. Харчевников, Е.М. Разиньков, В.И. Таранков, Е.В. Титов (действительные члены), Ю.В. Арефьев, А.Г. Крылов (член-корреспонденты), В.А. Бугаев, Д.И. Станчев (почетные академики). В 1999 г. создана Ассоциация научно-образовательного лесного центра Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и Поволжского регионов. Одним из учредителей ассоциации являлась ВГЛТА. В 2001 г. приказом Министерства образования РФ образован Региональный научно-образовательный центр «Юг-лес», руководитель – проф. Л.Т. Свиридов.

Современное состояние академии. За 80 лет коллектив вуза добился больших успехов в образовательной и научной деятельности. Немалая заслуга в этом принадлежит ведущим ученым, возглавлявшим ВЛТИ – ВГЛТА в разные годы: А.В. Тюрину (1930), А.Р. Крылатых (1931–1937), Г.С. Рычкову (1937–1938), Я.И. Кувшинову (1938–1941), Н.И. Фортунатову (1942–1945), Л.А. Паленко (1945–1951), В.И. Рубцову (1951–1962), А.Д. Дудареву (1965–1971), А.К. Артюховскому (1972–1985), В.К. Попову (1985–2005), В.М. Бугакову (с 2005 г. по настоящее время). Сегодня Воронежская государственная лесотехническая академия представляет собой многопрофильное учебное заведение, в состав которого входят 8 факультетов, 33 кафедры, региональный научно-образовательный центр «Юг-лес», Международная кафедра ЮНЕСКО «Сохранение биоразнообразия лесных экосистем в контексте устойчивого их развития», учебно-научный центр «Комплексная переработка древесины», учебно-опытный лесхоз, учебно-научный центр «Декоративное садоводство», 4 благоустроенных общежития, спортивно-оздоровительный лагерь, молодежный центр и др.

Академия реализует программы высшего профессионального образования; осуществляет подготовку, переподготовку и повышение квалификации специалистов для производственной деятельности в области лесного хозяйства, лесной, деревообрабатывающей, лесохимической промышленности; выполняет научные исследования по инновационным и приоритетным направлениям развития науки.

В последние 5...10 лет научные исследования в академии ведутся по трем приоритетным направлениям.

1. Проведение экспедиционно-полевых работ, ускоренное воспроизводство и использование лесных ресурсов Центральной лесостепи и юга России.

2. Восстановление эколого-ресурсного потенциала агролесобиоценозов, лесоразведение и рациональное природопользование в Центральной лесостепи и на юге России.

3. Обоснование и разработка технологий и оборудования для модифицирования древесины. Создание технологической линии для производства модифицированной древесины.

По первым двум научным направлениям путем исследования и внедрения традиционных и нетрадиционных технологий ускоренного воспроизводства древесных пород отработаны методы выращивания посадочного материала и создания лесных культур на генетико-селекционной основе с использованием быстрорастущих гибридов и клонов тополей, березы, ольхи, лиственницы, сосны, кедра и др. Разработаны новые энерго- и ресурсо-сберегающие технологии и комбинированные устройства для восстановления устойчивых и продуктивных дубрав семенным путем и разведения посевом ценных хвойных пород (сосна, ель, лиственница, кедр, пихта и др.). Сконструирован технологический комплекс машин и оборудования для обработки семян ценных хвойных пород с новыми технологическими процессами и обоснованными параметрами.

По третьему научному направлению разработаны технологии, оборудование, создан технологический комплекс для производства модифицированной древесины из мягколиственных пород, в котором совмещены сушка и пластификация исходных заготовок древесины до соответствующего уплотнения. Термообработка спрессованных заготовок производится в замкнутом металлическом контуре, а подсушка – в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (СВЧ).

Указанные инновационные проекты направлены на энерго- и ресурсосбережение и значительное снижение материальных затрат. Отдельные разработки демонстрировались на областных, региональных, всероссийских и международных конкурсах, салонах, выставках, где получили положительную оценку. Авторы награждены многочисленными дипломами и медалями.

Академия является одним из ведущих образовательных, научных и методических центров среди высших лесотехнических учебных заведений Российской Федерации. На дневном и заочном отделениях обучается более 7000 студентов по 14 специальностям, проходят подготовку 158 аспирантов и 53 соискателя по 23 и 9 докторантов по 3 научным специальностям. Кафедры вуза работают над усовершенствованием форм активного обучения. Созданы необходимые условия для творческой учебы и работы: лаборатории оснащены современными машинами и механизмами, станками, вычислительной техникой, компьютерные классы подключены к сети Интернет, развиваются базы учебно-производственных практик. Библиотека насчитывает более 600 тыс. томов учебной и научной литературы. В учебно-опытном лесхозе учеными академии созданы уникальные опытные объекты лесных культур различных древесных пород, которые используются как в учебном процессе, так и для выполнения научных исследований.

Академия проводит фундаментальные, поисковые и прикладные научные исследования, являющиеся неотъемлемой частью подготовки высококвалифицированных специалистов. Учебно-методическую и научно-исследовательскую работу ведут около 400 представителей профессорско-преподавательского состава, более 70 % которых имеют ученые степени и звания. На базе академии систематически проводятся всероссийские и международные научные конференции и семинары.

За время существования вуза подготовлено свыше 43 тыс. дипломированных специалистов, открыт ряд диссертационных советов, модернизирована структура управления, проведена реконструкция материально-технической базы, построены новый учебный корпус и фитотронно-климатический комплекс. Открываются новые специальности и специализации, отражающие специфику рыночных отношений в условиях лесного и лесопромышленного комплексов.

Залогом успеха являются сохранение преемственности и лучших традиций, накопленных коллективом, огромный опыт в подготовке высококвалифицированных специалистов, вдохновенный труд энтузиастов и патриотов своего дела. Сегодняшний день ВГЛТА – это напряженный труд, творческий поиск, внедрение в учебный процесс инновационных разработок и информационных технологий.

V.M. Bugakov, L.T. Sviridov

Eighty-year History of Voronezh State Forest Technical Academy



УДК 630*231

А.Л. Мусиевский

Мусиевский Александр Леонидович родился в 1958 г., окончил в 1984 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 80 печатных работ в области организации и ведения хозяйства в дубравах и комплексной оценки лесных ресурсов.
E-mail: musievsky@mail.ru



ОСНОВНЫЕ ИТОГИ 80-ЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВОССТАНОВЛЕНИЕМ И ФОРМИРОВАНИЕМ СЕМЕННЫХ ДУБРАВ ШИПОВА ЛЕСА

На основании данных длительных наблюдений доказана возможность семенного предварительного восстановления дубрав, определены оптимальные способы рубок спелых древостоев, даны рекомендации по проведению проходных рубок.

Ключевые слова: Шипов лес, семенные дубравы, опытные рубки, естественное восстановление.

Поиски способов восстановления естественных семенных дубрав долгое время не приносили успеха. Тем не менее многими учеными и ревизирами лесоустройства в конце XIX – начале XX вв. отмечалось периодическое наличие самосева или подроста молодых дубков естественного семенного происхождения под материнским пологом, достаточно хорошо развивавшихся до 3 лет. Один из удачных опытов по обоснованию способов рубок спелого леса, обеспечивающих семенное возобновление дуба в нагорных дубравах Шипова леса Воронежской области, был заложен Г.Г. Юнашем в 1928 г. [3]. Таксационная характеристика насаждения объекта была следующей: тип леса – дубняк снытьево-осоковый, ТЛУ – D₂, состав I яруса – 8Д2Я.о, возраст – 110 лет, полнота – 0,9, класс бонитета – II, запас – 420 м³/га; II ярус редкий, представлен кленом остролистным, ильмом и липой; подлесок густой из клена полевого, бересклета европейского и бородавчатого, лещины.

Участок площадью 10 га был разделен на 20 пробных площадей размером по 0,5 га (50 × 100 м). На всех пробах, за исключением контрольной, вырублен подлесок, а на одной удален еще и II ярус. Из-за отсутствия подроста осенью неурожайного 1928 г. произведен посев дуба рядами через 3 м с размещением посевных мест в ряду через 30 см. Кроме того, в следующем году наблюдался обильный урожай желудей. Но, как известно, даже при этом площадь обсеменяется неравномерно, что определяет в последующем групповое размещение подроста. На 5 пробных площадях зимой по снегу проведены сплошные рубки с сохранением подроста дуба под материнским

пологом от 1 до 5 лет. На 7 пробных площадях выполнены выборочные равномерно-постепенные двухприемные рубки с сохранением подроста дуба от 1...4 лет (первый прием) до 3...9 лет (второй прием) и еще на 7 пробных площадях выборочные равномерно-постепенные трехприемные рубки, когда подрост сохранялся под пологом 1...4 года при первом, 3...6 лет при втором и 5...8 лет при третьем приеме рубки. После очередных приемов рубок на всех пробных площадях оказалось достаточное количество подроста и самосева, из которых в последующем сформировались дубовые насаждения различной продуктивности. После Г.Г. Юнаша наблюдения за формированием опытных насаждений продолжили сотрудники ВГЛТА [1, 2].

Результаты исследований за последние 30 лет, приведенные в таблице, показывают, что на местах сплошных и выборочных равномерно-постепенных рубок с помощью предварительных культур и благодаря обильному урожаю желудей образовались прекрасные дубово-ясеновые насаждения со вторым ярусом из сопутствующих пород. Однако в каждом варианте опыта они развивались по-разному, о чем свидетельствуют таксационные характеристики, полученные по данным обследований 1974, 1999 и 2007 гг.

Дубовые насаждения, сформировавшиеся после сплошной рубки, имели близкие к оптимальным таксационные показатели в 1999 г. на пробных площадях № 16 и 15, которые находились под пологом материнского древостоя не более 1...2 лет. Продуктивность насаждений проб № 14, 17 и 18 ниже в среднем на 13...15 %, что можно объяснить более длительным пребыванием подроста под пологом (3 года и более).

После выборочных равномерно-постепенных двухприемных рубок наилучшим по всем показателям оказался древостой на пробной площадке № 8, где в первый прием было вырублено 50 % материнского древостоя через 1 год после появления самосева, и остальные 50 % – во второй прием через 8 лет, после очередного обильного урожая желудей. Данное насаждение в 70 лет имело прекрасные, близкие к оптимальным показатели: состав – 8Д2Я.о, высота – 24,0 м, диаметр – 24,6 см, полнота – 0,85, запас – 345 м³/га (в том числе дуба – 275 м³/га). На второе место можно поставить пробную площадку № 11, где насаждение имело состав 8Д2Я.о, полноту – 0,78, запас – 289 м³/га (в том числе дуба – 237 м³/га). Однако оно имело излишнюю густоту, особенно ясеня, который в данных лесорастительных условиях составляет серьезную конкуренцию дубу и может значительно потеснить его в составе в ближайшие годы. Общий запас на пробе № 10 в 1999 г. (вариант рубки 1-3) больше, чем на пробе № 11 (299 м³/га), но состав древостоя уже неудовлетворителен (6Д4Я.о), густота дуба – 330 шт./га, запас – 193 м³/га.

Выборочные равномерно-постепенные трехприемные рубки материнского древостоя наилучшим образом сказались на всех показателях пробной площадки № 2 в 1999 г. (вариант рубки на 1-, 4- и 7-й годы после появления самосева): состав – 8Д2Я.о, полнота 0,87, запас – 349 м³/га (дуба – 283 м³/га). По продуктивности к нему приближается насаждение пробной площадки № 3, имеющее запас 326 м³/га, полноту – 0,84. Но здесь также велика доля ясеня – около 30 %, который уже теснит главную породу, уменьшая ее долю в составе.

Сопоставление таксационных характеристик насаждений пробных площадей в 1974 и 1999 гг. показывает, что в данных лесорастительных условиях, весьма благоприятных для дуба, идет интенсивный естественный процесс формирования смешанных по составу, сложных по строению насаждений. При этом дуб черешчатый испытывает очень острую конкуренцию, в первую очередь, со стороны ясеня обыкновенного, отличающегося большей скоростью роста в высоту. Без своевременных уходов ясень начинает вытеснять главную породу, существенно уменьшая ее долю в составе: на пробных площадях № 10 и 12 за сравниваемые годы она снизилась с 90 до 60, на пробных площадях № 16 и 20 с 90 до 70, на остальных на 10...15 %. Параллельно формируется второй ярус из клена остролистного, липы мелколистной и клена полевого с небольшой примесью ильма, лесных груши и яблони.

В целях апробации одного из видов рубок ухода в разрабатываемой системе ведения хозяйства в дубравах в изучаемых насаждениях в 2007 г. были проведены проходные рубки, направленные на максимальное снижение конкуренции со стороны ясеня обыкновенного путем практически полного удаления его из первого яруса и наиболее крупных экземпляров из второго. Интенсивность рубки определялась долей участия ясеня и составила от 10 до 40 % (проба № 3). Рубка проводилась даже при полноте 0,7, если существовала угроза заглущения дуба (пробы № 14, 17, 18, 10, 19, 12, 14 и 7). Полнота насаждений была снижена до 0,5...0,7, а в отдельных случаях и до 0,4 (пробы № 1 и 3). Было удалено также несколько сухостойных деревьев дуба, отставших в росте. Санитарное состояние насаждения до рубки оценивалось как хорошее. В результате проведения целевых опытных проходных рубок смешанного дубового древостоя естественного семенного происхождения, произрастающего в условиях Шипова леса, в дубняке снытьево-осоковом, ТЛУ – D₂, на богатых темно-серых лесных почвах на суглинках, были созданы существенные предпосылки для формирования сложного по строению насаждения с преобладанием дуба в I ярусе, подгоном для него в виде II яруса из ясеня, клена остролистного и полевого, липы мелколистной, ильма и подлеска из лещины, бересклета бородавчатого и европейского, рябины и других пород. Насаждение должно отличаться более высокой, характерной для естественных семенных древостоев устойчивостью и долговечностью. Это подтверждается высокой продуктивностью 180-летнего дубового насаждения на контрольной пробной площади № 13 (I ярус: запас 445 м³/га, состав 10Д, класс бонитета II), сложным строением (II ярус: запас 42 м³/га, состав 9Кл.о1Лп) и хорошим санитарным состоянием (всего 7 % деревьев относятся к 3-й категории санитарного состояния).

Обобщая изложенное, можно сделать следующие выводы.

1. 80-е наблюдения доказали возможность семенного восстановления и формирования устойчивых и продуктивных дубравных фитоценозов в типе леса дубняк снытьево-осоковый, ТЛУ – D₂.

2. Установлены оптимальные способы сплошных и выборочных рубок спелого леса, обеспечивающие семенное восстановление дубрав путем использования урожайных лет в сочетании с предварительными лесными

культурами. Сплошные узколесосечные рубки (ширина лесосеки 50 м) следует назначать не позднее 1...2 лет после урожайных на желуди лет или предварительно созданных лесных культур. Выборочные равномерно-постепенные двухприемные рубки проводятся интенсивностью 50 %, первый прием через 1 год после обильного урожая желудей, второй также через 1 год, но после очередного обильного урожая; трехприемные рубки – интенсивностью 33 %, первый прием через 1 год, второй через 4 года после обильного урожая желудей, третий после следующего обильного урожая.

3. Для равномерного размещения желудей (в последующем самосева) по площади рекомендуется в урожайный или следующий за ним год создавать предварительные культуры дуба с использованием средств малой механизации.

4. В 70–90-летних смешанных дубравах целесообразны проходные рубки с полным удалением из первого яруса наиболее крупных экземпляров, из второго – достигшего коммерческих размеров ясеня обыкновенного и части деревьев клена остролистного (липы мелколистной), способных оказать угнетающее воздействие на главную породу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сухов И.В., Мусиевский А.Л. Стационарные исследования опытных рубок в связи с возобновлением дуба в Шиповом лесу // Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы: материалы совещ. (Москва, 18-20 сент. 2001 г.). – Тула, 2001. – С. 450–452.

2. Сухов И.В., Мусиевский А.Л. Рост и формирование предварительных культур дуба при разных способах рубок в Воронежской области // Вестн. Центр.-Чернозем. отд-ния наук о лесе Акад. естеств. наук. – Воронеж: ВГЛТА, 2002. – С. 106–112.

3. Юнаш Г.Г. Возобновление дуба в Шиповом лесу // Лесн. хоз-во. – 1940. – № 10. – С. 15–16.

A.L. Musievsky

Main Results of 80-year Observations of Seed Oakeries Reforestation and Formation in Shipov Forest

The possibility of natural seed reforestation of oakeries is proved based on the long-term observations; the optimal felling methods of mature forest stands are determined; the recommendations on thinning are provided.

Keywords: Shipov forest, seed oakeries, experimental felling, natural reforestation.

Характеристика насаждений (числитель – I ярус, знаменатель – II ярус)

№ пробной площади	Год обследования	Состав	A, лет	Пребывание самосева под пологом, лет	H, м	D, см	N, шт./га	G, м ² /га	Полнота	M, м ³ /га	Класс бонитета
Сплошная рубка											
16	1974	<u>9Д1Я.о</u> 7Кл2Гр1Ил	45	1	<u>16,8</u> -	<u>14,7</u> -	<u>1060</u> 98	<u>20,36</u> -	<u>0,76</u> -	<u>154,0</u> 4,2	I
	1999	<u>7Д3Я.о</u> 8Кл1Ил1Лп	70	1	<u>24,8</u> 16,5	<u>24,2</u> 14,7	<u>660</u> 126	<u>30,46</u> 2,15	<u>0,85</u> 0,12	<u>337,0</u> 17,1	I
	2007	<u>7Д3Я.о</u> 8Кл1Ил1Гр	78	1	<u>25,6</u> 16,8	<u>25,3</u> 14,2	<u>524</u> 146	<u>26,37</u> 2,30	<u>0,86</u> 0,07	<u>310,0</u> 19,2	I
15	1974	<u>9Д1Я.о</u> 8Кл.о2Ил	45	2	<u>16,8</u> -	<u>14,2</u> -	<u>1200</u> 50	<u>19,01</u> -	<u>0,72</u> -	<u>163,0</u> 3,2	I
	1999	<u>8Д2Я.о</u> 9Кл1Ил	70	2	<u>23,8</u> 16,2	<u>21,9</u> 14,1	<u>684</u> 80	<u>25,75</u> 1,24	<u>0,76</u> 0,05	<u>308,0</u> 10,7	I
	2007	<u>8Д2Я.о+Кл.о+Ил</u> 9Кл1Ил	78	2	<u>24,6</u> 11,4	<u>25,0</u> 11,1	<u>528</u> 280	<u>25,98</u> 2,31	<u>0,81</u> 0,14	<u>303,0</u> 18,1	I
14	1974	<u>9Д1Я.о</u> 7Кл2Ил1Лп	45	3	<u>17,0</u> -	<u>13,4</u> -	<u>1290</u> 70	<u>18,19</u> -	<u>0,78</u> -	<u>157,0</u> 3,2	I
	1999	<u>8Д2Я.о</u> 8Кл1Ил1Лп	70	3	<u>23,2</u> 17,8	<u>23,2</u> 16,7	<u>540</u> 72	<u>22,92</u> 1,34	<u>0,72</u> 0,07	<u>258,0</u> 11,8	I
	2007	<u>9Д1Я.о</u> 8Кл1Ил1Лп	78	3	<u>24,4</u> 11,7	<u>25,6</u> 10,3	<u>386</u> 272	<u>19,90</u> 2,24	<u>0,58</u> 0,13	<u>220,0</u> 17,3	I
17	1974	<u>9Д1Я.о</u> 6Кл2Ил2Гр	45	4	<u>17,1</u> -	<u>13,6</u> -	<u>1340</u> 82	<u>19,47</u> -	<u>0,83</u> -	<u>171,0</u> 4,2	I
	1999	<u>8Д2Я.о</u> 8Кл2Ил	70	4	<u>23,8</u> 17,2	<u>22,1</u> 15,1	<u>636</u> 70	<u>23,31</u> 1,25	<u>0,74</u> 0,05	<u>273,0</u> 8,6	I
	2007	<u>9Д1Я.о+Кл.о</u> 8Кл1Ил1Гр	78	4	<u>24,5</u> 11,7	<u>26,9</u> 10,8	<u>292</u> 478	<u>19,12</u> 3,50	<u>0,65</u> 0,14	<u>208,0</u> 19,3	I

Продолжение таблицы

№ пробной площади	Год обследования	Состав	A, лет	Пребывание самосева под пологом, лет	H, м	D, см	N, шт./га	G, м ² /га	Полнота	M, м ³ /га	Класс бонитета
18	1974	<u>9Д1Я.о</u> 7Кл2Б1Ил	45	5	<u>16,9</u> -	<u>14,6</u> -	<u>1110</u> 90	<u>18,58</u> -	<u>0,69</u> -	<u>141,0</u> 3,8	I
	1999	<u>8Д2Я.о</u> 9Кл1Ил	70	5	<u>24,4</u> 17,9	<u>23,3</u> 16,6	<u>528</u> 66	<u>22,55</u> 1,43	<u>0,69</u> 0,02	<u>270,0</u> 13,2	I
	2007	<u>9Д1Я.о+Кл.о</u> 7Кл3Я.о	78	5	<u>25,0</u> 12,7	<u>24,4</u> 11,8	<u>422</u> 332	<u>19,67</u> 3,62	<u>0,65</u> 0,11	<u>206,0</u> 23,1	I
Постепенная двухприемная рубка											
10	1974	<u>9Д1Я.о</u> 5Кл2Лп2Гр1Яб	45	1-3	<u>17,8</u> -	<u>13,3</u> -	<u>1570</u> 82	<u>21,79</u> -	<u>0,93</u> -	<u>196,0</u> 2,0	I
	1999	<u>6Д4Я.о</u> 8Кл2Лп	70	1-3	<u>23,2</u> 18,5	<u>23,5</u> 16,6	<u>518</u> 40	<u>22,38</u> 0,87	<u>0,70</u> 0,03	<u>299,0</u> 7,8	I
	2007	<u>10Д</u> 6Я.о4Кл	78	1-3	<u>25,0</u> 17,1	<u>30,0</u> 14,9	<u>220</u> 164	<u>15,55</u> 2,87	<u>0,47</u> 0,13	<u>197,0</u> 25,0	I
11	1974	<u>9Д1Я.о</u> 7Кл2Лп1Ил	45	1-4	<u>17,3</u> -	<u>13,2</u> -	<u>1540</u> 138	<u>21,07</u> -	<u>0,88</u> -	<u>184,0</u> 4,6	I
	1999	<u>8Д2Я.о</u> 7Кл2Ил1Лп	70	1-4	<u>22,8</u> 19,6	<u>21,6</u> 17,8	<u>722</u> 130	<u>26,40</u> 2,24	<u>0,78</u> 0,10	<u>289,0</u> 22,8	I
	2007	<u>9Д1Я.о</u> 9Кл1Лп+Ил+Гр+Яб	78	1-4	<u>25,1</u> 15,8	<u>25,7</u> 13,6	<u>404</u> 242	<u>20,99</u> 3,51	<u>0,64</u> 0,16	<u>240,0</u> 26,1	I
9	1974	<u>9Д1Я.о</u> 6Кл2Лп1Ил1Гр	45	1-6	<u>16,8</u> -	<u>13,2</u> -	<u>1450</u> 146	<u>19,84</u> -	<u>0,85</u> -	<u>171,0</u> 8,0	I
	1999	<u>8Д2Я.о</u> 7Кл3Лп+Ил	70	1-6	<u>21,1</u> 19,4	<u>21,9</u> 17,5	<u>546</u> 104	<u>20,53</u> 2,51	<u>0,64</u> 0,10	<u>210,0</u> 22,7	I
	2007	<u>9Д1Кл.о+Я.о</u> 4Кл.о3Я.о3Кл.п	78	1-6	<u>24,8</u> 17,8	<u>29,0</u> 15,5	<u>330</u> 222	<u>21,75</u> 4,2	<u>0,68</u> 0,21	<u>303,0</u> 34,0	I

Продолжение таблицы

№ пробной площади	Год обследования	Состав	A, лет	Пребывание самосева под пологом, лет	H, м	D, см	N, шт./га	G, м ² /га	Полнота	M, м ³ /га	Класс бонитета
8	1974	<u>9Д1Я.о</u> 6Кл2Ил1Лп1Б	45	1-8	<u>16,5</u> -	<u>12,6</u> -	<u>1450</u> 230	<u>18,08</u> -	<u>0,78</u> -	<u>158,0</u> 8,4	I
	1999	<u>8Д2Я.о</u> 7Кл2Ил1Лп	70	1-8	<u>24,0</u> 18,7	<u>24,6</u> 16,8	<u>622</u> 196	<u>29,60</u> 4,34	<u>0,85</u> 0,15	<u>345,0</u> 41,0	I
		2007	<u>9Д1Я.о</u> 7Кл3Я.о	78	1-8	<u>24,9</u> 14,0	<u>27,2</u> 11,7	<u>416</u> 328	<u>24,20</u> 3,54	<u>0,76</u> 0,16	<u>271,0</u> 36,0
20	1974	<u>8Д2Я.о</u> 5Кл2Ил2Я61Лп	45	2-7	<u>16,6</u> -	<u>12,1</u> -	<u>1350</u> 90	<u>15,53</u> -	<u>0,67</u> -	<u>135,0</u> 3,4	I
	1999	<u>7Д3Я.о</u> 7Кл2Лп1Ил	70	2-7	<u>21,4</u> 18,6	<u>19,7</u> 16,7	<u>720</u> 60	<u>21,95</u> 1,32	<u>0,66</u> 0,05	<u>228,0</u> 11,6	I
		2007	<u>8Д2Я.о</u> 9Кл1Лп+Гр	78	2-7	<u>23,8</u> 13,7	<u>22,1</u> 11,9	<u>500</u> 268	<u>19,17</u> 2,95	<u>0,64</u> 0,13	<u>215,0</u> 22,1
19	1974	<u>9Д1Я.о</u> 5Кл2Ил2Б1Лп	45	3-8	<u>17,5</u> -	<u>13,6</u> -	<u>1260</u> 170	<u>18,31</u> -	<u>0,78</u> -	<u>163,0</u> 7,0	I
	1999	<u>8Д2Я.о</u> 7Кл2Лп1Ил	70	3-8	<u>22,0</u> 18,2	<u>22,6</u> 16,1	<u>594</u> 96	<u>23,75</u> 1,95	<u>0,72</u> 0,08	<u>249,0</u> 17,4	I
		2007	<u>10Д+Лп</u> 6Кл2Я.о1Гш1Ил	78	3-8	<u>25,3</u> 15,2	<u>26,8</u> 12,9	<u>288</u> 376	<u>16,28</u> 4,90	<u>0,48</u> 0,21	<u>195,0</u> 37,0
12	1974	<u>9Д1Я.о</u> 7Кл1Лп1Ил1Гр	45	4-9	<u>16,6</u> -	<u>12,8</u> -	<u>1210</u> 394	<u>15,57</u> -	<u>0,67</u> -	<u>133,0</u> 16,2	I
	1999	<u>6Д4Я.о</u> 7Кл2Лп1Ил	70	4-9	<u>22,6</u> 19,4	<u>24,8</u> 17,6	<u>520</u> 316	<u>25,06</u> 7,72	<u>0,76</u> 0,32	<u>242,0</u> 63,0	I
		2007	<u>8Д1Я.о1Кл.о</u> 7Кл2Я.о1Лп+Ил, Гш	78	4-9	<u>24,7</u> 16,4	<u>25,8</u> 14,2	<u>262</u> 364	<u>14,74</u> 5,76	<u>0,47</u> 0,22	<u>175,0</u> 33,0

Окончание таблицы

№ пробной площади	Год обследования	Состав	A, лет	Пребывание самосева под пологом, лет	H, м	D, см	N, шт./га	G, м ² /га	Полнота	M, м ³ /га	Класс бонитета
Постепенная трехприемная рубка											
1	1999	<u>8Д2Я.о+Кл.о</u> 8Я.о2Кл+Лп	70	1-3-5	<u>23.6</u> 15,1	<u>24.2</u> 12,8	<u>464</u> 218	<u>21,36</u> 2,78	<u>0.67</u> 0,09	<u>245.0</u> 26,1	I
	2007	<u>10Д</u> 5Кл4Я.о1Лп	78	1-3-5	<u>26.9</u> 13,9	<u>29.7</u> 16,2	<u>202</u> 206	<u>13,32</u> 4,27	<u>0.38</u> 0,20	<u>163.0</u> 32,0	I
2	1999	<u>8Д2Я.о</u> 5Кл4Я.о1Лп	70	1-4-7	<u>24.0</u> 15,9	<u>24.2</u> 13,7	<u>638</u> 246	<u>29,25</u> 3,65	<u>0.87</u> 0,13	<u>349.0</u> 23,7	I
	2007	<u>10Д+Я.о,Лп</u> 5Я.о4Кл1Лп	78	1-4-7	<u>26.5</u> 16,8	<u>29.9</u> 14,5	<u>266</u> 364	<u>18,62</u> 5,97	<u>0.54</u> 0,25	<u>234.0</u> 53,0	I
3	1999	<u>7Д3Я.о+Кл.о</u> 7Я.о3Кл+Ил	70	1-6-11	<u>24.1</u> 15,8	<u>25.0</u> 13,6	<u>576</u> 156	<u>28,25</u> 2,28	<u>0.84</u> 0,08	<u>326.0</u> 19,2	I
	2007	<u>10Д</u> 5Я.о5Кл+Ил	78	1-6-11	<u>27.5</u> 16,3	<u>28.0</u> 13,9	<u>230</u> 398	<u>14,19</u> 6,02	<u>0.40</u> 0,23	<u>223.0</u> 49,0	I
4	1999	<u>9Д1Я.о</u> 5Я.о5Кл	70	1-8-16	<u>23.1</u> 15,3	<u>24.5</u> 13,1	<u>490</u> 124	<u>22,98</u> 1,68	<u>0.70</u> 0,05	<u>246.0</u> 10,2	I
	2007	<u>10Д+Я.о</u> 7Кл3Я.о	78	1-8-16	<u>24.8</u> 13,9	<u>26.8</u> 11,6	<u>342</u> 364	<u>19,31</u> 3,86	<u>0.58</u> 0,14	<u>226.0</u> 32,0	I
5	1999	<u>9Д1Я.о</u> 6Я.о4Кл+Ил	70	2-4-6	<u>24.1</u> 16,2	<u>24.6</u> 14,1	<u>501</u> 245	<u>23,78</u> 3,91	<u>0.73</u> 0,16	<u>269.0</u> 34,0	I
	2007	<u>9Д1Я.о</u> 5Я.о5Кл+Ил	78	2-4-6	<u>26.1</u> 14,7	<u>27.0</u> 12,4	<u>426</u> 334	<u>24,41</u> 4,05	<u>0.78</u> 0,18	<u>296.0</u> 33,0	I
6	1999	<u>9Д1Я.о</u> 7Я.о3Кл+Ил,Лп	70	3-5-7	<u>23.8</u> 16,5	<u>24.2</u> 14,3	<u>510</u> 330	<u>23,42</u> 5,31	<u>0.72</u> 0,21	<u>272.0</u> 39,0	I
	2007	<u>9Д1Я.о</u> 5Я.о5Кл+Лп,Ил	78	3-5-7	<u>25.9</u> 15,5	<u>26.6</u> 13,2	<u>401</u> 363	<u>22,23</u> 4,96	<u>0.69</u> 0,23	<u>261.0</u> 49,0	I
7	1999	<u>8Д2Я.о</u> 5Кл4Я.о1Лп	70	4-6-8	<u>23.6</u> 16,3	<u>23.8</u> 14,1	<u>440</u> 292	<u>19,61</u> 4,58	<u>0.64</u> 0,19	<u>221.0</u> 37,0	I
	2007	<u>10Д</u> 7Кл2Я.о1Лп	78	4-6-8	<u>25.0</u> 16,2	<u>28.0</u> 13,9	<u>280</u> 518	<u>17,22</u> 7,84	<u>0.52</u> 0,34	<u>198.0</u> 62,0	I

УДК 630*181.21+630*176.322.6

О.М. Корчагин, В.Ю. Заплетин

Корчагин Олег Михайлович родился в 1964 г., окончил в 1986 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 50 научных работ в области экологической физиологии, анатомии и морфологии древесных растений.
E-mail: omkorchagin@mail.ru



Заплетин Владимир Юрьевич родился в 1982 г., окончил в 2005 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию. Имеет 15 печатных работ в области экологии древесных растений.
E-mail: vlad_dimir@nextmail.ru



ВСХОЖЕСТЬ ЖЕЛУДЕЙ, АБСОЛЮТНАЯ СОХРАННОСТЬ СЕЯНЦЕВ И ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРЕГЕНЕРАТИВНЫХ ОСОБЕЙ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СВЕТОВОГО РЕЖИМА

Представлены результаты шестилетнего изучения всхожести желудей и состояния сеянцев дуба черешчатого в условиях различного затенения посевов в лесном питомнике.

Ключевые слова: дуб черешчатый, сеянцы, свет, всхожесть, сохранность сеянцев, шкала жизненного состояния.

В лесокультурной практике при выращивании посадочного материала ключевыми характеристиками посевов являются всхожесть семян, сохранность и жизненное состояние сеянцев в первые годы жизни [4].

На прегенеративном этапе роста дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) всходы (*p*), ювенильные (*j*) и имматурные (*im*₁, *im*₂) особи занимают низшее, подчиненное положение в лесных экосистемах, поэтому главным фактором в их выживании под пологом леса является дефицит фотосинтетически активной радиации [2, 6, 8, 9, 12, 16, 19, 21, 22, 24].

В общей проблематике возобновления порослевых дубрав Центральной лесостепи ключевой вопрос – естественное возобновление дуба черешчатого под материнским пологом – остается на сегодняшний день спорным [1, 3, 5, 7, 10, 11, 14, 17, 18, 20, 23]. Цель нашей работы – изучить экологию роста и развития дубков в зависимости от светового режима.

В качестве объектов исследования использовали желуды, а также *p*-, *j*- и *im*-особи дуба черешчатого. Опыты закладывали в 2002 и 2006 гг. в лесном питомнике Правобережного лесничества учебно-опытного лесхоза ВГЛТА. Схемы посевов желудей, варианты затенения (25, 50, 75, 88 и 95 % от полного солнечного освещения), взятие образцов на анализ описаны ранее [18].

Полевая всхожесть желудей. Из общего количества желудей,

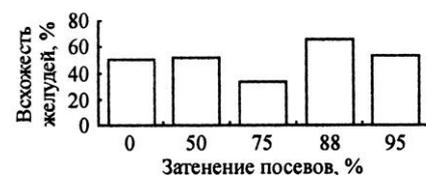


Рис. 1. Всхожесть желудей дуба черешчатого в различных условиях затенения посевов (2002 г.)

высеянных на 1 м посевной ленты (во избежание краевого эффекта учитывали только три внутренние строки пятистрочной ленты), в целом по опыту 2002 г. дали всходы около 60 % желудей. Какая-либо корреляционная связь между всхожестью желудей и уровнем затенения посевов не установлена ($r = 0,14 \pm 0,30$). И при самом сильном затенении (95 %), и в контроле (полностью открытых делянках) всхожесть желудей была практически одинаковой. В некоторых вариантах опыта отмечены примерно равные и существенные отклонения всхожести в меньшую (37,9 %) или большую (74,4 %) стороны (рис. 1).

По результатам опыта 2006 г. связь полевой всхожести желудей с уровнем затенения посевов также не установлена ($r = 0,01 \pm 0,37$), хотя в целом всхожесть оказалась существенно ниже, чем в опыте 2002 г., и составила в среднем 45,7 % с максимальным разбросом от 32 % (затенение 25 %) до 55 % в контрольных делянках (табл. 1).

Таким образом, для средней полевой всхожести желудей дуба черешчатого, которая варьирует в разные годы, не обнаружена какая-либо зависимость от уровня затенения посевов.

Вероятно, определяющими при переходе проростков дуба черешчатого к автотрофному питанию являются внутренние факторы, такие как генетическая разнокачественность желудей, запас питательных веществ в семядолях, жизненное состояние желудей в целом. Ибо даже такой фактор внешней среды, как свет, лимитирующий выживание самосева дуба под материнским пологом, при столь большом различии в затенении посевов не оказал существенного влияния на полевую всхожесть желудей дуба черешчатого.

Абсолютная сохранность семян. Учитывая, что, с одной стороны, между всхожестью желудей и уровнем затенения не установлено никакой связи, а с другой – отмечена довольно пестрая картина сохранности семян с годами по вариантам опыта, нами сделан анализ сохранности особей дуба черешчатого относительно количества высеянных желудей на посевной ленте. В этом случае наблюдается довольно изящная картина прямой зависимости (рис. 2). Такой показатель можно назвать абсолютной сохранностью, характеризующей количество особей какого-либо вида и года относительно высеянных семян или плодов. В нашем случае к концу третьего вегетационного периода

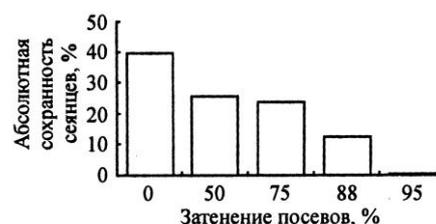


Рис. 2. Абсолютная сохранность семян дуба черешчатого к третьему вегетационному периоду в различных условиях затенения посевов (2004 г.)

Таблица 1

**Распределение всходов дуба по их жизненному состоянию, полевой всхожести желудей
и вариантам затенения (июль 2006 г.), %**

Вариант опыта	Затенение, %	Жизненное состояние							Средне-взвешенное жизненное состояние, отн. ед	Полевая всхожесть, % от высеванных желудей
		1	2	3	4	5	6	1-6		
Контроль	0	45,5±1,88	43,2±2,41	9,1±0,54	2,3±0,14	0	0	100,0	1,7 ± 0,11	55,0±2,74
1	25	38,5±2,07	46,2±2,98	11,5±0,49	3,8±0,22	0	0	100,0	1,8 ± 0,16	32,5±2,28
2	50	37,0±2,02	18,5±0,78	25,9±1,51	18,5±0,79	0	0	100,0	2,3 ± 0,22	45,0±2,29
3	75	31,6±1,47	21,1±1,36	18,4±0,78	21,1±1,29	5,3±0,29	2,6±0,17	100,0	2,6 ± 0,23	47,5±3,26
4	88	28,6±1,81	26,2±1,28	2,4±0,10	14,3±0,86	21,4±0,87	7,1±0,35	100,0	3,0 ± 0,27	52,5±2,68
5	95	4,0±0,21	12,0±0,69	40,0±2,45	4,0±0,22	20,0±1,15	20,0±0,88	100,0	3,8 ± 0,30	41,7±2,92

в контроле, вариантах затенения 50, 75, 88 и 95 % абсолютная сохранность сеянцев составила 42, 29, 27, 14 и 0 % соответственно (рис. 2). Этот показатель можно использовать, с одной стороны, в общей биологической характеристике какого-либо вида, с другой – в лесокультурной практике для расчетов экономической эффективности затрат на выращивание посадочного материала в лесных питомниках и теплицах.

Жизненное состояние сеянцев. Любой анализ роста древесных растений на прегенеративном этапе развития, будь то полевые наблюдения или лабораторные опыты, невозможен без первичной оценки их жизненного состояния. Нами предлагается шкала жизненных состояний прегенеративных, преимущественно *p*-, *j*- и *im*-особей, составленная по аналогии с тщательно разработанными и удобными в использовании шкалами для генеративных особей [12, 13, 15], что делает ее универсальной, особенно при массовых полевых наблюдениях за всеми фазами развития древесных растений (табл. 2). Предлагаемая шкала использовалась нами с 1995 г. и зарекомендовала себя как наиболее информативная и удобная в работе. Во всех случаях при оценке кода жизненного состояния следует принимать во внимание облиственность особей, цвет листьев с учетом возраста растений, порядка ветвления, особенности строения корневой системы.

Таблица 2

Шкала жизненного состояния прегенеративных особей дуба черешчатого

Код жизненного состояния	Название кода особей	Процент повреждения	Характеристика видимых повреждений
1	Полностью здоровые	0	Без признаков каких-либо повреждений
2	Здоровые	0...10	Повреждение не более 10 %. Чаще всего поражение ассимилирующего аппарата растений. Повреждение верхушечной или венечных почек
3	С признаками ослабления	10...25	Отмирание или повреждение до четверти всех листьев (побегов)
4	Ослабленные	25...50	Отмирание или повреждение до половины всех листьев и части стебля. Частичное отмирание стволика
5	Сильно ослабленные	50...75	Поражение более половины побегов энтомо- и (или) фитовредителями или обширные механические повреждения. Частичное отмирание стволика
6	Максимально ослабленные	75...100	Почти полное или полное поражение ассимилирующего аппарата. Частичное или полное отмирание стволика. Живые особи, способные к полному восстановлению
7a	Мертвые	100	Особи, погибшие в текущем или прошлом году; еще гибкий стебель и ветви, не сгнившая корневая система
7б	«	100	Особи, погибшие два и более лет тому назад. Сухие, часто надломленные стебель и ветви. Корневая система укорочена за счет отмирания стержневого и боковых корней

Жизненное состояние особей дуба черешчатого по мере затенения посевов



ухудшалось и код смещался с 1-2 в контроле и 1-м варианте опыта до 5-6 в наиболее затененных вариантах опыта (в табл. 1 выделено темным фоном).

Результаты повторной оценки в опыте 2006 г. согласуются с ранее опубликованными материалами 2002–2004 гг. [18]. Средневзвешенное жизненное состояние в контроле и 1-м варианте существенно не менялось и составило соответственно 1,7 и 1,8 отн. ед. При затенении до 50, 75 и 88 % оно последовательно увеличилось на 0,3...0,5 отн. ед., при 95 %-м затенении возросло еще на 0,8 отн. ед. и составило 3,8 отн. ед.

Рис. 3. Средневзвешенное жизненное состояние сеянцев дуба черешчатого к третьему вегетационному периоду (2004 г.)

Хотя в первом опыте (2002–2004 гг.) средневзвешенное жизненное состояние сеянцев дуба черешчатого изменялось с 2,7 до 4,9 отн. ед. (рис. 3), а в повторном (2006–2007 гг.) с 1,7 до 3,8 отн. ед. (см. табл. 1), диапазон варьирования (2,2 в 2002 г. и 2,1 в 2006 г.) и последовательность изменений по вариантам затенения посевов были весьма близки.

Основным типом повреждения посевов, как и в первом опыте 2002 г., было поражение дубков мучнистой росой (*Microsphaera alphitoides* Griff. et Maubl.). В опубликованных ранее материалах полевых опытов 2002–2004 гг. было высказано предположение об усилении поражаемости сеянцев дуба мучнистой росой с увеличением затенения посевов. Материалы повторного опыта 2006–2007 гг. подтвердили эту зависимость.

По мере снижения светового довольствия дубков меньшее усиление затенения посевов вело к большему поражению их мучнистой росой. Так, 2- и 1,5-кратное увеличение затенения в вариантах 2 и 3 вызывало соответственно 2- и 1,5-кратный рост поражаемости растений. В то же время усиление затенения в варианте 5 всего на 8 % по сравнению с предыдущим привело к возрастанию поражаемости более чем на 40 % (табл. 3). Анализ степени поражения отдельной особи показал, что в контроле и при 25 %-м затенении мучнистая роса была представлена локальными очагами в виде белых пятен, покрывающих около 10 % поверхности листьев. При 50–75 %-м затенении гриб развивался на 20...30 % общей поверхности листьев, причем при 75 %-м затенении преобладал белый налет по жилкам листа. При 88–95 %-м затенении листья были сплошь белыми.

Повреждаемость молодых дубков листогрызущими фитофагами во всех вариантах опыта составила около 10...20 %. Для наиболее затененных сеянцев были характерны усыхание и преждевременный опад листьев: 14 и 44 % соответственно для вариантов затенения 88 и 95%. Для других вариантов данное явление отмечено менее чем у 5 % особей.

Таблица 3

Распределение всходов дуба по типам повреждений и вариантам затенения (июль 2006 г.), %

Вариант опыта	Затенение, %	Тип повреждений					
		Мучнистая роса	Листогрызущие	Краевой за- пал листьев	Скручивание листь- ев	Некроз ли- стьев	Усыхание ли- стьев
Контроль	0	13,6±0,88	18,2±0,76	0	4,5±0,26	31,8±1,42	2,3±0,14
1	25	19,2±0,81	11,5±0,64	0	3,8±0,18	65,4±3,97	0
2	50	44,4±1,82	22,2±0,95	0	7,4±0,48	66,7±3,97	3,7±0,17
3	75	60,5±3,92	21,1±1,27	2,6±0,12	23,7±1,40	18,4±0,89	5,3±0,27
4	88	61,9±3,37	23,8±1,30	4,8±0,25	4,8±0,28	21,4±0,96	14,3±0,70
5	95	88,0±3,66	12,0±0,64	12,0±0,64	24,0±0,97	20,0±1,08	44,0±2,57

Выводы

1. Полевая всхожесть желудей дуба черешчатого в разные годы наблюдений не зависела от степени затенения посевов в лесном питомнике.

2. В лесокультурной практике и при проведении научных исследований целесообразно использовать показатель абсолютной сохранности особей, который показывает отношение количества жизнеспособных особей каких-либо вида и возраста к количеству изначально высеванных семян или плодов.

3. Для прегенеративных особей древесных растений предложена шкала жизненного состояния, совместимая со шкалами, разработанными ранее для генеративных особей.

4. Поражаемость сеянцев дуба черешчатого мучнистой росой возрастает по мере затенения посевов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко В.Д. О естественном возобновлении дуба // Лесн. хоз-во. – 1987. – № 5. – С. 71–73.
2. Веретенников А.В., Корчагин О.М. Фотосинтез всходов древесных растений при различном режиме освещения // Лесн. журн. – 1994. – № 4. – С. 45–47. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Вяль Ю.А., Дюкова Г.Р., Леонова Н.А. Адаптация фотосинтетического аппарата подроста широколиственных деревьев к условиям поймы // Физиология растений. – 2007. – Т. 54, № 1. – С. 68–72.
4. ГОСТ 12038–84. Семена культур. Методы определения всхожести. – Взамен ГОСТ 12038–66; введ. 1986–07–01. – 25 с.
5. Евстигнеев О.И. Особенности развития широколиственных деревьев под пологом леса при различной освещенности // Ботан. журн. – 1988. – № 12. – С. 1730–1736.
6. Калинин Н.П. Дубравы России: моногр. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 536 с.
7. Каразия С. К вопросу естественного возобновления дуба // Дуб – порода третьего тысячелетия: сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – Гомель, 1998. – Вып. 48. – С. 145–150.
8. Касимов Д.В. Особенности подпологовых культур дуба // Лесн. хоз-во. – 2000. – № 5. – С. 18–20.
9. Князева И.Ф. Влияние переменного освещения на фотосинтез и рост сеянцев древесных пород // Лесоведение. – 1970. – № 5. – С. 65–69.
10. Лавров П.Б., Шкаринов С.Л. Особенности естественного возобновления дуба черешчатого под пологом широколиственных формаций лесной зоны // Науч. тр. / Моск. гос. ун-т леса. – 1998. – № 297. – С. 85–90.
11. Лохматов Н.А. О естественном возобновлении дубрав и его использовании // Лесоводство и агролесомелиорация. – 1988. – № 76. – С. 16–21.
12. Малкина И.С., Ковалев А.Г. Анатомическое строение листьев подростка в связи со световыми условиями произрастания // Лесоведение. – 1973. – № 1. – С. 56–62.
13. Мозолевская Е.Г. Организация лесопатологического мониторинга в заповедниках. – Пушино: Науч. центр биол. иссл. АН СССР, 1990. – 28 с.

14. Петров В.А. Естественное возобновление дуба в биогруппах в свежих кленово-липово-снытьевых дубравах // Экология и леса Поволжья. – 2002. – № 2. – С. 230–236.

15. Рыжков О.В. Стационарные исследования древесной растительности в заповедниках // Почвенный и биотический мониторинг заповедных экосистем. – М., 1996. – С. 63–66.

16. Рыжков О.В. Экологические факторы, ограничивающие естественное возобновление дуба в Центрально-Черноземном заповеднике // Экология. – 1994. – № 5. – С. 22–27.

17. Турчин Т.Я. Восстановление пойменных дубрав Дона: [моногр.]. – Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2003. – 176 с.

18. Харченко Н.А., Корчагин О.М., Заплетин В.Ю. Характеристика устьичного аппарата листьев сеянцев *Quercus robur* L. в связи с различными условиями затенения // Лесн. журн. – 2008. – № 6. – С. 85–90. – (Изв. высш. учеб. заведений).

19. Цельникер Ю.Л., Малкина И.С. Влияние интенсивности света на развитие ассимиляционной поверхности листа у саженцев древесных пород // Лесоведение. – 1976. – № 3. – С. 65–69.

20. Шяхметов И.Ф. Особенности естественного возобновления и индивидуального развития широколиственных пород в водоохранно-защитных лесах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Тольятти, 2003. – 19 с.

21. Antonelli F., Bussotti F., Grifoni D. Oak (*Quercus robur* L.) seedlings responses to a realistic increase in UV-B radiation under open space conditions // Chemosphere. – 1998. – N 36. – P. 841–845.

22. Baliuckas V., Lagerstrom T., Eriksson G. Withinpopulation variation in juvenile growth rhythm and growth in *Quercus robur* L. and *Fagus sylvatica* L. // Forest Genet. – 2001. – 8, N 4. – P. 259–269.

23. Collet C., Frochot K., Ningre F. Développement de jeunes Chênes soumis à une compétition souterraine : Rapp. Journées sci. et techn. «Fonctionnement arbres et écosyst. forest.». Nancy, 18–19 juin. 1997 // Rev. forest, fr. – 1999. – N 2. – P. 298–308.

24. Veselý L. Vplyv miery (intenzity) a doby clonenia na preživanie a odrastanie duboveho podrastu // Acta fac. forest. – Zvolen, 1997. – S. 119–129.

O.M. Korchagin, V.Yu. Zapletin

Germination of Acorns, Absolute Preservation of Seedlings and Viable State of Pregenerative Species of English Oak Depending on Light Conditions

The results of a six-year study of acorns germination ability and seedlings state of English oak in the different shading conditions of crops in forest nursery are provided.

Keywords: English oak, seedlings, light, germination, seedlings preservation, viable state scale.

УДК 630*224

М.А. Тувышкина, М.П. Чернышов

Тувышкина Маргарита Александровна родилась в 1980 г., окончила в 2003 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, ассистент кафедры лесной таксации и лесоустройства ВГЛТА. Имеет около 25 печатных работ в области исследования современного состояния и динамики малоценных насаждений Воронежской области.

E-mail: lestaks53@mail.ru



Чернышов Михаил Павлович родился в 1950 г., окончил в 1972 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 160 печатных работ в области лесопользования, многоцелевого использования и воспроизводства лесов Центрального и Южного федеральных округов России.

E-mail: lestaks53@mail.ru



ЛЕСОВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МАЛОЦЕННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Разработана лесоводственно-хозяйственная классификация малоценных насаждений, позволяющая наиболее полно оценить их многообразие и выбрать эффективные способы реконструктивных работ.

Ключевые слова: малоценные насаждения, лесоводственно-хозяйственная классификация, продуктивность, биоразнообразие, экологические функции.

В настоящее время проблему повышения продуктивности лесов лесоводы связывают с необходимостью оптимизации их породного и качественного состава, в том числе за счет снижения доли малоценных насаждений. Наличие в лесном фонде даже незначительной их площади убыточно для регионов, лесной отрасли и экономики страны в целом.

Учет малоценных насаждений как специфической категории покрытых лесной растительностью земель не ведется, поэтому доподлинно неизвестна их площадь в лесном фонде Российской Федерации, равно как и в Воронежской области. Из-за отсутствия четких критериев и нормативов выделения разных категорий малоценных насаждений не изучена их динамика, возрастная и формационная структура, не установлены ранги, не выявлены тенденции и антропогенные сукцессии. Отмеченная неопределенность усложняет планирование и организацию работ по их реконструкции.

Особенно актуальна эта проблема для защитных лесов, выполняющих экологические и социальные функции, а также для малолесных районов лесостепной и степной зон.

Полностью предотвратить накопление малоценных насаждений в лесном фонде невозможно. Но с помощью системы мероприятий по повышению продуктивности и устойчивости леса можно значительно снизить их долю.

Объективный выбор указанных мероприятий связан с необходимостью классификации малоценных насаждений. Приводим последовательность построения классификации:

определяется имеющееся в природе множество объектов, которое необходимо классифицировать на группы для решения конкретных задач;

выделяются основные классификационные признаки (свойства, характеристики, показатели, параметры и др.), по которым множество будет разделяться на категории, классы, подклассы и группы;

выбирается иерархический порядок признаков – уровень деления;

определяется число уровней, оптимальное с точки зрения удобства построения классификации и ее дальнейшего практического применения.

Наиболее важными принципами при построении классификации малоценных насаждений являются:

разделение множества на подмножества на каждом иерархическом уровне только по одному признаку деления;

отнесение получаемых в результате деления группировок (категории, классы, подклассы и группы) на каждом уровне только к одному вышестоящему таксону без пересечения и повторов;

разделение множества без пропусков очередного или добавления промежуточного уровня деления;

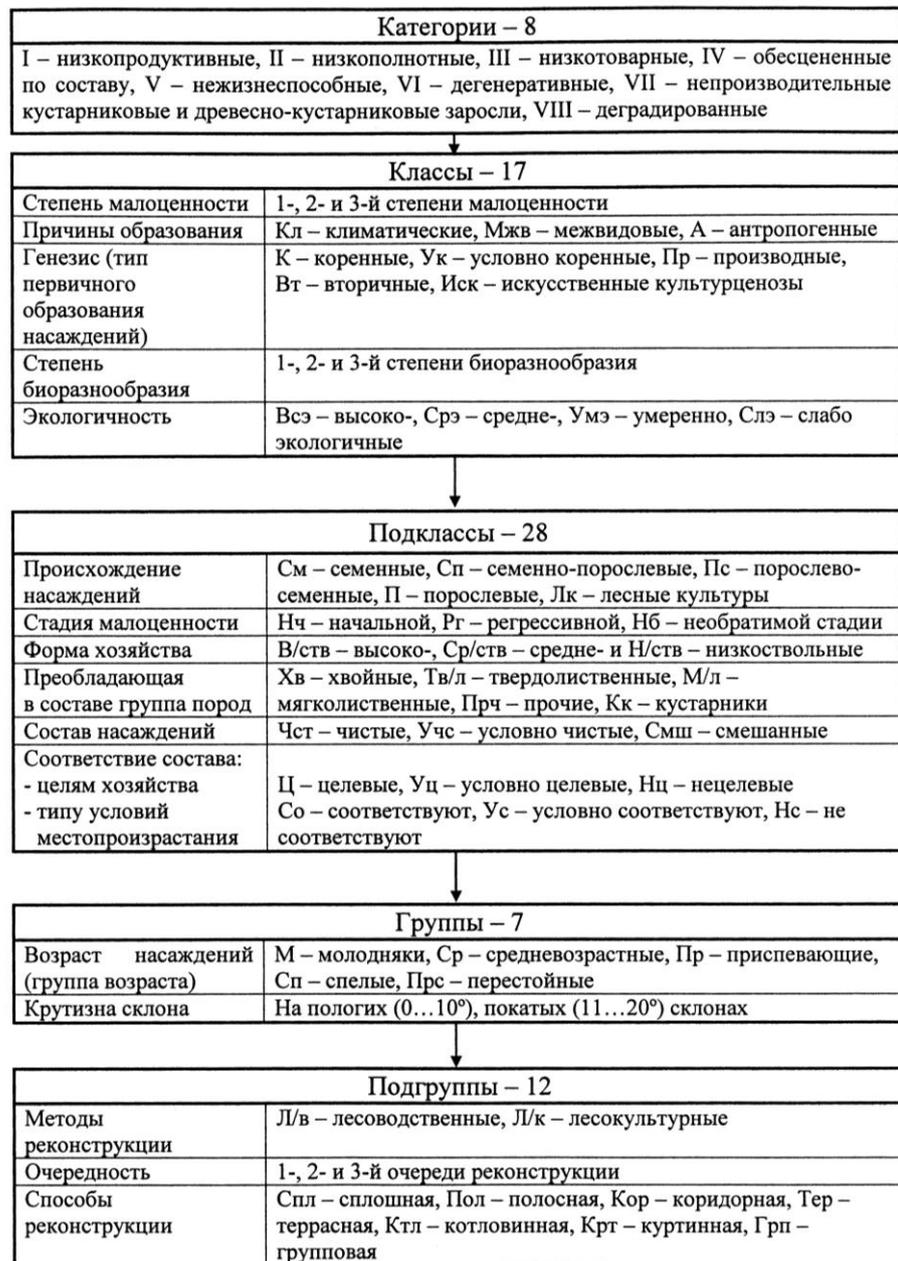
соответствие суммы образованных подмножеств делимому множеству.

В качестве аналога классификации малоценных насаждений Воронежской области была использована лесоводственно-хозяйственная классификация М.П. Чернышова [5], разработанная для лесов Северного Кавказа. Согласно ей малоценное насаждение определяется как «лесное насаждение, древостой которого имеет низкие потребительские свойства и параметры критериев лесоводственно-хозяйственной ценности, не соответствующие лесорастительным условиям и/или целям хозяйства (целевым функциям)». Отсюда понятно, что главным признаком малоценности насаждений являются параметры критериев их лесоводственно-хозяйственной ценности.

Лесоводственно-хозяйственная классификация малоценных насаждений Воронежской области показана на рисунке. Она основана на различиях восьми критериев ценности: продуктивности, полноты, товарности и состава, происхождения, состояния, формы и степени деградации. Всего выделено восемь категорий малоценных насаждений: низкопродуктивные, низкополнотные, низкотоварные, обесцененные по составу, нежизнеспособные, дегенеративные, непроизводительные кустарниковые и древесно-кустарниковые заросли, деградированные. Вместе они образуют фонд малоценных насаждений.

Все леса Воронежской области, в том числе малоценные, относятся к защитным, выполняющим преимущественно водоохранные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и другие полезные функции, поэтому разрабатываемая классификация малоценных насаждений должна учитывать их экологический потенциал. В связи с этим применительно к малоценным насаждениям нами введено новое понятие «экологичность» – степень вы-

полнения лесным насаждением характерных для него экологических



функционально-хозяйственная классификация малоценных насаждений
Воронежской области

Для оценки по данному параметру малоценные насаждения можно разделить на четыре вида по проценту выполнения экологических функций от макси-

мально возможных показателей, характерных для эталонного (нормального) насаждения: высокоэкологичные (более 50 %); среднеэкологичные (30...50 %); умеренно экологичные (15...29 %); слабоэкологичные (менее 15 %).

Резкое увеличение антропогенного воздействия на естественные леса во второй половине XX в. и рост доли монокультур привели к снижению уровня биологического разнообразия и устойчивости лесных ценозов [2]. В последние годы термин «биоразнообразии» прочно вошел в научный обиход, однако его толкование разными авторами неоднозначно.

Биологическое разнообразие – фундаментальное свойство живой природы, отражающее множество реализованных в процессе эволюции структурно-функциональных свойств ее организации и обеспечивающее устойчивое развитие экосистем [3].

В целом выделяются три основных уровня разнообразия: генетическое, видовое, экосистемное (разнообразие экосистем). Нами было изучено видовое разнообразие древесно-кустарниковой растительности в составе малоценных дубовых насаждений Воронежской области. Установлено, что число видов древесных пород на пробных площадях, заложенных в условиях сухой осоковой судубравы и сосняке разнотравном, колеблется от 1 до 4, кустарников – до 4.

По результатам исследований Н.В. Караванской [1] в осоко-сньтевовой дубраве Воронежской области было обнаружено 17 видов древесно-кустарниковой растительности, сньтево-осоковой – 12, субори травяной – 15. Наименьшее число видов – 3.

В связи с изложенным лесоводственно-хозяйственная классификация малоценных насаждений должна учитывать видовое разнообразие растительности. Нами выделены три степени биоразнообразия по числу видов древесно-кустарниковой растительности: первая – более 15; вторая – 5...15; третья – менее 5.

Классификация по степени биоразнообразия позволит более полно оценить насаждение, определить очередность и технологию реконструктивных работ.

Наряду с общим перечнем признаков лесоводственно-хозяйственной классификации, необходимо для каждого из них разработать и обосновать показатели и их критические значения, по которым насаждение можно однозначно отнести к той или иной категории малоценных. Несомненно, что они будут неодинаковыми для насаждений отдельных древесных пород и различных регионов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Караванская Н.В. Биоразнообразие и потоки углерода в дубравах Центральной лесостепи: автореф. ... канд. с.-х. наук : 03.00.16. – Воронеж, 2005. – 20 с.
2. Лямцев Н.И. Биоразнообразие и интегрированная защита леса от вредных насекомых // Устойчивое управление лесами и сохранение биологического разнообразия

разия в лесном фонде Российской Федерации: тез. докл. Всерос. науч.-практ. совещания работников лесн. хоз-ва (19–21 ноября 1997 г.). – Пушкино, 1997. – С. 97–100.

3. *Таранков В.И.* Мониторинг лесных экосистем: учеб. пособие. – Воронеж, 2006. – 300 с.

4. *Чернышов М.П.* Малоценные лесные насаждения Северного Кавказа и научные основы их реконструкции: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Воронеж, 2006. – 43 с.

5. *Чернышов М.П., Кумакова М.А.* Классификация, формационная структура и ресурсно-экологический потенциал малоценных насаждений Воронежской области // *Фундаментальная наука региону: сб. науч. работ по итогам выполнения проектов региональных конкурсов РФФИ 2003 и 2005 гг. по Воронежской области.* – Воронеж : ВГУ, 2006. – С. 82–93.

М.А. Tuvyshkina, М.Р. Chernyshov

Silvicultural-economical Classification of Low-value Forest Stands in the Voronezh Region

The silvicultural-economical classification of low-value stands is developed allowing to assess their diversity more complete and choose the efficient methods of restorative operations.

Keywords: low-value stands, silvicultural-economical classification, forest productivity, biodiversity, ecological functions.

УДК 630*272

В.В. Кругляк

Кругляк Владимир Викторович родился в 1959 г., окончил в 1986 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет около 260 печатных работ в области агролесомелиорации, ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства.
E-mail: kruglyak_vl@mail.ru



ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ОЗЕЛЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ г. ВОРОНЕЖА

Рассмотрены система озеленения и территориальный парковый комплекс г. Воронежа. Изучен химический состав, физиологические компоненты листьев древесных пород и кустарников в садово-парковых и защитных насаждениях. Охарактеризован образовательный научный центр и инвестиционные проекты в области ландшафтной архитектуры.

Ключевые слова: система озеленения, территориальный парковый комплекс, инвестиционные проекты, ландшафтная архитектура.

Воронеж, расположенный на границе Среднерусской возвышенности и Окско-Донской равнины, по берегам р. Воронеж, имеет официальный статус исторического города Российской Федерации и относится к объектам градостроительной деятельности особого регулирования [7].

Таблица 1

Категория насаждений	Обеспеченность озелененными объектами, га, районов города						
	Центральный	Ком-минтерновский	Ленинский	Советский	Железнодорожный	Левобережный	Итого
Парки, сады	138,6	2,9	6,0	37,8	3,5	53,0	241,8
Скверы	32,8	17,5	11,4	14,2	14,5	14,9	105,3
Бульвары	15,3	24,6	16,2	19,2	19,2	20,9	115,4
Итого	186,7	45,0	33,6	71,2	37,2	88,8	462,5

Территория Воронежа в пределах городской черты составляет 51 230 га, акватория Воронежского водохранилища 6052 га. По данным АООТ ВПИ «Воронежпроект» [9], площадь озелененных территорий общего пользования равна 462,5 га (табл. 1).

Территориальный парковый комплекс г. Воронежа создается на базе парка культуры, дендрария НИИЛГиС, Ботанического сада ВГУ, землях лесопитомника «Новый» и прилегающих территориях.

Застройка города осуществлялась без учета городского парка, в результате транспортная связь между ними значительно ухудшилась [1].

Парковый комплекс разрабатывался в соответствии с современными градостроительными принципами создания благоустроенной городской среды. Предполагалось формирование на территории города и его зеленого пояса единой системы озеленения, способствующей улучшению их функционально-планировочных, санитарно-гигиенических, рекреационно-оздоровительных и архитектурно-художественных качеств. Такая стратегия должна обеспечивать единую структурно-планировочную организацию зеленых насаждений [2].

Территориальное положение о парковом комплексе дает возможность организовать логическую, непрерывную систему озеленения города с выходом на набережную водохранилища и в лесопарковую часть. В соответствии с ситуационным планом города, учетом его планировочной структуры, сложившегося зонирования территории и местных природных условий прослеживается одно градостроительное направление – от бульвара Победы и ул. генерала Лизюкова по тальвегу балки Институтской в прибрежную часть и дальше к центру города, другое – по ул. Ипподромной к Ботаническому саду ВГУ, дендрарию НИИЛГиС и далее в лесопарковую часть города [6].

Эффективность системы озеленения города по проекту достигается созданием необходимого количества парков и других видов зеленых насаждений, объединенных в непрерывные структуры, равномерно расчленяющие селитебную зону по направлениям благоприятных ветров и удалению от водохранилища. Крупные массивы зеленых насаждений Усманского бора и луговые ландшафты р. Усманки способны положительно влиять на возможность устранения нежелательных последствий, возникающих из-за непродуманной застройки левобережной части города, чрезмерной концентрации промышленности. Зеленый пояс вокруг нее улучшает микроклимат и санитарно-гигиеническую обстановку в Воронеже [4].

Таблица 2

3*	Вид растения	Физиолого-химический состав, %					
		Вода	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	Сырая зола
	Тополь серебристый	65,48	2,87	4,38	6,95	15,30	5,02
	« пирамидальный	65,37	6,31	0,94	4,08	20,24	3,06
	« дельтовидный	68,95	6,63	0,84	4,69	16,47	2,42
	Сосна обыкновенная	58,50	5,37	8,70	11,94	14,22	1,27
	Ясень зеленый	67,26	3,13	3,41	5,52	15,94	4,74
	« обыкновенный	61,30	5,33	1,70	5,71	23,93	2,53
	Береза повислая	66,25	9,19	4,71	4,84	12,97	2,09
	Рябина обыкновенная	62,11	5,20	1,98	2,52	24,83	3,36
	Ива пятичлениковая	69,88	6,81	0,81	1,34	18,74	2,42
	« белая	68,17	6,38	0,86	4,44	17,20	2,95
	« плакучая	63,77	4,99	2,91	4,68	19,68	3,97

Состояние насаждений определялось жизнеспособностью в условиях городской среды, особенностями роста и развития. В городских насаждениях древесные растения можно разделить на три группы жизнеспособности.

Физиолого-химический состав листьев древесных пород и кустарников, наиболее часто встречающихся в садово-парковых и защитных насаждениях г. Воронежа, показан в табл. 2.

Наибольшее количество влаги отмечено в листьях ивы пятитычинковой, тополя дельтовидного и ивы белой, что подтверждается гидрофильностью этих пород. По содержанию сырого протеина на первом месте находится береза повислая, затем ива пятитычинковая, тополь дельтовидный. Это свидетельствует о более значительном содержании азотистых веществ в фитомассе данных пород по сравнению с другими. Сырого жира в хвое сосны обыкновенной в 3–10 раз больше, чем в листьях мягколиственных пород (тополь, ива). По содержанию сырой клетчатки лидируют сосна обыкновенная и тополь серебристый. Высокое содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) отмечено в листьях рябины обыкновенной, ясеня обыкновенного и тополя черного, что свидетельствует о достаточно большом содержании фитонцидов и биологически активных веществ этих пород. Преимущественное содержание микро- и макроэлементов по сырой золе отмечено у тополя серебристого и ясеня зеленого.

В табл. 3 показана физиолого-химическая структура наиболее распространенных в районе древесных пород и кустарников, в фитомассе которых содержатся различные вещества. Максимальное содержание кальция отмечено у тополя серебристого, рябины обыкновенной, ивы плакучей. По содержанию фосфора лидируют ивы плакучая и пятитычинковая. Каротина больше всего у березы повислой.

Древесные породы и кустарники в городских условиях способны аккумулировать в листьях достаточно большое количество нитратов, особенно тополь серебристый, ясень зеленый, ива плакучая. Переваримого протеина больше отмечено в листьях березы повислой, ивы пятитычинковой и тополя дельтовидного. Сахароза в фитомассе всех пород не обнаружена.

Таблица 3

Вид растения	Содержание компонентов, мг/кг сырой массы				
	Переваримый протеин	Кальций	Фосфор	Каротин	Нитраты
Тополь серебристый	16,0	12,30	0,79	43,0	205,0
« пирамидальный	34,7	5,05	0,60	17,0	133,5
« дельтовидный	36,5	4,01	0,74	54,0	118,6
Сосна обыкновенная	3,0	1,74	0,76	57,0	170,0
Ясень зеленый	20,0	5,71	1,02	9,0	215,0
« обыкновенный	34,0	5,84	0,64	61,0	92,0
Береза повислая	56,0	4,10	0,87	73,0	94,0
Рябина обыкновенная	20,0	9,10	0,80	21,0	56,0
Ива пятитычинковая	40,2	2,78	1,13	34,0	89,1
« белая	37,6	5,97	0,86	43,0	94,3
« плакучая	29,0	9,02	1,25	71,0	201,0

Обследование парковых насаждений города выполнено по традиционным методикам, принятым в биологической науке. Срок наблюдений на стационарных объектах превышает 10 лет. Обследованные насаждения садово-паркового и защитного хозяйства города относятся к II–III группам жизнеспособности. Степень декоративности оценивается баллами 2–3.

Вопросы развития зеленых зон предусматривались рядом постановлений администрации города в 2001 и 2003 гг., однако до настоящего времени они не решены [8].

Реализация проводимых в городском округе мероприятий по развитию зеленого фонда под координацией Управления по охране окружающей среды позволит существенно приблизить условия проживания населения к оптимальным по нормативам обеспеченности зелеными насаждениями и озелененными территориями общего пользования, гарантировать квалифицированный и своевременный уход за ними, способствовать приостановке деградации, улучшить их архитектурно-эстетический вид и видовой состав.

В Воронеже создан образовательный и научный центр «Декоративное садоводство» (ОНЦ) по садово-парковому и ландшафтному строительству. Он является учебной, научной и производственной базой ВГЛГА. Здесь проводятся учебные и производственные практики студентов, курсовое и дипломное проектирование, научная работа аспирантов и преподавателей, работают курсы повышения квалификации и переподготовки граждан и специалистов, функционирует компьютерный класс [5].

В структуру ОНЦ входит лабораторный корпус площадью 600 м², комплекс из трех зимних ангарных теплиц общей площадью 2300 м², котельная, электроподстанция, дворовая территория 0,6 га. К тепличному комплексу примыкают два земельных участка открытого грунта: один площадью 1,0 га – питомник с посевным отделением и школы для доращивания растений, второй площадью 2,0 га – место для садово-парковых экспозиций, а также коллекционно-маточных и интродукционных участков по декоративному садоводству [3].

Среди апробированных ОНЦ инвестиционных проектов в области ландшафтной архитектуры – реконструкция парка «Зеленый фонд Воронежа», площадь земельного участка 100 га. Общая стоимость проекта 200 млн р. Срок осуществления инвестиций – 2008–2010 гг., их рентабельность – 10 %, срок окупаемости – 10 лет, годовой оборот – 50 млн р., занятость – 80 чел.

Другим инвестиционным проектом является реконструкция парка им. А.Л. Дурова, площадь земельного участка – 4,2 га. Общая стоимость проекта – 17,5 млн р. Форма участия инвестора – создание совместного предприятия или покупка бизнеса. Показатели эффективности проекта согласуются с бизнес-планом инвестора. Рынок сбыта – услуги в сфере отдыха и развлечений [10].

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Современная, многофункциональная система озеленения Воронежа традиционно формировалась в процессе длительного периода развития города, что существенно повлияло на расположение всех объектов озелене-

ния. Большинство объектов периодически подвергалось реконструкции и реставрации, в том числе объекты ландшафтной архитектуры селитебных и промышленных районов.

2. Главной составляющей планировочного каркаса города, многофункциональной системы озеленения являются р. Дон, Воронеж, Усманка, а также Воронежское водохранилище, которые защищают режим и состояние водных акваторий. Озелененные территории значительно повышают рекреационные и санитарно-гигиенические функции природных комплексов.

3. Природный комплекс Воронежа как совокупность территорий с особым режимом использования земель занимает 38,6 тыс. га, или 64,4 % и выделяется в отдельную экологическую категорию. Эти земли представляют единую эколого-градостроительную планировочную систему, являющуюся важным фактором стабилизации и улучшения состояния окружающей среды и микроклимата в городе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биоразнообразие города Воронежа / под ред. проф. О.П. Негрובה. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2004. – 98 с.
2. Историко-культурное наследие г. Воронежа. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2000. – 576 с.
3. *Кругляк В.В.* Зональные особенности паркостроения: учеб. пособие. – Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2008. – 295 с.
4. *Кругляк В.В.* Ландшафтное проектирование садов и парков Центрально-Черноземного региона: учеб. пособие. – Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 1999. – 172 с.
5. *Кругляк В.В., Золотарева Е.В.* Зональные особенности паркостроения: учеб. пособие. – Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 2003. – 196 с.
6. *Кругляк В.В., Николаев Е.А.* Ландшафтное проектирование ботанических садов: текст лекций. – Воронеж: Изд-во ВГЛТА, 1997. – 48 с.
7. *Митин В.А.* Усадьбы города Воронежа XVIII, XIX, XX веков. – Воронеж: Никитинское, 2004. – 224 с.
8. О состоянии окружающей среды и природной деятельности городского округа г. Воронеж в 2007 году: доклад / администрация городского округа г. Воронеж; Управление окружающей среды. – Воронеж, 2008. – 64 с.
9. Проект генерального плана городского округа город Воронеж / ОАО «Воронежпроект». – Воронеж – Москва, 2006. – 80 с.
10. Первый Воронежский инвестиционный форум. Городской округ город Воронеж. – Воронеж: Кварта, 2008. – 80 с.

V.V. Kruglyak

Peculiarities of Landscape Planning System and Prospects of Landscape Architecture Development in Voronezh

The landscape planning system and the territorial park complex of Voronezh are considered. The leaves' chemical composition and physiological components of wooden

species and shrubs growing in garden-park and protective stands are studied. Educational-research centre and its investment projects in landscape architecture are characterized.

Keywords: landscape planning system, territorial park complex, investment projects, landscape architecture.

УДК 630*181.1

А.И. Миленин

Миленин Андрей Иванович родился в 1962 г., окончил в 1987 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 25 печатных работ в области изучения экологии и морфологии дуба черешчатого.
E-mail: vglta@vglta.vrn.ru



ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В БАЙРАЧНЫХ ДУБРАВАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Проанализирована динамика ширины годичного кольца рано- и позднеоседающих форм дуба в сухой и свежей байрачных дубравах за 50-летний период. Дан прогноз радиального прироста.

Ключевые слова: радиальный прирост, тип леса, относительный индекс, ширина годичного кольца.

Дубовые леса России занимают небольшую площадь. Располагаясь в густонаселенных районах, они в течение длительного времени подвергаются воздействию неблагоприятных экологических природных и антропогенных факторов. Это приводит к сокращению их площади, ухудшению качества и состояния [3, 4].

Дубравы Центральной лесостепи представлены тремя геоморфологическими комплексами: нагорными, пойменными и байрачными. Последние изучены меньше других. В настоящее время это низкопродуктивные редкостойные порослевые дубняки небольшого возраста. Байрачные леса выполняют важнейшие почвозащитные, водоохранные, биотообразующие функции. Они увлажняют воздух, способствуют снегонакоплению, не дают развиваться оврагам, предохраняют от заноса песком и глиной родники, долины, русла рек, в которые выходят балки [1]. Поэтому необходимо всесторонне изучить эти дубравы в целях их сбережения и восстановления.

Для сохранения ценных лесных ресурсов нужны знания не только об их современном состоянии, но и об изменениях за более длительный период. В связи с этим все возрастающее значение приобретают дендрохронологические исследования [7, 10, 13, 16, 17]. Они затрагивают некоторые аспекты проблемы сохранения биоразнообразия и глобальной устойчивости лесов [14, 15]. Результаты дендрохронологического анализа могут быть использованы для прогнозирования прироста в связи с изменением климата, а также проектирования различных лесохозяйственных мероприятий [7–11].

Изучением динамики радиального прироста дуба черешчатого занимались многие исследователи [5, 7, 10, 13], однако они не всегда учитывали внутривидовую изменчивость дуба черешчатого, влияние возраста и происхождения. Ряд работ выполнен за небольшой промежуток времени.

Наши исследования проведены на постоянных пробных площадях в байрачных дубравах Калачеевского и Воробьевского районов Воронежской области (см. таблицу). Объекты расположены в бассейне р. Дон и его притока р. Толучеевки. По лесорастительному районированию эта территория относится к степной зоне, провинции Русской равнины Приволжско-Донского округа подзоны разнотравно-злаковых степей.

Пробные площади заложены в сухой и свежей байрачных дубравах, в типах лесорастительных условий E_1 и E_2 , в насаждениях дуба раннего (Р), позднего (П), раннего и позднего, произрастающих совместно (Р+П). Предварительно выполняли фенологические наблюдения. В байрачных дубравах ранняя разновидность преобладает на верхних ровных местоположениях, прилегающих к балкам, на иссушаемых крутых склонах южных и юго-восточных экспозиций; поздняя распространена по дну тальвегов.

Средние за многолетний период наблюдения значения температуры по данным метеостанции г. Калач: лета $+20,4$; зимы $-6,2$, среднегодовая $+5,3^\circ \text{C}$. Среднее годовое количество осадков $442,8$ мм. Довольно часто в данном районе наблюдаются засушливые периоды, сопровождаемые высокой температурой воздуха. Характерно наличие ветров и суховеев, наиболее частых во второй половине апреля и мая.

Дендрохронологический анализ радиального прироста проводили в соответствии с методическими разработками [2, 6, 10, 12]. На пробных площадях у деревьев дуба, относящихся к среднему типу роста и первой категории состояния, на высоте 130 см возрастным буравом взяты 10 кернов,

дополнительно у модельного дерева спилы через каждые 2 м. Ширину годовичных колец измеряли с помощью микроскопа МБС-1 с точностью $\pm 0,05$ мм, спилы и керны древесины предварительно шлифовали. Среднюю ширину слоя определяли с точностью $\pm 7\%$, по формуле

$$a_i = 1/n \sum_{j=1}^n x_j \gamma,$$

где a_i – средняя ширина годовичных колец всех модельных деревьев i -го года;

n – число модельных деревьев;

$x_j \gamma$ – ширина годовичного кольца j -го дерева, i -го года.

Чтобы исключить влияние возраста, проводили 11-летнее сглаживание исходных данных по формуле

$$A_{11i} = \sum_{i+5}^{i-5} a_i / 11,$$

где A_{11i} – сглаженные за 11-летний период значения ширины годовичного кольца.

Метод относительных индексов применяется для учета факторов, зависящих от индивидуальных особенностей деревьев или конкретных условий местопроизрастания. Сущность метода заключается в том, что образуется ряд относительных индексов: $H_1, H_2, H_3, H_4, \dots, H_n$, каждый из которых формируется следующим образом: $H_i = a_i / A_{11i}$. Полученные таким

образом годовые значения исходных данных и относительных индексов наносили на графики (рис. 1, 2).

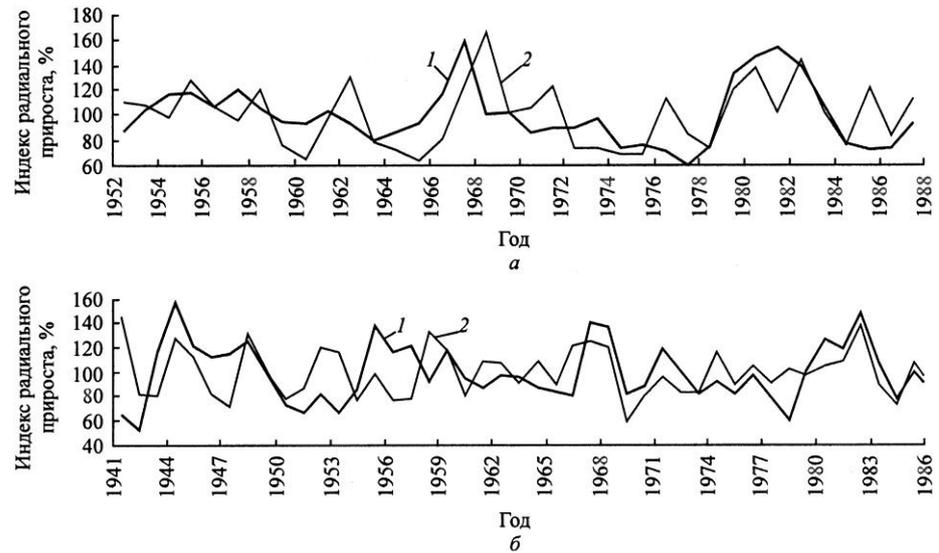


Рис. 1. Индекс радиального прироста в условиях сухой (а) и свежей (б) байрачной дубравы: 1 – ранний; 2 – поздний дуб

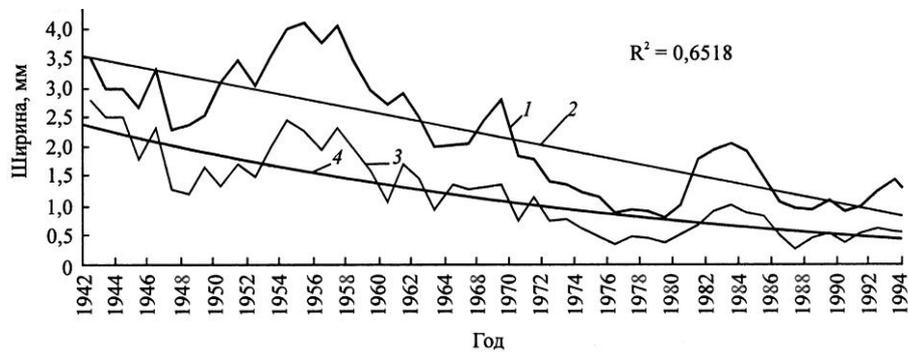


Рис. 2. Динамика радиального прироста ширины годичного кольца (1, 2) и поздней древесины (3, 4) в условиях сухой байрачной дубравы (фактические и выравненные данные)

В условиях сухой байрачной дубравы E_1 минимумы – максимумы прироста приходятся на следующие годы: в насаждении ранораспускающейся разновидности 1951–1952–1958–1961–1965–1969–1978–1984–1987; позднораспускающейся 1950–1951–1956–1957–1963–1966–1971–1975–1976–1978–1983–1984–1985–1986–1987. Наиболее отчетливо выделяются 2-3-, 5-7- и 11-летние циклы.

В условиях свежей байрачной дубравы E_2 минимумы – максимумы прироста в насаждении позднезасушливой разновидности приходится на следующие годы: 1950–1953–1954–1955–1960–1962–1965–1967–1969–1976–1979–1980–1984–1988, в насаждении ранозасушливой разновидности соответственно 1950–1954–1957–1958–1960–1967–1969–1971–1980–1984–1986–1988.

Как видим, в сухой и свежей байрачных дубравах в насаждениях фенологических разновидностей дуба минимумы – максимумы прироста в основном совпадают. Наиболее глубокие депрессии прироста связаны с засушливыми годами. Реакция у раннего и позднего дуба на изменение условий среды проявляется по-разному. После засухи 1972 г. прирост снижался существенно в насаждении ранозасушливой разновидности дуба: в условиях E_1 на 20, в E_2 на 7 %. Характерно, что в условиях E_2 в молодом возрасте (до 40 лет) прирост больше в насаждении позднезасушливой, в E_1 – ранозасушливой разновидности. С возрастом прирост уменьшается и становится примерно одинаковым. Прирост наиболее стабилен в насаждении позднего дуба в условиях E_2 , менее всего в насаждении раннего дуба E_1 , что свидетельствует о снижении устойчивости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Битвинский Т.Т.* Дендроклиматические исследования. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 172 с.
2. *Вересин М.М.* Леса воронежские. – Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1971. – 224 с.
3. *Ерусалимский В.Е.* Как сохранить дубравы // Лесн. хоз-во. – 2000. – № 5. – С. 13–15.
4. *Калиниченко Н.П.* Дубравы России. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 536 с.
5. *Костин С.И.* Влияние осадков на прирост раннего и позднего дуба // Лесоведение. – 1968. – № 2. – С. 80–83.
6. *Мазепа В.С.* Метод расчета индексов годичного прироста обобщенного дендроклиматического ряда // Экология. – 1982. – № 3. – С. 21–28.
7. *Мелехов И.С.* Значение структуры годичных слоев и ее динамика в лесоводстве и дендроклиматологии // Лесн. журн. – 1979. – № 4. – С. 6–14. – (Изв. высш. учеб. заведений).
8. *Миленин А.И.* Динамика радиального прироста дуба черешчатого в условиях пойменной дубравы // Интеграция лесной науки и высшего лесотехнического образования: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2000. – С. 270–271.
9. *Миленин А.И.* Динамика радиального прироста в условиях очень сухой солонцеватой дубравы Шипова леса // Лесной и химический комплексы: проблемы и решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – С. 51–55.
10. *Молчанов А.А.* Дендроклиматические основы прогнозов погоды. – М.: Наука, 1976. – 168 с.
11. Особенности радиального прироста хвойных пород в Иркутской области / В.И. Таранков [и др.] // Лесн. журн. – 1994. – № 4. – С. 54–57. – (Изв. высш. учеб. заведений).

12. Розенберг Г.С., Феклистов П.А. Прогнозирование годичного прироста методами самоорганизации // Экология. – 1982. – № 4. – С. 43–50.
13. Dembner S.A. UNCED follow – up in forestry and the role of FAO // Unasylva. – 1995. – N 180. – P. 64–66.
14. Hager H. Mögliche Einwirkungen von Klimaänderungen auf forstliche Oekosystem: Symp. "Klimaänderung Oesterreich: Herausforderung Forstgenet und Waldbau", Wien, 9 Nov., 1994 // FB VA – Ber. – 1994. – N 21. – S. 7–17.
15. Holtmaier F.K. Waldgrenzen und Klimaeschwankungen. Ökologische Aspekte eines viel diskutierten Phänomens // Geographica. – 1995. – N 1. – 24.
16. Leikola M. Mitä on biodiversiitti // Pap. Jap. – 1994. – N 10. – P. 620–622.
17. Williams J.T. International aspect of biodiversity // Forest. Chron. – 1992. – N 4. – P. 454–458.

A.I. Milenin

Dynamics of Radial Increment of English Oak in Small Oak Forests in Steppe Ravines of Voronezh Region

The dynamics of the annual ring width is analyzed for early- and late-shooting oak forms in the dry and fresh small forests in steppe ravines over a fifty-year period. The forecast of radial increment is provided.

Keywords: radial increment, forest type, relative index, annual ring width.

Таксационная характеристика пробных площадей

ТЛУ Феноразновидность	Класс бонитета Возраст, лет	Состав по элементам леса	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов по породам	Сумма площадей сечений, м ² /га	Полнота	Запас, м ³ /га
$\frac{E_1}{P}$	$\frac{III}{50}$	7Д	14,6	20,5	408	13,50	0,57	104,0
		1Ос	16,1	18,2	76	1,98	0,08	10,3
		1Лп	17,3	22,6	36	1,44	0,04	8,1
		1Гр.ш	13,4	13,7	108	1,60	0,07	9,7
		+Кл. о	14,1	16,3	60	1,25	0,05	8,2
		+Кл. п	13,0	12,9	96	1,25	0,06	4,6
$\frac{E_2}{P + П}$	$\frac{II}{50}$	4Д	18,1	17,7	412	10,28	0,39	95,2
		6Лп	19,0	17,7	568	13,99	0,41	137,0
		+Кл. о, ед. Кл.п	17,4	14,7	72	1,23	0,05	10,2
			14,6	10,6	76	0,67	0,29	5,0
$\frac{E_2}{P}$	$\frac{III}{65}$	8Д	17,6	23,7	420	18,49	0,74	163,0
		2Яс	15,4	17,8	180	4,49	0,22	37,5
		+Лп,	11,9	10,7	72	0,64	0,03	8,3
		ед. Кл.о	13,0	13,4	28	0,40	0,02	3,1
		ед. Кл.п	11,2	9,5	12	0,08	0,04	0,4
		ед. Гр.ш	12,4	11,9	16	0,17	0,01	0,6
$\frac{E_1}{П}$	$\frac{I}{50}$	10Д	21,4	19,2	785	22,69	0,77	243,5
$\frac{E_2}{П}$	$\frac{I}{50}$	10Д	20,6	21,9	510	18,82	0,65	190,0
		+Лп,	16,2	14,2	80	1,26	0,04	9,3
		ед. Кл.п	12,6	12,6	30	0,38	0,02	1,9

УДК 630*:51

А.Н. Смольянов, А.И. Ревин, Н.Б. Старостюк

Смольянов Анатолий Николаевич родился в 1950 г., окончил в 1974 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 120 печатных работ в области динамики и прогнозирования лесистости, кадастровой оценки древостоев и моделирования экосистем.

E-mail: lestaks53@mail.ru



Ревин Алексей Иванович родился в 1959 г., окончил в 1985 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 50 печатных работ в области комплексной продуктивности насаждений.

E-mail: lestaks53@mail.ru



Старостюк Наталья Борисовна родилась в 1983 г., окончила в 2005 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, заместитель директора офиса коммерциализации инновационных проектов и разработок. Имеет 9 печатных работ в области охраны окружающей природной среды и особо охраняемых природных территорий.

E-mail: natder83@mail.ru



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ МЕТОДОВ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЛЕСИСТОСТИ

Подробно проанализированы проблемы моделирования многомерных процессов в лесу, обсужден подход сокращения их размерности. На примере динамики процента лесистости Центрально-Черноземного региона предложена аппроксимация этого показателя с использованием сплайн-функции с изменяющимся узлом.

Ключевые слова: лесистость, регрессионный анализ, моделирование, полиномы, сокращение размерности, аппроксимация, интерполяция.

В лесоводственных исследованиях находит широкое применение классический регрессионный анализ. Характерное отличие множественных регрессий от других видов анализа состоит в том, что они дают аналитическое выражение для исходных соотношений и характеристик процесса, а это является важным условием последующего динамического моделирования.

Основная проблема при моделировании многомерных процессов, с которой приходится сталкиваться на этапе качественного анализа, – сокращение размерности массива данных, так как в общем случае многомерное пространство характеризуется отсутствием наглядности и трудно поддается непосредственному качественному анализу. В работах последних лет заслуживает внимание подход, который можно определить как метод последовательного сокращения размерности. На первом этапе проводится анализ парной связи зависимой переменной с определяющим фактором воздействия на фоне остальных учитываемых факторов. Эта связь выражается функцией с минимальным числом констант. Поскольку линейная связь является частным

случаем более общей нелинейной связи, то лучший результат дает использование нелинейных функций, которые можно с помощью простых операций привести к линейным.

С момента зарождения лесотаксационной науки подобные методы сокращения размерности широко практиковались с целью свести многомерную задачу к парным связям. В качестве фактора воздействия использовали среднюю высоту и возраст древостоя. Как упоминалось выше, метод последовательного сокращения размерности предполагает применение на первом этапе парной связи, описываемой нелинейной функцией с минимальным числом констант. В сравнении с обычными полиномами этому условию в большей степени удовлетворяют логарифмические полиномы первого и второго порядков, константы которых имеют определенную биологическую интерпретацию.

Известно, что изменение количества в процессе времени (роста) обычно происходит согласно уравнению

$$\frac{d_Y}{d_A} \frac{1}{Y} = a \frac{d_X}{d_A} \frac{1}{X}, \quad (1)$$

где X, Y – объемы, размеры;

A – время;

a – аллометрическая константа.

Интегрирование дифференциального уравнения (1) дает функцию

$$l_{ny} = l_{n\epsilon} + a l_{nx}, \text{ или } y = vx^a, \quad (2)$$

где v – константа начального процесса.

Первые попытки применить в количественной биологии данную зависимость и к процессам роста относятся к концу прошлого века.

Степенная функция известна в теоретической биологии и как функция параболического роста, делящая период большого роста древостоев на несколько возрастных этапов и аппроксимирующая таксационные показатели уравнением ступенчатого параболического порядка. При этом рассчитываются константы функции для каждого этапа. Не отрицая общебиологической концепции о наличии физиологически обусловленных точек перелома кривой, характеризующей рост организма, мы склонны интерпретировать логарифмический полином n -го порядка как «исправленную» параболическую функцию. Невозможность нахождения единственной модели по конечному числу экспериментальных данных составляет основной принцип теории множественности моделей.

В случае нелинейного поля из десяти точек, расчлененного на две последовательности по пять точек в каждой, при повышении степени полинома от одного до двух ошибка снижается, а по мере приближения степени к пяти будет стремиться к максимуму, так как кривые, аппроксимирующие ту и другую совокупности, проходят точно через соответствующие пять точек при максимальном расхождении параметров кривых. Наличие минимума внешнего критерия и определяет выбор оптимального уравнения.

В задачах интерполяции и при краткосрочных прогнозах удовлетворительные результаты могут быть получены и при классическом регрессионном анализе.

Модели, построенные по принципу самоорганизации, совершенно не поддаются содержательной интерпретации, и применять этот метод в «чистом» виде нужно с определенной долей осторожности. Нельзя не согласиться с заключением о невозможности выбора оптимального уравнения регрессии по тому или иному статистическому критерию. С учетом вышесказанного о принципе самоорганизации моделей ясно, что речь идет о внутренних критериях, оцененных по всей совокупности исходных данных. При многомерном подходе к биологическому объекту факторы, как правило, коррелируют между собой. При этом имеют место совмещенные эффекты двух или нескольких факторов, объясняющие, в частности, нелинейную часть их воздействия.

В биометрических исследованиях часто используют уравнение множественной регрессии

$$y = a_0 x_1^a x_2^{a_2} \dots x_n^{a_n}, \quad (3)$$

где a_0, \dots, a_n – константы.

Данная множественная статистическая модель представляет в биологических исследованиях такое же исключение, как линейная парная связь среди множества нелинейных зависимостей, поскольку предполагается, что константы уравнения парной связи с одним из признаков никак не коррелируют с другим признаком. Это идеальный случай для множественного регрессионного анализа, но в реальной ситуации такой вариант можно допустить лишь с определенным приближением.

Ввод в уравнение факторов x и x^2 гарантирует их взаимную корреляцию, так и в множественной связи имеется подобная ситуация при вводе x_1 и $x_1 x_2$. Поэтому стремление обеспечить при описании закономерности математическую корректность в известной мере приходит в противоречие с необходимостью адекватного описания.

Резюмируя сказанное, необходимо отметить, что если выполнять все статистические предписания как залог корректности многофакторной модели, то от применения множественного статистического моделирования придется отказаться. По-видимому, при аппроксимации опытных данных практический смысл имеет оценка регрессии по соотношению остаточной и общей дисперсий, по стандартной ошибке с указанием пределов применимости регрессий и достоверности констант по критериям Стьюдента или Фишера. Требуемую точность необходимо соотносить с возможностью реализовать ее на практике, так как бессмысленно доводить модель до точности 5 %, если исходные данные получены с ошибкой 10 % и выше.

При моделировании динамики и прогнозе лесистости нами применялось логическое обоснование аргументов с приведением их к нелинейному полиному на основе предварительного графического анализа, что, хотя и не представляется бесспорным, но, по крайней мере, недалеко от истины.

Этот метод обеспечивает большую компактность модели и, исходя из биологических и таксационных соображений, дает предварительное общее представление о взаимосвязи переменных величин, число которых обычно превышает 4-5. Большее число аргументов не приводит к существенному увеличению точности модели, но делает ее более громоздкой и снижает критерии значимости констант.

Для выравнивания каждого показателя обычно подбирают соответствующую эмпирическую кривую. Как отмечалось выше, универсальной функции, позволяющей с большой точностью аппроксимировать все таксационные показатели на разных возрастных этапах и лесистость как их производную, до сих пор не существует. Возможны различные варианты.

Так, для аппроксимации динамики возраста и процента лесистости отдельных областей ЦЧР (более чем за 250-летний период времени) анализировали пригодность сплайн-функции с изменяющимся узлом, которая имеет следующий вид*:

$$Y = \epsilon_0 + \epsilon_1 A + \epsilon_2 A^2 + \epsilon_3 A^3 + \epsilon_4 (A - C_0)^3, \quad (4)$$

где Y – исследуемый таксационный признак (лесистость), %;

$\epsilon_0, \dots, \epsilon_4$ – линейные параметры функций;

A – возраст;

C_0 – нелинейный параметр;

$$A - C_0 = \begin{cases} A - C_0, & \text{если } A \geq C_0; \\ 0, & \text{если } A \leq C_0. \end{cases}$$

Данная функция – частный случай кусочной аппроксимации. Кривая процента лесистости при выравнивании разбивается на две части. В области $0 \leq A \leq C_0$ сплайн-функция является параболой

$$Y = \epsilon_0 + \epsilon_1 A + \epsilon_2 A^2 + \epsilon_3 A^3, \quad (5)$$

а в области $C_0 \leq A \leq C_{\max}$ она дополнена новым параметром ϵ_4 и имеет следующий вид:

$$Y = \epsilon_0 + \epsilon_1 A + \epsilon_2 A^2 + \epsilon_3 A^3 + \epsilon_4 (A - C_0)^3. \quad (6)$$

Нелинейный параметр C_0 в данной функции является возрастом «стыковки» двух парабол и может быть определен интеграционным методом. Линейные параметры $\epsilon_0, \dots, \epsilon_4$ находят методом наименьших квадратов при фиксированных значениях C_0 . Сплайн-функция была проверена нами для выравнивания нестыкующихся показателей уровня лесистости.

Показатели лесистости используются на основе материалов учета лесного фонда РФ, что подтверждает единый методический подход при ее определении.

* Успенский В.В., МIRONENKO А.В. Моделирование динамики сосновых древостоев с использованием сплайн-функций // Лесн. журн. – 1994. – № 4. – С. 65–69. – (Изв. высш. учеб. заведений).

Разработка данного вопроса тесно связана с будущим искусственно созданных лесных насаждений на территории ЦЧР. Применение сплайн-функций следует считать пробным этапом в моделировании динамики лесистости.

A.N. Smolianov, A.I. Revin, N.B. Starostyuk

Use of Regression Methods in Forest Land Simulation

Simulation problems of multivariate processes in the forest are analyzed in detail, the approach of reducing their dimension is discussed. Based on the example of the forest-land percentage dynamics of the Central Chernozem Region the approximation of this indicator is offered by using spline function with a changeable block.

Keywords: forest-land percentage, regression analysis, simulation, polynomials, reduction of dimension, approximation, interpolation.

УДК 630*272

Е.И. Гурьева

Гурьева Елена Ивановна родилась в 1982 г., окончила в 2003 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, ассистент кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства ВГЛТА. Имеет около 60 печатных работ в области озеленения населенных мест.
E-mail: gurjeva_el@mail.ru



ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ САНАТОРИЕВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Исследован состав насаждений санаториев Воронежской области. Проведена инвентаризация насаждений для анализа пространственной организации санаторного парка.

Ключевые слова: санаторий, озеленение, насаждения, ассортимент.

Известно, что зеленые насаждения на территории объекта озеленения создают благоприятные микроклиматические и санитарно-гигиенические условия, способствуют функциональной его организации, повышают художественную выразительность ландшафта. В процессе исследований выяснилось, что эффективность санаторного лечения в значительной мере зависит от организации пространства и эстетических характеристик мест лечения. В связи с этим перед ландшафтными архитекторами появились новые задачи, решение которых требует переосмысливания методов и принципов проектирования. Одной из таких задач является пространственная организация санаторного парка.

4 Цель исследования – провести инвентаризацию насаждений санаториев Воронежской области для анализа пространственной организации санаторных парков.

Объектами исследования служили насаждения санаториев Воронежской области, которые входят в состав учреждения «Воронежкурорт» (санатории им. Горького, им. Ф.Э. Дзержинского, «Углянец», им. А.Д. Цюруны) [1].

Клинический санаторий им. Горького находится на берегу Воронежского водохранилища, в 10 км от центра г. Воронежа. Он занимает территорию площадью 18,00 га. Возраст растений оценивали в следующих группах: М – молодые растения (деревья и кустарники с не полностью развитыми кронами и не достигшие размеров взрослых растений); В – взрослые растения (полностью сформировавшиеся растения нормальной для вида величины); С – старые растения (деревья и кустарники с явными признаками старения). Биоэкологическая оценка заключалась в определении категории состояния дерева по общепринятой трехбалльной шкале: 1– «хорошо» (здоро-

вые растения с правильной кроной, без существенных повреждений); 2 – «удовлетворительно» (здоровые растения, но с неправильно развитой кроной, имеющие повреждения и дупла); 3 – «неудовлетворительно» (растения с неправильно развитой, ослабленной кроной, имеющие существенные повреждения, угрожающие их жизни). Характеристика ассортимента санатория представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Сводная ведомость перечета и результатов оценки состояния деревьев
в санатории им. Горького**

Порода	Возраст	Состояние	Тип посадки	Количество, шт.	Процент от общего числа деревьев
Туя	В	1	Группа	136	27,9
Береза	В	1	Одиночные, группа	100	20,5
Ель	В, С	1, 2	Группа	67	13,8
Тополь	В, С	1, 2	«	45	9,2
Рябина	В	1	Рядовая	26	5,3
Клен	В	1, 2	Группа	24	4,9
Биота	В	1	«	22	4,5
Яблоня	В	1	Рядовая	19	3,9
Липа	В	1	«	12	2,5
Ясень	В	1	Одиночные	11	2,3
Каштан	В	1	Группа	10	2,1
Сумах	В	1	«	8	1,6
Дуб	В	1	Одиночные	7	1,5
Итого	–	–	–	487	100,0

Примечание. Стрижке (обрезке) подвергнуты только деревья яблони.

Особенностью пространственной системы парка санатория им. Горького являются внутренние открытые пространства (30...70 м²), разделенные растительностью высотой от 2 до 7 м и более. Благодаря своей изолированности и небольшим размерам они способствуют созданию интимной спокойной среды и действуют на человека успокаивающе. Привлекательность открывающихся с площадки пейзажей, несомненно, тонизирует нервную систему. Важное значение в создании настроения имеет и наличие крутого склона. При передвижении зрителя высота видовых точек все время меняется, а следовательно, меняется сам кадр и визуальные впечатления от него. При обзоре композиции снизу вверх у посетителя возникает торжественное настроение. Ритм лестниц, площадок – динамичный, быстрый, поэтому наряду с мышечными ощущениями при подъеме вверх повышается тонус отдыхающих, активность восприятия среды ими. Таким образом, регулярность действует на психику человека сильнее, чем свободная живописная планировка, ибо регулярность навязывает человеку настроение и активно регулирует его, и, что не менее важно, заставляет двигаться в конкретном

направлении. Все это дает нам основание полагать, что регулярный тип планировки, представляющий собой микроструктуру, характерную для парка санатория им. М. Горького, вызывает чувство радости и душевный подъем.

Санаторий им. Ф.Э. Дзержинского (табл. 2) находится в 28 км от г. Воронежа, в с. Чертовицкое Рамонского района [2, 4]. Расположен в живописном старинном парке, на берегу р. Воронеж. При обследовании насаждений территория санатория была поделена на 5 участков и 6 пробных площадей в лесном массиве.

Таблица 2

**Сводная ведомость перечета и результатов оценки состояния деревьев
в санатории им. Ф.Э. Дзержинского**

Порода	Возраст	Состояние	Тип посадки	Количество, шт.	Процент от общего числа деревьев
Туя	В	1	–	47	4,4
Береза	В	2	Аллея, группа	187	17,5
Ель	В	1	«	92	8,6
Тополь	В	1, 2	Аллея	30	2,8
Рябина	В	1	–	13	1,1
«	В	1, 2	–	32	3,0
Клен	В	1	–	76	7,1
Липа	В	1	Аллея, группа	140	13,1
Ясень	В	1	«	74	6,9
Дуб	В	1, 2	–	380	35,5
Итого	–	–	–	1071	100,0

Примечание. Все деревья без обрезки.

Лесной массив, расположенный в западной части санатория им. Ф.Э. Дзержинского, имеет площадь 5,45 га. Благоустроенный лес для своего кратковременного отдыха, приведенный путем постепенной реконструкции в определенную ландшафтно-планировочную систему, является комплексом, сочетающим рекреационные, архитектурно-художественные, санитарно-гигиенические, познавательные и лесохозяйственные функции. В целом эта территория относится к лесам I группы и является зеленой зоной. Из этого следует, что она предназначена для отдыха и прогулок отдыхающих в санатории людей. Лесной массив имеет важное значение для лечебно-профилактического фактора, он является памятником природы и охраняется государством.

Эта зеленая территория служит прекрасным пейзажным ландшафтом. Особую роль играют трассировка и ландшафтное благоустройство дозированных лечебных маршрутов-терренкуров (ландшафтно-планировочная организация терренкуров): они не только удовлетворяют медицинским тре-

бованиям, но и более полно раскрывают природные, а также исторические, этнографические, архитектурные достопримечательности.

Парковая структура санатория включает главные и второстепенные прогулочные маршруты, охватывающие все функциональные зоны парка и его живописные пейзажи. Вдоль главной дороги оборудованы места отдыха. Доминирующая планировочная тема территории санатория им. Ф.Э. Дзержинского – симметрическая регулярность, включающая фонтаны, стриженую изгородь (главенствует искусственная статическая микроструктура). Такой тип планировки вызывает у зрителя в большинстве случаев мажорное настроение. На территории размещены деревья и кустарники, посаженные группами в строгом равномерном ритме. Этот прием усиливает архитектурные свойства, повышая художественные достоинства пейзажа и, как следствие, усиливает впечатление от него.

Санаторий «Углянец» расположен в восточной части Воронежского заповедника на берегу р. Усмань. Он находится в 50 км от г. Воронежа в с. Углянец. Площадь парковой зоны составляет 33,50 га. При исследовании территории санатория была поделена на 5 пробных участков. Преобладающие породы – лиственные. При обследовании видового состава насаждений санатория «Углянец» выявлено, что клен занимает 43,6 % площадей. Высокие декоративные качества, теневыносливость, долговечность и морозоустойчивость сделали его незаменимым в озеленении. Парк санатория «Углянец» представляет собой гармоничное сочетание микроструктур паркового и лесного типов ландшафта. Для парка характерны тень, прохлада, большое количество птиц, преобладание зеленого цвета, в лесопарковой части более однообразный ассортимент растительности. Все это создает щадящую среду. Аллеи парка широкие и протяженные, движение отдыхающего становится более свободным, благодаря ассиметричной компоновке он получает возможность исследовать и открывать в ландшафте то, что красиво, привлекательно и полезно. Это успокаивает и расслабляет. Все перечисленные композиционные особенности в большинстве случаев влияют

Таблица 3

Сводная ведомость перечета и результатов оценки состояния деревьев в санатории им. А.Д. Цюрупы

Порода	Возраст	Состояние	Тип посадки	Количество, шт.	Процент от общего числа деревьев
Береза	В	1	Группа	37	0,8
Ель	В	1	Группы	60	1,3
Тополь	В	2	Массив	398	8,3
Клен	В	2	«	442	9,3
Яблоня, груша	В	1	Рядовая	50	1,0
Липа	В	2	Массив, аллея	807	16,9
Ясень	В	2	Массив	482	10,1
Дуб	В	2	«	578	12,1

Вяз	В	2	«	1404	29,4
Сосна	В	1	«	328	6,9
Ольха	В	2, 3	«	165	3,5
Ива	В	2	Группа	23	0,4
Итого	–	–	–	4774	100,0

на человека успокаивающе. Естественно, не все части парка оказывают одинаково успокаивающее действие. Часть лесопарковой территории, в которой располагаются пруды, тонизирует отдыхающего или вызывает нейтральное настроение в зависимости от преобладания тех или иных факторов.

Санаторий им. А.Д. Цюрупы (табл. 3) относится к высшей категории. Находится в 110 км от г. Воронежа и в 25 км от ст. Лиски Юго-Восточной ж. д. Площадь существующей застройки санатория вместе с лесопарковой частью имеет форму неправильного многоугольника и составляет 49,63 га.

Из данных перечета и ландшафтной таксации следует, что основу парковых насаждений санатория им. Цюрупы составляют лиственные породы и лишь незначительную часть – хвойные. Композиция парка санатория представляет собой микроструктуру регулярного типа. Применяется геометрическая планировка стриженных растений. Чувствуется некоторая стесненность пространств из-за разросшихся деревьев и кустарников. Лесопарк имеет микроструктуру ландшафтной планировки на равнинной территории с большими полянами на спокойном мягком рельефе. Главная аллея спускается к р. Икорец. На плане хорошо просматриваются основные планировочные элементы парка. Интересно оформлен парадный вход в санаторий. Ансамбль гармонично сочетает входную арку и пару круглых беседок. Прямолинейная аллея, созданная преимущественно на равнинном участке, открывает вид на лечебно-диагностический корпус. Архитектурные объемы, оформляющие вход в парк, акцентируют перспективу вдоль ее центральной оси. Парадный вход в здание открыт со стороны двора и оформлен

Таблица 4

Эстетическое состояние (5) древесных насаждений санаториев Воронежской области

Санаторий	Высоко эстетично	Эстетично	Обратимо (временно) неэстетично	Необратимо неэстетично	Итого
Им. Горького	21	70	9	–	100
Им. Ф.Э. Дзержинского	5	62	30	3	100
«Углянец»	–	55	39	6	100
Им. А.Д. Цюрупы	–	62	34	4	100

плотными посадками обыкновенной и голубой ели, что вносит некоторую строгость и благородство в общий вид территории. Дальнейшее развитие аллея получает тремя параллельными дорогами, направленными в сторону р. Икорец. По одной из них можно выйти к спортивной и детской площад-

кам. Законченность ландшафтной организации территории придает пруд, к которому ведет липовая аллея. Композиционный центр парка организует система жилых корпусов, площадок и дорог. Парк не может восприниматься сразу со всех точек одновременно.

Эстетичность пейзажа зависит от времени суток, погоды, сезона года.

Для оценки эстетичности насаждений (табл. 4) нами была использована шкала В.А. Фроловой. Эстетическое воздействие ландшафта базируется на закономерностях восприятия человеком отдельных составляющих и характеристик (цвет, пространство по размеру и форме, форма крон деревьев, комплекс факторов): а) тип ландшафта по Л. Рубцову; по В.К. Теплякову, Л.М. Фурсовой, В.А. Агальцовой [3]; б) тип микроструктуры.

Объемно-пространственная структура санаториев Воронежской области очень разнообразна, пространственное построение всех типов зеленых устройств определялось характером взаимосвязи и размещением их основных элементов – массивов, отдельных деревьев, групп, полей, лужаек, цветников, водоемов, дорог и рельефа. Этими взаимосвязями и характером размещения основных элементов определяется тип планировки территории санатория (табл. 5).

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Видовой состав насаждений санаториев Воронежской области представлен следующими породами: хвойные – туя западная, ель обыкновенная, биота восточная, сосна веймутова, сосна обыкновенная; лиственные – береза повислая, тополь пирамидальный, клен остролистный, дуб черешчатый, липа мелколистная, ясень обыкновенный.

2. По возрастной структуре большинство насаждений санаториев относятся к полностью сформировавшимся растениям нормальной для вида величины (группа В).

3. По категории состояния обследованные насаждения оценены на «хорошо» и «удовлетворительно».

4. По категории состояния обследованные насаждения оценены на «хорошо» и «удовлетворительно».

5. Для обеспечения эстетической выразительности и комфортности территорий санаториев (отдельных участков) следует формировать оптимальное соотношение открытых, полукрытых, закрытых пространств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Боечко И., Стешинский И.* Курорты Центрального Черноземья. – Воронеж: Центр.-Черноземн. кн. изд-во, 1968. – 258 с.
2. *Кругляк В.В., Гурьева Е.И.* Зональные особенности паркостроения. Ч. 1. Санаторий им. Ф.Э. Дзержинского: учеб. пособие. – Воронеж: ВГЛТА, 2004. – 64 с.
3. Лесопатологический справочник: учеб. пособие для практ. занятий студентов лесн. ф-та. – М.: МЛТИ, 1991. – 155 с.
4. *Тарасенко М.А.* Санаторий им. Ф.Э. Дзержинского. – Воронеж, 2004. – 176 с.

E.I. Gurieva

Characteristic of Stands Composition and State-of-the-art of Sanatoria in the Voronezh Region

The stand composition of sanatoria in the Voronezh Region is investigated. The inventory of stands is carried out to analyze the spatial organisation of the sanatorium park.

Keywords: sanatorium, planting of greenery, stands, assortment.

Таблица 5

Анализ планировочного решения парков

Санаторий	Профиль	Вместимость, чел.	Соотношение площадей санатория и парка, га	Планировка	Характер рельефа	Наличие водных устройств	Основной дендрологический состав насаждений
Имени Горького	Многопрофильный (кардиологический)	500	$\frac{18,00}{-}$	Регулярная	Склон различной крутизны	Водохранилище	Посадки из местных и экзотических пород
Имени Ф.Э. Дзержинского	Многопрофильный (заболевания системы кровообращения и органов пищеварения)	430	$\frac{17,40}{5,45}$	Смешанная (ландшафтная и регулярная с преобладанием ландшафтной)	Равнинный	Фонтаны	Большого разнообразия не наблюдается, но имеются интересные экзоты
«Углянец»	Многопрофильный (заболевания сердечно-сосудистые и органов пищеварения)	250	$\frac{33,50}{16,30}$	Смешанная	«	Пруды	Преобладают местные породы
Имени А.Д. Цюрупы	Многопрофильный (желудочно-кишечные заболевания)	700	$\frac{49,63}{28,00}$	Регулярная	Склон различной крутизны	р. Икорец	Богатый ассортимент (около 70 пород)

УДК 630*27

М.В. Кочергина, М.В. Пожидаева

Кочергина Марина Владимировна родилась в 1975 г., окончила в 1997 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат биологических наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства ВГЛТА. Имеет более 40 печатных работ в области озеленения населенных мест.
E-mail: sezimarin@yandex.ru



Пожидаева Марьяна Викторовна родилась в 1978 г., окончила в 2002 г. Воронежский государственный университет, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории Военного авиационного инженерного университета. Имеет 10 печатных работ в области экологической безопасности, рекреационных потенциалов военных объектов, геоэкологических исследований рекреационных территорий.

Тел.: 8-920-211-31-81

**К ПРОБЛЕМЕ РАСШИРЕНИЯ АССОРТИМЕНТА ДЕКОРАТИВНЫХ КУСТАРНИКОВ НА ОБЪЕКТАХ ОЗЕЛЕНЕНИЯ Г. ВОРОНЕЖА**

Изучены фитонцидные свойства видов рода *Spirae* L.; рассмотрены особенности вегетационной динамики фитонцидности; проведен сравнительный анализ фитонцидной активности листьев и цветков растений.

Ключевые слова: озеленение, декоративные кустарники, фитонцидная активность, тест-культура, вегетационная динамика, группы и категории фитонцидности.

Важную роль при формировании садово-парковых пейзажей наряду с древесными видами играют кустарники. Они позволяют быстро оформить озеленяемый участок и повышают его декоративные и санитарно-гигиенические показатели.

Анализируя ассортимент кустарников на объектах озеленения г. Воронежа, можно отметить его ограниченность и однообразие. Преобладающими видами являются карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus* Schlecht), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), ирга круглолистная (*Amelanchier ovalis* Med.). Многие из них имеют невысокие баллы эстетической оценки и находятся в ослабленном состоянии. Поэтому актуальность настоящей работы обусловлена необходимостью расширения ассортимента растений на объектах озеленения г. Воронежа. При этом практический интерес представляют декоративные виды растений, устойчивые к городским условиям и обладающие в достаточной степени санитарно-гигиеническими свойствами, т. е. способные качественно улучшать окружающую среду.

К факторам оптимизации окружающей среды относится способность растений выделять фитонциды, которые, являясь биологически активными веществами, обладают бактерицидными, протистоцидными и фунгицидными свойствами, насыщают воздух легкими отрицательными ионами и выводят из атмосферы газообразные токсиканты [1, 3].

Цель работы – изучить фитонцидные свойства видов рода *Spiraea* L. и проанализировать возможность их использования в озеленении г. Воронежа.

Фитонцидную активность определяли по степени угнетения тест-культуры (*Staphylococcus aureus* 209 p.) и выражали в процентах [3].

Объектами исследований являлись экземпляры 9 видов и 2 гибридов спирей различного географического происхождения, произрастающие в дендрарии Воронежской государственной лесотехнической академии (ВГЛТА) и ботаническом саду Воронежского государственного университета (ВГУ).

Род *Spiraea* L. относится к семейству *Rosaceae* и содержит более 90 видов. Ценность спирей заключается в высокой декоративности и долговечности. Виды характеризуются большим разнообразием по величине и габитусу кустов, окраске цветков, форме и расположению соцветий, срокам цветения. Большинство видов спирей светолюбивы, не требовательны к почве, быстро растут, хорошо переносят городские условия, газоустойчивы, морозостойки и достигают желаемого декоративного эффекта уже в первые два-три года.

По времени цветения спиреи подразделяют на две группы – весенне- и летнецветущие. Среди весеннецветущих видов изучали спиреи среднюю, дубравколистую, Вангутта и березолистную. У растений этой группы цветочные почки закладываются на побегах прошлого года, цветки имеют белую окраску.

Вегетационная динамика фитонцидной активности видов рода *Spiraea* L.

Вид	Фитонцидная активность, %						
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Средняя
<i>S. media</i>	40	48	54	63	70	54	55
<i>S. chamaedryfolia</i>	30	57	68	60	48	38	50
<i>S. betulifolia</i>	22	25	37	54	61	57	43
<i>S. × vanhouttei</i>	48	63	94	92	72	51	70
<i>S. trilobata</i>	46	37	49	54	58	50	49
<i>S. nipponica</i>	13	16	28	38	22	15	22
<i>S. salicifolia</i>	73	70	64	62	68	64	67
<i>S. Menziesii</i>	80	84	80	82	62	54	74
<i>S. × bumalda</i>	85	87	90	94	83	63	84
<i>S. japonica</i>	94	87	64	62	65	60	72
<i>S. alba</i>	83	72	55	55	54	61	63

Вторая группа растений представлена спиреями трехлопастной, ниппонской, иволистной, белой, Мензиса, Бумальда и японской. Цветение происходит на побегах текущего года, а цветки имеют розовую, красную и малиновую окраску, исключение составляет спирея белая.

Изменение фитонцидности с мая по октябрь листьев изучаемых кустарников, а также средняя за вегетационный период активность летучих выделений приведены в таблице.

Спирея средняя – *Spiraea media* Fr. Schmidt. Родина – северо-восточная часть России, юг Сибири, Дальний Восток. Цветет в мае около 20 дн. Цветки белые, в щитковидных соцветиях, расположенных по всей длине побега.

Фитонцидность листьев в среднем за вегетационный период составляет 55 %, что указывает на невысокую активность данного вида в отношении тест-культуры. Максимальные значения фитонцидности (70 %) отмечены в сентябре, т. е. спирея средняя относится к категории растений с осенним типом фитонцидной активности. Летучие выделения цветков также проявляют невысокую активность в отношении золотистого стафилококка, угнетая его развитие на 42 %. В этот же период (май) фитонцидная активность листьев составляла 40 %.

Спирея дубравколистная – *Spiraea chamaedryfolia* L. Естественно произрастает в Северо-Восточной Азии, Средней и Юго-Восточной Европе. В условиях дендрария ВГЛТА цветение начинается во второй декаде мая и продолжается около 15 дн. Цветки белые, до 1,5 см в диаметре, собраны в полушаровидные соцветия.

Как и у предыдущего вида, фитонцидные свойства в течение вегетации претерпевают существенные изменения. Наиболее ярко они выражены в июле, когда под воздействием летучих выделений ее листьев отмечено угнетение роста тест-культуры на 68 %. В среднем за вегетационный период фитонцидная активность составляет 50 %. Во время цветения, в мае, была изучена фитонцидность цветков. Максимальная активность наблюдалась во второй декаде мая, когда под воздействием фитонцидов, выделяемых цветками, развитие тест-организма снижалось на 36 %.

Спирея березолистная – *Spiraea betulifolia* Pall. Естественно распространена на Дальнем Востоке, в Китае и Японии. В ботаническом саду цветет с середины мая до конца июня. Цветки белые или слегка розовые, соцветия – щитковидные метелки.

Особенностью вегетационной динамики фитонцидной активности является ее постепенное увеличение вплоть до появления осенней окраски листьев и прекращения вегетации. Максимально активны в отношении золотистого стафилококка фитонциды, выделяемые листьями в сентябре, когда они сдерживали развитие микробных колоний на 61 %. Наименьшее значение фитонцидности листьев (22 %) отмечено в период цветения, во второй декаде мая. Однако активность цветков, определенная в тот же период, оказалась выше на 12 %.

Спирея Вангутта – *Spiraea vanhouttei* (Briot) Zab. Гибрид спиреи кантонской и спиреи трехлопастной (*S. cantoniensis* x *S. trilobata*). Цветки чисто-белые, собраны в густые многочисленные полушаровидные соцветия, густо покрывающие весь побег. В дендрарии цветение начинается в последней декаде мая и продолжается около 20 дн.

Наиболее сильные фитонцидные свойства у данного вида отмечены в июле и августе, когда под воздействием летучих выделений листьев наблюдалось снижение развития тест-культуры на 94 и 92 % соответственно. В среднем за вегетацию фитонцидная активность составляет 70 %. Цвет-

ки, по сравнению с листьями, выделяют фитонциды, активность которых заметно ниже: в конце мая – 20 %, а начале июня – 32 %.

Спирея трехлопастная – *Spiraea trilobata* L. Распространена в Сибири, Средней Азии, Китае и Корее. Цветки белые, собраны в многоцветковые выпуклые зонтики, или щитки. В условиях Центрального Черноземья цветет в июне.

Фитонцидная активность молодых листьев составляет 46 %. В июне, во время цветения, она понижается до 37 %. Летучие выделения цветков в этот же период более активны – угнетают развитие микробных колоний на 47 %. После окончания цветения фитонцидные свойства листьев увеличиваются, максимальное угнетение тест-организма (58 %) отмечено в сентябре. Фитонцидность расцвеченной листы (октябрь) составляет 50 % (см. таблицу).

Спирея nipпонская – *Spiraea nipponica* Maxim. Естественно произрастает в Японии. В условиях дендрария Воронежской государственной лесотехнической академии зацветает в середине июня и цветет 25 дней. Бутоны пурпуровые, цветки желтовато-зеленые в щитковидных соцветиях, густо покрывающих побеги.

Средняя за вегетацию фитонцидность составляет 22 %, что значительно меньше, чем у рассмотренных ранее видов. Вегетационная динамика характеризуется летним максимумом активности, приходящимся на август. В этот период под воздействием летучих выделений листьев развитие тест-культуры снижается на 38 %. Во время цветения (конец июня) фитонцидная активность листьев и цветков составляет 16 и 18 % соответственно.

Спирея иволистная – *Spiraea salicifolia* L. Естественный ареал широкий – Европа, Сибирь, Дальний Восток, Китай, Корея, Япония. Цветки розовые на коротких желтовато-опушенных цветоносах. Соцветия – цилиндрические или пирамидальные метелки до 15 см длиной. В условиях ботанического сада ВГУ цветет с конца июня до середины августа.

Максимальная фитонцидная активность (73 %) отмечена в мае. В период цветения она уменьшается и составляет 62...64 %. Приблизительно такой же уровень (64...65 %) характерен и для цветков спиреи иволистной.

Спирея Мензиса – *Spiraea Menziesii* Nook. Родина – Северная Америка. В условиях Центрального Черноземья цветет со второй декады июня до середины августа. Цветки розово-пурпурные, собраны в густые узкопирамидальные или конические метелки длиной до 25 см.

Кустарник имеет высокие фитонцидные свойства с мая по август, летучие выделения листьев в этот период угнетают развитие тест-культуры на 80...84 %. В конце вегетации фитонцидная активность снижается до 54 %. Наряду с листьями высокой фитонцидностью обладают цветки, под воздействием летучих выделений которых развитие *St. aureus 209 p.* достоверно снижается на 76...80 %.

Спирея Бумальда – *Spiraea bumalda* Burv. Гибрид между спиреей японской и спиреей белоцветковой (*S. japonica* x *S. albiflora*). В Центральном Черноземном регионе цветет практически все лето. Цветки розовые, собраны в метелки, развивающиеся на концах побегов текущего года.

Растение характеризуется очень высокой фитонцидной активностью практически в течение всего вегетационного периода. Снижение фитонцидности листьев отмечается с появлением осенней окраски. Выделения цветков проявили в отношении тест-культуры заметно меньшую активность в июне–августе: развитие микробных колоний снизилось на 12...13 %.

Спирея японская – *Spiraea japonica* L. Естественно произрастает в Японии и Китае. Цветет в июле–августе розово-красными цветками, собранными в щитковидно-метельчатые соцветия, завершающие однолетние побеги. Динамика фитонцидной активности имеет ярко выраженный весенний максимум – в мае летучие выделения листьев данного вида угнетают развитие микробных колоний на 94 %. В течение лета происходит постепенный спад активности. Средняя за вегетационный период фитонцидная активность спиреи этого вида составляет 72 %. Цветки обладают меньшей фитонцидностью, чем листья. В июле они сдерживали развитие золотистого стафилококка на 43 %, в августе – на 40 %.

Спирея белая – *Spiraea alba* Du Roi. Родина – Северная Америка. В условиях дендрария ВГЛТА цветет с июля до сентября. Цветки белые, собраны в пирамидальные метелки длиной 6...15 см. Как и у предыдущего вида, максимальная активность фитонцидов (83 %) наблюдается в мае. В период цветения фитонцидность листьев уменьшается до 54...55 %. Кроме того, фитонциды, выделяемые цветками, менее активны, под их влиянием в июле–августе развитие тест-культуры снижалось на 18, а в сентябре – на 15 %.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы.

1. По уровню фитонцидной активности изученные виды и гибриды спирей весьма дифференцированы. Очень высокой фитонцидностью (84 %) обладает спирея Бумальда. Высокая фитонцидность обнаружена у спирей Вангутта (70 %), Мензиса (74 %), иволистной (67 %), японской (72 %) и белой (63 %). Самую низкую фитонцидную активность (22 %) имеет спирея ниппонская. Остальные 4 вида занимают промежуточное положение, их фитонцидная активность колеблется от 43 до 55 %.

2. Особенностью вегетационной динамики фитонцидности является наличие периода максимальной активности, который приходится на определенный этап вегетации. Наиболее четко летний максимум проявляется у спирей дубравколистной и Вангутта; осенний максимум имеют спиреи березолистная и трехлопастная; к видам с весенним максимумом относятся спиреи японская и белая. В случае остальных видов можно говорить лишь о тенденциях в проявлении максимальной активности в определенный срок вегетации.

3. Наряду с листьями фитонцидной активностью обладают и цветки кустарников, что повышает общий фитонцидный фон и способствует усилению антимикробного воздействия растений на элементы окружающей среды.

4. Высокие декоративные качества и устойчивость к условиям городской среды являются основанием для использования изученных видов рода *Spiraea* в озеленении г. Воронежа. Не менее важна их фитонцидность,

обуславливающая санитарно-гигиеническую значимость фитоценозов. Поэтому при создании и реконструкции объектов ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства необходимо учитывать уровень фитонцидной активности растений и особенности ее вегетационной динамики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Литвинова Л.И.* Роль летучих фитонцидов растений в очищении атмосферного воздуха от некоторых токсичных выбросов предприятий и автотранспорта // Гигиена и санитария. – 1982. – № 4. – С. 13–16.
2. *Пяткин К.Д., Кривошеин Ю.С.* Микробиология. – М.: Наука, 1980. – 512 с.
3. *Слепых В.В.* Природные и антропогенные факторы и фитонцидная активность древесных пород // Лесн. хоз-во. – 2004. – № 6. – С. 17–19.

M.V. Kochergina, M.V. Pozhidaeva

On Extension of Ornamental Bushes Assortment in Voronezh Gardening Objects

The phytoncid features of Spirae L. species are studied; the peculiarities of vegetative dynamics of phytoncid ability are considered; the comparative analysis of phytoncid activity of leaves and plant flowers is carried out.

Keywords: landscape gardening, ornamental bushes, phytoncid activity, test-culture, vegetative dynamics, groups and categories of phytoncid ability.

УДК 630*181:630*173/.174

Ю.В. Чекменева, В.Т. Попова, В.Д. Дорофеева

Чекменева Юлия Владимировна родилась в 1977 г., окончила в 1999 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, ассистент кафедры ботаники и физиологии растений ВГЛТА. Имеет около 10 печатных работ в области биологии семеношения хвойных пород.
Тел.: 8(4732) 53-73-88



Попова Валентина Трофимовна родилась в 1949 г., окончила в 1971 г. Воронежский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой ботаники и физиологии растений ВГЛТА. Имеет более 100 печатных работ в области экологической анатомии и физиологии.
Тел.: 8(4732) 53-73-88



Дорофеева Валентина Дмитриевна родилась в 1951 г., окончила в 1973 г. Воронежский государственный лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений ВГЛТА. Имеет более 40 печатных работ в области интродукции древесных растений.
Тел.: 8(4732) 53-73-88



**ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
НА СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ И СЕМЕНОШЕНИЕ ПСЕВДОТСУГИ
МЕНЗИСА (*PSEUDOTSUGA MENZIESII*, VAR. *VIRIDIS*)
РАЗЛИЧНЫХ ПОЛОВЫХ ТИПОВ**

Установлена половая изменчивость структурных признаков шишек и микростробиллов особей псевдотсуги Мензиса, ф. зеленой по степени адаптации к воздействию выбросов автотранспорта.

Ключевые слова: псевдотсуга Мензиса, ф. зеленая, половые типы, фенология, Воронеж, автотранспортное загрязнение, семеношение, изменчивость микроструктурных признаков, шишки, микростробиллы, анатомия.

В настоящее время постоянно растет уровень техногенного загрязнения окружающей среды. Для улучшения санитарно-гигиенических условий используют древесные породы, устойчивые к загрязняющим выбросам, хорошо семеносящие. Хвойные породы ценятся декоративностью и фитонцидностью. Псевдотсуга Мензиса, ф. зеленая (*Pseudotsuga Menziesii*, var. *viridis*) является интродуцентом из провинции Скалистых гор США. В условиях г. Воронежа данная древесная порода проходит полный цикл развития – «пылит» и образует семена. Эта форма устойчива к загазованности и задымленности, поэтому ее рекомендуется вводить в парки и лесопарки города.

Высшая степень жизнеспособности проявляется в способности растений производить потомство, поддающееся изменчивости (способное к адаптации) при вариации внешних условий. Таким образом, индикатором биологической устойчивости к техногенному и антропогенному воздействиям является семеношение древесной породы [6, 9].

Цель нашего исследования – выявление биологических особенностей фенологического развития деревьев псевдотсуги Мензиса, ф. зеленой различных половых типов в зависимости от автотранспортного загрязнения, а также выделение по характеру семеношения особей, биологически устойчивых к техногенным воздействиям городской среды.

Весь ход развития организма определяет сексуализация, которая имеет высокую генетическую обусловленность. Она отражает физиологическую разнокачественность мужских и женских особей и способствует эффективному осуществлению полового процесса, обуславливающего плодородие [7].

Объекты и методы исследований

Исследуемый вид произрастает в Центральном районе г. Воронежа, в зоне интенсивного движения автотранспорта, и находится под постоянным воздействием его выхлопов [2]. Центральный район традиционно считается местом сосредоточения административных зданий и жилой застройки и не имеет существенных источников индивидуального загрязнения атмосферы (крупные промышленные предприятия, крупные котельные и др.). По данным [2], зоной наибольшего промышленного загрязнения является Левобережный район города, что в первую очередь обусловлено розой ветров.

Рядовая посадка псевдотсуги Мензиса 22–29-летнего возраста находится вдоль автодороги. Почвы – светло-серые лесные супесчаные. Рельеф слабоволнистый. Посадочный материал из коллекции ЛОСС (Становлянский район Липецкой области).

Контрольные насаждения псевдотсуги Мензиса произрастают в центральной части Семилукского питомника, в 30 км от г. Воронежа. Они представлены искусственными посадками 28-летнего возраста с размещением деревьев 4×1,5 м. Участок ограничен с юга и северо-запада другими хвойными породами, с востока – дубом черешчатым. Количество деревьев в опыте и контроле – по 25 шт. С каждого дерева отбирали по 20 шишек.

По формуле оценки концентрации окиси углерода в городе было рассчитано загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей [10]. Отмечено превышение нормы более чем в 2–11 раз при ПДК по окиси углерода 5 мг/м³.

Половой тип дерева определяли по соотношению количества микро- и макростробилов. При резком преобладании микростробилов дерево относится к мужскому типу, при умеренном – к смешанному [5, 8]. Фенологические наблюдения проводились согласно методике [1].

Для выявления степени влияния выбросов автотранспорта на репродуктивную функцию изучали морфометрические показатели шишек и семян. Учет урожая осуществляли по методике А.А. Корчагина [3], массу 1000 шт. семян определяли по ГОСТ 13056.4 – 75. Собранные семена проращивали в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ 13056.6–75. Жизнеспособность

пыльцы определяли окрашиванием в йодистом калии с выявлением крахмала [10]. Анатомическое исследование проводили на поперечных срезах, изготовленных на санном микротоме, по общепринятой методике. Изменчивость биометрических и количественных показателей устанавливали в соответствии со шкалой С.А. Мамаева [4].

Результаты исследований

Деревья псевдотсуги Мензиса обладают различными феноритмами: ранним, нормальным и поздним. В контроле наблюдаемые одноименные фенофазы появляются примерно на декаду позже. Это объясняется различным микроклиматом в городе и питомнике. Погодичная изменчивость фенодат сезонного развития вегетативной и генеративной сфер невелика (до $\pm 2...6$ сут по отношению к средней фенодате).

Макростробилы закладываются у деревьев мужского типа в верхнем ярусе кроны, у смешанного и женского – в верхнем и среднем ярусах, а в высокоурожайные годы – по всей кроне. За период цветения женский стробил проходит шесть фаз: прижатой почки, стоячей почки, бутона (B_{1-4}), открытой шишки ($OШ_{1-6}$), приоткрытой шишки ($ПЗШ_{1-2}$), закрытой шишки ($ЗШ$). Рецептивными у псевдотсуги Мензиса являются женские стробилы в фазах B_4 – $OШ_{1-6}$ – $ПЗШ_1$. Продолжительность каждой из фаз и «цветения» в целом зависит от погодных условий текущего года, в среднем продолжается 5–7 дней.

Как у контрольных, так и у опытных деревьев одноименных типов динамика развития макростробилов и период массового пыления примерно одинаковы, что свидетельствует о сохранении в условиях техногенного воздействия специфики выделенных биоформ. Однако в городской среде отмечается более раннее прохождение фенофаз у всех особей разного полового типа на период от 7 до 11 дней.

Дифференциация в насаждении особей по фенологическому развитию генеративных органов, где деревья смешанного типа представлены ранней формой, женского – ранней, нормальной и поздней, мужского – нормальной и поздней, способствует эффективному опылению на разных стадиях развития макростробилов, обеспечивая образование полнозернистых семян.

Семеношение. У женских особей соотношение генеративных органов варьирует от 4:1 до 25:1, у смешанных – от 30:1 до 70:1, у мужских – от 80:1 до 130:1. Наиболее низкий половой индекс отмечается у всех деревьев в годы пониженного образования урожая. В многолетнем цикле особи сохраняют свою принадлежность к определенному типу, что свидетельствует о высокой генотипической обусловленности половых форм. Наибольший урожай шишек формируется на деревьях женского типа (1100...13421 шт. – в опыте, 150...2600 шт. – в контроле), наименьший – на деревьях мужского типа (соответственно 30...300 и 60...1550 шт.). Промежуточное положение занимают деревья смешанного типа: 100...1900 шт. – в городе, 250...3000 шт. – в питомнике.

Нормально развитые семена образуются в фертильной зоне шишки. В среднем в шишке содержится 35...54 шт. семян. В 2003 г. выход семян от потенциально возможного в среднем в опыте составлял 59,8 %, в контроле он был выше – 66,1 %. В 2004 г. это показатель намного снизился (у опытных деревьев – до 16 %, у контрольных – до 27 %), что связано с неблагоприятной погодой во время пыления. Выход полнозернистых семян от потенциально возможных, фактическое их количество и общее число всех семян сильно зависят от влияния внешних факторов, обуславливающих эффективное опыление.

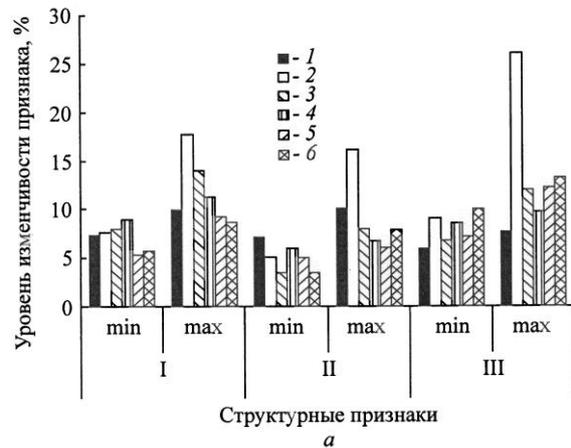
Для опытных деревьев длина шишек у особей женского типа составляет 3,9...5,7 см, у мужского – 5,0...6,0 см, у смешанного – 6,1...6,3 см, в питомнике она изменяется от 5,2 до 5,5 см. Ширина шишек не зависит от условий произрастания и равняется 3,0...3,7 см. В условиях техногенного воздействия, по сравнению с контролем, сильнее повышается уровень эндогенной изменчивости структурных признаков шишек у особей женской сексуализации. Варьирование длины и ширины шишек возрастает от низкого до среднего уровня (уровень изменчивости признака $CV = 7...10\%$ – в контроле, $8...18\%$ – в опыте); количества семенных чешуй – от низкого до повышенного (соответственно $6...8$ и $9...26\%$); количества полных семян – от среднего до очень высокого (соответственно $13...77$ и $77...84\%$). Несколько слабее повышается изменчивость изучаемых признаков у отдельных деревьев смешанного полового типа: количество потенциально развитых семян – от среднего до очень высокого ($CV = 18...38\%$ – контроль, $24...106\%$ – опыт), общее количество семян в шишках – от среднего до повышенного (соответственно $12...19$ и $15...32\%$). Наиболее стабильны при техногенном загрязнении женские репродуктивные органы у особей мужского типа (см. рисунок).

Длина и ширина шишек, количество семенных чешуй варьируют на одинаково низком уровне и в опыте, и в контроле ($CV = 6...11\%$).

Выход полнозернистых семян от потенциально возможного и фактическое количество полных семян изменяются на среднем–высоком уровне ($CV = 16...60\%$); общее количество семян – на низком–повышенном уровне ($8...15\%$ – контроль, $10...25\%$ – опыт); масса 1000 шт. семян – на низком–среднем уровне ($12...15\%$).

На варибельность морфометрических признаков шишек влияет величина урожая: чем больше урожай шишек на дереве, тем ниже уровень изменчивости. Данная закономерность хорошо прослеживается у контрольных деревьев с признаками, находящимися под сильным генетическим контролем: длина и ширина шишек, количество развитых и неразвитых семенных чешуй, их общее количество, количество потенциально развитых семян, масса 1000 шт. семян. Варьирование структурных признаков шишек и семян выше в опыте, чем в контроле. Предполагается, что повышение варибельности изучаемых признаков в условиях городской среды связано с техногенным воздействием. Оно сильнее влияет на особи женского и смешанного типов, слабее – на деревья мужского типа.

Изменчивость структурных признаков шишек и семян деревьев псевдотсуги Мензиса различных половых типов: I – длина шишек, см; II – ширина шишек, см; III – количество семенных чешуй, шт.; IV – выход полных семян от потенциально возможного, %; V – количество полнозернистых семян, шт.; VI – всего семян, шт.; VII – масса 1000 шт. семян, г; 1, 2 – женские особи; 3, 4 – мужские особи; 5, 6 – смешанные особи; 1, 3, 5 – контроль; 2, 4, 6 – опыт



Масса 1000 шт. семян не зависит от полового типа дерева и местонахождения объекта. Данный признак высоко индивидуально и функционально обусловлен. Вариабельность этого признака у деревьев разного полового типа соответствует контролю и имеет низкий–средний уровень ($CV = 11 \dots 18 \%$). Масса семян в опыте у деревьев женской, мужской и смешанной сексуализации составляет 9,5; 10,4 и 7,5 г, в питомнике – соответственно 9,8; 11,5 и 9,9 г. Всхожесть семян в большей степени зависит от массы, чем от полового типа. В питомнике у особей различной сексуализации всхожесть составила 13,0...83,0 %, в опыте – всего 6,0...48,5 %. Это обусловлено как самоопылением (пыльца у псевдотсуги слаболетучая, без воздушных мешков), так и негативным влиянием выбросов автотранспорта.

Пыльцевая продуктивность. В городских условиях жизнеспособность пыльцы достоверно выше у особей мужского типа и составляет 84,0 %; у деревьев женского и смешанного типов – соответственно 59,0 и 72,6 % (критерий достоверности $t_{\text{фак}} = 2,33 \dots 5,12 > t_{st} = 2,0$ при $P = 0,95$). Различие по этому признаку между деревьями женского и смешанного типов также достоверно ($t_{\text{фак}} = 3,42 > t_{st} = 2,0$ при $P = 0,95$). Таким образом, наибольшей

жизнеспособностью отличается пыльца деревьев мужского и смешанного типов, самой низкой – женского типа. Данные закономерности отмечены и у других пород [8].

В питомнике качество пыльцы выше у особей смешанного типа и составляет 89,8 % ($t_{\text{фак}} = 3,9 \dots 4,87 > t_{st} = 2,0$ при $P = 0,95$), у деревьев мужского и женского типов соответственно 64,3 и 59,3 % ($t_{\text{фак}} = 1,18 < t_{st} = 2,0$ при $P = 0,95$). Предположительно это связано с различными условиями произрастания и индивидуальными особенностями адаптации растительного организма к условиям окружающей среды.

Жизнеспособность пыльцы у особей женского типа в опыте и контроле одинакова (58,9 и 59,3 %). У дерева мужского типа она достоверно выше в условиях опыта (84,0 %), чем в контроле (64,3 %) ($t_{\text{фак}} = 3,81 > t_{st} = 2,0$ при $P = 0,95$) (табл. 1, 2). Это свидетельствует об устойчивости мужской генеративной сферы у деревьев этих половых типов в условиях автотранспортного загрязнения. У особей смешанного типа, наоборот, жизнеспособность пыльцы выше в контроле (89,8 %), а в опыте – ниже (72,6 %), ($t_{\text{фак}} = 2,72 > t_{st} = 2,0$ при $P = 0,95$), хотя абсолютные показатели их выше, чем у деревьев женского типа в условиях города.

Возможно, на снижение жизнеспособности пыльцы у деревьев смешанного типа в опыте повлияло техногенное загрязнение, которое отразилось на увеличении уровня изменчивости данного признака: ($CV = 17,7\%$). У особей мужского типа коэффициент вариации очень низкий (3,3 %), что свидетельствует о их высокой устойчивости к техногенному воздействию. У особей женского типа продуцирование пыльцы не является основной биологической функцией, и ее вариабельность находится на низком уровне (9,0 %).

Таблица 1

Жизнеспособность пыльцы псевдотсуги Мензиса

Статистические показатели	Значение показателей для особей полового типа		
	женского	мужского	смешанного
$M \pm m$	58,9 \pm 1,9/59,3 \pm 2,3	84,0 \pm 1,4/64,3 \pm 2,8	72,6 \pm 4,5/89,8 \pm 4,3
$C, \%$	9,0/11,7	3,3/9,6	17,7/6,7

Примечание. Здесь и далее, в табл. 2, в числителе приведены данные опыта, в знаменателе – контроля.

Таблица 2

Критерий достоверности отличий по жизнеспособности пыльцы псевдотсуги Мензиса

Половой тип	Среднее арифметическое значение показателя	Фактический критерий $t_{\text{факт}}$	Стандартный критерий t_{st} при точности		
			0,95	0,99	0,999
Женский	58,9/59,3	0,12			
Мужской	84,0/64,3	3,81	2,0	2,7	3,7
Смешанный	72,6/89,8	2,72			

Таблица 3

Влияние автотранспортного загрязнения на морфолого-анатомические показатели хвои псевдотсуги Мензиса

Насаждение	Размеры хвои, мм			Число устьиц на 1 мм ² , шт.	Толщина, мкм	
	Длина	Ширина	Толщина		эпидермиса	кутикулы
Контрольное	3,24±0,03	1,5±0,06	0,76±0,01	43,1±0,8	18,5±0,7	3,8±0,02
Опытное	2,81±0,06	1,8±0,07	0,65±0,02	31,4±0,2	14,1±0,3	2,9±0,01

В городе максимальная длина пыльников характерна у особой мужского и смешанного типов (1,50...1,72 см), минимальная – у женского (1,20...1,40 см). Амплитуда варьирования линейных параметров пыльников у деревьев различных половых типов возрастает от низкого до среднего уровня ($CV = 11...17\%$) по сравнению с контрольным (4...12%). Достоверных различий по длине и ширине пыльников в контроле между деревьями различного полового типа не выявлено, что может быть связано с нарушением естественной индивидуальной изменчивости признака в условиях сильного затенения соседними деревьями.

Одновременно с изучением реакций репродуктивной деятельности на автотранспортное загрязнение нами проводились анатомические исследования хвои этих деревьев, так как важным показателем нормально развивающегося и функционирующего ассимиляционного аппарата является толщина и структура игловидного листа (табл. 3).

На поперечных микросрезках хвоя псевдотсуги имеет выпукловогнутую форму. В городской черте отмечено укорачивание хвои и уменьшение площади поверхности примерно на 15%. Общая толщина хвои в условиях загрязнения атмосферного воздуха сокращается от 763 до 651 мкм. При изучении числа устьиц на 1 мм² поверхности хвои в опытных насаждениях выявлено достоверное снижение этого показателя. Существенные различия наблюдались и в толщине эпидермиса, которая уменьшилась почти на 25% по сравнению с контролем. В условиях загрязнения воздуха толщина слоя кутикулы снижалась от 3,8 до 2,9 мкм.

Таким образом, в условиях автотранспортного загрязнения изменяется анатомическая структура хвои псевдотсуги, что, вероятно, свидетельствует о приспособлении растений к неблагоприятным условиям.

Проведенный анализ зеленых насаждений псевдотсуги Мензиса Центрального района г. Воронежа показал существенное нарушение ее жизненного цикла.

Выводы

1. У деревьев псевдотсуги Мензиса по характеру сезонного развития генеративных побегов выделены следующие фенологические формы: ранняя, нормальная и поздняя.

2. Дифференциация половых типов по фенологическому развитию в питомнике, где деревья смешанного типа представлены особями ранней формы, женского – ранней, нормальной и поздней, мужского – нормальной и поздней, обеспечивает эффективное опыление макростробилов на разных

стадиях их развития, гарантируя тем самым образование повышенного количества полнозернистых семян.

Наличие феноразнообразия у деревьев различного полового типа в условиях городской среды свидетельствует о сохранении биологической устойчивости генеративной сферы псевдотсуги Мензиса в условиях техногенного воздействия.

Качество семян хвойных пород в городе ниже контроля. Всхожесть в городе составляет 7...48 %, в контроле выше – 42...83 %.

3. В искусственно созданных популяциях в условиях техногенного загрязнения и за его пределами установлены закономерности эндогенной изменчивости структурных признаков шишек, семян и микростробиллов у особей различных половых типов псевдотсуги Мензиса.

Установлено, что наиболее устойчивы к техногенному воздействию деревья псевдотсуги Мензиса мужского и смешанного типов сексуализации. Среди них выявлены особи, продуцирующие высококачественную пыльцу. Их рекомендуется использовать для вегетативного размножения и в качестве опылителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булыгин Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями: Пособие по проведению учебно-науч. исследований по курсу дендрологии. – Л.: ЛТА, 1979. – 96 с.
2. Воронеж: Среда обитания и зоны экологического риска/С.А. Куролап [и др.]. – Воронеж: Изд-во «Истоки», 2010. – 207 с.
3. Корчагин А.А. Методы учета семеношения древесных пород и лесных сообществ//Полевая геоботаника. Т.2. – М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 41–162.
4. Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений. – Свердловск, 1975. – Вып. 94. – С. 3 – 14.
5. Некрасова Т.П. Биологические основы семеношения кедра сибирского. – Новосибирск: Наука, 1972. – 274 с.
6. Репродуктивные возможности растений в градиенте химического загрязнения среды / Т.В. Жуйкова [и др.] // Экология. – 2002. – № 6. – С. 432–437.
7. Титов Е.В. Платанционное лесовыращивание кедровых сосен: Учеб. пособие. – Воронеж: ВГЛТА, 2004. – 165 с.
8. Титов Е.В. Половые типы деревьев кедра сибирского // Лесоведение. – 1991. – № 4. – С. 64–70.
9. Третьякова И.Н., Бажина Е.В. Морфоструктура кроны и состояние генеративной сферы у пихты сибирской в нарушенных лесных экосистемах близ озера Байкал // Изв. РАН. Сер. Биология. – 1995. – № 6. – С. 685–692.
10. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие. – Воронеж: ВГЛТУ, 1997. – 305 с.
11. Фурст Г.Г. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей. – М.: Наука, 1979. – 155 с.

Yu.V. Chekmeneva, V.T. Popova, V.D. Dorofeeva

Influence of Anthropogenic Pollution on Seasonal Development and Seed-bearing Ability of Douglas Fir of Different Reproductive Type

The reproductive variability of structural characteristics of cones and microstrobils of Douglas fir specimen is established according to the adaptation degree to vehicular pollution effect.

Keywords: Douglas fir, reproductive types, phenology, Voronezh, vehicular pollution, seed-bearing ability, variability of microstructure characteristics, cones, microstrobila, anatomy.

УДК 630*24

А.Л. Мусиевский

ПРОГРАММА ФОРМИРОВАНИЯ ЭТАЛОННЫХ СЕМЕННЫХ ДУБРАВ ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОН

На основании данных многолетних исследований разработана программа формирования эталонных семенных дубовых насаждений Ia – III классов бонитета, включающая схему формирования целевого состава, модели высокопродуктивных дубрав, динамические модели и целевые программы формирования эталонных древостоев.

Ключевые слова: семенные дубравы, рубки ухода, модель формирования, целевой состав, динамические модели, эталонные древостои.

Одним из составных элементов сохранения и восстановления дубрав лесостепной и степной зон европейской части РФ может стать разработанная на основании многолетних исследований программа формирования эталонных семенных дубовых насаждений Ia – III классов бонитета [1–5]. Она включает: а) модель формирования целевого состава; б) модели формирования высокопродуктивных дубрав; в) динамические модели эталонных дубовых древостоев; г) целевые программы формирования эталонных древостоев.

Модель формирования целевого состава в дубравах европейской части России (табл. 1) составлена с учетом возраста начала рубок ухода и доли участия дуба в составе насаждений. Она получена на основе длительных наблюдений на стационарных пробных площадях и контроля за формированием насаждений, пройденных опытными и производственными рубками ухода. Содержание модели позволяет судить не только о целевом составе насаждений в различные возрастные периоды, но и управлять процессом его формирования при проведении рубок ухода. При этом необходимо учитывать, что рубки ухода в дубравах имеют свои специфические особенности. Так, уже в 1-й год после удаления материнского древостоя отдельные вырубку покрываются порослью второстепенных пород, заглушая созданные культуры или самосев дуба. Поэтому в ряде случаев осветления следует проводить уже на следующий год после посадки (посева) дуба с высокой интенсивностью, полностью удаляя осину, березу, иву, а также другие сопутствующие и подлесочные породы, создающие угрозу заглушения главной. Период повторяемости 1...3 года в свежих и влажных типах леса и 3...5 лет в сухих. В случае зарастания вырубку травянистой растительностью и с учетом возможного повреждения и усыхания молодых дубков при прополке мы рекомендуем в течение 3...5 лет 1-2 раза в год проводить opravку и так называемое индивидуальное «отаптывание» каждого сеянца (входа), заключающееся в подминании вокруг них травы. Мероприятие очень эффективно, экологично и легко выполнимо. Кроме того, осуществляется посадка на пень поврежденных и больных экземпляров дуба.

Таблица 1

Модель формирования дубрав целевого состава

Вариант формирования дубрав*	Доля участия дуба в составе насаждений, ед.				
	перед проведением рубок ухода	после проведения рубок ухода			
		Осветления	Прочистки	Прореживания	Проходные рубки
1	1...2	3...5	4...7	5...8	7...9
	3...4	5...7	6...8	7...9	8...10
	5...7	7...9	8...10	8...10	9...10
	8...10	10	10	10	10
2	1...2	–	3...5	5...6	6...8
	3...4	–	5...7	6...8	7...9
	5...7	–	6...8	7...9	8...10
	8...10	–	9...10	9...10	10
3	1...2	–	–	3...5	5...7
	3...4	–	–	5...7	6...8
	5...7	–	–	7...9	8...10
	8...10	–	–	10	10
4	1...2	–	–	–	3...4
	3...4	–	–	–	5...6
	5...7	–	–	–	7...9
	8...10	–	–	–	10

* Вариант 1 – проведены все четыре вида рубок ухода; 2 – без осветлений; 3 – без осветлений и прочисток; 4 – без осветлений, прочисток и прореживаний.

Начиная с 11 лет переходят к прочисткам, при которых полностью удаляются малоценные породы и изреживаются естественные спутники дуба – клен остролистный и липа мелколистная. Интенсивность рубок – до 40 %, период повторяемости – 3...5 лет. Так продолжается до 20 лет, пока не будет достигнуто устойчивое преобладание дуба в формируемом насаждении. В случае своевременного и качественного проведения осветлений и прочисток необходимость в прореживаниях порой отпадает.

Следующий вид ухода – проходная рубка, которую следует проводить в период 70...100 лет, когда большинство сопутствующих пород достигло возраста спелости и товарных размеров, с повышенной интенсивностью, не боясь снизить полноту до 0,6, а иногда и до 0,5. При этом в первую очередь в основном ярусе полностью вырубается ясень, береза и другие породы – прямые антогонисты дуба, оставляются отдельные деревья клена и липы, не создающие угрозы его заглушения. Данная рубка, помимо лесоводственного, должна давать и реальный экономический эффект, т. е. иметь коммерческую направленность.

На всех этапах формирования дубовых древостоев целевого состава следует придерживаться следующих принципов: 1) своевременные, качественные, интенсивные и по возможности более редкие ухода;

2) возможность вырубki сухостойных, а также нежизнеспособных (усыхание более 2/3 кроны) деревьев дуба с наличием стволовых гнилей и плодовых тел, являющихся источником инфекции для всего насаждения, экземпляров 4-й категории санитарного состояния; 3) минимальное механическое повреждение оставляемых сырорастущих деревьев дуба, при котором после проведения рубки допускается не более 5 % поврежденных экземпляров с площадью повреждения каждого, не превышающей размер спичечного коробка.

На следующем этапе была составлена модель формирования высокопродуктивных насаждений дуба [4], отражающая ход роста древостоев с полнотой I яруса более 0,9, нуждающихся в лесоводственном уходе. В основу ее легли данные многолетних исследований на постоянных пробных площадях, заложенных в Тульских засеках, Шиповой дубраве и Теллермановской роще [1, 3–5].

Однако данная модель оказалась в большей степени статической, отражающей таксационные показатели высокопродуктивных древостоев в различные возрастные периоды. В ней нет сведений о режиме хозяйственных мероприятий, что не позволяет проследить процесс формирования насаждений рубками ухода в динамике. Поэтому на основе модели высокопродуктивных древостоев и ранее разработанных нормативов рубок ухода [2] нами построена динамическая модель формирования эталонных по полноте и составу семенных дубрав лесостепной и степной зон (табл. 2), включающая в себя программу режимов рубок ухода. При ее компьютерном моделировании выравнивание средней высоты от возраста выполнялось с помощью функции Митчерлиха. Остальные таксационные показатели выравнены от средней высоты (метод ЦНИИЛХ). Указанные в динамических моделях таксационные показатели обеспечивают такую полноту древостоев, которая к моменту следующего приема рубок ухода достигает значений, предусмотренных нормативами, и даже величин, помещенных в модели высокопродуктивных насаждений. Во всех случаях после проведения рубок ухода таксационные показатели должны быть не ниже указанных в динамических моделях (табл. 2).

В основу составления целевых программ формирования эталонных семенных дубовых древостоев был также положен метод компьютерного моделирования, изложенный ранее. Приведенные в этих программах показатели обеспечивают оптимальную полноту и сомкнутость полога, создавая благоприятные условия для роста главной породы – дуба черешчатого (табл. 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаев В.А., Мусиевский А.Л., Есинов Н.В. Формирование дубрав в Шиповом лесу // Лесн. таксация и лесоустройство. – 2008. – № 2(40). – С. 94–97.
2. Мусиевский А.Л. Рубки ухода в дубравах лесостепной зоны // Лесн. журн. – 2009. – № 5. – С. 7–16. – (Изв. высш. учеб. заведений).

3. Мусиевский А.Л., Бугаев В.А., Лозовой А.Д. Стационарные исследования процесса формирования искусственных дубравных экосистем в условиях Тульских засек // Лесные стационарные исследования: методы, результаты, перспективы. – Тула, 2001. – С. 450–452.

4. Разработка систем мероприятий по ведению хозяйства в дубравах европейской части России, обеспечивающих повышение их устойчивости и долговечности: отчет о НИР (заключ.): тема ББ-04-06/40к. – Воронеж: ВГЛТА, 2008. – 392 с.

5. Сухов И.В., Мусиевский А.Л. Рост и формирование предварительных культур дуба при разных способах рубок в Воронежской области // Вестн. Цент.-Черноз. отд-ния наук о лесе АЕН. – Воронеж: ВГЛТА, 2002. – С. 106–112.

A.L Musievsky

Programme of Standard Seed Oak-forests Formation for Forest-steppe and Steppe Zones

Based on the long-term investigation data the programme of standard seed oak-forests formation of LQ-3-d class locality quality is elaborated. The programme comprises the plan of the target composition formation, models of highly productive oak forests, dynamic models and target programmes of standard stands formation.

Keywords: seed ok forests, thinning, formation model, target composition, dynamic models, standar stands.

Таблица 2

Динамическая модель формирования эталонных семенных дубрав лесостепной и степной зон

Возраст, лет	Число стволов, шт./га		Сумма площадей сечений, м ² /га		Запас, м ³ /га		Вырубленный запас		Сумма проме- жуточного пользования, м ³ /га	Общая продук- тивность, м ³ /га
	до рубки	после рубки	до рубки	после рубки	до рубки	после рубки	м ³ /га	%		
Класс бонитета Ia										
10	4543	2343	10,4	5,2	32	17	15	47	15	32
20	3327	1716	16,3	9,1	87	51	36	41	51	102
30	1884	1042	21,3	13,2	158	103	55	35	106	209
40	1124	692	25,2	16,4	229	156	73	32	179	335
50	737	509	28,5	19,1	303	213	90	30	269	482
60	530	383	31,0	21,4	367	265	102	28	371	636
70	407	307	33,1	23,5	427	317	110	26	481	798
80	330	254	34,7	25,3	478	365	113	24	594	959
90	281	225	36,0	27,0	522	408	114	22	708	1116
100	247	202	37,0	28,5	559	447	112	20	818	1265
110	223	185	37,8	29,5	590	480	110	19	923	1403
120	204	167	38,5	30,4	617	509	108	18	1021	1530
Класс бонитета I										
10	11941	5536	9,6	4,8	27	14	13	47	13	27
20	3958	1880	14,9	8,3	72	42	30	41	43	85
30	2031	1121	19,5	12,1	129	85	44	35	87	172
40	1272	859	23,4	15,2	191	130	61	32	148	278
50	901	622	26,6	17,8	253	178	75	30	223	401
60	674	488	29,2	20,2	309	224	85	28	308	532
70	529	398	31,4	22,3	362	269	93	26	401	670
80	429	334	33,2	24,2	409	308	101	24	502	810
90	358	287	34,6	26,0	447	350	97	22	599	949
100	305	248	35,8	27,6	481	385	96	20	695	1080
110	262	219	36,7	28,6	508	413	95	19	790	1203
120	231	189	37,5	29,6	532	438	94	18	884	1322

Окончание табл. 2

Возраст, лет	Число стволов, шт./га		Сумма площадей сечений, м ² /га		Запас, м ³ /га		Вырубленный запас		Сумма проме- жуточного пользования, м ³ /га	Общая продук- тивность, м ³ /га
	до рубки	после рубки	до рубки	после рубки	до рубки	после рубки	м ³ /га	%		
Класс бонитета II										
10	16497	7448	8,1	4,1	19	10	9	47	9	19
20	5319	2527	13,1	7,3	52	31	21	41	30	61
30	2691	1485	17,5	10,8	96	62	34	35	64	126
40	1614	1088	21,1	13,7	146	99	47	32	111	210
50	983	678	23,9	16,0	194	136	58	30	169	305
60	821	594	26,3	18,2	241	174	67	28	236	410
70	629	474	28,2	20,1	285	212	73	26	309	521
80	498	387	29,6	21,6	321	245	76	24	385	630
90	411	329	30,8	23,1	355	278	77	22	462	740
100	346	281	31,7	24,4	382	305	77	20	539	844
110	296	247	32,5	25,4	407	331	76	19	615	946
120	257	210	33,1	26,1	428	353	75	18	690	1043
Класс бонитета III										
10	22929	9474	7,2	3,6	14	7	7	47	7	14
20	9069	4109	11,4	6,4	37	22	15	41	22	44
30	4311	1094	15,2	9,4	69	45	24	35	46	91
40	2252	1332	18,4	12,0	106	72	34	32	80	152
50	1475	927	21,1	14,1	144	101	43	30	123	224
60	1035	712	23,2	16,0	180	130	50	28	173	303
70	781	544	25,0	17,7	215	160	55	26	228	388
80	608	438	26,4	19,2	247	189	58	24	286	475
90	492	377	27,5	20,6	274	214	60	22	346	560
100	409	318	28,5	22,0	299	239	60	20	406	645
110	346	275	29,2	22,8	319	260	59	19	465	725
120	299	234	29,8	23,5	338	279	59	18	524	803

Таблица 3

Целевые программы формирования эталонных семенных дубрав лесостепной и степной зон

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт./га	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Изменение запаса, м ³ /га в год		Общая продуктивность, м ³ /га	Прирост по общей продуктивности, м ³ /га в год		Отпад, м ³ /га в год
						текущего	среднего		текущий	средний	
Класс бонитета Ia											
10	4,8	4,8	5805	10,5	32	3,2	3,20	32	3,2	3,20	–
20	9,9	7,6	3595	16,3	87	5,5	4,35	110	7,8	5,50	23
30	14,5	11,9	1916	21,3	158	7,1	5,27	186	7,6	6,20	28
40	18,4	16,9	1124	25,2	230	7,2	5,75	262	7,6	6,55	32
50	21,8	22,2	734	28,4	303	7,3	6,06	337	7,5	6,74	34
60	24,6	27,3	530	31,0	368	6,5	6,13	404	6,7	6,73	36
70	27,0	32,2	405	33,0	428	6,0	6,11	464	6,0	6,63	36
80	29,0	36,7	328	34,7	481	5,3	6,01	518	5,4	6,48	37
90	30,6	40,4	281	36,0	524	4,3	5,82	562	4,4	6,24	38
100	31,9	43,6	248	37,0	561	3,7	5,61	599	3,7	5,99	38
110	33,0	46,5	223	37,8	591	3,0	5,37	629	3,0	5,72	38
120	33,9	48,9	205	38,5	617	2,6	5,14	655	2,6	5,46	38
Класс бонитета I											
10	4,0	3,6	9534	9,7	29	2,9	2,90	29	2,9	2,90	–
20	8,6	6,8	4077	14,8	73	4,4	3,65	92	6,3	4,60	19
30	12,7	10,8	2108	19,3	128	5,5	4,27	150	5,8	5,00	22
40	16,3	15,3	1268	23,3	190	6,2	4,75	216	6,6	5,40	26
50	19,3	19,6	882	26,6	250	6,0	5,00	278	6,2	5,56	28
60	21,8	23,6	672	29,4	306	5,6	5,10	336	5,8	5,60	30
70	23,9	27,3	542	31,7	358	5,2	5,11	389	5,3	5,56	31
80	25,7	30,7	455	33,7	406	4,8	5,08	439	5,0	5,49	33
90	27,1	33,5	401	35,3	447	4,1	4,97	480	4,1	5,33	33
100	28,3	36,0	360	36,6	482	3,5	4,82	515	3,5	5,15	33
110	29,2	37,9	333	37,6	508	2,6	4,62	541	2,6	4,92	33
120	30,0	39,7	311	38,5	534	2,6	4,45	567	2,6	4,73	33

Окончание табл. 3

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт./га	Сумма площадей сечений, м ² /га	Запас, м ³ /га	Изменение запаса, м ³ /га в год		Общая продуктивность, м ³ /га	Прирост по общей продуктивности, м ³ /га в год		Отпад, м ³ /га в год
						текущего	среднего		текущего	среднего	
Класс бонитета II											
10	3,1	2,5	17121	8,4	22	2,2	2,20	22	2,2	2,20	–
20	6,8	5,5	5475	13,0	54	3,2	2,70	68	4,6	3,40	14
30	10,3	9,1	2631	17,1	98	4,2	3,20	115	4,7	3,83	17
40	13,5	13,1	1544	20,8	144	4,8	3,60	163	4,8	4,08	19
50	16,2	16,9	1066	23,9	193	4,9	3,86	214	5,1	4,28	21
60	18,6	20,6	796	26,5	240	4,7	4,00	262	4,8	4,37	22
70	20,7	24,2	626	28,8	286	4,6	4,09	310	4,8	4,43	24
80	22,4	27,3	523	30,6	326	4,0	4,08	351	4,1	4,39	25
90	23,9	30,2	450	32,2	363	3,7	4,03	389	3,8	4,32	26
100	25,1	32,6	400	33,4	393	3,0	3,93	419	3,0	4,19	26
110	26,2	34,9	361	34,5	422	2,9	3,84	448	2,9	4,07	26
120	27,1	36,8	333	35,4	447	2,5	3,73	473	2,5	3,94	26
Класс бонитета III											
10	2,3	1,9	26819	7,6	18	1,8	1,80	18	1,8	1,80	–
20	5,3	4,0	8917	11,2	40	2,2	2,00	50	3,2	2,50	10
30	8,2	6,7	4170	14,7	71	3,1	2,37	84	3,4	2,80	13
40	11,0	10,0	2293	18,0	105	3,4	2,63	121	3,7	3,03	16
50	13,5	13,5	1461	20,9	143	3,8	2,86	160	3,9	3,20	17
60	15,6	16,9	1039	23,3	179	3,6	2,98	196	3,6	3,27	17
70	17,5	20,2	796	25,5	216	3,7	3,09	235	3,9	3,36	19
80	19,2	23,5	634	27,5	251	3,5	3,13	270	3,5	3,38	19
90	20,6	26,4	532	29,1	282	3,1	3,13	301	3,1	3,34	19
100	21,8	29,0	460	30,4	309	2,7	3,09	330	2,9	3,30	21
110	22,8	31,2	412	31,5	333	2,4	3,03	354	2,4	3,22	21
120	23,7	33,3	375	32,6	357	2,4	2,98	378	2,4	3,15	21

УДК 630*232.312.3

В.В. Ткачев

Ткачев Виталий Викторович родился в 1980 г., окончил в 2002 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры деталей машин и инженерной графики ВГЛТА. Имеет более 30 печатных работ в области сортирования лесных семян на плоских качающихся решетках.
E-mail: Vitaliy-Voronezh@yandex.ru



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОРТИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ СЕМЯН НА ПЛОСКИХ КАЧАЮЩИХСЯ РЕШЕТАХ

Предложена новая конструкция механизма очистки отверстий решет лесных семяочистительных машин. Представлены экспериментальные исследования механизма очистки решет, показывающие целесообразность его применения в семяочистительных машинах при сортировании лесных семян на размерные фракции.

Ключевые слова: сортирование, семена, решето, очистка, механизм, шестерня, эффективность, частица, материал, процесс.

Одной из важных стадий предпосевной обработки лесных семян является их сортирование. Наиболее широкое применение находит сортирование семян по плотности и линейным размерам (ширина, толщина). При сортировании по плотности используют вертикальный или наклонный воздушный поток, а при сортировании по размерам – решета с различными типами и размерами отверстий.

Установлено, что сортирование семян хвойных пород по плотности позволяет повысить их грунтовую всхожесть на 15...20 %. Причем разница в росте сеянцев, выращенных из семян различной плотности, сохраняется до четвертого года с момента посева. Как показала практика, еще более высокие значения посевных качеств семян можно достичь, применяя перед их сортированием по плотности разделение по линейным размерам [1].

Если сортирование семян по плотности в большинстве случаев происходит достаточно эффективно, то разделение на фракции по размерам характеризуется низким качеством выполнения технологического процесса. Поэтому для достижения требуемого результата семена приходится пропускать через рабочие органы семяочистительных машин 2-3 раза, что ведет к значительному снижению производительности, большим потерям семян в отходы (8...13 %), а также их повышенному травмированию (3...7 %).

В настоящее время одной из основных причин низкой эффективности сортирования лесных семян в нашей стране являются устаревшие применяемые средства механизации. В свое время в лесном хозяйстве для этой цели были разработаны сепарирующие устройства и семяочистительные машины как с плоскими качающимися (ОВС-2, ОР-2, ВЛС-1, СУМ-1, УМО-1, УКС-10), так и с цилиндрическими (МОС-1, МОС-1А, МОС-2) решетками [3].

Необходимо отметить, что плоские решета, по сравнению с цилиндрическими, обладают рядом преимуществ, к которым относят более полное

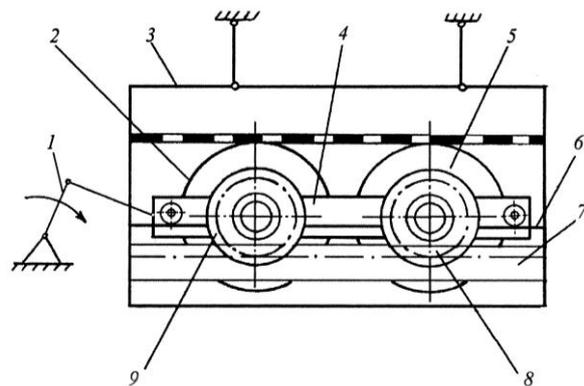
использование площади решета, компактность, быстроту и легкость замены. Поэтому в настоящее время продолжают исследования по повышению эффективности процесса сортирования семян лесных культур на плоских качающихся решетках.

Основным недостатком решетного сортирования является то, что в процессе работы происходит забивание отверстий решет семенами и примесями. Это ведет к значительному снижению эффективности процесса. Кроме того, при длительном нахождении семян в отверстиях решет наблюдается повреждение дорогостоящего посевного материала.

Попытки использовать машины и устройства сельскохозяйственного назначения для сортирования семян хвойных пород на фракции по их линейным размерам не принесли желаемого результата. Так, при сортировании семян хвойных пород на семяочистительной машине СМ-0,15 шариковые очистители решет повреждают значительную часть семян, и уже через несколько минут работы отверстия решет почти полностью забиваются, нарушается технологический процесс. Аналогичная картина наблюдается и при использовании для очистки решет широко применяемых в зерноочистительных машинах плоских щеток, которые работают не на выглаткивание забившихся семян из отверстий решет, а на их срез, повреждая при этом основную часть семенного материала [3].

В целях совершенствования процесса сортирования лесных семян разработана принципиально новая конструкция механизма очистки плоских качающихся решет лесных семяочистительных машин, что позволит значительно повысить эффективность процесса сортирования семян на фракции по их линейным размерам. Новизна конструкции механизма очистки решет защищена патентом на полезную модель [2].

Рис. 1. Принципиальная схема механизма очистки решет: 1 – привод; 2, 5 – рабочие органы; 3 – решетный стан; 4 – рама; 6 – направляющая; 7 – рейка; 8, 9 – шестерни



Предлагаемый для использования в лесном хозяйстве механизм очистки (рис. 1) установлен в решетном стане семяочистительной машины и содержит раму с цилиндрическими щеточными рабочими органами. Рабочие органы снабжены шестернями, которые находятся в зацеплении с расположенной в пределах решетного стана зубчатой рейкой.

В процессе работы механизма очистки привод сообщает раме возвратно-поступательное движение по направляющим. Движение рамы за-

ставляет шестерни перемещаться по зубчатой рейке, а получающие при этом вращательное движение рабочие органы осуществляют очистку решет от забившихся в их отверстия частиц сортируемого семенного материала.

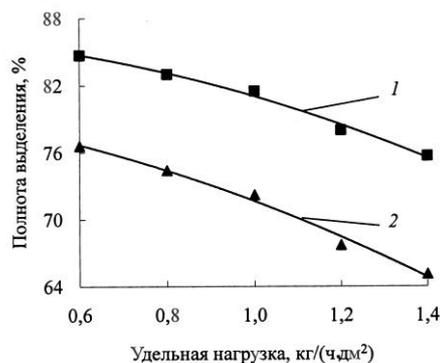
Основным преимуществом предлагаемого механизма является то, что его рабочие органы получают принудительное вращение не за счет фрикционной связи с решетом, а вследствие применения зубчатого зацепления. Кроме того, используя комплекты шестерней различного диаметра, можно изменять окружную скорость рабочих органов и в каждом конкретном случае добиваться высокого качества очистки отверстий решет [2].

Чтобы определить эффективность работы механизма очистки решет были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых частота вращения кривошипного вала привода решетного стана составляла 350 мин^{-1} , радиус приводного кривошипа – 6 мм.

Исследования проводили на предварительно обескрыленных семенах лиственницы сибирской. Варьируемыми факторами являлись: частота вращения кривошипного вала привода механизма очистки, диаметр установленных на рабочих органах шестерней и удельная нагрузка на решето. Остальные факторы при проведении экспериментов фиксировали на постоянном уровне.

Для исключения повреждения семян хвойных пород в процессе обработки были учтены рекомендации [3] по выбору конструктивно-кинематических параметров рабочих органов в обескрыливающих устройствах. При этом в ходе исследований использовали три щеточных рабочих органа (материал – капрон) диаметром 75 мм. Длина зубчатой рейки сопоставима с длиной решета и составляла 1050 мм, высота и толщина ее были приняты на основании технологических соображений: соответственно 40 и 14 мм.

Рис. 2. Зависимость полноты выделения проходных фракций от удельной нагрузки на решето: 1 – с использованием механизма очистки решет; 2 – без очистки отверстий решет



На основании экспериментальных данных получены зависимости, отражающие влияние удельной нагрузки семенного материала на полноту выделения проходных фракций, характеризующего эффективность процесса сортирования (рис. 2).

Анализ результатов показал, что в диапазоне удельных нагрузок на решето $0,6 \dots 1,4 \text{ кг/(ч·дм}^2\text{)}$ применение разработанного механизма очистки

дает возможность повысить эффективность процесса сортирования на 8...10 %.

Таким образом, использование механизма очистки в конструкциях семяочистительных машин, оснащенных плоскими качающимися решетками, позволяет усовершенствовать процесс сортирования лесных семян на фракции по размерам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альберт В.Э., Демко П.В., Пелевина Н.Н. Сепарация семян хвойных пород по плотности и аэродинамическим свойствам: Метод. рекомендации. – Л.: ЛениИЛХ, 1987. – 28 с.

2. Пат. на полезную модель 34407 РФ, МПК⁷ В 07 В 1 /50, 1/52. Механизм очистки плоских решет / Быков В.С., Ткачев В.В.; Заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – №2003123318/20; Заявл. 28. 07. 2003; Опубл. 10. 12. 2003, Бюл. № 34. – 3 с.

3. Свиридов Л.Т. Сортирование лесных семян: Учеб. – Воронеж: ВГЛТА, 2002. – 298 с.

V.V. Tkachev

Improvement of Forest Seeds Sorting on Flat Swinging Sieves

A new design for sieve holes cleaning mechanism of forest seed separators is offered. The experimental investigations are provided for sieve cleaning demonstrating its suitability for using in seed separators when sorting forest seeds into size fractions.

Keywords: sorting, seeds, sieve, cleaning, mechanism, gear, efficiency, particle, material, process.

УДК 630*443.2+630*181.21+630*176.322.6

О.М. Корчагин, В.Ю. Заплетин

**ПОРАЖЕНИЕ СЕЯНЦЕВ *QUERCUS ROBUR* L.
ГРИБКОМ *MICROSPHAERA ALPHITOIDES* GRIFF. ET MAUBL.
В МЕНЯЮЩИХСЯ ПО ГОДАМ УСЛОВИЯХ ЗАТЕНЕНИЯ
ПОСЕВОВ В ЛЕСНОМ ПИТОМНИКЕ**

Установлено, что наибольшее влияние на ухудшение жизненного состояния сеянцев дуба черешчатого, произраставших в различных условиях затенения посевов, оказывает поражение их мучнистой росой и листогрызущими фитофагами.

Ключевые слова: дуб черешчатый, сеянцы, световой режим, мучнистая роса.

Проблема взаимной связи дуба черешчатого и мучнистой росы довольно глубоко проработана [1, 2, 6, 8, 9]. Однако вопрос зависимости поражения сеянцев дуба черешчатого мучнистой росой от условий различного светового режима остается спорным. Еще менее изучена их взаимная связь в условиях меняющегося по годам освещения. Хотя это чрезвычайно важно для лесохозяйственной практики, где рекомендуются уходы за лесом на 2-й и последующие после урожая желудей годы [3–5].

Объектами исследования служили сеянцы дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), которые в течение трех лет выращивали в условиях различного затенения в лесном питомнике Учебно-опытного лесхоза Воронежской государственной лесотехнической академии. Для создания различных условий светового режима посевов использовали решетчатые деревянные щиты [7]. Опыт в 1-й год наблюдений был представлен четырьмя вариантами затенения (1 – 50 %, 2 – 75 %, 3 – 88 %, 4 – 95 % от полного солнечного освещения (ПСО)) и контрольной группой (К), где сеянцы дуба росли без затенения на полностью открытых делянках. В последующие годы эксперимент был продолжен и усложнен: с части делянок перед началом 2- и 3-го вегетационных периодов затенение было снято, и дубки продолжали рост при полном солнечном освещении. Таким образом, опыт на питомнике представлял собой модель лесной экосистемы, где по нормативным лесохозяйственным документам под материнским пологом рекомендуется проводить осветление самосева на 2- и 3-й после урожая желудей годы.

Поражаемость сеянцев дуба черешчатого мучнистой росой (*Microspheera alphitoides* Griff. et Maubl.) определяли визуально по декадам каждого месяца в течение всего вегетационного периода.

Ранее нами была показана прямая связь между усилением затенения посевов дуба черешчатого и степенью поражения их мучнистой росой при достаточно высоком коэффициенте корреляции ($r_{2002} = 0,973 \pm 0,021$; $r_{2003} = 0,998 \pm 0,002$; $r_{2004} = 0,751 \pm 0,219$).

Таблица 1

Распределение двухлетних сеянцев дуба черешчатого, % от общего количества сеянцев, по типам поражений и повреждений в связи с меняющимся затенением посевов (2003 г.)

Вариант опыта	Мучнистая роса листьев	Листо-грызущие фитофаги	Минирующая моль листьев	Краевой запал листьев	Некрозы листьев	Усыхание листьев	Слом стебля	Перевершинивание стебля	Другие повреждения
Контроль	45,8±1,04	92,9±2,10	14,7±0,48	0,5±0,02	2,9±0,09	0	0	47,9±2,01	0
1	75,0±2,79	88,3±2,54	6,1±0,17	0,3±0,01	18,4±0,37	0,5±0,01	1,5±0,04	29,6±0,93	48,0±2,40
«осв. 2	35,2±2,66	98,1±3,85	11,1±0,95	0	20,4±0,31	0	0	40,7±1,55	70,4±3,31
2	88,2±3,88	95,0±3,65	0	0,5±0,02	2,50±0,07	0	0	10,1±0,43	5,9±0,20
«осв. 2	67,5±4,58	95,0±2,31	0	0	0	0	0	10,0±0,55	67,5±2,95
3	93,2±3,62	86,5±3,11	0	0,3±0,01	0	0	0	52,7±1,70	0
«осв. 2	66,7±4,61	100,0±0,00	0	8,3±0,45	8,3±0,25	0	0	33,3±1,89	8,3±0,32

Таблица 2

**Распределение трехлетних сеянцев дуба черешчатого, % от общего количества сеянцев,
по типам поражений и повреждений в связи с меняющимся затенением посевов (2004 г.)**

Вариант опыта	Мучнистая роса листьев	Листогрызущие фитофаги	Скелетирование листьев	Скручивание листьев	Краевой запал листьев	Некрозы листьев	Усыхание листьев	Слом стебля	Повреждение стебля животными	Перевершивание стебля	Усыхание верхушки стебля
Контроль	88,8±3,24	45,0±1,7	5,0±0,19	3,8±0,14	1,3±0,06	0	2,5±0,10	6,3±0,13	20,0±0,42	42,5±2,05	1,3±0,04
1	90,1±3,73	47,5±1,36	11,5±0,38	6,6±0,25	3,3±0,13	1,6±0,07	0	1,6±0,07	32,8±0,92	27,9±0,93	0
«осв. 2	79,1±3,28	25,0±1,29	12,5±0,71	8,3±0,49	0	4,2±0,20	0	0	25,0±1,60	33,3±2,00	0
«осв. 3	55,0±2,92	35,0±1,69	5,0±0,28	0	0	0	0	0	25,0±1,40	55,0±2,61	0
2	90,7±2,74	79,7±3,42	15,6±0,63	7,80±0,23	6,3±0,31	4,7±0,19	1,6±0,06	0	29,7±0,60	6,3±0,22	0
«осв. 2	79,2±4,25	55,2±2,69	20,7±0,9	20,7±1,30	6,9±0,39	0,0	3,4±0,17	0	3,4±0,17	34,5±1,68	0
«осв. 3	86,2±5,49	58,6±3,79	10,3±0,60	10,3±0,59	3,4±0,18	6,9±0,40	3,4±0,20	0	20,7±1,32	27,6±1,71	3,4±0,18
3	100,0±2,34	84,8±3,13	6,1±0,280	21,2±1,02	6,1±0,29	6,1±0,30	3,0±0,13	0	3,00±0,06	39,4±1,25	3,0±0,12
«осв. 2	63,7±3,91	81,8±4,90	0	27,3±1,72	18,2±0,84	0	0	0	36,4±1,47	9,1±0,40	0
«осв. 3	61,1±2,81	77,8±3,68	11,1±0,49	11,1±0,65	11,1±0,55	5,6±0,24	5,6±0,32	0	55,6±3,32	0	0

Задачей настоящих исследований было изучить поражаемость сеянцев дуба черешчатого мучнистой росой в условиях меняющегося освещения, а именно полного осветления дубков на 2- и 3-й годы, росших в 1-й год при различном затенении.

Двухлетние сеянцы дуба черешчатого, которые 1-й год произрастали под щитами, а на 2-й год – без них (осв. 2), имели меньшую долю листьев, пораженных мучнистой росой, чем у затененных особей (табл. 1).

Схожий эффект наблюдался и на 3-й год жизни: особи, произраставшие под щитами, имели большую долю листьев, пораженных мучнистой росой, по сравнению с дубками, осветленными на 2- (осв. 2) и 3-й (осв. 3) годы жизни (табл. 2).

По степени поражения мучнистой росой листьев первичного и вторичного приростов отдельной особи варианты опыта можно распределить следующим образом: первичный прирост у контрольных растений поражен в среднем на 25 %, у особей варианта 1 – на 34 %, у особей вариантов 2 и 3 – примерно на 50 % (табл. 3).

В контроле и варианте 1 повреждения мучнистой росой имели вид локальных очагов в виде белых пятен или слабого налета по жилкам листа, в вариантах 2 и, особенно, 3 повреждение в виде налета располагалось как на жилках листа, так и по всей его поверхности.

При оценке количественного распределения сеянцев дуба черешчатого по степени поражения их мучнистой росой установлено, что осветление особей, проведенное к началу 2-го вегетационного периода, снижало поражаемость первичного прироста сеянцев мучнистой росой в вариантах 2 и 3 по сравнению с затененными сеянцами, а осветление, проведенное к началу 3-го вегетационного периода, – во всех вариантах опыта (табл. 4).

Таким образом, обнаружена прямая зависимость между затенением посевов и поражением мучнистой росой первичного прироста сеянцев дуба черешчатого.

Вторичный прирост сеянцев на протяжении всего периода наблюдений имел большую степень поражения мучнистой росой, чем первичный прирост. Вероятно, это связано с более тонкой эпидермой листьев и стебля вторичного прироста, так как он появляется значительно позднее первичного, а соответствующие покровные ткани не успевают полностью сформироваться.

Влияния затенения посевов по вариантам опыта на степень поражения мучнистой росой листьев вторичного прироста не отмечено (см. табл. 3). Достоверное влияние осветления прослеживается только в варианте 3, как наиболее затененном (88 % от ПСО), где у сеянцев, осветленных на 2- и 3-й годы, поражаемость вторичного прироста мучнистой росой снижается в 2 раза по сравнению с особями, продолжавшими свой рост при соответствующем затенении (табл. 4).

Несмотря на то, что осветление делянок дуба черешчатого на 2-й год снижало поражаемость их листьев мучнистой росой, значительного изменения в жизненном состоянии сеянцев не было отмечено (табл. 4). Это связано с тем, что в результате осветления проявлялись другие повреждения,

Таблица 3

Сравнительная характеристика степени поражения, %, мучнистой росой листьев первичного и вторичного приростов трехлетних сеянцев дуба черешчатого в связи с различными условиями затенения посевов (2004 г.)

Листья	Варианты опыта									
	С постоянным затенением посевов									
	Контроль, 0 % от ПСО	Вариант 1, 50 % от ПСО	$t_{к-1}$	Вариант 2, 75 % от ПСО	$t_{к-2}$	t_{1-2}	Вариант 3, 88 % от ПСО	$t_{к-3}$	t_{1-3}	t_{2-3}
Первичного прироста	25,5 ± 2,55	34,7 ± 3,38	2,2	50,1 ± 4,23	5,0	2,8	56,5 ± 5,44	5,0	3,4	0,9
Вторичного «	74,8 ± 3,46	82,6 ± 4,82	1,3	63,4 ± 9,3	1,1	1,8	88,0 ± 2,00	3,3	1,0	2,6
	Первый с осветлением посевов на 2- и 3-й годы									
	Контроль, 0 % от ПСО	Вариант 1, 50 % от ПСО	$t_{к-1}$	Вариант 1, осв. на 2-й год, 0 % от ПСО	$t_{к-01}$	t_{1-01}	Вариант 1, осв. на 3-й год, 0 % от ПСО	$t_{к-02}$	t_{1-02}	t_{01-02}
Первичного прироста	25,5 ± 2,55	34,7 ± 3,38	2,2	29,4 ± 5,74	0,6	0,8	17,5 ± 5,12	1,4	2,8	1,5
Вторичного «	74,8 ± 3,46	82,6 ± 4,82	1,3	77,3 ± 12,07	0,2	0,4	71,7 ± 15,58	0,2	0,7	0,3
	Второй с осветлением посевов на 2- и 3-й годы									
	Контроль, 0 % от ПСО	Вариант 2, 75 % от ПСО	$t_{к-2}$	Вариант 2, осв. на 2-й год, 0 % от ПСО	$t_{к-01}$	t_{2-01}	Вариант 2, осв. на 3-й год, 0 % от ПСО	$t_{к-02}$	t_{2-02}	t_{01-02}
Первичного прироста	25,5 ± 2,55	50,1 ± 4,23	5,0	27,0 ± 5,70	0,2	3,3	26,3 ± 5,55	0,1	3,4	0,1
Вторичного «	74,8 ± 3,46	63,4 ± 9,30	1,1	63,8 ± 12,24	0,9	0,0	83,6 ± 8,97	0,9	1,6	1,3
	Третий с осветлением посевов на 2- и 3-й годы									
	Контроль, 0 % от ПСО	Вариант 3, 88 % от ПСО	$t_{к-3}$	Вариант 3, осв. на 2-й год, 0 % от ПСО	$t_{к-01}$	t_{3-01}	Вариант 3, осв. на 3-й год, 0 % от ПСО	$t_{к-02}$	t_{3-02}	t_{01-02}
Первичного прироста	25,5 ± 2,55	56,5 ± 5,44	5,0	11,4 ± 3,10	3,5	7,0	32,4 ± 9,10	0,7	2,3	2,2
Вторичного «	74,8 ± 3,46	88,0 ± 2,00	3,3	44,3 ± 16,0	1,9	2,7	38,6 ± 14,4	2,4	3,4	0,3

Таблица 4

Жизненное состояние, всхожесть и сохранность сеянцев дуба черешчатого в связи с различными условиями

затенения посевов и последующего их осветления на 2- и 3-й годы (2003–2004 гг.)

Вариант опыта	Распределение сеянцев по жизненному состоянию, % поврежденных						Средне-взвешенное жизненное состояние, отн. ед.	Всхожесть сеянцев		Сохранность сеянцев %, относительно количества	
	0	< 10	10...25	25...50	50...75	75...100		средняя по вариантам, шт./пог. м	относительно количества желудей, %	всходов	двух-леток
Сеянцы дуба черешчатого второго вегетационного периода, 2003 г.											
Контроль	1,3±0,06	17,8±0,68	45,3±1,91	24,2±1,04	9,3±0,26	2,1±0,05	3,3 ± 0,06	15 ± 1,1	50,0	88,2	–
1	0	7,7±0,17	17,9±0,56	13,8±0,32	23,5±0,85	37,2±1,31	4,6 ± 0,10	16 ± 1,2	53,3	88,9	–
«, осв.	0	1,9±0,05	13,0±0,25	9,3±0,10	31,5±1,30	44,4±1,85	5,0 ± 0,15	14 ± 1,6	46,7	77,8	–
2	0	9,6±0,46	57,0±1,22	31,6±0,85	1,8±0,05	0	3,3 ± 0,06	10 ± 0,7	33,3	90,9	–
«, осв.	0	30,0±0,95	47,5±2,55	22,5±0,98	0	0	2,9 ± 0,12	10 ± 0,9	33,3	90,9	–
3	0	3,1±0,07	12,5±0,37	43,8±1,67	25,0±0,90	15,6±0,51	4,4 ± 0,18	6 ± 0,5	20,0	27,3	–
«, осв.	0	0	0	80,0±6,52	20,0±1,31	0	4,2 ± 0,13	3 ± 0,4	10,0	13,6	–
Сеянцы третьего вегетационного периода, 2004 г.											
Контроль	3,8±0,08	70,0±2,94	20,0±0,49	6,3±0,29	0	0	2,3 ± 0,07	13 ± 1,0	42,3	74,6	84,6
1	8,2±0,29	26,2±1,16	24,6±0,97	14,8±0,45	18,0±0,40	8,2±0,23	3,3 ± 0,19	9 ± 0,7	28,6	47,7	53,7
«, осв. 2*	8,3±0,43	29,2±1,31	45,8±2,67	16,7±0,83	0	0	2,7 ± 0,18	8 ± 0,5	26,7	44,4	57,1
«, осв. 3*	10,0±0,41	55,0±2,36	20,0±0,97	5,0±0,31	10,0±0,49	0	2,5 ± 0,25	7 ± 0,3	22,2	37,0	41,7
2	1,6±0,06	15,6±0,34	15,6±0,70	20,3±0,50	20,3±0,45	26,6±0,87	4,2 ± 0,18	8 ± 0,6	26,7	72,7	80,0
«, осв. 2	6,9±0,31	37,9±2,45	24,1±1,41	13,8±0,66	13,8±0,62	3,4±0,20	3,0 ± 0,24	7 ± 0,4	24,2	65,9	72,5
«, осв. 3	0	27,6±1,20	34,5±1,94	6,9±0,44	17,2±0,77	13,8±0,61	3,6 ± 0,27	7 ± 0,5	24,2	65,9	72,5
3	0	6,1±0,20	6,1±0,19	27,3±1,13	39,4±1,46	21,2±1,00	4,6 ± 0,19	4 ± 0,3	13,8	18,8	68,8
«, осв. 2	9,1±0,46	36,4±1,51	18,2±0,99	27,3±1,45	9,1±0,43	0	2,9 ± 0,37	3 ± 0,1	9,2	12,5	91,7
«, осв. 3	11,1±0,72	11,1±0,50	44,4±2,63	16,7±0,81	16,7±1,02	0	3,2 ± 0,28	5 ± 0,4	15,0	20,5	75,0

*Осветление участков различных вариантов опыта проведено соответственно к началу 2- и 3-го вегетационных периодов.

например листогрызущие фитофаги (*Totrix viridana* L., *Peridea anceps* G., *Stigmella basiguttella* H., *Haltica saliceti* Wois.), которые, в свою очередь, оказывали существенное влияние на ухудшение общего жизненного состояния сеянцев.

Осветление делянок на 3-й год оказало существенное влияние на улучшение средневзвешенного жизненного состояния сеянцев, так как в течение 3-го вегетационного периода их поражаемость листогрызущими фитофагами была почти в 2 раза слабее (около 45...50 %), чем в течение 2-го вегетационного периода (около 90...95 %).

Поражение сеянцев дуба черешчатого листогрызущими фитофагами в большей степени было приурочено к периоду разворачивания молодых листочков и практически не было связано с уровнем затенения посевов. В нашем опыте особи наиболее освещенных делянок (затенение 0...50 % от ПСО) были повреждены листогрызущими фитофагами в большей степени, так как быстрее развивались, раньше начали разворачивать листовой аппарат, что совпадало по времени с наиболее активной деятельностью листогрызущих фитофагов.

Выводы

1. Сеянцы дуба черешчатого, росшие в 1-й вегетационный период в различных условиях затенения посевов, а во 2- и 3-й периоды – без затенения, поражались мучнистой росой в меньшей степени чем те, которые продолжали расти во 2- и 3-й вегетационные периоды в условиях затенения.

2. Вторичный прирост сеянцев дуба черешчатого поражался мучнистой росой всегда сильнее, чем первичный.

3. Достоверной и постоянной связи уровней затенения посевов и поражения мучнистой росой вторичного прироста сеянцев дуба черешчатого не установлено.

4. Наибольшее влияние на ухудшение жизненного состояния сеянцев дуба черешчатого, произраставших в различных условиях затенения, оказывало поражение их мучнистой росой и повреждение листогрызущими фитофагами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Картавенко Н.Т.* Значение притенения в борьбе с мучнистой росой дуба в лесостепи Зауралья // Ботан. журн. – 1958. – № 3. – С. 399–400.
2. *Кузнецова И.С.* Влияние мучнистой росы на содержание хлорофилла и отражательную способность листьев дуба черешчатого // Лесоведение. – 1988. – № 5. – С. 63–66.
3. Правила лесовосстановления: Приказ МПР РФ № 183 от 16.07.2007 г. «Об утверждении Правил лесовосстановления». – Зарегистр. в Минюсте РФ, рег. № 10020 от 20.08.2007 г. – 37 с.
4. Правила ухода за лесами: Приказ МПР РФ № 185 от 16.07.2007 г. «Об утверждении Правил ухода за лесами». – Зарегистр. в Минюсте РФ, рег. № 10069 от 29.08.2007 г. – 45 с.
5. Руководство по лесовосстановлению и лесоразведению в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах европейской части РФ. – Утв. Рослесхозом 13.12.1993 г. – М.: Всерос. науч.-исслед. информ. центр по лесн. ресурсам РФ, 1994. – 152 с.
6. *Селочник Н.Н., Илющенко А.Ф., Кондрашова Н.К.* Мучнистая роса дуба и ее распределение в пологе насаждения // Лесоведение. – 1994. – № 4. – С. 61–70.

7. Харченко Н.А., Корчагин О.М., Заплетин В.Ю. Характеристика устьичного аппарата листьев сеянцев *Quercus robur* L. в связи с различными условиями затенения // Лесн. журн. – 2008. – № 6. – С. 85–90. – (Изв. высш. учеб. заведений).

8. Хвасько А.В. Особенности развития мучнистой росы дуба в условиях Беларуси и усовершенствование защитных мероприятий: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Минск, 2004. – 20 с.

9. Newsham K.K., Oxborough K., White R. UV-B radiation constrains the photosynthesis of *Quercus robur* through impacts on the abundance of *Microsphaera alphitoides* // Forest Pathol. – 2000. – N 5. – P. 265–275.

O.M. Korchagin, V.Yu. Zapletin

Affect of English Oak Seedlings by Oak Powdery Mildew in Changeable Conditions of Sown Area Shading in Forest Nursery

It is established that affection by oak powdery mildew and phytophages have the greatest effect on worsening the living state of English oak seedlings growing in different conditions of sown area shading.

Keywords: English oak, seedlings, light mode, oak powdery mildew.



УДК 631.3.072

И.М. Бартенеv, М.Н. Лысыч

Бартенеv Иван Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии, академик РАЕН, заслуженный лесовод РФ. Имеет 300 печатных работ по проблемам лесной промышленности.

Тел.: 8(4732) 53-72-51



Лысыч Михаил Николаевич родился в 1983 г., окончил в 2006 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ВГЛТА. Имеет 9 печатных работ по проблемам лесной промышленности.

E-mail: Miklynea@yandex.ru

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ
КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА
ЛЕСНОГО КУЛЬТИВАТОРА**

Рассмотрен процесс оптимизации параметров комбинированного рабочего органа, основанный на создании их твердотельных моделей средствами САПР. Приведены данные о влиянии геометрических параметров рабочего органа на его прочностные, тяговые и динамические характеристики. Определены оптимальные параметры комбинированного рабочего органа.

Ключевые слова: оптимизация, твердотельное моделирование, рабочие органы культиватора.

Необходимость создания новых рабочих органов лесных культиваторов возникла в связи с тем, что применяемые в настоящее время дисковые рабочие органы недостаточно полно уничтожают нежелательную растительность, что требует многократных проходов агрегата по одному следу. Однако они надежны в работе на почвах с твердыми включениями, хорошо преодолевают препятствия, не забиваются почвой и растительной массой, поэтому получили широкое распространение в лесном хозяйстве.

Лемешные рабочие органы, напротив, достаточно хорошо уничтожают нежелательную растительность, но вследствие низкой прочности их применение на вырубках не представляется возможным. Как показали исследования, решить данную проблему можно, если лемешные рабочие органы выполнить с дополнительным устройством, обеспечивающим свободный проход через препятствия в почве.

В целях повышения эффективности уничтожения сорной растительности и исключения «заякоревания» за пни и корни нами предложен комбинированный рабочий орган, который согласно [4] представляет собой совокупность серийной стрелчатой лапы культиватора КРТ-3 и черенкового

ниже криволинейной формы с переменным радиусом кривизны, что имеет большое значение для обеспечения свободного скольжения ножа, установленного ниже опорной поверхности лемешного рабочего органа, по поверхности препятствия (рис. 1).

К параметрам, определяющим работоспособность рабочего органа, в условиях лесных вырубок с пониженными пнями относятся: угол вхождения ножа в почву ($\alpha_{уст}$) и его толщина (b_n); ширина захвата стрелчатой лапы (b_l), площадь критического сечения ее крыла (S_l). Были приняты следующие их значения: $\alpha_{уст} = 90...130^\circ$ с шагом 10° ; $b_n = 4...12$ мм с шагом 2 мм; $b_l = 260...360$ мм с шагом 25 мм, $S_l = 570...810$ мм² с шагом 60 мм².

Для определения оптимальных параметров проведена серия опытов на твердотельных моделях рабочих органов, позволившая установить их динамические и прочностные характеристики. Динамические испытания выполняли на виртуальном стенде при преодолении лесным культиватором пня высотой 10 см [3], прочностные – на твердотельных моделях методом конечных элементов [2]. В ходе прочностных исследований установлены наиболее опасные варианты нагрузки – боковая, прикладываемая к черенковому ножу в области лобовика, и нормальная в крайней точке режущей кромки крыла стрелчатой лапы. Все дальнейшие прочностные испытания проводили по этим вариантам нагружения.

Параметрическая оптимизация механизмов в общем случае сводится к отысканию экстремума функции нескольких переменных. В данном случае необходимо найти экстремум некоторой функции факторов оптимизации (параметров $\alpha_{уст}$, b_n и S_l , b_l , варьируемых при анализе модели), так называемый критерий оптимизации $k(\alpha_{уст}, b_n)$, $k(S_l, b_l)$. Для всесторонней характеристики описываемой системы его обычно составляют в виде линейной комбинации с соответствующими весовыми коэффициентами нескольких частных критериев $k_i(\alpha_{уст}, b_n)$, $k_i(S_l, b_l)$, максимально учитывающих технико-экономические и качественные показатели функционирования машины [1].

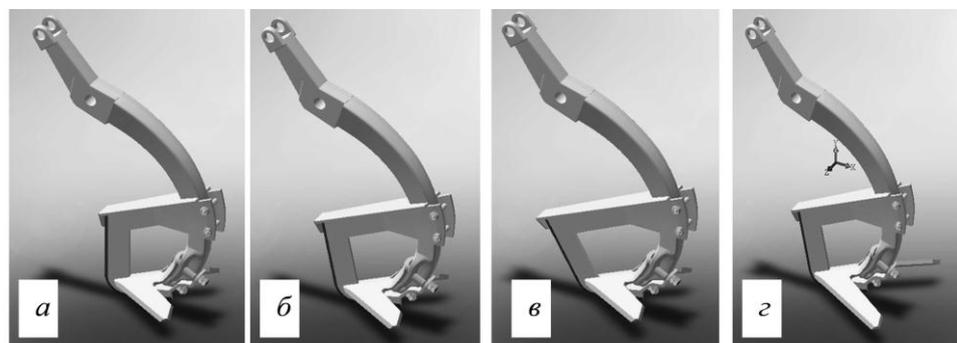


Рис. 1. Твердотельные модели экспериментального рабочего органа с различными параметрами: а – $\alpha_{уст} = 90^\circ$, $b_n = 260$ мм; б – $\alpha_{уст} = 110^\circ$, $b_n = 260$ мм; в – $\alpha_{уст} = 130^\circ$, $b_n = 260$ мм; г – $\alpha_{уст} = 110^\circ$, $b_n = 360$ мм

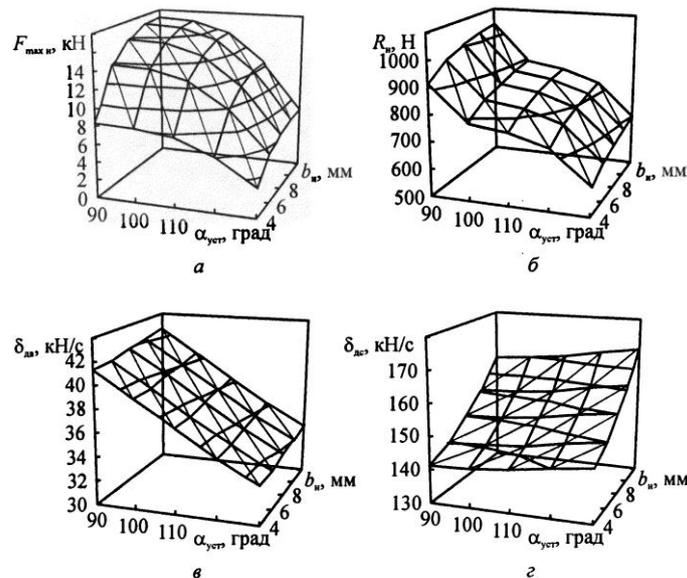
При решении задачи оптимизации параметров черенкового ножа находили экстремумы четырех частных критериев. В качестве первого использовали критическую силу $F_{\max \text{ н}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}})$, по достижении которой конструкция разрушается. В процессе оптимизации необходимо максимизировать $F_{\max \text{ н}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}}) = k_1(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}})$ подбором параметров $\alpha_{\text{уст}}$ и $b_{\text{н}}$. В процессе работы устойчивость рабочего органа по глубине обработки зависит, в первую очередь, от тягового сопротивления. С его ростом необходимо увеличивать упругий момент, создаваемый пружинами предохранительного механизма на стойке рабочего органа. Это ведет к росту динамических нагрузок при преодолении препятствия. Поэтому вторым критерием выбираем тяговое сопротивление $R_{\text{н}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}})$ рабочего органа, которое необходимо минимизировать $R_{\text{н}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}}) = k_2(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}})$ путем подбора параметров $\alpha_{\text{уст}}$ и $b_{\text{н}}$. Динамические нагрузки на рабочий орган при въезде на препятствие зависят в основном от угла установки черенкового ножа, а при сходе с пня, кроме того, и от толщины ножа. Поэтому третьим критерием выделим отдельно абсолютный показатель динамики при въезде на препятствие $\delta_{\text{дв}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}})$, а четвертым – при сходе с него $\delta_{\text{дс}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}})$. Оба параметра $\delta_{\text{дв}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}}) = k_3(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}})$ и $\delta_{\text{дс}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}}) = k_4(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}})$ необходимо минимизировать путем подбора $\alpha_{\text{уст}}$ и $b_{\text{н}}$, т. е. решить следующие задачи оптимизации:

$$\begin{cases} F_{\max \text{ н}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}}) \rightarrow \max; \\ R_{\text{н}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}}) \rightarrow \min; \\ \delta_{\text{дв}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}}) \rightarrow \min; \\ \delta_{\text{дс}}(\alpha_{\text{уст}}, b_{\text{н}}) \rightarrow \min. \end{cases}$$

В каждой точке проводили отдельный компьютерный эксперимент, их общее число, позволяющее получить функцию двух переменных, было равно $5 \times 5 = 25$ для каждой функции.

Анализируя каждую из поверхностей отклика (рис. 2), представленную с помощью линий уровня, факторное пространство можно условно разделить

Рис. 2. Поверхности отклика к оптимизации параметров черенкового ножа: *a* – $F_{\max \text{ н}}$; *б* – $R_{\text{н}}$; *в* – $\delta_{\text{дв}}$; *г* – $\delta_{\text{дс}}$



на две области: благоприятную, в которой критерий оптимизации принимает искомые значения, и неблагоприятную. В качестве границы между областями экспертным путем выбирается некоторая линия уровня. При этом учитывается, что благоприятная область должна занимать значительную долю факторного пространства (10...20 %), содержать максимальные или минимальные значения критерия, который должен быть более или менее постоянным. В качестве границ выбраны следующие изолинии: для функции $F_{\max н}(\alpha_{уст}, b_n) - 10,8$ кН (соответствует трехкратному запасу прочности); для $R_n(\alpha_{уст}, b_n) - 1$ кН (большее сопротивление при данном преднатяжении пружин сделает неустойчивым рабочий орган по глубине обработки); для $\delta_{дв}(\alpha_{уст}, b_n) - 38$, для $\delta_{дс}(\alpha_{уст}, b_n) - 150$ кН/с (минимально возможные значения).

Анализ конфигурации благоприятных областей в факторном пространстве $(\alpha_{уст}, b_n)$ позволяет сделать следующие выводы (рис. 3):

оптимальный угол установки черенкового ножа составляет $105...120^\circ$ при его толщине $5...7$ мм;

целесообразно использовать по возможности меньшие углы наклона черенкового ножа, что способствует увеличению прочности конструкции;

тот факт, что оптимальная область занимает значительную площадь факторного пространства $(\alpha_{уст}, b_n)$, свидетельствует о том, что даже при существенном изменении условий эксплуатации рабочий орган будет выполнять свои функции. Такая малая чувствительность к внешним условиям косвенно гарантирует стабильность работы предлагаемого комбинированного рабочего органа.

При решении задачи оптимизации стрелчатой лапы находили экстремумы двух частных критериев. Первый – критическая сила $F_{\max л}(S_l, b_l)$, по достижении которой происходит разрушение стрелчатой лапы в области основания крыла. В процессе оптимизации необходимо максимизировать $F_{\max л}(S_l, b_l) = k_1(S_l, b_l)$ путем подбора параметров S_l и b_l . Вторым критерием

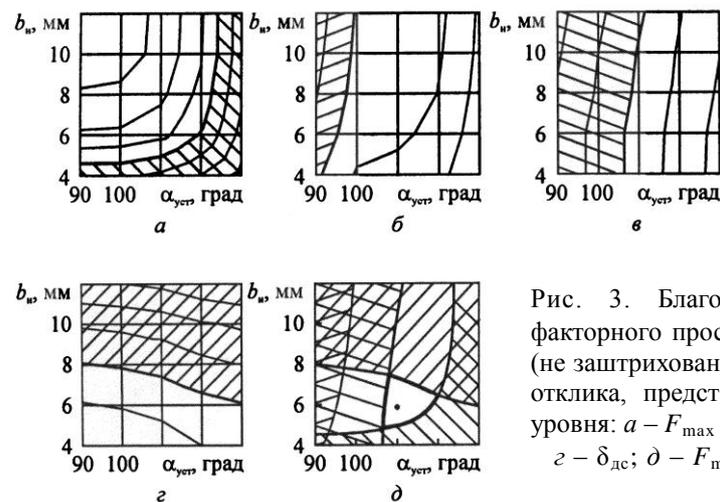


Рис. 3. Благоприятные области факторного пространства $(\alpha_{уст}, b_n)$ (не заштрихованы) на поверхностях отклика, представленных линиями уровня: $a - F_{\max н}$; $б - R_n$; $в - \delta_{дв}$; $г - \delta_{дс}$; $д - F_{\max н} \cap R_n \cap \delta_{дв} \cap \delta_{дс}$

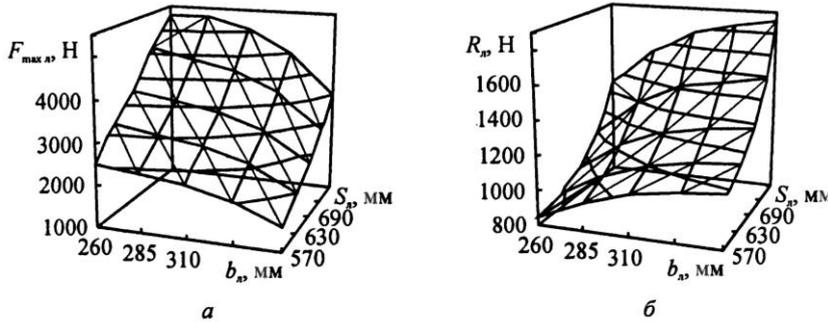


Рис. 4. Поверхности отклика к оптимизации параметров стрельчатой лапы:
 $a - F_{\max, л}$; $b - R_{л}$

выбираем тяговое сопротивление $R_{л}(S_{л}, b_{л})$ рабочего органа. Его необходимо минимизировать $R_{л}(S_{л}, b_{л}) = k_2(S_{л}, b_{л})$ подбором параметров $S_{л}, b_{л}$ для обеспечения стабильности рабочего органа по глубине обработки. Иными словами, необходимо решить следующие задачи оптимизации:

$$\begin{cases} F_{\max, л}(S_{л}, b_{л}) \rightarrow \max; \\ R_{л}(S_{л}, b_{л}) \rightarrow \min. \end{cases}$$

В каждой точке проводили отдельный компьютерный эксперимент, общее их число, позволяющее получить функцию двух переменных, было равно $5 \times 5 = 25$ для каждой функции.

В качестве границ между благоприятной и неблагоприятной областями выбраны следующие изолинии: для функции $F_{\max, л}(S_{л}, b_{л}) - 3900$ Н (соответствует двукратному запасу прочности); для $R_{л}(S_{л}, b_{л}) - 1000$ Н (большее сопротивление при данном преднатяжении пружин сделает неустойчивым рабочий орган по глубине обработки).

Анализ конфигурации поверхностей отклика (рис. 4) и благоприятных областей в факторном пространстве $(S_{л}, b_{л})$ (рис. 5) позволяет сделать следующие выводы:

оптимальная ширина захвата стрельчатой лапы составляет 260...270 мм при площади поперечного сечения критической области основания 660...710 мм²;

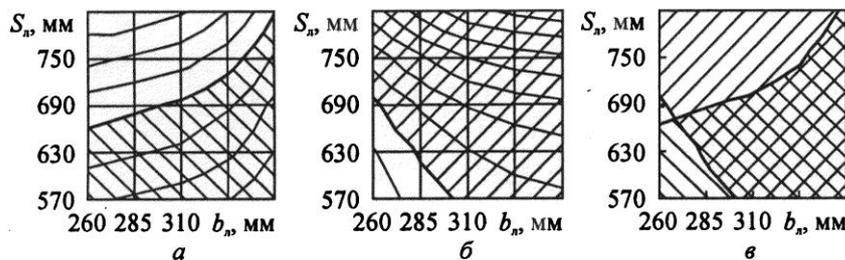


Рис. 5. Благоприятные области факторного пространства $(S_{л}, b_{л})$ (не заштрихованы) на поверхностях отклика, представленных линиями уровня:

$$a - F_{\max, л}; \quad b - R_{л}; \quad v - F_{\max, л} \cap R_{л}$$

целесообразно использовать стрелчатую лапу с шириной захвата 260 мм, что соответствует ширине захвата серийной лапы культиватора КРТ-3 и позволяет рационально расположить секции по раме с обеспечением зон перекрытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н.* Введение в методы оптимизации: учеб. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2008. – 272 с.
2. *Лысыч М.Н.* Применение метода конечных элементов для прочностных расчетов рабочих органов почвообрабатывающих орудий // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. В.С. Петровского. – Воронеж: ВГЛТА, 2009. – Вып. 14. – С. 86–90.
3. *Лысыч М.Н.* Использование систем твердотельного моделирования и инженерных расчетов при проектировании и испытании почвообрабатывающих орудий // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 1. – С. 194–198.
4. Пат. 2319329 Российская Федерация, МКИ А01В49/02, 76/00. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Бартенев И.М., Лысыч М.Н., Кузнецов А.А.; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 2006127356/12; заявл. 27.07.2006; опубл. 20.03.2008, Бюл. № 12. – 3 с.

I.M. Bartenev, M.N. Lysych

Parameters Optimization of Combined Operating Element for Forest Cultivator

The parameters optimization process of combined operating element are considered based on creation of their solid models by means of computer-aided design. The data on effect of operating element geometrics on its strength, tractive and dynamic characteristics are provided. The optimal parameters of the combined operating element are set.

Keywords: optimization, solid modeling, operating elements of cultivator.

УДК 631.34

М.В. Драпалюк, В.С. Полев

Драпалюк Михаил Валентинович родился в 1975 г., окончил в 1997 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой механизации лесного хозяйства и проектирования машин ВГЛТА. Имеет 90 печатных работ в области механизации лесного хозяйства.
E-mail: Michael1@yandex.ru



Полев Виктор Сергеевич родился в 1986 г., окончил в 2008 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ВГЛТА. Имеет 3 печатные работы в области механизации лесного хозяйства.
E-mail: PSV2108@yandex.ru



**МОДЕЛИРОВАНИЕ РУБЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ
ЦЕПНОГО КУСТОРЕЗА**

Разработана математическая модель цепного кустореза новой конструкции с рубящими элементами. Она охватывает основные конструктивные особенности кустореза, воспроизводит основные процессы, протекающие при работе механизма, и предоставляет широкие возможности для оптимизации его параметров.

Ключевые слова: кусторез, осветлитель, модель, рубящий орган, цепь, предохранительное устройство.

При уходе за лесными культурами возникает необходимость удалять кустарниковую растительность вокруг молодых деревьев. С технической точки зрения это сложная задача по ряду причин. Гибкие ветви кустов отклоняются при срезании, что затрудняет качество процесса. Кроме того, на лесных участках встречаются пни, камни и другие объекты, при ударах о них возможны поломки рубящих органов, поэтому последние должны иметь некоторую податливость.

В существующих кусторезах, в частности осветлителе цепном ОЦ-2,3, в качестве рубящих органов применяют обычные цепи. Кусторезы такого типа обладают высокой энергоемкостью, так как цепь ударяет по ветвям и ломает их, не перерезая. А применение ненадежной конструкции предохранительного устройства ведет к поломкам рабочих органов и приводов машин.

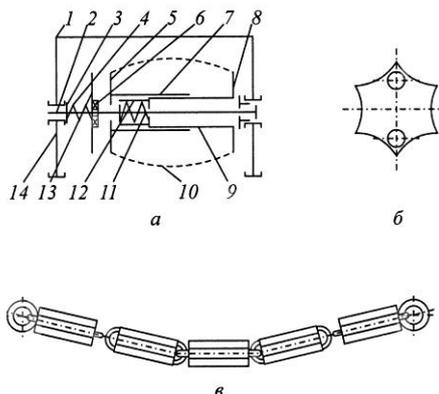
Разработанная нами конструкция кустореза решает задачу повышения эффективности работы устройства [2]. Для этого в кусторезе, включающем раму, опоры и узлы крепления приводного гибкого рубящего элемента, последние выполнены в виде ножей, имеющих шесть режущих дугообразных кромок, соединенных скобами, образующими гибкую связь. Рабочий орган состоит из двух подпружиненных между собой частей, одна из которых по-

движна в подшипнике вдоль оси вала и ведущего диска, выполненного на шлицевом соединении приводного вала и поджатого пружиной (рис. 1).

Для теоретического исследования работоспособности предлагаемой машины и определения ее оптимальных конструктивных и эксплуатационных параметров разработана математическая модель на основе методов классической динамики [4, 5]. Кусторез представлен как совокупность отдельных абсолютно твердых тел, совершающих поступательное и вращательное движение в трехмерном пространстве и взаимодействующих в определенных контактных точках. С учетом принципа его работы модель должна описывать эволюцию трех отдельных подсистем: раскручивания цепей (привод, барабан кустореза, предохранительное устройство); рубящих цепей; кустов на лесном участке.

Подсистема раскручивания цепей в модели представляется несколько упрощенно, тремя телами (рис. 2, а), вращающимися соосно и взаимодействующими вязкоупругими силами или силами трения. Тело D имитирует систему привода машины, F – ведущая полумуфта фрикционного устрой-

Рис. 1. Принципиальная схема кустореза новой конструкции (а), сечение рубящего элемента (б) и цепной рубящий рабочий орган (в): 1 – рама; 2 – приводной вал; 3 – регулировочная гайка; 4 – пружина; 5, 8 – подвижный и неподвижный диски; 6 – упорный подшипник; 7, 9 – подвижная и неподвижная части устройства натяжения цепи; 10 – гибкие рубящие элементы; 11 – растягивающая пружина; 12 – предохранительные штифты; 13 – ведущий диск; 14 – опорные устройства



ства,

B – барабан натяжения цепи. Каждое тело вращается с собственной угловой скоростью ($\omega_D, \omega_F, \omega_B$). Их инерционные свойства задаются моментами инерции J_F, J_B . В целях учета динамической податливости механизма считается, что тела D и F взаимодействуют вязкоупругими силами с угловой жесткостью C_{DF} и коэффициентом углового демпфирования β_{DF} .

Вращение кустореза создается вращательным движением тела D , имитирующим привод машины (например, через вал отбора мощности или гидромотор). Учитывается, что при возникновении нагрузки на приводе снижается частота его вращения (принят пропорциональный закон снижения):

$$\omega_D = \omega_0 (1 + k_D M_{DF}),$$

где ω_0 – угловая скорость вращения вала на холостых оборотах;

k_D – коэффициент пропорциональности;

M_{DF} – момент, с которым тело F действует на тело D . Как правило, он

принимает отрицательные значения, поэтому с приложением нагрузки частота вращения линейно снижается.

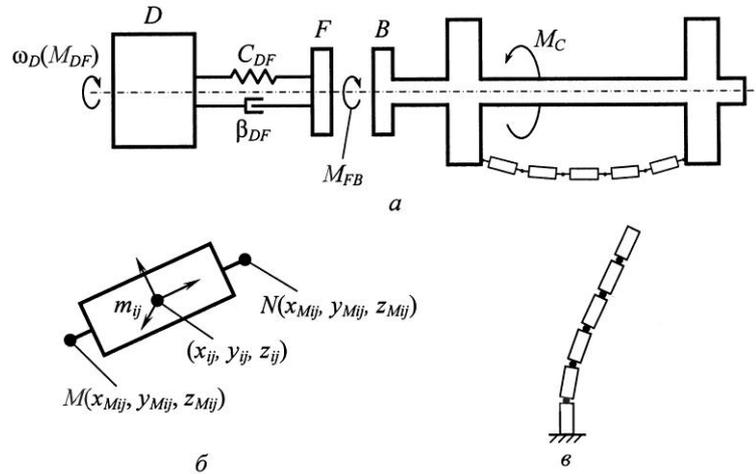


Рис. 2. Расчетные динамические схемы подсистем раскручивания цепей (а), рубящего элемента (б), отдельной ветви (в) иствующими со стороны привода M_{DF} , и моментом сил сцепления в фрикционном устройстве M_{FB} . В соответствии с основным законом динамики вращательного движения запишем следующее уравнение:

$$J_F \frac{d^2 \varphi_F}{dt^2} = M_{FB} - M_{DF},$$

где φ_F – угловая координата ведущей полумуфты;
 t – время.

Аналогичным образом записывается уравнение движения тела B :

$$J_B \frac{d^2 \varphi_B}{dt^2} = M_C - M_{FB},$$

где φ_B – угловая координата барабана машины;
 M_C – момент сопротивления вращению барабана, обусловленный взаимодействием с удаляемыми кустами.

Вязкоупругое угловое взаимодействие тел описывается общепринятым способом:

$$M_{DF} = C_{DF}(\varphi_D - \varphi_F) + \beta_{DF}(\omega_D - \omega_F),$$

где φ_D – угловая координата вала двигателя.

Момент трения в фрикционном устройстве M_{DF} зависит от момента между телами D и F и относительной скорости их вращения. Соотношение этих параметров определяет два варианта трения: покоя и вращения, что учитывается в модели.

Рубящая цепь представляется в виде совокупности пяти рубящих элементов, каждый из которых является твердым телом цилиндрической формы. Положение элемента в пространстве задается декартовыми и угловыми координатами $(x_{ij}, y_{ij}, z_{ij}, \varphi_{xij}, \varphi_{yij}, \varphi_{zij})$, где i – номер цепи, j – номер эле-

мента (рис. 2, б). Элементы взаимодействуют друг с другом в контактных точках M и N , причем точка M , принадлежащая j -му элементу, находится в контакте с точкой N , принадлежащей соседнему $(j + 1)$ -му элементу. Кроме того, крайние элементы цепи взаимодействуют с точками ее крепления. Взаимодействие в контактных точках считается вязкоупругим с коэффициентом жесткости k и коэффициентом демпфирования γ :

$$F_{xij} = k(x_{Mij} - x_{Ni(j+1)}) + \gamma(v_{xMij} - v_{xNi(j+1)});$$

$$F_{yij} = k(y_{Mij} - y_{Ni(j+1)}) + \gamma(v_{yMij} - v_{yNi(j+1)});$$

$$F_{zij} = k(z_{Mij} - z_{Ni(j+1)}) + \gamma(v_{zMij} - v_{zNi(j+1)}),$$

где

F_{xij} , F_{yij} , F_{zij} – силы, возникающие в контактных точках и приводящие в движение элемент ij ;

x_{Mij} , u_{Mij} , z_{Mij} и x_{Nij} , u_{Nij} , z_{Nij} – декартовы координаты контактных точек M и N рубящего элемента ij ;

v_{xMij} , v_{yMij} , v_{zMij} и v_{xNij} , v_{yNij} , v_{zNij} – составляющие абсолютных скоростей контактных точек.

Для определения максимальной эффективности работы кустореза цепей в модели можно менять от двух до шести.

Кусты в модели рассматриваются как совокупность большого количества отдельных ветвей, распределенных по горизонтальной плоскости $ХОУ$. При моделировании срезания каждая ветвь в рамках метода конечных элементов представлена суммой отдельных элементов длиной 7 см (рис. 2, в), первоначально соединенных упругими связями. Если при контакте с рубящими элементами какой-либо элемент удаляется от соседних на критическое расстояние, считается, что связь разорвана и ветвь срублена.

Итак, кусторез описывается системой дифференциальных и алгебраических уравнений, численное интегрирование которой осуществляется методом Эйлера [3]. Для удобства теоретического исследования кустореза составлена компьютерная программа на языке Object Pascal в интегрированной среде программирования Borland Delphi 7, позволяющая задавать параметры механизма и технологического процесса и выводить такие выходные характеристики, как траектории движения рубящих элементов и ветвей, средняя пиковая сила удара рубящего элемента о ветвь, средняя мощность, затрачиваемая приводом механизма.

При раскручивании рубящая цепь (между ударами о ветви) запасает кинетическую энергию, которая высвобождается в момент удара и превращается в энергию разрушения ветви. При этом модель позволяет проследить эволюцию ветви (срезается или просто отклоняется) и подобрать параметры механизма, обеспечивающие надежное срезание [1].

Таким образом, разработанная модель охватывает основные конструктивные особенности кустореза, воспроизводит основные процессы, протекающие при работе механизма, и предоставляет широкие возможности для оптимизации его параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горский В.Г., Адлер Ю.П., Талалай А.М. Планирование промышленных экспериментов (модели динамики): учеб. пособие. – М.: Металлургия, 1978. – 288 с.
2. Заявка 2008142814/12 Рос. Федерация. Кусторез /Драпалюк М.В., Полев В.С. (РФ); заявл. 28.10.08; опубл. 10.05.10, БИПМ № 13 (I ч.). – 7 с.
3. Инженерные расчеты на ЭВМ: справ. пособие / под ред. В.А. Троицкого. – Л.: Машиностроение, 1979. – 288 с.
4. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления: учеб. для вузов / под ред. А.Б. Лурье. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1979. – 312 с.
5. Советов, Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1998. – 319 с.

M.V. Drapalyuk, V.S. Polev

Simulation of Cutting Moments of Chain Shrub Cutter

The mathematical model of the chain shrub cutter of a new design with cutting elements is developed. It covers the basic design characteristics of the shrub cutter, reproduces the main processes of the operation, and provides extensive possibilities for its parameters optimization.

Keywords: shrub cutter, clarifier, model, cutting element, chain, safeguard.

УДК [630*:65.011.54]:621.825

Р.Г. Боровиков, П.Н. Щеблыкин, Н.А. Бородин, И.В. Четверикова

Боровиков Роман Геннадьевич родился в 1981 г., окончил в 2003 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, ассистент кафедры деталей машин и инженерной графики ВГЛТА. Имеет 16 печатных работ в области совершенствования узлов и деталей машин и оборудования лесного комплекса.

E-mail: borovikov_roman@mail.ru



Щеблыкин Павел Николаевич родился в 1979 г., окончил в 2001 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры деталей машин и инженерной графики ВГЛТА. Имеет 25 печатных работ в области совершенствования узлов и деталей машин и оборудования лесного комплекса.

E-mail: pavel.79.08.31@mail.ru



Бородин Николай Александрович родился в 1960 г., окончил в 1986 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой деталей машин и инженерной графики Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 66 печатных работ в области совершенствования узлов и деталей машин и оборудования лесного комплекса.

E-mail: dmig@vglta.vrn.ru



Четверикова Ирина Владимировна родилась в 1975 г., окончила в 1997 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры деталей машин и инженерной графики ВГЛТА. Имеет 38 печатных работ в области перевозки измельченной древесины.

E-mail: chivles@rambler.ru



**ЗАЩИТА КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ
ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ОТ ПЕРЕГРУЗОК**

Предложена конструкция предохранительного устройства карданной передачи лесохозяйственных машин, представлены стендовые экспериментальные результаты его работы.

Ключевые слова: предохранительное устройство, динамические нагрузки, упругий элемент, жесткость, демпфирование.

Лесохозяйственные машины, работающие в довольно сложных условиях, достаточно часто подвергаются перегрузкам (попадание в рабочие органы пней, корней, порубочных остатков и т. д.), что свидетельствует о необходимости защиты рабочих органов и приводов машин. Для этого применяют различные предохранительные устройства, которые должны обеспечивать удобство в обслуживании, регулировку, смазку, устранение неисправностей, легкость монтажа и демонтажа.

При создании нового предохранительного устройства нужно учитывать надежность и долговечность, так как с увеличением срока службы уменьшаются расходы на эксплуатацию и ремонт машин. Однако многие существующие конструкции карданных предохранительных устройств обладают рядом недостатков, в том числе большой динамической нагруженностью [1, 3]. В разработанной нами конструкции

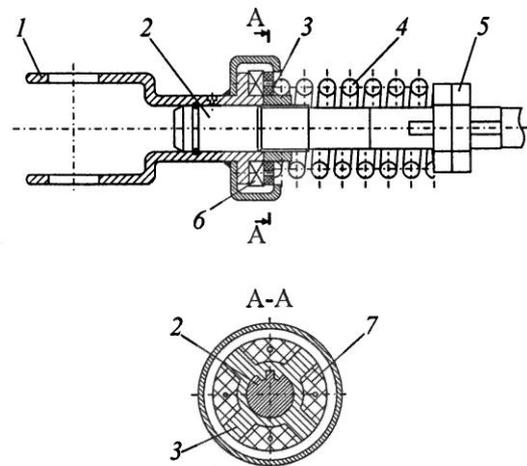


Рис. 1. Карданное предохранительное устройство

предохранительного устройства карданного привода лесохозяйственной машины (рис. 1) динамические нагрузки снижаются благодаря упругим элементам, которые позволяют уменьшить жесткость линий передач, а также повысить демпфирование.

Предохранительное устройство состоит из свободно установленной вилки 1 на валу 2 и втулки 3, выполненной в виде ступицы с упругим элементом 7 и перемещающейся по шлицам. Между вилкой 1 и втулкой 3 установлены двухкулачковые шайбы 6, одна из которых закреплена в упругом элементе 7 втулки 3. Шайбы прижимаются цилиндрической пружиной 4, контактирующей с навинчиваемыми на вал регулировочными гайками 5.

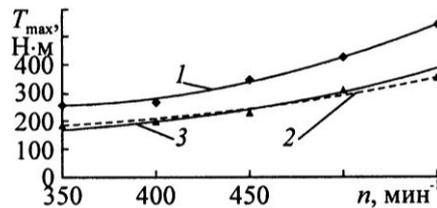
Предохранительное устройство работает следующим образом. При нормальном режиме движение передается с фигурной вилки 1 на вал 2 через упругий элемент 7 втулки 3 при помощи двухкулачковых шайб 6.

При возникновении перегрузки вал 2 и втулка 3 останавливаются, втулка сжимает пружину, зубья шайб выходят из зацепления. Предохранительное устройство срабатывает с последующей пробуксовкой.

Для оценки влияния упругих неметаллических элементов, используемых в предохранительном устройстве карданного привода лесохозяйственных машин [4], на динамические нагрузки были проведены экспериментальные исследования на специальном стенде [2]. Разработанное устройство сравнивали с существующим. Диапазон частоты вращения (n) изменялся от 340 до 680 мин⁻¹. Данные экспериментальных исследований представлены на рис. 2.

Из графиков видно, что увеличение частоты вращения приводит к возрастанию динамических нагрузок в системе как для предохранительного устройства с упругими элементами, так и без них, при этом характер изменения для обоих типов устройств одинаков.

Рис. 2. Зависимость максимальных динамических нагрузок от частоты вращения: 1, 2 – соответственно для существующего и разработанного предохранительных устройств; 3 – теоретическая



При частоте вращения 340 мин⁻¹ и стопорении рабочего органа у предохранительного устройства с упругим элементом значение динамических нагрузок составляло 188 Н·м. С дальнейшим увеличением частоты вращения они возрастали и при 680 мин⁻¹ достигали 362 Н·м. Закономерность изменения нагрузок для обоих типов предохранительных устройств эквидистантна. Однако для системы с существующим устройством при частоте вращения 340 мин⁻¹ они были равны 260, а при 680 мин⁻¹ – 540 Н·м.

Анализируя результаты исследования, можно увидеть, что при срабатывании кулачкового предохранительного устройства возникают значительные динамические нагрузки, особенно при больших скоростях. При изменении частоты вращения от 340 до 680 мин⁻¹ для системы стенда, включающей предохранительное устройство с упругим элементом, максимальные динамические нагрузки увеличились в 1,93 раза, для системы с существующим предохранительным устройством – в 2,07 раза, что и следовало ожидать. Однако максимальные динамические нагрузки, возникающие при срабатывании предохранительного устройства с упругим элементом, ниже, чем у существующего. Это связано с тем, что упругий элемент уменьшает жесткость системы и увеличивает ее демпфирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородин Н.А.* Защита выкопчных лесохозяйственных машин от перегрузок размыкающимися муфтами предельного момента: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2000. – 18 с.
2. *Карамышев В.Р., Боровиков Р.Г.* Стенд для испытания предохранительных муфт карданных приводов лесохозяйственных машин // Лес. Наука. Молодежь – 2004: сб. материалов по итогам науч.-исслед. работы молодых ученых за 2004 год, посвященный 75-летию со дня рождения профессора А.В. Веретенникова. – Воронеж, 2005. – С. 137–139.
3. *Карамышев В.Р., Нартов П.С.* Повышение надежности работы предохранительных муфт лесохозяйственных машин. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1993. – 140 с.
4. Пат. на полезную модель 62680 РФ, МКИ F 16Д 7/04. Карданная предохранительная муфта / Р.Г. Боровиков, П.Н. Щерблыкин; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 2006125998/22; заявл. 17.07.2006; опубл. 27.04.2007, Бюл. № 12. – 3 с.

R.G. Borovikov, P.N. Shcheblykin, N.A. Borodin, I.V. Chetverikova

Overload Protection of Cardan Gear of Forest Machines

The design of cardan gear safeguard for forest machines is provided; bench testing results of its work are presented.

Keywords: safeguard, dynamic loads, elastic element, rigidity, damping.

УДК 630*377.45

Л.Д. Бухтояров, П.И. Попиков, А.А. Сидоров

Бухтояров Леонид Дмитриевич родился в 1979 г., окончил в 2001 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ВГЛТА. Имеет 49 печатных работ в области ухода за лесными насаждениями.
E-mail: vglta-mlx@yandex.ru



Попиков Петр Иванович родился в 1940 г., окончил в 1967 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 140 печатных работ по изучению гидропривода лесных машин.
E-mail: petropikov@yandex.ru



Сидоров Анатолий Аркадьевич родился в 1969 г., окончил в 1993 г. Воронежский лесотехнический институт, в 2005 г. Воронежский институт МВД РФ, аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет около 20 печатных работ по изучению гидропривода лесных манипуляторов.
E-mail: sidorov-vm@yandex.ru



ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЕМПФЕРА ГИДРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ ЛЕСНОГО МАНИПУЛЯТОРА

На основании разработанной математической модели проведен компьютерный эксперимент, по итогам которого определены основные конструктивные параметры демпфера, требующие оптимизации. Установлены оптимальные диаметры каналов, даны рекомендации по размерам демпфера.

Ключевые слова: оптимизация, математическая модель, демпфер, манипулятор.

Одним из путей повышения технического уровня гидроманипулятора является совершенствование его гидравлической системы. Возникающие при торможении опускающегося груза нагрузки можно снизить при использовании в механизме подъема стрелы тормозных клапанов в сочетании с дросселем, а также демпферов, гасящих колебания [1].

Нами разработана универсальная математическая модель функционирования гидропривода манипуляторов, оснащенных демпфером, серийно выпускаемых Майкопским машиностроительным заводом, в частности ЛВ-184А-06 и ЛВ-110 [2]. В рамках модели воспроизводятся физические процессы, происходящие в механической и гидравлической подсистемах манипулятора. Устройство описывается системой дифференциальных и алгебраических уравнений. При их численном интегрировании [3] получаются временные зависимости основных параметров, характеризующих работу манипулятора и демпфера: давлений в поршневой $P_{п}(t)$ и штоковой $P_{ш}(t)$ полостях гидроцилиндра, угла подъема стрелы $\alpha(t)$, а также положения плунжера демпфера $x_{д}(t)$. По данной математической модели составлена программа на ЭВМ в целях проведения компьютерного эксперимента.

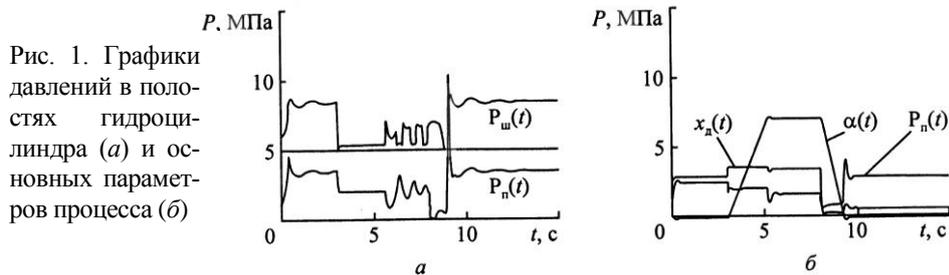


Рис. 1. Графики давлений в полостях гидроцилиндра (а) и основных параметров процесса (б)

В процессе этого эксперимента на экран компьютера непрерывно выводятся следующие выходные характеристики:

схематичные изображения в масштабе: манипулятора, подъемного гидроцилиндра и демпфера, по которым можно визуальнo анализировать эффективность работы демпфера;

временные зависимости давлений в поршневой $P_п(t)$ и штоковой $P_ш(t)$ полостях гидроцилиндра (рис. 1, а) либо давления в поршневой полости $P_п(t)$, угла поворота стрелы $\alpha(t)$ и положения плунжера в демпфере $x_д(t)$ (рис. 1, б).

По окончании компьютерного эксперимента по графикам $P_п(t)$ и $P_ш(t)$ определяются пиковые давления $P_п^{пик}$ и $P_ш^{пик}$, снижение которых составляет основную задачу данной работы.

Предварительный анализ позволил сделать заключение, что на эффективность демпфирования наибольшее влияние оказывают следующие конструктивные параметры:

диаметры дросселирующих каналов $d_к$ (или отдельно диаметры дросселирующих каналов поршневой $d_{кп}$ и штоковой $d_{кш}$ частей демпфера);

соотношение диаметров запираемых полостей $d_п / d_ш$;

масштабный коэффициент (размер) демпфера K .

Поэтому решены задачи оптимизации трех функций, в которых комбинируются перечисленные переменные: $P_п^{max}(d_к, d_п)$, $P_п^{max}(d_{кп}, d_{кш})$ и $P_п^{max}(d_к, K)$ (рис. 2).

В процессе оптимизации эффективности демпфирования использовали те же интервалы варьирования факторов, что и на этапе систематических исследований: $d_к$, $d_{кп}$ и $d_{кш}$ – от 0 до 9 мм с шагом 1 мм; $d_п$ – от 10 до 45 мм с шагом 5 мм (при одновременном уменьшении $d_ш$ от 50 до 15 мм с тем же шагом); K – от 0,7 до 2,5 с шагом 0,2. В каждой точке (F_1, F_2) проводили отдельный компьютерный эксперимент, при этом общее их число, позволяющее получить функцию двух переменных, было равно $10 \times 10 = 100$ для каждой функции.

Важным преимуществом двухфакторной оптимизации является возможность графически изобразить поверхности отклика (рис. 3). Анализируя каждую из них, представленную с помощью линий уровня, можно условно разделить факторное пространство на две области: благоприятную (заштрихована на рис. 3), в которой критерий оптимизации принимает искомые

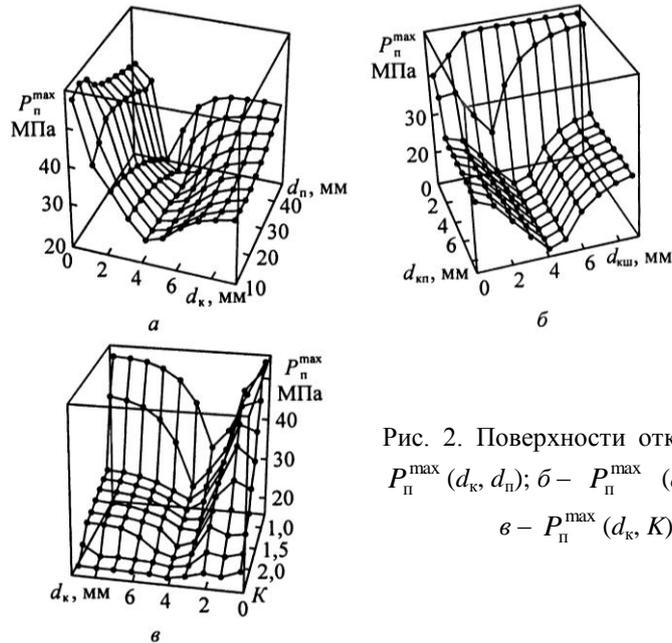


Рис. 2. Поверхности отклика: *a* – $P_n^{\max}(d_k, d_n)$; *б* – $P_n^{\max}(d_{кп}, d_{кш})$; *в* – $P_n^{\max}(d_k, K)$

минимальное или максимальное значения, и неблагоприятную. В качестве границы между этими областями экспертным путем выбирается некоторая линия уровня. При этом необходимо учитывать ряд требований, которым должна отвечать благоприятная область:

содержать наиболее экстремальные (максимальные или минимальные) значения критерия, по возможности постоянного;

занимать значительное факторное пространство (20...40 %), ограниченное некоторой линией уровня.

В данном случае для всех трех функций в качестве границы была выбрана изолиния давления $P^{\max} = 50$ МПа.

Анализ конфигурации благоприятных областей в факторных пространствах $P_n^{\max}(d_k, d_n)$, $P_n^{\max}(d_{кп}, d_{кш})$ и $P_n^{\max}(d_k, K)$ позволяет сделать следующие выводы.

При увеличении диаметра d_n и одновременном уменьшении d_k оптимальный диаметр дросселирующего канала уменьшается с 4...5 до 2...3 мм (рис. 3, *a*).

Диаметр дросселирующего канала $d_{кп}$ можно выбирать любым, начиная с 2 мм, так как он практически не влияет на P_n^{\max} (рис. 3, *б*). В то же время диаметр $d_{кш}$ должен находиться в узком диапазоне от 3,5 до 5,0 мм.

Целесообразно увеличивать размер демпфера, если нет ограничений со стороны других факторов (металлоемкость, компактность) (рис. 3, *в*). При больших размерах демпфер работает эффективно независимо от диаметра дросселирующих каналов, а при малых оптимальный диаметр $d_k = 4$ мм.

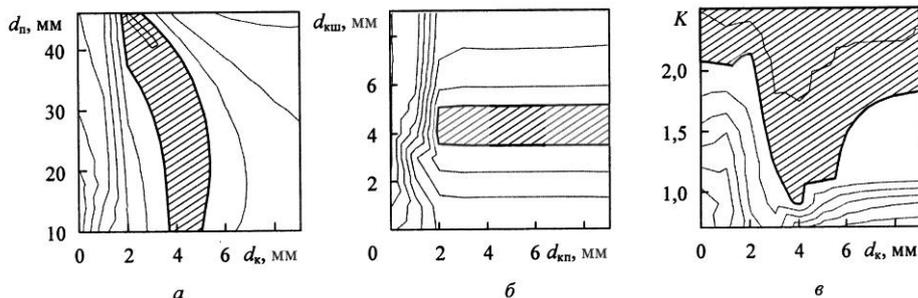


Рис. 3. Оптимальные области факторного пространства на поверхностях отклика, ограниченные жирными линиями уровня: $a - P_{II}^{\max}(d_k, d_{II})$;

$$b - P_{II}^{\max}(d_{kст}, d_{кш}); c - P_{II}^{\max}(d_k, K)$$

Поскольку для всех трех функций оптимальная область занимает значительное факторное пространство, то даже при существенном изменении конструктивных параметров демпфер эффективно будет снижать пиковое давление. Такая малая чувствительность к внешним условиям косвенно гарантирует стабильность его работы.

Таким образом, для рассмотренных манипуляторов при диаметре поршневой полости $d_{II} = 10 \dots 30$ мм оптимальный диаметр дросселирующих каналов $d_k = 3 \dots 5$ мм, а при $d_{II} = 30 \dots 45$ мм значение $d_k = 2 \dots 3$ мм. Оптимальный диаметр дросселирующего канала поршневой полости $d_{кп} = 2$ мм и более, а штокового канала $d_{кш} = 3,5 \dots 5,0$ мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкции и параметры машин для расчистки лесных площадей: моногр. / И.М. Бартенев [и др.] – М. : Наука [Флинта], 2007. – 208 с.
2. Сидоров А.А., Попиков П.И., Бухтояров Л.Д. Моделирование работы гидропривода механизма подъема стрелы лесного манипулятора // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2009. – Вып. 8. – С. 3–7.
3. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1998. – 319 с.

L.D. Bukhtoyarov, P.I. Popikov, A.A. Sidorov

Parameters Optimization of Hydraulic Actuator Damper for Boom Hoisting Mechanism of Forest Manipulator

The computer experiment is carried out based on the developed mathematical model resulting in determining the main design damper parameters to be optimized. Optimal channel diameters are set; recommendations on damper size are made.

Keywords: optimization, mathematical model, damper, manipulator.

УДК [630*:65.011.54]:621.825

П.Н. Щерблыкин, Н.А. Бородин, Р.Г. Боровиков, И.Н. Журавлев

Журавлев Иван Николаевич родился в 1978 г., окончил в 2002 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, ассистент ВГЛТА. Имеет 14 печатных трудов в области совершенствования рабочих органов и элементов привода лесохозяйственных машин.

E-mail: com307@yandex.ru



К РАСЧЕТУ СИЛОВЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ФРЕЗЕРНОЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ

Предложен расчет нажимного упругого элемента предохранительного устройства фрезерных почвообрабатывающих машин, дающий возможность оценить степень надежности его работы и определить оптимальные параметры.

Ключевые слова: упругий элемент, деформация, крутящий момент, жесткость.

Для нормальной работы фрезерной почвообрабатывающей машины с предохранительными устройствами, включающими упругие элементы, необходимо, чтобы они не влияли отрицательно на качественные показатели машины и учитывали ее эксплуатационные свойства [2]. Следует также знать силовые и прочностные характеристики предохранительных устройств.

В разработанной на кафедре деталей машин и инженерной графики ВГЛТА конструкции предохранительного устройства [3] наиболее нагруженным и ответственным является упругий нажимной элемент, который выполняет функции нажимной пружины и передачи крутящего момента на рабочие органы, а также демпфирующего элемента, т. е. работает на сжатие и кручение. Поэтому целью нашей работы был основной расчет силовых и прочностных характеристик для упругого элемента.

Упругий элемент выполнен из резинового материала (его толщина должна быть небольшой), в связи с чем к нему применимы следующие допущения:

деформации тела от приложенной системы сил невелики ($\epsilon \ll 1$), и коэффициент Пуассона $\mu = 0,5$;

связь между напряжениями и деформациями описывается линейной зависимостью (законом Гука);

материал обладает свойствами однородности и изотропности.

Крутящий момент M , передаваемый предохранительным устройством с упругим элементом, можно выразить формулой [1]

$$M = kQR_{cp}f\dot{i}. \quad (1)$$

Здесь k – коэффициент запаса, при ударных нагрузках $k = 2,25$;

Q – сила прижатия, Н;

R_{cp} – средний радиус трения фрикционного элемента, мм,

$$R_{\text{cp}} = \frac{R_1 + R_2}{2},$$

где R_1, R_2 – внешний и внутренний радиусы фрикционного элемента, мм;

f – коэффициент трения;

i – число плоскостей трения.

Под действием силы Q , необходимой для передачи требуемого крутящего момента M происходит деформация упругого элемента на определенную величину e , мм (см. рисунок).

Если сжатие плоской цилиндрической резиновой шайбы рассмотреть на основе линейной теории упругости, к которой применимы перечисленные допущения, то усилие Q определится как [4]

$$Q = - \int_0^{2\pi R_2} \int_{R_1}^R \sigma_z \left(r, \frac{h}{2} \right) r d\theta dr = 2\pi e G \beta \rho R_1 (1 - \alpha^2) \left[\frac{3}{4} \rho^2 (1 - \alpha^2) + 1 - \frac{3}{2} \rho^2 AB \right]. \quad (2)$$

Здесь σ_z – напряжения, действующие по оси z ;

θ – угол, определяющий положение радиуса r ;

A, B, α, ρ – коэффициенты:

$$A = (1 - \alpha^2)(\rho^2 - 3) - 6\alpha^2 \ln \alpha$$

$$B = [\rho^{-2}(1 - \alpha^{-2}) + 6 \ln \alpha]^{-1},$$

$$\alpha = \frac{R_2}{R_1}, \quad \rho = \frac{R_1}{h};$$

h – толщина упругого элемента;

G – модуль сдвига, для несжимаемого материала

$$G = \frac{1}{3} E, \quad (3)$$

E – модуль упругости резинового материала, зависящий от его свойств;

β – коэффициент увеличения жесткости на торцах упругого резинового элемента,

$$\beta = 0,667 + 0,5 \gamma^2,$$

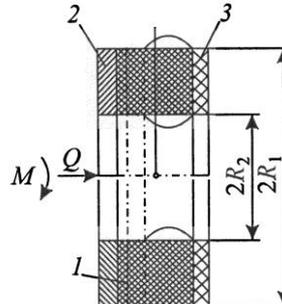
γ – коэффициент,

$$\gamma = \frac{r}{h},$$

r – ширина упругого резинового элемента,

$$r = R_1 - R_2.$$

Коэффициент β в формуле (2) рекомендуется учитывать, поскольку ведущий диск 2, упругий элемент 1 и фрикцион 3 можно представить как единое целое, так как коэффициент трения между ними всегда больше, чем между фрикционом и ведомым диском.



К расчету предохранительного устройства

При осевом сжатии происходит деформация упругого элемента и изменяется его жесткость (c), которая определяется отношением силы прижатия к деформации:

$$c = \frac{Q}{e}. \quad (4)$$

Используя (2), можно определить усилие, создаваемое упругим элементом на рабочих поверхностях предохранителя, а также его жесткость и геометрические параметры.

Упругий элемент не только воспринимает статическую нагрузку, но и передает крутящий момент, от которого возникают касательные напряжения τ :

$$\tau = \frac{2MR_{cp}}{\pi(R_1^4 - R_2^4)} \leq [\tau], \quad (5)$$

где $[\tau]$ – допускаемое напряжение, при работе в тяжелых условиях и больших динамических режимах $[\tau] = 0,21 \dots 0,24$ МПа.

Подставив в (5) формулу (1), получим

$$\tau = \frac{2QR_{cp}^2 kfi}{\pi(R_1^4 - R_2^4)} \leq [\tau]. \quad (6)$$

По представленным формулам можно произвести расчет силовых и прочностных характеристик предохранительного устройства с упругими нажимными элементами фрезерных лесохозяйственных машин, что позволит оценить степень надежности его работы и определить оптимальные параметры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов М.Н. Детали машин: учеб. – 6-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.
2. Посметьев В.И. Обоснование перспективных конструкций предохранителей для рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий: учеб. пособие. – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – 248 с.
3. Свидетельство на полезную модель №2001110643/20. Фрезерная почвообрабатывающая машина / В.Р. Карамышев, А.В. Филатов. – Оpubл. 19.04.2001.
4. Щерблыкин П.Н. Совершенствование предохранительного оборудования от перегрузок фрезерных лесохозяйственных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. – Воронеж, 2005. – 151 с.

P.N. Shcheblykin, N.A. Borodin, R.G. Borovikov, I.N. Zhuravlev

To Calculation of Safeguard Force Characteristics for Milling Soil-cultivating Machine

The calculation of pressure elastic element for safeguard of milling soil-cultivating machines is provided that allows assessing the reliability degree of its work and determining its optimal parameters.

Keywords: elastic element, deformation, running torque, rigidity.

УДК 630*32:519.873

Н.Ю. Юдина, Р.А. Щеглов

Юдина Надежда Юрьевна родилась в 1955 г., окончила в 1973 г. Воронежский государственный университет, кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники и информационных систем Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 20 печатных трудов в области САПР лесозаготовок.

E-mail: unu@list.ru



Щеглов Роман Александрович родился в 1976 г., окончил в 1999 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, ассистент кафедры технологии и оборудования лесопромышленного комплекса. Имеет более 10 печатных трудов в области механизации процесса лесовосстановления.

E-mail: ra_sh@mail.ru



**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
В СИСТЕМЕ ГИДРОПРИВОДОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
ЛЕСНЫХ МАШИН**

Разработана математическая модель, описывающая в динамике работу гидропривода машин лесного хозяйства; определены фактические значения давления, хода штока гидроцилиндра; рассчитаны силовой баланс гидродвигателя, угловая скорость гидромотора, а также погрешности, связанные с утечкой жидкости через уплотнения различных агрегатов.

Ключевые слова: гидропривод, гидроцилиндр, гидросистема, математическая модель.

Системы гидропривода рабочих органов лесных машин построены, как правило, из стандартизованных, унифицированных элементов: гидроцилиндров, гидромоторов, распределителей, клапанов, насосов. Анализ схем показал, что практически отсутствуют варианты, когда было бы включено более трех гидродвигателей. Число насосов, питающих рабочей жидкостью действующий фрагмент гидросхемы, обычно равно 1 (исключение составляет сучкорезная машина ЛП-33).

Следовательно, анализ работы любой гидросистемы привода можно представить как поочередный анализ работы ее фрагментов, в каждом из которых не более трех гидродвигателей и один насос. Поскольку используемые гидроагрегаты в разных схемах совершенно идентичны по принципу действия, то математическое описание их работы будет одинаковым по структуре для разных фрагментов и разных гидросхем.

Для описания и анализа нами выбран фрагмент гидросхемы привода, включающий в себя 3 гидроцилиндра, 1 гидромотор, 1 насос с разгрузочно-предохранительным клапаном и тремя распределителями (по одному на линии питания каждого гидродвигателя).

Обычно при проектировании и описании системы гидропривода используют статическое представление о характере нагрузки на гидродвигатели и реакции гидросистемы на эти нагрузки. Полагают, что давление в гидросистеме мгновенно установится таким, что гидроцилиндры и гидромоторы начнут преодолевать приложенные нагрузки и придут в движение. Скорость движения выходных звеньев гидродвигателей назначается заранее и обеспечивается тем расходом, который насос подает в гидросистему. Так, при отсутствии нагрузок устанавливается низкое давление. При проектной нагрузке и выбранных рабочих размерах гидроцилиндров в системе должно действовать расчетное давление. Справедливо беспокоясь о преодолении неучтенных динамических нагрузок, проектировщик увеличивает исходную статическую нагрузку в 1,15 – 1,30 раза.

Целью проводимого исследования является построение имитационной модели, которая бы учитывала давление в системе и давала возможность проведения силового баланса гидродвигателя. При этом должно быть учтено не только возможное изменение внешней статической нагрузки, но и дополнительная инерционная нагрузка, вызванная перемещением масс, присоединенных к выходным звеньям гидродвигателей.

Это означает, что необходимо связать три одновременно протекающих процесса:

- изменение давления в гидросистеме;
- перемещение dS поршней в гидроцилиндрах и ротора гидромотора, связанное с текущим изменением давления;
- возникновение инерционных сил, зависящих от ускорений, которые, в свою очередь, являются второй производной от перемещения.

Связующим звеном между этими тремя процессами служит баланс объемов жидкости и гидросистемы. Это означает, что объем жидкости, в течение интервала времени dt поступающий из насоса в гидросистему, где к этому моменту уже было какое-то начальное давление $p_{нач}$, должен найти себе место в гидросистеме, отодвинув поршни и повернув ротор гидромотора. При этом надо учесть, что часть поступившего объема будет одновременно затрачиваться на компенсацию неизбежных утечек в уплотнениях включенных агрегатов гидросистемы и сжатия той жидкости, которая уже находилась в гидросистеме к моменту начала интервала времени dt ; на заполнение дополнительно возникшего объема гидросистемы из-за деформации стенок жестких и гибких магистралей, если в интервале dt возникло повышенное давление dp .

Среднее давление в системе в интервале dt составит $p_{нач} + dp / 2$, этим давлением будет преодолеваться внешняя статическая и инерционная нагрузки. Если давление в системе будет недостаточно для преодоления нагрузки, перемещений на гидродвигателях не будет. Величина dp при этом будет значительной. Если давление в системе становится больше давления настройки предохранительного клапана, то он приоткроется, и в балансе объемов надо будет учесть количество жидкости, которое уйдет из системы через клапан.

Изложенный методологический подход к определению динамики параметров гидросистемы достаточно корректен и должен дать вполне достоверные результаты. Это объясняется тем, что из всего набора процессов, происходящих в гидросистеме, не учтены лишь волновые процессы, т. е. те, которые связаны со скоростью распространения волны давления в магистрали. Будь это сделано, описывающая система уравнений резко усложнилась бы. Однако на рассматриваемом интервале времени dt давление не изменится, так как на него накладываются колебания давления звуковой частоты. Перемещения на эти колебания давления не реагируют.

В рассматриваемой схеме длина магистрали от насоса до распределителей обычно невелика, поэтому гидравлическими потерями можно пренебречь, следовательно

$$p_{1.0} = p_{2.0} = p_{3.0} = p_{к.к} = p_n,$$

где $p_{1.0}, p_{2.0}, p_{3.0}$ – текущее значение давления на входе соответственно в первый, второй, третий гидроцилиндры;

$p_{к.к}$ – давление на клапан;

p_n – начальное давление.

Гидравлические потери в магистрали от входа в распределитель до гидродвигателя пропорциональны квадрату расхода и могут быть связаны с параметрами расчетного режима. Например, в первой линии

$$\frac{p_n - p_{1.2}}{p_n^* - p_{1.2}^*} = \left(\frac{dS_1 / dt}{u_1^*} \right)^2, \quad (1)$$

где p_n^* – расчетное начальное давление;

$p_{1.2}^*$ – расчетное давление на входе в гидродвигатель (первая линия);

$\frac{dS_1}{dt} = u_1$ – текущая скорость поршня;

u_1^* – скорость поршня на расчетном режиме первой линии.

Вместо соотношения расходов в уравнении (1) использовано равное ему соотношение скоростей.

Давление на входе в гидродвигатель

$$p_{1.2} = p_n - (p_n^* - p_{1.2}^*) \left(\frac{dS_1 / dt}{u_1^*} \right)^2. \quad (2)$$

С учетом того, что в сливной линии давление на выходе нулевое, получаем давление за гидродвигателем:

$$p_{1.3} = p_{1.2}^* \left(\frac{dS_1 / dt}{u_1^*} \right)^2, \quad (3)$$

где $p_{1.3}^*$ – расчетное давление за гидродвигателем.

Аналогично имеем для двух других линий:

$$p_{2.2} = p_1 - (p_1^* - p_{1.2}^*) \left(\frac{dS_2 / dt}{u_2^*} \right)^2; \quad (4)$$

$$p_{2.3} = p_{2.3}^* \left(\frac{dS_2 / dt}{u_2^*} \right)^2; \quad (5)$$

$$p_{3.2} = p_n - (p_n^* - p_{3.2}^*) \left(\frac{d\varphi_3 / dt}{2\pi n_m^*} \right)^2; \quad (6)$$

$$p_{3.3} = p_{3.3}^* - \left(\frac{d\varphi_3 / dt}{2\pi n_1^*} \right)^2, \quad (7)$$

где $\frac{dS_2}{dt} = u_2$ – текущая скорость поршня;

u_2^* – скорость поршня в расчетном режиме второй линии;

n_1^* – число оборотов вала.

В последних двух соотношениях использованы угловые скорости

вала мотора: $\frac{d\varphi_3}{dt} = \omega_3$ – текущая и $2\pi n_1^* = \omega_3^*$ – расчетная.

Необходимо учесть величину утечек через уплотнения различных агрегатов. Например, в насосе

$$Q_{ут.н} = Q_{ут.н}^* \sqrt{\frac{p_n}{p_n^*}}, \quad (8)$$

где $Q_{ут.н}^*$ – паспортная величина утечек при расчетном давлении.

Аналогично считают для остальных распределителей.

При подключении гидромотора учитывают утекающий расход:

$$Q_{ут.м} = Q_{ут.м}^* \sqrt{\frac{p_n}{p_n^*}} \quad (9)$$

Из формул (8), (9) следует, что суммарные утечки жидкости в системе

$$Q_{ут} = k_{ут} \sqrt{p_n}, \quad (10)$$

где $k_{ут} = \sum \frac{Q_{ут.и}}{\sqrt{p_n^*}}$ (зависит от набора агрегатов i , подключенных в данный

момент к давлению за насосом).

При анализе силового баланса в гидродвигателях необходимо рассмотреть силы, которые возникают по обе стороны поршня при перепаде давления: F_p – сила, направленная на преодоление статической нагрузки F_c ; $F_{тр}$ – сила трения в уплотнениях; сила инерции.

Например, для первого гидроцилиндра определим силу, направленную на преодоление статической нагрузки:

$$F_{p1} = p_{1.2} \frac{\pi D_1^2}{4} - p_{1.3} \frac{\pi(D_1^2 - d_1^2)}{4} = F_{cl} + F_{тр} \cdot \text{sign}(dS_1) + m_1 \frac{d^2 S_1}{dt^2}, \quad (11)$$

где D_1 и d_1 – диаметры штока толкателя, стандартное соотношение $d_1/D_1 \approx 0,5$; m_1 – масса первого клапана.

Внешняя статическая нагрузка может быть постоянной или меняться при движении поршня от S_1 до S_{\max} – ход штока гидроцилиндра. Сила трения в уплотнениях на расчетном режиме по статистике составляет около 6 % от F_{p1}^* – расчетное значение F_p . При этом на других режимах одна половина силы трения постоянна, другая – линейно зависит от рабочего давления. Поэтому

$$F_{тр1} = 0,03F_{p1}^* + 0,03F_{p1}^* \frac{p_H}{p_H^*} = 0,03F_{p1}^* \left(1 + \frac{p_H}{p_H^*}\right). \quad (12)$$

Знак силы трения зависит от направления перемещения поршня.

С учетом (2), (3), (12) из (11) получаем

$$p_H - \left(\frac{dS_1}{dt}\right)^2 \frac{p_H^* - (p_{1.2}^* - 0,75p_{1.3}^*)}{(u_1^*)^2} = \frac{4F_{cl}}{\pi D_2^2} + 0,03[p_H^* - (p_{1.2}^* - 0,75p_{1.3}^*)] \times \\ \times \left(1 - \frac{p_H}{p_H^*}\right) \cdot \text{sign}(dS_1) + m_1 \frac{d^2 S_1}{dt^2} \frac{4}{\pi D_1^2}. \quad (13)$$

Проведем аналогичные расчеты для второго и третьего гидроцилиндров.

Для гидромотора подобное соотношение получается из условия равенства моментов на роторе:

$$p_H - \left(\frac{d\varphi_3}{dt}\right)^2 \frac{p_H^* - (p_{3.2}^* - p_{3.3}^*)}{(2\pi n_{m1}^*)^2} = \frac{2\pi M_{c3}}{q_{m3}} + \\ + p_H^* - (p_{3.2}^* - p_{3.3}^*)(1 - \eta_{мех}^*) \cdot \text{sign}(dS_1) + \frac{2\pi J_3}{q_{m3}} \frac{d^2 \varphi}{dt^2}. \quad (14)$$

Здесь $\eta_{мех}^*$ – механический КПД гидромотора в расчетном режиме.

Соотношения (13), (14) можно использовать для определения изменения p_H , S_1 , S_2 , φ_3 во времени.

Общее решение в виде конечных формул давления, перемещений и скоростей получить невозможно, поскольку коэффициенты в уравнениях не постоянны, а изменяются во времени. Получить решение в данном случае можно для конкретных исходных данных численным интегрированием уравнений. Подготовка уравнений к решению сводится к их линеаризации, т.е. в конечном интервале времени Δt изменение всех параметров системы представляется линейным. В достаточно малом интервале времени Δt такое

допущение вполне корректно и позволяет связать начальные и конечные значения параметров.

Решение сводится к подбору величины Δp , позволяющей получить такие значения ΔS_1 , ΔS_2 , $\Delta \phi_3$, Δx , которые в сочетании с этим Δp удовлетворяли бы условию

$$q_n n_n \Delta t = \left(k_{yt} \sqrt{p_{нач} + \frac{\Delta p}{2}} + Q_{кл} \right) \Delta t + \Delta W_1 \Delta W_2 \Delta W_3, \quad (15)$$

где

q_n – рабочий объем насоса;

n_n – частота вращения насоса;

$Q_{кл}$ – объем жидкости, проходящей через клапан;

$\Delta W_1, \Delta W_2, \Delta W_3$ – объем жидкости, поступивший соответственно в первый, второй и третий гидроцилиндры.

Значение Δp подбирают последовательным приближением. Точность решения можно считать удовлетворительной, когда разница между левой и правой частями уравнения (15) будет не более 0,1 % от левой части.

N.Yu. Yudina, R.A. Shcheglov

Mathematical Process Simulation in Hydraulic Drives System of Operating Elements in Forest Machines

The mathematical model is developed describing in dynamics the operation of hydraulic drive for forest machines; the actual pressure values and hydrocylinder shaft stroke are determined; the power balance and angular velocity of hydraulic engine are calculated as well as defects caused by fluid leakage through sealing of different units.

Keywords: hydraulic drive, hydrocylinder, hydraulic system, mathematical model.

УДК 630*378.33

Д.Н. Афоничев, Н.Н. Папонов, В.В. Васильев

Афоничев Дмитрий Николаевич родился в 1972 г., окончил в 1995 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА. Имеет более 190 печатных работ в области совершенствования конструкций и систем автоматизированного проектирования сооружений транспорта леса.

E-mail: dmafonichev@yandex.ru



Папонов Николай Николаевич родился в 1972 г., окончил в 1994 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры транспорта леса и инженерной геодезии ВГЛТА. Имеет более 70 печатных работ в области совершенствования конструкций сооружений, оборудования и технологических процессов транспорта леса.

Тел. раб.: 8 (4732) 53-70-16



Васильев Владимир Викторович родился в 1987 г., студент 5-го курса Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 13 печатных работ в области совершенствования конструкций сооружений, оборудования и технологических процессов транспорта леса.

Тел. раб.: 8 (4732) 53-70-16



**СПЛОТОЧНАЯ ЕДИНИЦА
СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ПЛАВУЧЕСТИ**

Предложена конструкция сплочной единицы стабилизированной плавучести, обеспеченной обертыванием сплочной единицы гибким водонепроницаемым материалом, который исключает непосредственный контакт с водой и при буксировке уменьшает сопротивление движению.

Ключевые слова: лесоматериалы, сплочная единица, плавучесть, гибкий водонепроницаемый материал, вода.

По причине запрета молевого сплава на малых и средних реках, а также резкого падения глубин на судоходных реках произошло снижение объемов древесины, поставляемой по водным акваториям страны. Известно [3], что только в Архангельской области объем сплава древесины уменьшился в 15 раз. Для увеличения объема сплавляемой древесины необходимо, чтобы сплав был организован в сплочных единицах, объединенных в линейки, секции или плоты, и только в исключительных случаях вольницей. При этом обязательно должны соблюдаться экологические требования к соотношению объемов древесины в сплаве и стока воды 1 : 250, при котором гарантируется естественное самоочищение водных артерий.

К сплочным единицам, предназначенным для сплава по малым, средним и большим рекам с малыми глубинами, предъявляются следующие требования [3]: они должны иметь при малой осадке большие объемы; их

конструкция должна обеспечивать возможность изготовления на любом предприятии с использованием имеющегося оборудования; они должны быть унифицированными, иметь одинаковый такелаж и возможность изготовления для разных условий с разными осадками; на путях сплава с увеличением глубины реки должна обеспечиваться возможность их укрепления за счет простого суммирования, например установки друг на друга; они должны обеспечивать возможность сплава лиственной древесины с хвойным подплавом; они должны быть технологичны при выгрузке и обеспечивать возможность разделения на части (например, если в сплочную единицу входит хвойная и лиственная древесина, предназначенная различным потребителям); должны иметь минимальное сопротивление при движении по воде.

Получены положительные результаты при создании сплочных единиц, удовлетворяющих вышеуказанным требованиям. Например, предложенная А.А. Митрофановым [4] сплочная единица состоит из круглых лесоматериалов ограниченной плавучести, которые уложены в нижний, внутренние и верхний ряды. При этом лесоматериалы внутренних рядов ориентированы перпендикулярно лесоматериалам нижнего и верхнего рядов и скрепляются торцами в пакеты, которые состоят из круглых лесоматериалов повышенной плавучести, объединенных гибкими обвязками, и уложены параллельно лесоматериалам ограниченной плавучести нижнего и верхнего рядов. Сплочная единица снабжена гибкими внутренними связями, расположенными горизонтально и соединяющими крайние лесоматериалы ограниченной плавучести внутренних рядов и гибкими внешними обвязками, охватывающими снаружи пакеты лесоматериалов повышенной плавучести и лесоматериалы ограниченной плавучести нижнего и верхнего рядов; гибкие внутренние связи и внешние обвязки соединены вертикальными стяжками.

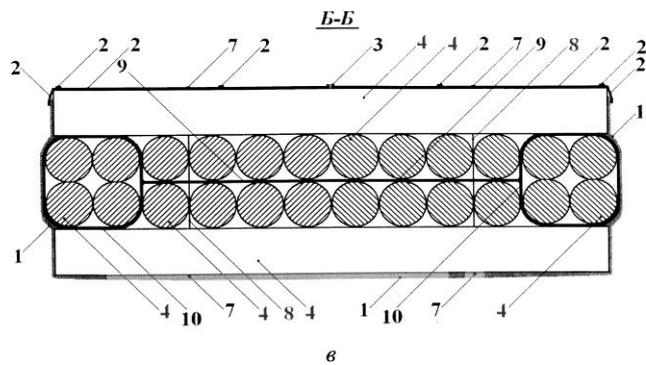
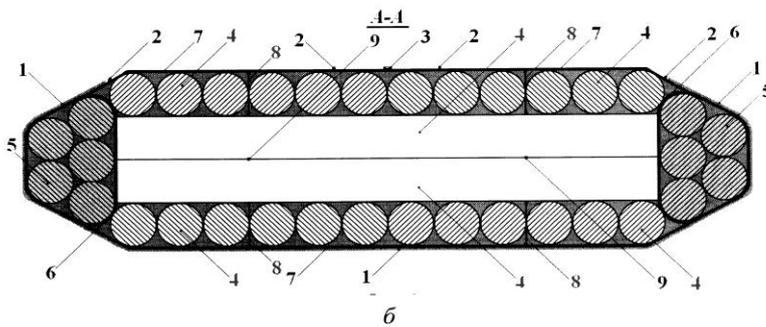
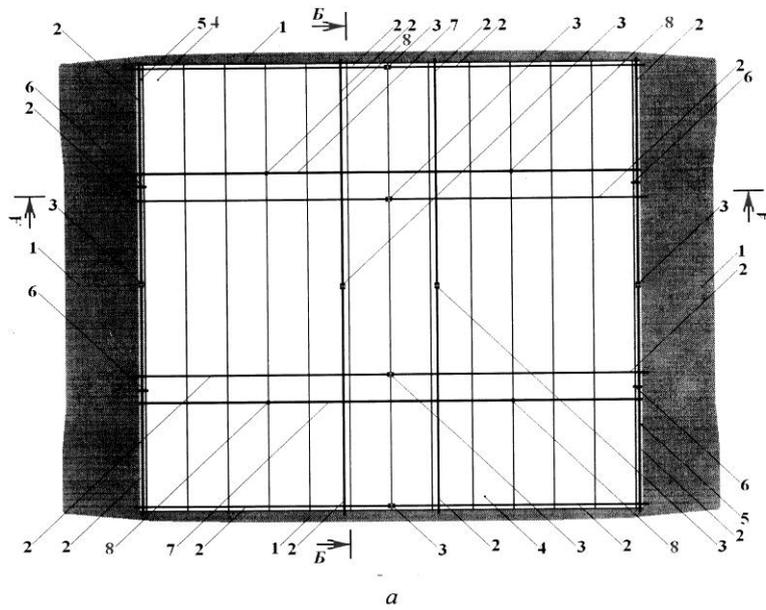
Недостатками данной сплочной единицы являются малый и нестабильный запас плавучести, высокое сопротивление движению. Для устранения этих недостатков нами была предложена другая конструкция сплочной единицы [5], которая представлена на рисунке.

Сплочная единица состоит из листа гибкого водонепроницаемого материала 1, по краям которого закреплены стропы 2 с соединительными устройствами 3 на свободных концах; круглых лесоматериалов ограниченной плавучести 4, уложенных в поперечные верхний и нижний ряды и продольные средние ряды; круглых лесоматериалов повышенной плавучести 5, объединенных гибкими обвязками 6 в пакеты, расположенные в головной и хвостовой частях сплочной единицы; гибких внешних обвязок 7, охватывающих снаружи пакеты круглых лесоматериалов повышенной плавучести 5 и ряды круглых лесоматериалов ограниченной плавучести 4; вертикальных стяжек 8, соединяющих гибкие внешние обвязки 7 и гибкие внутренние связи 9, которые вместе с гибкими внутренними обвязками 10 соединяют круглые лесоматериалы ограниченной плавучести 4 средних продольных рядов.

Сборку сплочной единицы осуществляют только на берегу. Ее можно производить в соответствии с прототипом [4], но при этом необходимо предварительно на плотбище расстелить лист из гибкого водонепроницаемого материала.

После сборки сплочной единицы заворачивают продольные края листа из гибкого водонепроницаемого материала, накладывая их на продольные борта сплочной единицы, натягивают стропы и соединяют их соединительными устройствами, при помощи которых также регулируется натяжение строп. Заворачивают поперечные края листа из гибкого водонепроницаемого материала, накладывая их на поперечные борта (торцы) сплочной единицы, при этом угловые складки листа заворачивают вовнутрь и укладывают вдоль поперечных бортов (торцов) сплочной единицы, натягивают стропы и соединяют их соединительными устройствами.

В лист из гибкого водонепроницаемого материала этим способом можно заворачивать уже собранные при помощи крана или другого грузоподъемного устройства сплочные единицы.



Сплоточная единица [5]: *a* – вид сверху; *б* – продольный разрез А-А; *в* – поперечный разрез Б-Б

Если сплottedная единица включает лесоматериалы как повышенной, так и ограниченной плавучести, то ее вес

$$G_{c.а} = g(V_{i.i} \rho_{i.i} + V_{o.i} \rho_{o.i}), \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²;

$V_{п.п}$ и $V_{о.п}$ – объем лесоматериалов повышенной и ограниченной плавучести, м³;

$\rho_{п.п}$ и $\rho_{о.п}$ – плотность лесоматериалов повышенной и ограниченной плавучести, кг/м³.

Согласно закону Архимеда, выталкивающая сила P равна весу вытесненной жидкости G , тогда условие равновесия сплottedной единицы на воде

$$P = G_{c.e} = G. \quad (2)$$

Так как $G = g\rho W_{п}$ (ρ – плотность воды, кг/м³; $W_{п}$ – погруженный объем сплottedной единицы, м³), то

$$G_{c.e} = g(V_{п.п}\rho_{п.п} + V_{о.п}\rho_{о.п}) = g\rho W_{п}. \quad (3)$$

Из формулы (3) найдем

$$W_{п} = \frac{V_{п.п}\rho_{п.п} + V_{о.п}\rho_{о.п}}{\rho}. \quad (4)$$

Коэффициент запаса плавучести сплottedной единицы

$$K = 1 - \frac{V_{п.п}\rho_{п.п} + V_{о.п}\rho_{о.п}}{\rho(V_{п.п} + V_{о.п})} = 1 - \frac{\rho_{с.в}}{\rho}, \quad (5)$$

где $\rho_{с.в}$ – средневзвешенная плотность сплottedной единицы, кг/м³.

В процессе плавания происходит водонасыщение лесоматериалов, при этом увеличиваются плотности $\rho_{п.п}$ и $\rho_{о.п}$ ($K \rightarrow 0$) и погруженный объем сплottedной единицы согласно формуле (4).

Если сплottedную единицу обернуть в водонепроницаемый материал, то пространство между лесоматериалами в погруженной части не будет заполняться водой. Следовательно, вес вытесненной жидкости

$$G = \frac{g\rho W_{п}}{k}, \quad (6)$$

где k – коэффициент полнодревесности сплottedной единицы.

С учетом формулы (6) погруженный объем сплottedной единицы

$$W_{п} = \frac{(V_{п.п}\rho_{п.п} + V_{о.п}\rho_{о.п})}{\rho}. \quad (7)$$

Так как $k < 1$, то, согласно (4) и (7), погруженный объем сплottedной единицы, как и ее осадка, уменьшится.

Средневзвешенная плотность завернутой в гибкий водонепроницаемый материал сплottedной единицы

$$\rho'_{с.в} = \frac{k(V_{п.п}\rho_{п.п} + V_{о.п}\rho_{о.п})}{V_{п.п} + V_{о.п}}, \quad (8)$$

а коэффициент запаса ее плавучести с учетом формулы (8)

$$K = 1 - \frac{k(V_{i.i} \rho_{i.i} + V_{i.i} \rho_{i.i})}{\rho(V_{i.i} + V_{i.i})} = 1 - \frac{\rho_{п.а}}{\rho} = 1 - \frac{k\rho_{п.а}}{\rho}. \quad (9)$$

Совместный анализ формул (5) и (9) показывает, что применение в конструкции сплottedной единицы гибкого материала для ее обертывания по дну и бортам позволяет увеличить запас плавучести и стабилизировать его за счет исключения водонасыщения лесоматериалов. Сплottedная единица, обернутая по дну и бортам в лист из гибкого водонепроницаемого материала, приобретает обтекаемую форму, что снижает не только сопротивление движению, но и энергозатраты на буксировку.

Если рассматривать поперечное сечение сплottedной единицы, можно увидеть, что гибкий материал не всей площадью дна и бортов контактирует с лесоматериалами, поэтому наибольшая вероятность разрыва этого материала будет в местах, где отсутствует его контакт с лесоматериалами. Следовательно, расчет усилия, создаваемого от воды на гибкий материал, необходимо выполнять именно для таких мест при максимальной осадке сплottedной единицы, используя известные в гидравлике зависимости [6].

В настоящее время промышленность выпускает много различных гибких водонепроницаемых материалов [1, 2]. Для обертывания сплottedной единицы авторы предлагают материал 23-М [2] толщиной 0,71 мм, который имеет коэффициент запаса прочности на разрыв не менее 3 при толщине сплottedной единицы 1,0 м и ее осадке 0,7 м. Для защиты оберточного материала сплottedных единиц от механических повреждений необходимо перед сплавом производить расчистку сплавных путей от топляков, выступающих ветвей деревьев, металлических элементов, валунов, что является неотъемлемой частью мелиорации сплавных путей и природоохранных мероприятий. Только так можно гарантировать надежность гибкого водонепроницаемого материала при эксплуатации и возможность его многократного применения.

Безусловно, что использование гибкого водонепроницаемого материала для обертывания сплottedных единиц увеличивает затраты на сплав древесины, поэтому в каждом конкретном случае необходимо выполнить экономическое обоснование целесообразности стабилизации плавучести сплottedных единиц с учетом сроков сплава, породы и качества сплавляемой древесины, минимальной глубины сплавного хода. Экономический эффект стабилизации плавучести сплottedных единиц обеспечивается снижением затрат на подготовку древесины к сплаву, сушку после сплава, дноуглубительные работы, подъем топляков, буксировку, а также многократным использованием гибкого водонепроницаемого материала.

Применение сплottedной единицы предложенной конструкции позволит осуществлять сплав древесины по рекам с малыми глубинами в течение длительного времени без потери плавучести и с низкими энергозатратами.

Выводы

1. Гибкий водонепроницаемый материал препятствует поступлению воды в свободные пространства между лесоматериалами, образующими

сплоточную единицу: таким образом, увеличивается объем вытесняемой жидкости, а следовательно, снижается осадка и повышается плавучесть сплоточной единицы.

2. Лесоматериалы сплоточной единицы, обернутые в лист из гибкого водонепроницаемого материала, не имеют непосредственного контакта с водой, в результате чего не происходит их водонасыщение и запас плавучести остается стабильным в течение всего периода плавания.

3. Сплоточная единица, обернутая по дну и бортам в лист из гибкого водонепроницаемого материала, при буксировке создает меньшее сопротивление движению, так как имеет обтекаемую форму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисовец Ю.П.* Гибкие лесосплавные плотины. – М.: Лесн. пром-сть, 1979. – 112 с.
2. *Ермолов В.В.* Воздухоопорные здания и сооружения. – М.: Стройиздат, 1980. – 304 с.
3. *Митрофанов А.А.* Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 492 с.
4. Пат. 2043255 РФ, МПК В 63 В 35/62. Сплоточная единица / А.А. Митрофанов, Г.Я. Суров, М.Н. Фоминцев; заявитель и патентообладатель АЛТИ. – № 4928310/11; заявл. 18.04.1992; опубл. 10.09.1995, Бюл. № 25. – 4 с.
5. Пат. 2381949 РФ, МПК В 63 В 35/62, 35/58. Сплоточная единица / Д.Н. Афоничев, Н.Н. Папонов, В.В. Васильев; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 2008146180/11; заявл. 21.11.2008; опубл. 20.02.2010, Бюл. № 5.
6. *Штернлихт Д.В.* Гидравлика. – М.: Колос, 2004. – 656 с.

D.N. Afonichev, N.N. Paponov, V.V. Vasiliev

Raft Section of Stabilized Flotation

The structure of raft section of stabilized flotation is offered, secured by wrapping the raft section with flexible waterproof material eliminating the direct contact with water and reducing the pressure drag at haulage.

Keywords: timber, raft section, flotation, flexible waterproof material, water.

УДК 629.114.2

В.А. Зеликов

Зеликов Владимир Анатольевич родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 35 научных работ в области технических средств и систем защиты машин от перегрузок.
E-mail: zelikov-vm@mail.ru



РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЛЕСНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА НА ОСНОВЕ ТРАКТОРА ЛХТ-55

Теоретически подтверждена целесообразность оснащения почвообрабатывающего агрегата на базе трактора ЛХТ-55 системой рекуперации энергии, позволяющей извлекать из непродуктивных потерь мощности около 3 кВт полезной; определены оптимальные показатели основных параметров рекуперативных гидроцилиндров.

Ключевые слова: рекуперация, энергосбережение, моделирование, лесной почвообрабатывающий агрегат, трактор ЛХТ-55.

Одним из направлений повышения эксплуатационных свойств лесных почвообрабатывающих машин является разработка систем рекуперации (СР) энергии [6]. Работа почвообрабатывающих агрегатов на лесных объектах сопряжена со значительными затратами энергии (и топлива) по сравнению, например, с работой сельскохозяйственных машин. Можно выделить три фактора, приводящих к нерациональным затратам энергии агрегата на лесных объектах:

сложный рельеф поверхности, вызывающий колебания корпуса трактора и навесного почвообрабатывающего орудия относительно трактора;

наличие большого количества препятствий в виде пней, корней, камней и т.п.;

необходимость часто отклоняться от прямолинейного движения для выбора безопасных или оптимальных траекторий агрегата.

Для преобразования большей части нерационально расходуемой энергии в энергию, пригодную для текущего использования (например для вибрационной интенсификации технологического процесса), сотрудниками ВГЛТА разработана и внедрена на предприятиях отрасли энергосберегающая система для агрегата сельскохозяйственного трактора ДТ-75 и культиватора КЛБ-1,7 [4]. Однако в лесном хозяйстве в основном используется трактор ЛХТ-55 и его модификации, поэтому в рамках данной работы выполнена теоретическая проверка работоспособности аналогичной системы рекуперации энергии для агрегата на основе трактора ЛХТ-55.

СР гидравлического типа состоит из трех видов рекуперативных элементов, размещаемых в каретках трактора (преобразуют в энергию колебания корпуса трактора), в системе навески (преобразуют в энергию коле-

бания почвообрабатывающего орудия относительно корпуса трактора), в предохранительном механизме рабочих органов почвообрабатывающего орудия (позволяют извлекать энергию при срабатываниях предохранителей при наездах орудия на препятствия) [2].

Для теоретического исследования было использовано имитационное компьютерное моделирование, которое позволяет еще до создания реального почвообрабатывающего агрегата оценить его эффективность и оптимизировать его конструктивные параметры. Это существенно уменьшает время и финансовые затраты на разработку агрегата с оптимальными параметрами [7]. В рамках модели были учтены три группы физических процессов.

К первой группе относятся процессы, происходящие в механической подсистеме агрегата. Они описываются уравнениями классической динамики. Агрегат разбивается на отдельные твердые тела (корпус трактора, балансиры кареток, рама культиватора, стойки с дисковыми батареями), которые могут совершать поступательное и вращательное движения в трехмерном пространстве [2]. Тела связаны между собой несколькими типами связей с помощью осей, тяг и пружин. Движение тел в модели описывается системой дифференциальных уравнений, составленной на базе основных законов поступательного и вращательного движения, известных из классической динамики.

Вторая группа – процессы в гидравлической подсистеме агрегата, в частности в системе навески, гидравлическом предохранительном механизме орудия, СР энергии. Описание данных процессов в модели проводится с использованием набора дифференциальных уравнений для отдельных элементов гидросистемы (гидроцилиндр, клапан, дроссель, трубопровод, тройник, пневмогидравлический аккумулятор) [5]. Указанные дифференциальные уравнения решаются совместно с уравнениями механической подсистемы.

Третья группа – процессы, происходящие при контакте гусениц трактора и рабочих органов орудия с почвой и препятствиями. При моделировании данной группы процессов принято предположение о вязкоупругом взаимодействии контактирующих объектов [1]. Рельеф поверхности и отдельные препятствия (пни) в модели представлены как функция высоты поверхности $h(x, y)$ в горизонтальных декартовых координатах [2, 5].

Для удобства исследования модели составлена программа на языке Object Pascal в среде визуального программирования Borland Delphi 7.0 (в настоящее время находится в стадии регистрации). Моделирование заключается в многократном проведении компьютерного эксперимента, во время которого агрегат проходит расстояние 100 м по модельному лесному участку. При этом фиксируется большое количество выходных характеристик, в частности мощность, извлекаемая СР. В программе предусмотрена возможность изменения основных конструктивных и технологических параметров, для чего перед началом ее работы появляется ряд форм с окнами для ввода параметров.

Оснащение агрегата СР эквивалентно введению дополнительных демпферов в колебательные системы агрегата. Чтобы проверить, как дополнительное демпфирование сказывается на динамических характеристиках

агрегата, были проведены компьютерные эксперименты: с отключенной и включенной СР. Анализу подвергались амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) колебаний, которые представляют собой спектры колебаний корпуса трактора $A_x(f)$ и $A_z(f)$ (где f – частота колебаний), рассчитанные Фурье-преобразованием временных зависимостей продольной горизонтальной $x(t)$ и вертикальной $z(t)$ координат центра тяжести трактора (рис. 1). Согласно физическому смыслу АЧХ, наличие на графике пика при некоторой частоте означает, что колебания корпуса трактора с данной частотой являются более выраженными, чем с другими частотами. Например, основная частота горизонтальных колебаний корпуса составляет около 0,35 Гц, т.е. примерно одно колебание в 3 с. Кроме того, ярко выражены колебания в частотном интервале 1,1 ... 1,6 Гц. Вертикальные колебания корпуса происходят в диапазонах 0 ... 0,7 и 1,5 ... 1,9 Гц.

При оснащении агрегата СР наблюдается некоторое изменение АЧХ горизонтальных колебаний в диапазоне частот 0,7 ... 1,3 Гц, а также вертикальных колебаний в диапазоне 1,7 ... 3,4 Гц (рис. 1). И горизонтальная, и вертикальная АЧХ в указанных частотных диапазонах понижаются. Это свидетельствует о том, что оснащение агрегата СР приводит к уменьшению динамических нагрузок его на узлы и улучшению условий работы водителя трактора. Причина улучшения спектров, объясняется именно тем, что СР оказывает на механическую систему дополнительный демпфирующий эффект. В среднем эффективное улучшение спектра составляет около 5 %.

Для исследования влияния скорости движения агрегата $v_{ар}$ на recuperируемую мощность N_p проведена серия компьютерных экспериментов, в пределах которых $v_{ар}$ изменяли от 0,25 до 1,75 м/с с шагом 0,25 м/с. Зависимость $N_p(v_{ар})$ имеет возрастающий характер, близкий к линейному (рис. 2). Увеличение N_p при увеличении $v_{ар}$ происходит из-за того, что с ростом скорости механизм подвески трактора подвергается большим динамическим нагрузкам. Вследствие этого возрастают амплитуды перемещения поршней recuperативных

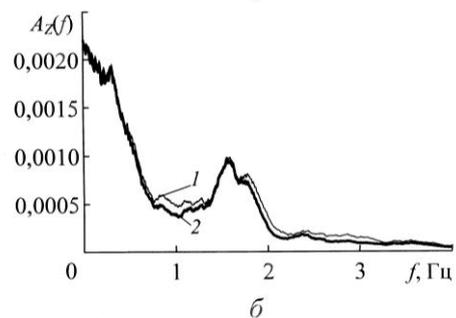
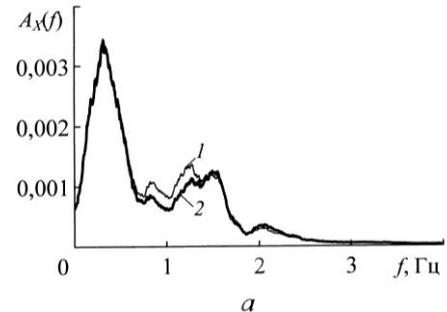
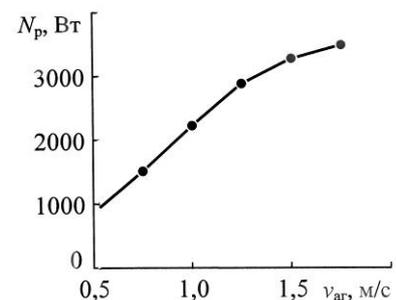
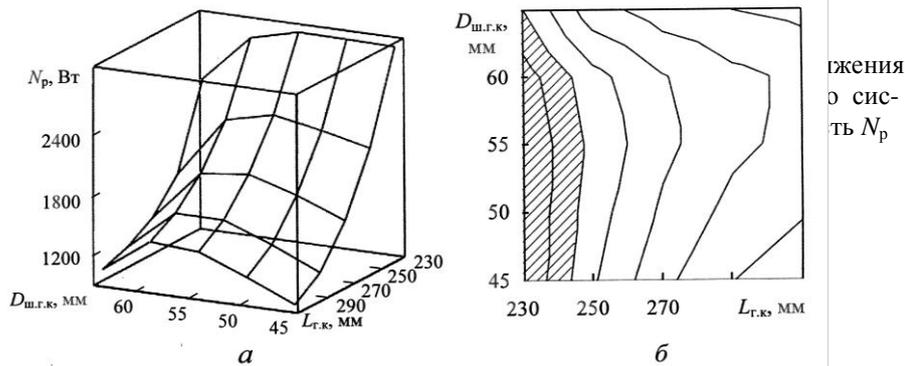


Рис. 1. Амплитудно-частотные характеристики горизонтальных $A_x(f)$ (а) и вертикальных $A_z(f)$ (б) колебаний корпуса трактора без СР (1) и с СР (2)



гидроцилиндров, установленных в механизме подвески, что приводит к увеличению насосного эффекта и рекуперлируемой мощности.

Основными параметрами СР, позволяющими существенно повысить эффективность рекуперации без переделки важнейших узлов агрегата, являются геометрические параметры рекуперативных цилиндров, установленных в каретках: диаметр штока гидроцилиндра $D_{ш.г.к}$ и длина хода штока $L_{г.к}$.



Решена задача оптимизации указанных параметров СР.

Рис. 3. Поверхность отклика $N_p(D_{ш.г.к}, L_{г.к})$ к оптимизации основных параметров рекуперативного гидроцилиндра (а) и благоприятная область (б) факторного пространства (заштрихована) на поверхности отклика, представленной линиями уровня

При оптимизации проводился поиск максимума функции $N_p(D_{ш.г.к}, L_{г.к})$ путем согласованного подбора факторов $D_{ш.г.к}$ и $L_{г.к}$. В процессе оптимизации фактор $D_{ш.г.к}$ варьировали от 45 до 65 мм с шагом 5 мм, фактор $L_{г.к}$ – от 230 до 310 мм с шагом 20 мм. Таким образом, чтобы перебрать все точки двухфакторного пространства $(D_{ш.г.к}, L_{г.к})$ и рассчитать в них критерий оптимизации, было выполнено 25 компьютерных экспериментов.

Важное преимущество двухфакторной оптимизации – возможность графически изобразить поверхность отклика и визуальнo ее проанализировать (рис. 3). Поверхность отклика ориентирована на углы, обеспечивающие ее наилучшее визуальное восприятие. Анализируя поверхность отклика, факторное пространство можно условно разделить (рис. 3, б) на две области:

благоприятную, в которой критерий N_p принимает искомые максимальные значения, и неблагоприятную [3]. Анализ конфигурации благоприятной области позволяет считать, что оптимальные значения параметров $D_{ш.г.к}$ и $L_{т.к}$ заключены в приблизительно прямоугольной области: $45 \text{ мм} < D_{ш.г.к} < 60 \text{ мм}$; $230 \text{ мм} < L_{т.к} < 245 \text{ мм}$.

Тот факт, что оптимальная область занимает значительную площадь факторного пространства, является важным положительным качеством предлагаемой СР. С одной стороны, это оставляет конструктору широкую свободу выбора параметров, в первую очередь $D_{ш.г.к}$ и $D_{ш.г.м}$ (где $D_{ш.г.м}$ – диаметр штока гидроцилиндра–мультипликатора давления), позволяет учесть какие-либо дополнительные требования, с другой – косвенно свидетельствует о малой чувствительности основных характеристик ТМ к внешним возмущающим воздействиям, что гарантирует устойчивую работу ТМ при эксплуатации агрегата.

Таким образом, теоретический анализ СР энергии почвообрабатывающего агрегата на базе трактора ЛХТ-55 показал, что СР оказывает благоприятное влияние на динамическое поведение агрегата. При изменении в широких пределах условий работы агрегата (в частности скорости) СР остается работоспособной и позволяет получать высокую мощность (2,5 ... 3,5 кВт). Определены оптимальные значения параметров рекуперативных гидроцилиндров ходовой части: $45 \text{ мм} < D_{ш.г.к} < 60 \text{ мм}$; $230 \text{ мм} < L_{т.к} < 245 \text{ мм}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахтин А.А. Моделирование на ЭВМ процесса взаимодействия дискового ротационного окучника с почвой // Совершенствование технологических процессов и рабочих органов в растениеводстве и животноводстве: Сб. науч. тр. / СПб. – СПб, 1993. – С. 9–14.
2. Исследование с помощью математической модели динамики почвообрабатывающего агрегата, оснащенного системой рекуперации энергии / В.И. Посметьев [и др.] // Вестник ВГЛТУ. – 2006. – Т.2, вып. 8. – С. 44–47.
3. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
4. Посметьев В.И., Тарасов Е.А. Результаты экспериментальной проверки эффективности рекуперативного гидропривода для лесного почвообрабатывающего агрегата // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2006. – Препринт № 106. – С. 3–7.
5. Посметьев В.И., Тарасов Е.А., Снятков Е.В. Математическое моделирование почвообрабатывающего агрегата с рекуперативным гидроприводом // Технические науки. Северо-Кавказский регион. – 2006. – Прил. 5. – С. 82–84. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. Свиридов Л.Т., Зеликов В.А., Лиференко А.В. Повышение эксплуатационных свойств лесных почвообрабатывающих орудий на основе компьютерного моделирования // Изв. СПбГЛТА. – СПб.: СПбГЛТА, 2009. – Вып. 186. – С. 92–100.
7. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике. – М.: Наука, 1990. – 176 с.

V.A. Zelikov

Simulation Results of Energy Saving System for Forest Soil-cultivating Aggregate on LHT-55 Tractor Base

The suitability of equipping the soil cultivating aggregate on the LHT-55 tractor base with the recuperation system is theoretically acknowledged. The system allows producing about 3 kW of operating power from nonproductive power losses. The optimal factors for basic parameters recuperation hydrocylinders are set.

Keywords: recuperation, energy saving, simulation, forest soil-cultivating aggregate, LHT-55 tractor



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.023

Л.Т. Свиридов, А.В. Ивановский, В.П. Ивановский

Свиридов Леонид Тимофеевич родился в 1948 г., окончил в 1975 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин, проректор по научной работе Воронежской государственной лесотехнической академии, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный изобретатель РФ, академик РАЕН. Имеет более 440 научных работ в области механизации лесохозяйственных работ, технологии лесовосстановления, обработки лесосеменного материала, рационального использования лесных ресурсов, малоотходной и безотходной обработки древесины.

E-mail: nis@vglta.vrn.ru, moc@vglta.vrn.ru



Ивановский Александр Владимирович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры механизации лесного хозяйства ВГЛТА. Имеет около 20 научных работ в области древесиноведения и деревообработки.

E-mail: ivanovsky@bk.ru



Ивановский Владимир Павлович родился в 1956 г., окончил в 1979 г. Воронежский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры древесиноведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 научных работ в области деревообработки.

E-mail: ivanovsky@bk.ru



ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ РЕЗАНИЕМ ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД

Рассмотрено распределение основных составляющих сил резания в зоне контакта реза и древесины при стружкообразовании, а также некоторые факторы, оказывающие доминирующее влияние на обрабатываемость резанием древесины различных пород. Установлена трудная обрабатываемость резанием древесины мягких листовых пород.

Ключевые слова: плотность древесины, режим работы, алгоритм, работа резания, обрабатываемость древесины.

Процесс резания древесины связан с затратами на преодоление сил сопротивления, возникающих в зоне контакта реза и древесины. Силы сопротивления резанию можно разделить на три группы: силы деформирования (затрачиваемые на упруго-пластические деформации отделяемой стружки и некоторой зоны под поверхностью резания); силы трения (на поверхностях контакта граней реза со стружкой и поверхностью резания); молекулярные силы, возникающие при разделении молекулярных слоев древесины [2].

Целью данной работы является численное определение сил механической работы на разрушение связей между волокнами различных пород древесины с определением коэффициента ее обрабатываемости резанием.

Соотношение вышеперечисленных групп сил, действующих в зоне резания, не остается постоянным при изменении внешних условий. Так, величина сил деформирования зависит от степени концентрации напряжений на режущей кромке, т. е. от ее остроты. Значительно изменяются силы деформирования и от направления, в котором отделяется стружка. При отделении стружки вдоль направления волокон древесины названные силы в некоторые периоды могут вообще не воздействовать на режущую кромку, когда образуется опережающая трещина. При отделении же стружки по плоскости, перпендикулярной волокнам образца, эти силы достигают максимума. Силы деформирования стружки зависят, в основном, от размеров и формы ее поперечного сечения, вида и направления ее преимущественного деформирования (т. е. от геометрии резца и направления резания) и механических свойств древесины с учетом эффекта ее анизотропии.

Силы сопротивления от трения граней резца по обрабатываемым поверхностям зависят от нормального давления на грань в зоне контакта и коэффициента трения. Нормальное давление на грани определяется вышеперечисленными факторами. Коэффициент трения между гранями резца и образованными поверхностями зависит от качества и состояния контактирующих поверхностей, а также от продолжительности взаимодействия, поскольку такое состояние поверхности сохраняется в очень малом интервале времени. Система сил, действующих на резец, обрабатываемый материал и стружку в процессе резания, оказывается весьма многофакторной и сложной, зависящей от взаимоотношения многих параметров. Это обстоятельство усложняет аналитический расчет отдельных составляющих и всей системы сил сопротивления в целом. Даже экспериментальное измерение и изучение сил сопротивления, действующих, например, по граням резца, связаны со значительными трудностями и необходимостью учета парных взаимодействий. С одной стороны, общую картину истинного силового взаимодействия резца, древесины и стружки пока можно представить лишь теоретически и, главным образом, с качественной стороны, с другой – картина силового взаимодействия резца и древесины определяет расход энергии на осуществление процесса резания в направлениях движений резания и подачи. Решение этой задачи, важной с технологической точки зрения, облегчается тем, что в этом случае нет необходимости знать истинную картину силового взаимодействия с качественным разделением его составляющих. Достаточно иметь суммарную проекцию всех возникающих сил сопротивления резанию.

Таким образом, наиболее существенное влияние на процесс резания оказывают степень затупления резца, угол заострения и шероховатость поверхности режущих граней резца.

Процесс разрушения связей между частицами древесины связан с концентрацией напряжений в зоне контакта режущей кромки резца и заготовки. Характер и величина возникающих напряжений определяются формой и состоянием режущей кромки резца. Существенное влияние на характер разрушения обрабатываемого материала оказывают также анизотропия древесины и ее волокнисто-слоистое строение. Во всех случаях разрушение древесины в значительной мере зависит от направления волокон. При движении резца его передняя грань, располагающаяся наклонно к плоскости резания, отгибает стружку, деформируя ее в различных направлениях. Характер отгиба стружки зависит от угла наклона передней грани к плоскости резания, шероховатости передней грани резца, направления волокон и слоев древесины. Виды и характер образования стружек в зависимости от сопутствующих условиям резания можно проследить по отдельным стадиям самого процесса стружкообразования [3, 4].

Первая фаза стружкообразования одинакова для всех видов резания и не зависит от анизотропии древесины. Для этой фазы начального внедрения резца в древесину характерно упруго-пластическое ее деформирование (см. рисунок *a*). В этой фазе напряжений в заготовке от воздействия резца еще нет.

Вторая фаза характеризуется появлением нормальных напряжений сжатия и растяжения и вызванных этими напряжениями упругих деформаций. Развитие упругих деформаций происходит до тех пор, пока не будет пройден предел упругости как в направлении вектора скорости, так и в направлении, перпендикулярном ему. Эта фаза завершается достижением предела упругости древесины. Касательные напряжения являются функцией нормальных напряжений. Следовательно, имея эпюру нормальных напряжений, можно установить картину распределения касательных напряжений.

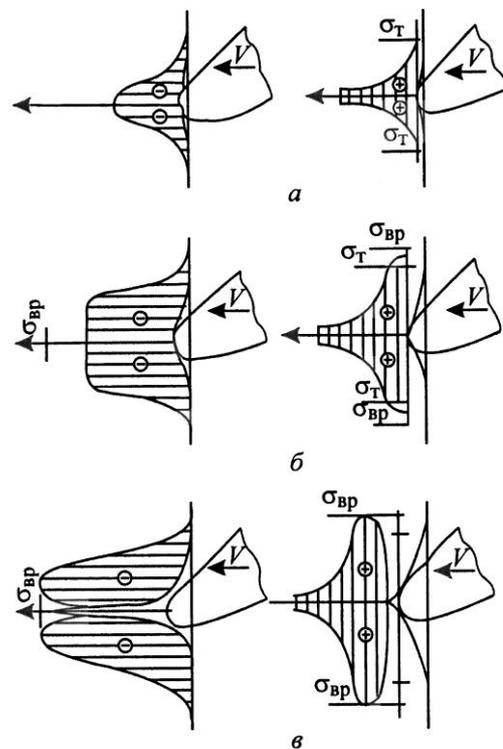


Диаграмма нормальных напряжений отдельных фаз внедрения резца в древесину: *a* – упругое деформирование; *б* – упруго-пластическое деформирование; *в* – разрушение поверхностного слоя древесины

Третья фаза – фаза развития упруго-пластических деформаций. Появляются они, когда фактические напряжения в древесине превысят предел упругости. Для этой фазы характерно появление площадок пластичности (рисунок б), которые увеличиваются в размерах с ростом напряжений в древесине. Это явление объясняется тем, что происходит перераспределение напряжений и деформаций; уменьшается доля упругих и возрастает доля пластических деформаций. Однако разрушения в материале образца еще не происходят, поскольку напряжения в нем не достигают предела прочности древесины. Как только напряжения достигнут предела прочности, произойдет разрушение частиц древесины. В древесине перед резцом появляется трещина. Опережающая трещина возникает в некоторой точке (рисунок в), в которой прежде всего превышен предел прочности. Появление трещины перед режущей кромкой является завершающим этапом развития напряжений в древесине. Опережающая трещина появляется при любом направлении волокон древесины. Направление ее развития определяется направлением волокон древесины. Трещина сама является чрезвычайно сильным концентратором напряжений. Далее трещина может развиваться выше, ниже или пойти вообще произвольно в зависимости от направления волокон и слоев древесины. Развитие трещины наблюдается до тех пор, пока суммарные напряжения в точке ее образования не станут меньше предела прочности. Скорость разрушения материала древесины при образовании опережающей трещины сравнима со скоростью распространения упругой деформации.

Стадия внедрения резца в древесину завершается появлением опережающей трещины. При дальнейшем движении резца стружка изгибается. К отгибу ее принуждает передняя грань резца. Отгиб стружки сопровождается приложением к ней соответствующей силы – суммы сил нормального давления и сил трения по передней поверхности резца. Составляющие сил трения, совпадающие с направлением движения стружки, вызывают напряжения, сжимающие стружку в продольном и других направлениях. Вследствие сложного напряженного состояния в стружке неизбежно появляются касательные напряжения, действующие преимущественно в направлении движения резца и нормально к плоскости резания. Касательные напряжения зависят от угла отгиба стружки, равного углу резания, толщины стружки, структурной характеристики древесины.

В ГОУ ВПО ВГЛТА проводятся обширные исследования по установлению, уточнению физико-механических свойств древесины и обрабатываемости ее резанием в традиционных процессах, а также в процессах бесстружечного деления древесины (разрезание, штампование). На обрабатываемость резанием древесины различных пород, кроме свойств самой древесины, особое влияние оказывают следующие факторы: кинематика резания (силовое взаимодействие резца и древесины), геометрия и износостойкие характеристики резца, острота главной и вспомогательных режущих кромок резцов, особенности стружкообразования при резании и нагрев контактирующих объектов при этом. Нагрев лезвия вызывает дополнительные

термические напряжения, которые суммируются с механическими от сил резания; нагрев выше некоторой критической температуры, может привести к отказу инструмента [1]. Нагрев древесины вызывает ее деструкцию, выделение агрессивных по отношению к инструментальным материалам веществ и, возможно, к окислительному и другим видам химического изнашивания.

Для описания процессов резания необходимы дополнительные методы испытаний, результаты которых могли бы более точно отразить специфику разрушения древесины резцом. Неоднородность структуры древесины, свойства различных слоев зависят от временных факторов, вносят определенные сложности в решение вопросов обработки древесины резанием.

Для исследования физико-механических свойств древесины по ГОСТ 16483.11–72 [4] изготавливали образцы размерами 20×20×30 мм (последний размер – вдоль волокон), годовые слои которых параллельны соответствующей паре граней. Для измерения влажности использовали влагомер ЭВ8-100 с погрешностью измерений до 1 %. Исходную влажность всех образцов доводили до 8 % в сушильном шкафу с естественной циркуляцией воздуха по ГОСТ 215234–77 [4]. Аналогичным стандартом оценивали количество, точность изготовления и шероховатость поверхности образцов. Статистическую обработку опытных данных проводили по ГОСТ 16483.0–80 с использованием ЭВМ.

Установлено, что методики расчета С.П. Разуваева, В.Г. Санаева, Г.А. Зотова [3] весьма точны. В таблице представлены основные экспериментальные показатели. В целом можно согласиться с выводом вышеназванных исследователей, что по мере убывания коэффициента обрабатываемости $K_{об}$ увеличивается плотность древесины. Выбранный авторами коэффициент обрабатываемости – комплексный критерий, оценивающий относительные энергозатраты на процесс резания и стойкость режущего инструмента. В первом приближении оценим обрабатываемость древесины с помощью этого коэффициента:

$$K_{об} = (F_{эт} / F)(T / T_{эт}), \quad (1)$$

где $F, F_{эт}$ – касательные силы при резании оцениваемой и эталонной древесины, Н;

$T, T_{эт}$ – периоды стойкости инструмента при резании оцениваемой и эталонной древесины, ч.

Стойкость круглых пил и режущих дисков определяли с использованием станка КС-2 при изменении качества обработанных поверхностей выше 200 мкм. За эталонную принимали древесину сосны влажностью 8...12 %. Силы резания и периоды стойкости инструментов (на примере круглых пил с ТСП и режущих дисков) определяли экспериментально [3].

При обработке резанием большинства пород древесины различие свойств между годовыми слоями и в пределах одного слоя влияет как на силы резания, так и на качество получаемой поверхности. Число годовых

слоев в заболони различается от 1 до 80 у разных пород. Древесина ядра обычно темнее древесины заболони. Принято считать, что при одной и той

же влажности прочность древесины ядра и заболони отличается незначительно. С точки зрения обрабатываемости резанием наиболее существенное различие между свежесрубленной древесиной заболони и ядра состоит в том, что влажность заболони намного выше. Различия условий произрастания, расположения образца по длине и радиусу ствола и другие причины определяют значительный разброс свойств в пределах одной породы, оцениваемый коэффициентом вариации v . Показатели механических свойств, полученные по стандартным методикам испытаний, характеризуют древесину как хороший конструкционный материал [3, 4]. В таблице приведены усредненные численные значения параметров наиболее распространенных древесных пород. По мере убывания $K_{об}$ древесные породы можно расположить в следующей последовательности: липа, осина, ель, сосна, береза, бук, дуб, ясень. Это свидетельствует о том, что мягколиственная древесина наиболее труднообрабатываема и имеет уникальные упруго-пластические свойства. Однако дереворежущие инструменты, адаптированные конструктивно-технологическими параметрами к механической обработке такой древесины, отсутствуют. С технологической и практической сторон для каждого из процессов резания целесообразно выбирать инструменты с особыми линейными и угловыми параметрами. Созданию новых инструментов с энергосберегающими характеристиками для древесины различной плотности должно предшествовать точное определение реологических коэффициентов этой древесины, так как разброс значений по различным литературным источникам достигает 30 % [4]. Свойства древесины при динамических нагрузках до последнего времени практически не исследованы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ивановский В.П.* Напряженное состояние дереворежущего диска // Лесн. журн. – 2006. – № 4. – С. 69–72. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Свиридов Л.Т., Ивановский А.В., Ивановский В.П.* Основы назначения силовых параметров деления древесины // Лесн. журн. – 2008. – № 6. – С. 138–145. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Свиридов Л.Т., Ивановский В.П.* Резание древесины различной плотности. – Воронеж: ВГУ, 2005. – 200 с.
4. *Уголев Б.Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения. – М.: МГУЛ, 2001. – 340 с.

L.T. Sviridov, A.V. Ivanovsky, V.P. Ivanovsky

Cutting Workability for Wood of Different Species

The distribution of the main components of cutting forces in the blade and wood contact zone under chip formation is considered, as well as some factors exerting the dominant effect on the cutting workability for wood of different species. The complicated cutting workability is established for wood of soft deciduous species.

Keywords: wood density, mode of operation, algorithm, cutting operation, wood workability.



Параметры, влияющие на обрабатываемость резанием древесины различных пород

Параметр	Коэффициент вариации v , %	Сосна	Ель	Дуб	Клен	Ясень	Бук	Береза	Липа	Осина
Плотность ρ , кг/м ³	30	500	450	690	690	680	670	630	420	440
Модуль упругости, МПа:										
E_i	20	1240,0	1480,0	1470,0	–	–	–	1640,0	–	1420,0
E_o	20	70,0	67,0	135,0	–	–	–	68,0	–	61,0
Предел прочности, МПа:										
σ_{pi}	21	101,0	101,0	–	–	145,0	123,0	168,0	121,0	–
σ_{po}	20	5,4	5,0	8,0	13,3	9,0	12,5	11,1	–	–
$\sigma_{ски}$	14	49,5	44,5	57,5	59,5	59,0	55,5	55,0	45,5	–
$\sigma_{сжо}$	13	5,2	–	–	–	–	6,2	–	4,4	4,2
$\sigma_{ски}$	–	7,5	7,9	10,2	12,4	13,9	11,8	9,3	6,3	6,1
$\sigma_{ск.о}$	–	3,1	–	4,3	–	–	–	3,9	–	–
Твердость, МПа:										
радиальная H_p	17	23,5	17,7	54,9	54,5	57,9	42,7	36,3	16,7	16,9
торцевая H_t	17	28,0	26,0	64,2	74,6	78,5	59,8	45,6	25,5	27,3
Микротвердость зоны										
H_{μ} , МПа:										
ранней	–	20,7	18,0	53,4	–	–	57,0	–	–	16,1
поздней	–	113,0	111,0	93,0	–	–	–	–	–	71,0
Коэффициент:										
породы A_p	–	1,00	0,90	1,55	1,50	1,75	1,40	1,30	0,60	0,70
обрабатываемости $K_{об}$	–	1,00	1,14	0,58	–	–	0,70	0,74	1,22	1,19

УДК 621.002:674.812

А.А. Аксенов

Аксенов Алексей Александрович родился в 1978 г., окончил в 2000 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии конструкционных материалов ВГЛТА. Имеет более 30 печатных работ в области исследования механических и триботехнических свойств прессованной древесины для узлов трения с подшипниками из прессованной древесины.
E-mail: aaa-aksenov@mail.ru; moc@vglta.vrn.ru



ВЛИЯНИЕ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА ТВЕРДОСТЬ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Определены зависимости твердости прессованной древесины от температуры с учетом ее анизотропии, позволяющие скорректировать расчеты надежности подшипников из прессованной древесины при отрицательных температурах.

Ключевые слова: прессованная древесина, твердость, отрицательная температура, надежность.

В настоящее время в условиях отрицательных температур широко используются различные машины и механизмы, повышение работоспособности и надежности которых является актуальной задачей. Применяемые в них узлы трения, изготавливаемые преимущественно из металлов и сплавов, при отрицательных температурах имеют ряд существенных недостатков.

Основной недостаток металлических пар трения скольжения и качения – схватывание контактирующих поверхностей при отрицательных температурах (их примерзание и адгезия), которое в начале работы механизма вызывает значительный износ пары трения, а иногда и заклинивание подшипника, что приводит к выходу из строя всего агрегата.

Применение в узлах трения подшипников из прессованной древесины (ДП) может решить данную проблему. Подшипники из ДП имеют ряд преимуществ перед подшипниками из других антифрикционных материалов: низкую себестоимость, незначительных износ сопряженного материала, хорошую деформативность при достаточной твердости и упругости, способность поглощения абразивных частиц, низкую металлоемкость, способность наполняться и пропитываться смазочными материалами (работают на самосмазке).

В прошлом веке были сделаны некоторые попытки внедрения узлов трения с подшипниками из ДП, для чего исследовались ее свойства и различные характеристики [2, 5]. Однако эксперименты проводились только при температурах 20...100 °С. Поэтому изучение ДП как антифрикционного материала при действии отрицательных температур будет способствовать внедрению ее в механизмы и оборудование, работающие в условиях Севера и Крайнего Севера.

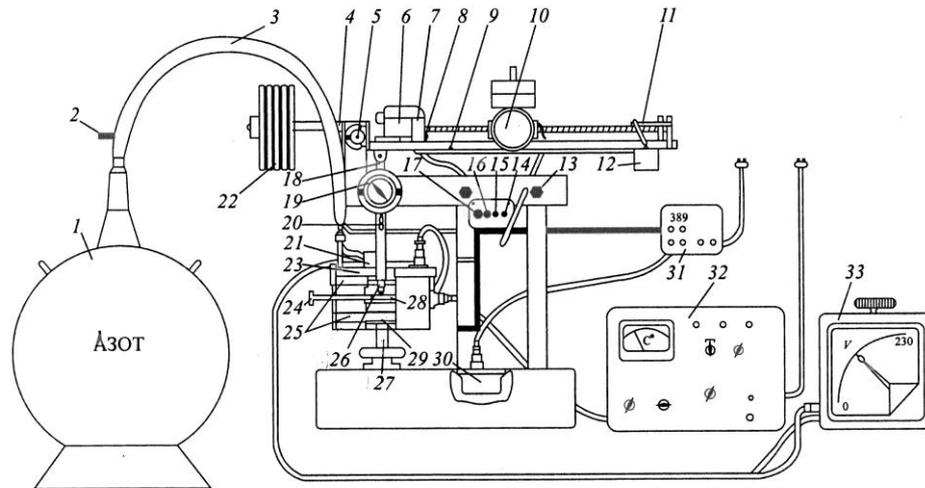


Рис. 1. Схема приборной установки для определения твердости в зависимости от температуры: 1 – сосуд Дьюара; 2 – предохранительный клапан; 3 – изолированная трубка; 4 – двуплечий рычаг; 5 – опора; 6 – реверсивный двигатель; 7 – фрикционная передача; 8 – конечный выключатель; 9 – винт; 10 – груз; 11 – рычаг; 12 – переключатель; 13 – станина; 14 – кнопка выключения; 15 – кнопка включения; 16, 17 – сигнальные лампочки управления; 18 – шток; 19 – индикатор; 20 – упор индикатора; 21 – магнитный клапан; 22 – противовес; 23 – крышка; 24 – винт перемещения образца; 25 – термокриокамера; 26 – шарик; 27 – винтовой подъемник; 28 – образец; 29 – подставка; 30 – реле времени; 31 – источник питания; 32 – электронный регулятор установки тепла-холода; 33 – регулятор напряжения

В ходе ранее проведенных исследований [2] показано, что при повышении температуры от 20 до 100 °С твердость ДП уменьшается. Логично предположить, что при уменьшении температуры от +20 до –100 °С твердость ДП будет увеличиваться. Следовательно расчет на надежность подшипников, работающих при отрицательных температурах, необходимо вести с учетом изменения твердости.

Для исследований зависимости твердости от температуры нами была создана экспериментальная установка (рис. 1), основой для которой послужила установка по ГОСТ 13338–86 [3]. Установка состоит из следующих основных элементов: рычажная система нагружения с индикатором для замера глубины погружения шарика в древесину; автоматическое устройство для управления режимом нагружения шарика; термокриокамера с автоматическим устройством тепла-холода; подъемник камеры с винтом перемещения образца в направляющих [4].

Рычажная система нагружения выполнена в виде двуплечего рычага 4, шарнирно закрепленного на опоре 5. Сверху, в начале длинного плеча двуплечего рычага, установлен реверсивный двигатель 6 с фрикционной

передачей 7 и прикрепленным к нему конечным выключателем 8, кинематически связанным с двигателем винтом 9, с помощью которого перемещается груз 10. На конце длинного плеча двуплечего рычага установлен рычаг 11 переключателя 12. На конце короткого плеча двуплечего рычага укреплен уравнивающий систему противовес 22. Снизу, на длинном плече двуплечего рычага, шарнирно закреплен шток 18 крепления шарика.

На пульте управления, прикрепленном к станине 13, располагаются кнопки включения 14 и выключения 15 прибора и сигнальные лампочки управления 16 и 17. К станине крепится индикатор 19 для замера глубины отпечатков. Индикатор взаимодействует со штоком 18 через упор 20, прикрепленный к штоку. Азот из сосуда Дьюара 1 по изолированной трубке 3 через предохранительный клапан 2 и магнитный клапан 21, прикрепленный к крышке 23, подается в термокриокамеру 25. Через изоляционную стенку термокриокамеры проходит винт 24, перемещающий образец в камере по отношению к шарика 26. Образец 28 при испытании перемещается винтом в направляющих так, что отпечатки шарика располагаются в ряд на расстоянии 5 мм. Термокриокамера установлена на подставку 29 винтового подъемника 27. В нижнем коробе станины расположено реле времени 30, которое с помощью разъема и кабеля присоединяется к источнику питания 31. Термокриокамера разъемом и кабелем соединяется с передвижным электронным регулятором 32 установки тепла-холода. Для электропитания переменного напряжения нагревателей, входящих в установку тепла-холода, служит регулятор напряжения 33.

Для определения твердости образец устанавливается на дно термокриокамеры установки тепла-холода. После достижения в термокриокамере заданной температуры создается предварительная нагрузка на шарик, равная 10 Н. Затем шкала индикатора устанавливается на ноль, после чего нагрузка на шарик плавно увеличивается до 250 Н в течение 30 с и выдерживается в течение 30 с. После этого замеряется глубина погружения (отпечатка) шарика в образец под нагрузкой, и нагрузка в течение 30 с плавно снимается. После снятия нагрузки делается выдержка до полной остановки стрелки индикатора (30 с), пока не произойдет восстановление упругих деформаций, и замеряется глубина отпечатка после снятия нагрузки. Погрешность измерения глубины отпечатка не более 0,002 мм. Измерения производятся по 14 раз при температурах +20, 0, -20, -50 и -100 °С. Ввиду анизотропии древесины образцы испытаны при различных направлениях действия нагрузки относительно волокон: радиальном, тангенциальном и торцевом.

Твердость (Н/м² (Па)) вычисляют с погрешностью не более 1 кПа по формуле

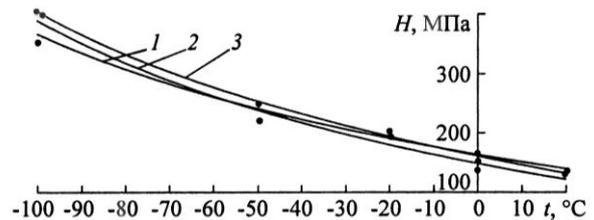
$$H = \frac{P}{2\pi Rh},$$

где P – нагрузка, прилагаемая к шарика, Н;

R – радиус шарика, м;

h – глубина отпечатка шарика, измеренная после снятия нагрузки, м.

Рис. 2. Изменение твердости ДП в зависимости от температуры t и направления действия нагрузки относительно волокон: 1 – радиальное; 2 – тангенциальное; 3 – торцевое



Результаты исследования твердости ДП для трех направлений действия нагрузки при понижении температуры

Направление действия нагрузки	Температура, °С	Среднее значение твердости, МПа	Точность определения, %
Радиальное	+20	124,71	2,88
	0	159,71	2,89
	-20	197,57	1,85
	-50	245,64	1,33
	-100	349,29	2,27
Тангенциальное	+20	128,07	2,78
	0	134,43	2,02
	-20	190,14	1,01
	-50	221,29	2,13
	-100	400,43	1,59
Торцевое	+20	133,57	3,88
	0	152,14	2,23
	-20	198,14	2,49
	-50	247,43	2,57
	-100	404,50	1,15

Обработанные результаты испытаний твердости ДП в зависимости от температуры с учетом анизотропии древесины представлены в таблице и на рис. 2.

Из анализа графиков, приведенных на рис. 2, можно сделать следующие выводы [1].

1. Анизотропия древесины оказывает незначительное влияние на твердость. Так, при снижении температуры от +20 до -100 °С и действии нагрузки в радиальном направлении к волокнам твердость ДП повышается от 125 до 349 МПа, в тангенциальном – от 128 до 400 МПа, в торцевом (торцевая твердость) – от 133 до 405 МПа.

2. Оптимальной поверхностью трения является торцевая, которая имеет наибольшую твердость и обеспечивает минимальное значение коэффициента трения за счет выхода на поверхность молекул смазочного вещества.

3. Наиболее интенсивное повышение твердости происходит при снижении температуры от -50 до -100 °С. Например, торцевая твердость в этом интервале повышается на 31 МПа при изменении температуры на каждые 10 °С. Это объясняется тем, что при низких температурах в древесине образуется кристаллическая взаимосвязанная решетка замороженных частиц связанной влаги древесных волокон.

Изменение твердости (H , МПа) ДП в интервале температур от +20 до –100 °С при действии нагрузки в радиальном, тангенциальном и торцевом направлениях к волокнам может быть описано следующими аналитическими зависимостями:

$$H = 157,28e^{-0,0084} ;$$

$$H = 146,61e^{-0,0097} ;$$

$$H = 158,34e^{-0,0093} .$$

Проведенные исследования дают достаточно точное представление об изменении твердости ДП при отрицательных температурах. При изменении температуры от +20 до –60 °С твердость увеличивается в несколько раз. Это обстоятельство позволяет применять подшипники из ДП в узлах трения, испытывающих значительно большие нагрузки, чем при обычных температурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов А.А. Повышение надежности подшипников лесных машин, работающих при отрицательных температурах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук /ВГЛТА. – Воронеж, 2003. – 18 с.
2. Винник Н.И. Модифицированная древесина. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 158 с.
3. ГОСТ 13338–86. Древесина модифицированная. Метод определения твердости, временных упругих и временных остаточных деформаций. – Введ. 03.01.1986. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.
4. Свиридов Л.Т., Аксенов А.А. Установка для определения основных показателей модифицированной древесины для отрицательных температур // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Химико-лесной комплекс – проблемы и решения», 11-12 апреля 2002 г. – Красноярск, 2002. – С. 336–340.
5. Черных И.Т., Винник Н.И., Аксенов А.А. Применение древесины модифицированной в узлах канатно-блочных систем подъемно-транспортных машин // Интеграция фундаментальной науки и высшего лесотехнического образования по проблемам воспроизводства, использования и модификации древесины: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. 13 – 16 июня 2000 г. – Т. 2. – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – С. 241–246.

A.A. Aksenov

Effect of Negative Temperatures on Compressed Wood Hardness

The dependences of the compressed wood hardness on temperature are determined taking into account its anisotropy allowing to correct the reliability of bearings made of compressed wood at negative temperatures.

Keywords: compressed wood, hardness, negative temperature, reliability.

УДК 674.023

Л.Т. Свиридов, В.П. Ивановский, А.В. Ивановский

К НАЛАДКЕ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ, ОСНАЩЕННЫХ РЕЖУЩИМ ДИСКОМ

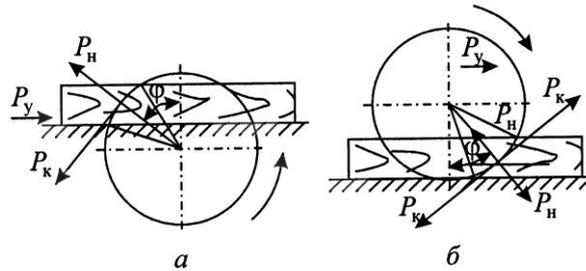
Рассмотрены особенности наладки и настройки круглопильных и фрезерных универсальных деревообрабатывающих станков, оснащенных режущим диском; приведены необходимые сведения о режимах разрезания древесины мягких лиственных пород.

Ключевые слова: режим резания, режущий диск, круглопильный станок, фрезерный станок.

Режущие диски используются взамен дисковых пил для бесстружечного разрезания мягколиственной древесины на универсальных круглопильных, фрезерных, торцовочных позиционных станках. Их применение позволяет сделать этот процесс малоотходным, энергоемким, производительным; качество разделяемых поверхностей сопоставимо лишь с фрезерованием древесины. Однако на практике осуществление процесса разрезания сдерживается отсутствием обоснованных режимов, необходимостью тщательной наладки и настройки инструментов на станках. В ВГЛТА бесстружечное разрезание мягколиственной древесины было проведено в лабораторных, а затем и в производственных условиях. Тщательная настройка станков, оснащенных режущим диском, является важным элементом в назначении рациональных режимов резания древесины. Решающим фактором при этом выступает частота вращения режущего диска [2].

В ходе экспериментальных исследований частотных характеристик режущих дисков в лабораторных условиях использовали универсальные станки: фрезерный ФСШ-1А, комбинированный КС-2, торцовочный ЦПА-40. Частоты собственных колебаний системы вал–диск определяли на универсальном станке КС-2 методом свободных колебаний. Колебания системы регистрировали с помощью электротензометрической аппаратуры, осциллографа и записывали на светочувствительную бумагу с показаниями отсчетчика времени. Резонансные состояния вала и изменение частот вращения шпинделя контролировали с помощью преобразователя частоты тока ТПТР-10. Собственные частоты определяли по числу оборотов в момент возрастания амплитуды колебаний. Установлено, что прогиб пильного вала повышается лишь при частоте вращения более 3000 мин^{-1} . Колебания корпуса инструмента значительно изменяют его напряженное состояние, оказывая влияние на точность и качество обработанной поверхности. Явление резонанса возможно при совпадении частот собственных колебаний и внешних. Для «отдаления» режущего диска от резонанса, прежде всего, необходимо было уточнить частоту его собственных колебаний. Критическая частота вращения наблюдается практически через каждую тысячу оборотов в минуту,

Рис. 1. Схемы сил сопротивления резанию с нижним (а) и верхним (б) расположением пильного вала



а относительная длина участков оказывает незначительное влияние на динамическое состояние системы вал–диск и ухудшается при смещении диска от геометрического центра пильного вала. Поэтому рабочий вал с режущим диском перед эксплуатацией необходимо строго центрировать и, по возможности, проводить динамическую балансировку с вращающимся диском, чтобы предотвратить явление резонанса на скоростных режимах эксплуатации.

Другой важной характеристикой режима резания является скорость подачи заготовки. Исходная зависимость

$$P_d < \sum P_{c.n}, \quad (1)$$

где P_d – допустимое усилие подачи рабочего (до 100 Н);

$\sum P_{c.n}$ – сумма сил сопротивления подаче материала.

На рис. 1 приведены аналитические зависимости для определения силы сопротивления подаче материала на круглопильном станке с нижним и верхним расположением диска.

Сумму сил сопротивления при подаче найдем, используя следующие выражения [1]:

$$\sum P_{c.i} = P_i + (D_e + Q)f; \quad (2)$$

$$\sum P_{c.i} = P'_i \sin \varphi - P'_e \cos \varphi, \quad (3)$$

где P_n – нормальная сила;

P_k – касательная сила;

Q – сила тяжести заготовки;

f – коэффициент трения скольжения, $f = 0,25 \dots 0,50$.

P'_n , P'_k – силы, равные нормальной и касательной силам и действующие со стороны материала на инструмент;

$\varphi = \varphi_k / 2$;

φ_k – угол дуги контакта,

$$\varphi_k = \arccos(1 - h/R); \quad (4)$$

h – толщина разделяемого материала в круглопильных станках с нижним расположением пилы;

R – радиус резания.

Тогда

$$\sum P_{c.i} = P_e \cos \varphi_{cp} + P_i \sin \varphi_{cp} + [(P_e \sin \varphi_{cp} - P_i \tilde{n} \cos \varphi_{cp}) + Q + P_{i0}] f \quad (5)$$

или

$$\sum P_{c.i} = P_e \cos \varphi + P_i \sin \varphi + [(P_e \sin \varphi - P_i \tilde{n} \cos \varphi) + Q + P_{i0}] f. \quad (6)$$

Таблица 1

Обработка	Значение коэффициента a при продолжительности работы инструмента, ч							
	1	2	3	4	6	8	10	14
Пиление ленточными пилами	0,2	0,3	0,4	0,5	–	–	–	–
Распиловка круглыми пилами:								
поперечная	0,4	0,6	0,8	1,0	–	–	–	–
продольная	0,2	0,4	0,6	0,8	–	–	–	–
Фрезерование	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Разрезание дисками	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	–	–

Здесь $P_{пр}$ – сила прижима;

$$\varphi_{ср} = \frac{1}{2} \left(\arccos \frac{h_c}{R} + \arccos \frac{h_c + h}{R} \right); \quad (7)$$

h_c – расстояние от пилы до плоскости стола.

В приведенных выше зависимостях P_n может быть выражено через P_k :

$$P_n = aP_k, \quad (8)$$

где a – коэффициент, зависящий от продолжительности работы инструмента (табл. 1) [1, 3].

Исходная зависимость (1) решается относительно P_k как уравнение с одним неизвестным.

Наладка дереворежущего оборудования и рабочий режим эксплуатации должны выбираться с учетом особенностей используемого инструмента: частоты вращения (до 1000 мин⁻¹); скорости подачи (4,5...10,0 м/мин); средней скорости резания (до 45 м/с) [2, 3]. Направление движения режущих элементов диска у всех станков с нижним расположением пильного вала должно быть таким, чтобы диск прижимал разрезаемую древесину к поверхности стола. При этом независимо от расположения диска относительно распиливаемого материала (сверху или снизу) направление вращения диска должно быть противоположно направлению подачи пиломатериала. В противном случае режущие элементы диска будут захватывать заготовку и выбрасывать ее в сторону работающего.

За диском устанавливается расклинивающий нож, толщина которого должна превышать толщину полотна диска вместе с поднутрением на 0,5 мм. В передней части расклинивающий нож делают тоньше. Устанавливают его в плоскости диска на расстоянии не более 5 мм от максимальной окружности резания диска.

При продольной распиловке заготовок применяют направляющую линейку. Ее обычно устанавливают с правой стороны, параллельно плоскости режущего диска, на расстоянии, равном ширине отпиливаемой заготовки. На некоторых моделях круглопильных станков (например на станке Ц-6), помимо установки направляющей линейки вручную, используют микрометрическую установку при помощи винта. Не следует применять направляющие линейки, выходящие за линию оси пильного вала, во избежание заклинивания отпиливаемой заготовки между направляющей линейкой и расклинивающим ножом.

Таблица 2

Что проверяется	Применяемый инструмент	Допускаемое отклонение, мм
Плоскостность рабочей поверхности стола на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	Поверочная линейка, щуп, калибровальные плитки	0,1
Прямолинейность рабочей поверхности продольной направляющей линейки на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	Поверочная линейка, щуп	0,2
Параллельность рабочей поверхности продольной направляющей линейки и направления перемещения поперечной линейки плоскости вращения пильного диска на длине 1000 мм	Контрольный диск, индикатор со струбциной, штихмас	0,25
Перпендикулярность рабочей поверхности стола плоскости вращения пильного диска на длине 100 мм	Угольник, щуп, контрольный диск	0,1
Горизонтальность рабочей поверхности стола в различных его положениях по высоте	Уровень	0,2
Радиальное биение шейки пильного вала (посадочного места под диск)	Индикатор на стойке	0,05
Торцовое биение рабочей поверхности опорной шайбы пильного вала на длине 100 мм	Индикатор на стойке	0,02

Ширина щели для диска в деревянном вкладыше из твердой породы древесины или металла не должна быть более 5 мм. Вкладыш должен плотно входить в отверстие стола станка, а его рабочая поверхность лежать в одной плоскости с рабочей поверхностью стола.

При проверке на точность круглопильных станков типа Ц-6, оснащенных режущим диском, рекомендуется руководствоваться нормами, приведенными в табл. 2 [3].

Наладка фрезерного станка с нижним расположением шпинделя включает следующие операции: крепление шпиндельной насадки; крепление режущего инструмента и регулирование положения его режущих элементов; установку направляющего устройства; контроль наладки пробной обработкой детали.

Шпиндельную насадку выбирают в зависимости от размеров режущего инструмента. Насадки различаются по посадочному диаметру под отверстие в насадном режущем инструменте и длине, которая зависит от высоты устанавливаемого инструмента и характера обработки. Наиболее распространены следующие диаметры посадочных отверстий фрезерного дереворежущего инструмента: 22, 27 и 32 мм.

Таблица 3

Что проверяется	Применяемый инструмент	Допускаемое отклонение, мм
Плоскостность рабочей поверхности стола на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	Поверочная линейка, щуп, калиброванные плитки	0,1
Радиальное биение оси конического отверстия шпинделя: у основания оправки на расстоянии 200 мм от основания	Контрольная оправка с коническим хвостовиком, индикатор на стойке	0,02
Осевое биение шпинделя	Контрольная оправка с коническим хвостовиком, индикатор на стойке	0,05
Перпендикулярность рабочей поверхности стола к оси шпинделя на радиусе 300 мм	Контрольная оправка с коническим хвостовиком, индикатор со струбциной, проверочная линейка, калиброванные плитки	0,03
Параллельность оси шпинделя направлению перемещения суппорта шпинделя на длине 100 мм в продольной и поперечной плоскостях	Контрольная оправка с коническим хвостовиком, индикатор на стойке	0,06
Соосность шпинделя и неподвижного направляющего кольца стола	Контрольная оправка с коническим хвостовиком, индикатор со струбциной	0,05
Прямолинейность и расположение рабочей поверхности направляющего угольника в одной плоскости на длине 500 мм	Поверочная линейка, щуп, калиброванные плитки	0,5
Перпендикулярность рабочих поверхностей направляющего угольника рабочей поверхности стола на длине 100 мм	Контрольный угольник, щуп	0,05

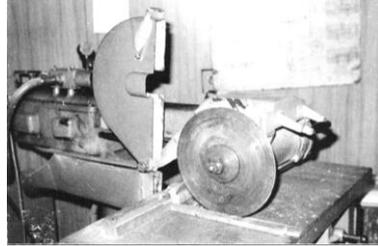
Для обеспечения необходимой точности обработки фрезерный станок, оснащенный режущим диском, должен соответствовать нормам, приведенным в табл. 3 [3].

На фрезерном станке, соответствующем приведенным нормам точности и правильно налаженном, обеспечивается равномерность ширины и параллельное расположение по отношению к базовой поверхности заготовки (рис. 2).



Рис. 2. Процесс разрезания заготовки осины на станке ФСШ-1А

Рис. 3. Производственные испытания режущих дисков на торцовочном станке ЦПА-40



Процесс обработки и влияние затупления инструмента на точность поперечного деления заготовок тополя сечением 80×15 мм режущим диском на станке ЦПА-40 показаны на рис. 3, 4.

Запишем уравнение износа:

$$i = a^p \sqrt{S}, \quad (9)$$

где i – линейный износ инструмента;

a, p – параметры, зависящие от режимов резания и материала резцов;

S – путь резания, м.

Износ инструмента характеризуется кривой с постепенно снижающейся интенсивностью. Разбивая весь период износа на интервалы, строили кривые распределения для каждой партии деталей, а путем сложения ординат – общую кривую распределения для всей партии изделий.

Поле рассеивания результатов

$$2S = 3(\sigma + \sigma_r) + i; \quad (10)$$

где σ и σ_r – среднее квадратичное отклонение размеров деталей соответственно для острого и притупленного диска;

i – линейный износ инструмента.

Из диаграммы (рис. 4) видно, что максимальный износ инструмента происходит на срединном этапе приработки, затем процесс износа несколько стабилизируется, но при этом резко возрастают силы трения, интенсивно нагревается инструмент. Это может способствовать потере его устойчивости, так как неравномерный нагрев повышает тепловые деформации инструмента, изменяет его форму и приводит к геометрическим погрешностям обработки. Для устранения этих деформаций необходим тщательный выбор параметров инструмента и оптимальный режим резания.

Суммарная ошибка механической обработки включает два основных вида погрешностей: геометрические погрешности инструмента (возникающие при изготовлении или заточке) и погрешности деформаций (температурные):

$$\sum \Delta = \sqrt{\Delta_r^2 + A^2}, \quad (11)$$

где Δ_r – геометрические погрешности инструмента [3];

A – «биение» инструмента при затуплении (рис. 4).

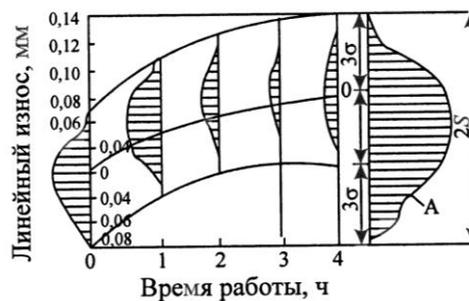


Рис. 4. Распределение погрешностей при резании диском по мере его износа

Выводы

Неудовлетворительное качество разрезания мягколиственной древесины может быть вызвано целым рядом причин.

1. *Покоробленность распиливаемого пиломатериала.* Во время сушки пиломатериалы, особенно твердых лиственных пород, сильно коробятся. Если неправильно расположить покоробленную заготовку на рабочей поверхности стола станка, то в процессе деления она под действием сил резания может изменять свое положение относительно стола. Это служит причиной непрямолинейности реза, а иногда и заклинивания режущего диска. Чтобы этого не случилось, необходимо устойчиво располагать заготовки на столе станка, тщательно выверять опорную поверхность станка.

2. *Непараллельность направления подачи плоскости вращения пильного диска.* Непараллельность рабочей поверхности направляющей линейки плоскости вращения пильного диска приводит к получению заготовок различной ширины по длине, а иногда к заклиниванию заготовки между направляющей линейкой и режущим диском. Этот недостаток устраняется параллельным расположением рабочей поверхности направляющей линейки по отношению к плоскости пильного диска с отклонением, не выходящим за пределы, предусмотренные нормами точности.

3. *Недопустимое торцевое биение режущего диска.* Повышенное торцевое биение (свыше 0,5 м) вызывает вибрацию диска и заготовки, что приводит к поперечному смещению заготовки и получению деталей неодинаковой ширины по длине. Необходимо устранять торцевое биение опорной зажимной шайбы, выходящее за пределы допустимых норм, а также следить за правильностью подготовки диска к работе.

4. *Затупление диска.* В результате затупления режущих кромок возникает повышенное трение пильного диска о стенки прореза; диск нагревается, теряет устойчивость, а это приводит к некачественному распиливанию. Не рекомендуется работать диском свыше 4 ч при разрезании древесины мягких пород влажностью 8...12 %. Своевременная заточка обеспечивает более длительный срок службы диска, снижает потребляемую на резание мощность и усилие подачи, а также процент брака, отпадает необходимость в мощной пневмотранспортной системе. Перспективно создание самозатачивающихся режущих инструментов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьев П.С.* Деревообрабатывающие машины. – М: ВНИИПП, 1966. – 607 с.
2. *Ивановский В.П.* Бесстружечное резание древесины мягких пород. – Воронеж: ВГУ, 2003. – 180 с.
3. *Свиридов Л.Т., Ивановский В.П.* Резание древесины различной прочности. – Воронеж: ВГУ, 2005. – 200 с.

L.T. Sviridov, V.P. Ivanovsky, A.V. Ivanovsky

On Setup of Woodworking Machines Equipped with Saw Blade

The peculiarities of setup and adjustment of circular cut-off and milling multipurpose woodworking machines equipped with a saw blade are considered; the necessary data on cutting modes of soft deciduous species are provided.

Keywords: cutting mode, saw blade, circular cut-off machine, milling machine.



КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 674.032: 625.711.84/72

Ю.А. Варфоломеев, А.Т. Гурьев, О.Г. Плехов, Р.А. Алешко

Северный (Арктический) федеральный университет

Варфоломеев Юрий Александрович родился в 1953 г., окончил в 1975 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, проректор по инновационному развитию Северного (Арктического) федерального университета, заслуженный деятель науки РФ. Имеет более 300 научных трудов в области обеспечения долговечности древесины в строительстве экологически безопасными методами.

E-mail: y.varfolomeev@narfu.ru



Гурьев Александр Тимофеевич родился в 1949 г., окончил в 1971 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, директор Института информационных и космических технологий Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 150 научных трудов в области исследования процессов лесного комплекса.

E-mail: atg6@rambler.ru



Плехов Олег Георгиевич родился в 1934 г., окончил в 1958 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог Северного (Арктического) федерального университета. Имеет более 60 научных трудов в области промышленного транспорта.

E-mail: avdor@agtu.ru



Алешко Роман Александрович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. Архангельский государственный технический университет, ассистент кафедры информационных технологий Северного (Арктического) федерального университета. Имеет 10 научных трудов в области обработки данных дистанционного зондирования лесных территорий.

E-mail: roman@aleshko.com



ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ С НЕПРЕРЫВНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ В ЛЕСАХ С БИОПОВРЕЖДЕНИЯМИ*

На основе автоматизированной обработки данных космического мониторинга со сверхвысоким разрешением разработана методика высокотехнологичного проектирования инфраструктурного строительства и реконструкции дорог с непрерывным жизненным циклом в лесах с развивающимися биоповреждениями.

* Исследования проведены в соответствии с планом-графиком работ по проекту «Создание высокотехнологичного производства щепы из сухостойной древесины для получения сульфатной целлюлозы», победившему в конкурсе на право получения субсидии для выполнения НИОКР на основании постановления Правительства РФ № 218 от 9 апреля 2010 г. (государственный контракт №13.G25.31.0036 от 07.09.2010 г. ОАО «Соломбальский ЦБК»).

Ключевые слова: биоповреждение лесов, космический мониторинг, дороги, проектирование, строительство, реконструкция.

Катастрофическое биоповреждение ценных хвойных лесов на Северо-Западе России, инициирующее их усыхание, кардинально повлияло на лесопользование. По экономическим соображениям лесозаготовители в первую очередь осваивают здоровые древостои, обходя сухостойные. При больших объемах биоповреждений лесозаготовки быстро продвигаются в глубь девственных лесов, где полностью отсутствует дорожная сеть [4].

В зону катастрофически пострадавших ценных еловых лесов Архангельской области, в междуречье Северной Двины и Пинеги, попали 155 населенных пунктов, где на 2005 г. проживали 20,8 тыс. чел. Из них 5 тыс. чел. трудились на лесозаготовительных предприятиях. При этом следует учесть, что других предприятий здесь нет [2]. Строительство сети дорог позволит организовать эффективное лесопользование и создать обширную инфраструктуру малых лесоперерабатывающих производств непосредственно в районе заготовок [1, 3, 7, 10]. Это обеспечит решение проблемы трудовой занятости населения, развитие углубленной лесопереработки с получением дорогостоящей продукции строительного и другого назначения при значительном снижении себестоимости готовой продукции за счет уменьшения удельных транспортных затрат.

Анализ практического опыта показывает, что реальный период планирования современных лесозаготовительных предприятий с учетом заключения договоров с лесопотребителями составляет 2–3 года. Такой же период должен быть и для ввода новых участков лесовозных дорог. Максимальная величина предварительного планового периода определяется периодом инвентаризации лесного фонда, который обычно составляет 10 лет. Однако в лесах с динамичными биоповреждениями указанная практика не приемлема, поскольку развитие инфраструктуры транспортной сети в настоящее время необходимо проектировать на фоне скоротечных изменений сырьевой базы, товарно-рыночных отношений и конкретных экономических и производственно-технических условий предприятий. Современные оптимальные технологии освоения и управления обширными лесными территориями России с учетом динамики их изменения во времени неизбежно связаны с использованием космического мониторинга для системного сбора и обработки информации об их состоянии [5].

Цель исследований – разработка методики проектирования инфраструктурного строительства и реконструкции дорог с непрерывным жизненным циклом для постоянной эффективной эксплуатации лесов с биоповреждениями на основе использования актуальных многоаспектных данных космического мониторинга о быстро изменяющемся сырьевом потенциале усыхающих древостоев, гидрологических параметрах, включая сезонные затопления территорий, а также о рельефе местности и других естественных препятствиях.

Проектирование инфраструктуры дорог разного назначения для рациональной эксплуатации лесов с динамичными биоповреждениями включает две основные составляющие: оценку природных ресурсов; оценку актуальных данных о топографических характеристиках, гидрологии трассы в различные сезоны года (особенно в период весеннего половодья), инженерной геологии местности, условиях строительства и др.

При оценке ресурсной составляющей лесов с биоповреждениями важно учитывать не только их породно-возрастной состав, класс товарности и другие таксационные характеристики, но и определять здоровые и усыхающие древостои. Такую оценку можно оперативно выполнить с помощью данных многоспектральной съемки со спутников. Указанную информацию получают со спутника SPOT-5, прием данных с которого ведется в Центре космического мониторинга Арктики С(А)ФУ [5]. Синтез каналов разновременных изображений позволяет получить достоверную картину состояния растительности и выявить очаги и параметры биоповреждений древостоев, включая направление и скорость их распространения.

Количественные показатели яркости изображения в различных спектрах целесообразно использовать для расчета вегетационных индексов, например наиболее часто используемого нормализованного разностного индекса растительности (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI). Следует отметить, что по значению индекса можно не только подразделить территории на лесные и нелесные, но и выявить участки с угнетенной растительностью.

Для выявления водных преград при проектировании и строительстве лесных дорог наиболее эффективно использовать спектральный канал снимков в диапазоне 0,78...0,89 мкм, на который приходится минимум яркости водных объектов (наиболее темные участки снимков). По такой технологии можно достоверно выявить наличие водных преград даже при визуальной оценке. Высокотехнологичное оборудование Центра космического мониторинга Арктики С(А)ФУ и технологии автоматизированной обработки космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения (1 м/пиксель и выше), разработанные Институтом информационных и космических технологий С(А)ФУ [12–14], позволяют осуществлять мониторинг таяния снега и льда, в том числе определять параметры движения ледохода, весенних затоплений и т.п. Это имеет большое значение для выбора трассы, строительства и эксплуатации дорог.

Перепады высот по трассе выявляются с помощью цифровой модели рельефа (ЦМР). Высокоточная ЦМР может быть построена по стереоснимкам в видимом диапазоне. Стереоснимок представляет собой совокупность двух снимков, один из которых выполнен с наименьшим углом наклона вдоль траектории от надира, второй – под большим углом.

Второй вариант построения ЦМР основан на использовании пары радарных снимков, полученных, например, со спутников RADARSAT-1, 2. При наличии высокоточной ЦМР местности появляется возможность оптимального проектирования строительства и реконструкции дорог с учетом естественных преград, включая особенности рельефа.

Для уточнения информации о состоянии изменяющихся растительных покровов территории и существующих естественных преградах, необходимых для проектирования и строительства дорог, применяли данные со спутника EROS-B, осуществляющего съемку сверхвысокого разрешения в панхроматическом диапазоне с разрешением до 0,7 м/пиксель. По указанным данным анализировали рисунки природных объектов, их текстурные и структурные компоненты, что позволило получать максимально точную многоаспектную информацию о свойствах, взаимном расположении отдельных деревьев, элементов полога леса.

Полученные результаты анализа экспортировали в геоинформационную систему (ГИС) для создания многослойного изображения, содержащего все необходимые данные для прокладки трассы. Процесс высокотехнологичного проектирования дорог в ГИС можно осуществлять в автоматизированном (интерактивном) режиме, используя алгоритмы вычисления оптимальных путей с учетом всех особенностей территории. Комплексный анализ актуальной информации о лесной территории позволяет максимально эффективно использовать природные и технические ресурсы, организовать строительство и эксплуатацию инфраструктуры дорог и производств при наименьшем ущербе окружающей среде.

Следует отметить, что создание дорог в значительной степени усложняется отсутствием современных нормативных документов по проектированию инфраструктуры лесозаготовительных, а также лесоперерабатывающих предприятий, создаваемых в районах размещения сырьевых ресурсов. Нормативная база отрасли, которая в Архангельской области ранее разрабатывалась Гипролестрансом, с начала кардинальных экономических преобразований в нашей стране перестала пополняться, а сам институт изменил название, статус, форму собственности и приоритетное направление деятельности. В создавшихся условиях трудно планировать деятельность и развивать инфраструктуру предприятий ЛПК вблизи лесозаготовок, базируясь на реально формирующихся затратах.

При разработке рациональных методов транспортирования сырья на промплощадку автотранспортом целесообразно использовать экономико-математическую модель планирования лесозаготовок, в основу которой положен автоматизированный расчет лесотранспортной сети [6]. Автор указанной модели Е.Г. Гладков использовал метод моделирования процессов развития железных дорог в нашей стране, разработанный Институтом комплексных транспортных проблем [8]. Автоматизированный расчет автотранспортной инфраструктуры по предложенной методике позволяет оперативно проектировать и строить дороги в лесах, которые имеют требуемую породно-товарную структуру, отвечающую запросам потребителей. После вырубki деревьев на делянках, вывозки и переработки древесины, получения прибыли от продажи предполагается вновь проектировать и строить дороги к неосвоенным лесным массивам, которые по своему составу соответствуют требованиям уже нового портфеля заказов.

Средние и малые предприятия, которые самостоятельно ведут лесозаготовку преимущественно для собственных нужд, не в состоянии обеспечить строительство протяженных лесных дорог. Учитывая это, им часто выделяют деланки вблизи существующих трасс. В данном случае в стоимость аренды следует включать стоимость строительства лесовозной дороги, которая начисляется на каждый кубический метр заготовленного и вывезенного сырья в зависимости от породного состава и крупности древесины [11].

При рациональном проектировании и строительстве транспортной инфраструктуры магистральные лесовозные дороги можно использовать для соединения отдельных лесных поселков, что имеет особое значение при освоении ресурсов больших массивов девственных лесов на малонаселенных и труднодоступных территориях Севера России [2]. При этом по такой дороге будут регулярно проезжать легковые и грузовые автомобили, не связанные с лесозаготовками. Характерным примером для Архангельской области является промышленная Хайнозерская лесовозная дорога в Онежском районе. По ней сначала интенсивно вывозили заготовленную древесину, потом в процессе эксплуатации ее реконструировали. В результате такого стратегического подхода к проектированию строительства и последующей реконструкции в настоящее время указанная дорога входит в транспортную сеть, соединяющую г. Онегу и лесные поселки с Северодвинском, Архангельском и далее, через федеральную автомобильную трассу М8, со всей автодорожной сетью Европы и Азии.

По мере эксплуатации лесовозных дорог во многих случаях их экономически целесообразно переводить в дороги общего пользования путем поэтапной реконструкции в соответствии с требованиями, отвечающими новым условиям. Объем работ по реконструкции зависит от категории и технического состояния лесовозной дороги. Как правило, в зависимости от интенсивности движения их переводят в дороги V или IV категории. При расчетной (перспективной на 20 лет) интенсивности движения транспортных единиц до 200 шт./сут (приведенных к легковому автомобилю) конструктивное решение дороги должно соответствовать V категории, а при интенсивности до 2000 шт./сут – IV категории [15, 16]. При более высокой суточной интенсивности движения категория реконструируемой дороги должна быть выше. Реконструкция, как правило, связана не только с увеличением радиуса кривых до допустимых нормативных параметров дороги соответствующей категории, но и с устройством переходных кривых на всех участках круговых кривых с радиусом 2000 м и менее. На промышленных дорогах переходные кривые предусматриваются при радиусе кривых в плане 250 м и менее. В отдельных случаях изменение плана дороги может быть обусловлено необходимостью устранения ее необоснованной извилистости.

При переводе лесовозных дорог категорий I-в и II-в в категорию IV (общего пользования), а также категории IV-в в категорию V не требуется увеличивать ширину земляного полотна. При переводе дороги категории

III-в в категорию IV ширину земляного полотна следует увеличить на 1,0...1,5 м. При переводе лесовозных дорог в дороги общего пользования с более высоким уровнем технических характеристик требуется соответствующее увеличение ширины земляного полотна. Требования по обеспечению возвышения покрытия над наиболее высоким уровнем грунтовых вод либо наличия поверхностных вод для дорог промышленных и общего пользования одинаковы.

Реконструкция лесовозных дорог в целях перевода их в дороги общего пользования, в первую очередь, связана с изменением проекта продольного профиля. Технические требования к проектированию продольного профиля дорог промышленных и общего пользования существенно отличаются. Это вызвано более низкими расчетными скоростями движения транспорта на промышленных дорогах. На них допускается проектировать вертикальные кривые значительно меньших радиусов, чем на дорогах общего пользования. При этом допустимый продольный уклон меньше, чем на дорогах общего пользования. Например, для дорог категории IV-в наибольший продольный уклон допускается до 40 %, тогда как при тех же условиях для дорог общего пользования, даже низшей категории (V), он составляет 70 %.

Требования к дорожным одеждам на дорогах общего пользования и промышленных одинаковы. Поэтому расчеты на прочность покрытий осуществляют по одной методике [9]. Для дорог общего пользования в кривых радиусом менее 2000 м устраивают вираж, т.е. проезжую часть проектируют с однокатным продольным профилем, а на промышленных дорогах вираж предусматривают в кривых радиусом 600 м и менее.

После вырубki леса, который расположен в зоне временной лесовозной дороги, экономически целесообразно продлить ее жизненный цикл за счет использования для перевозки материалов, техники и рабочих в процессе ухода за лесом и в качестве противопожарной. Для такого изменения функционального назначения, как правило, не требуется дополнительных затрат. Анализ практического опыта эксплуатации лесных дорог в Архангельской области показал, что при строительстве временной дороги с продленным жизненным циклом, которую планируется реконструировать для последующего использования в качестве противопожарной и лесохозяйственной, необходимо полностью отказаться от применения древесины при устройстве покрытия проезжей части. Это особое требование обусловлено тем, что деревянно-лежневое покрытие обеспечивает удовлетворительное состояние дороги в течение непродолжительного срока эксплуатации, который вполне достаточен для временной дороги. Однако дальнейшая ее эксплуатация невозможна, поскольку крепления деревянных элементов лежневого покрытия с течением времени ослабляются и интенсивно разрушаются под воздействием дереворазрушающих грибов. Кроме того, дорога с деревянным покрытием опасна в пожарном отношении.

Выводы

1. Разработана методика высокотехнологичного проектирования инфраструктурного строительства и реконструкции дорог с непрерывным жизненным циклом в лесах с развивающимися биоповреждениями. Методика основана на автоматизированной обработке данных космического мониторинга со сверхвысоким разрешением (1 м/пиксель и выше) в режиме реального времени.

2. Предложенная методика обработки снимков позволяет оперативно определять изменяющиеся запасы усыхающих древостоев, рельеф и гидрологические параметры трасс, включая данные о сезонных затоплениях территорий. Внедрение результатов исследований в практику проектирования позволит обеспечить эффективную постоянную эксплуатацию возобновляемых лесных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев А.Е., Алексеева Л.В.* Организация малых лесопильных предприятий. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 731 с.
2. *Булатов А.Ф., Варфоломеев Ю.А., Трубин Ю.Г.* Социально-экономические последствия биопоражения и усыхания лесов в междуречье Северной Двины и Пинеги // Наука – северному региону: Сб. науч. тр. / АГТУ. – Архангельск, 2005. – Вып. 62. – С. 224–227.
3. *Варфоломеев Ю.А.* Автоклавная модульная установка для глубокой пропитки древесины защитными препаратами // Лесн. пром-сть. – 2002. – № 4. – С. 18.
4. *Варфоломеев Ю.А.* Модернизация производства переработки еловой древесины с биоповреждениями // Лесн. журн. – 2010. – № 4. – С. 142–147. – (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Варфоломеев Ю.А., Гурьев А.Т., Алешко Р.А.* Методические и технические аспекты космического мониторинга биоповреждения и усыхания еловых лесов // Лесн. журн. – 2010. – № 5. – С. 149–156. – (Изв. высш. учеб. заведений).
6. *Гладков Е.Г.* Территориальная динамика лесозаготовок: Моделирование и оптимизация эффективности развития лесозаготовок в современных экономических условиях. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского госуд. ун-та, 2006. – 188 с.
7. Завод автоклавной пропитки древесины в леспромхозе / Ю.А. Варфоломеев [и др.] // Лесн. пром-сть. – 2000. – № 4. – С. 14.
8. *Ильин Б.А.* Обоснование параметров и размещение путей лесотранспорта. – М.: Лесн. пром-сть, 1965. – 137 с.
9. МОДН 2–2001. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М.: Союздорнии, 2002. – 152 с.
10. Переработка сырья в леспромхозе с получением строительных изделий круглого сечения / Ю.А. Варфоломеев [и др.] // Наука – северному региону: Сб. науч. тр. / АГТУ. – Архангельск, 2002. – С. 24–28.
11. *Плехов О.Г., Зарудный Д.В.* Капитальные затраты на строительство временных лесовозных дорог // Материалы докл. XV Коми республиканской молодеж. науч. конф. В 2-х томах. Том 1. – Сыктывкар: Изд-во КНЦ УрО РАН, 2004. – С. 189 – 191.

12. Программа автоматизированного определения основных таксационных показателей лесов Европейского Севера по данным спутниковых снимков / Р.А. Алешко, А.Т. Гурьев, С.В. Торхов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2009614299; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 19.06.09.

13. Распределенная информационная система управления лесными ресурсами / А.Т. Гурьев [и др.] // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010612295; зарегистр. в Реестре программ для ЭВМ 26.03.10.

14. Система поддержки принятия решений по выбору комплекса лесозаготовительных машин с учетом природно-производственных условий эксплуатации / А.Т. Гурьев, А.А. Блок // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2010612294; зарегистр. в Реестре программ 26.03.10.

15. СНиП 2.05.02–85*. Автомобильные дороги. – Госстрой России, 2003. – Режим доступа: www.gostrf.com.

16. СНиП 2.05.07–91*. Промышленный транспорт. – Минстрой России, 1996. – Режим доступа: [www. Doclad.ru](http://www.Doclad.ru).

Yu.A. Varfolomeev, A.T. Guriev, O.G. Plekhov, R.A. Aleshko
Northern (Arctic) Federal University

High-technology Design of Road Building and Rehabilitation with Continuous Life Cycle in Forests with Biodeterioration

The technique of high-technology design is developed for the infrastructure road building and rehabilitation with continuous life cycle in the forests with the developing biodeterioration based on the automatic data processing of space monitoring with ultra-high resolution.

Keywords: biodeterioration of forests, space monitoring, roads, design, building, rehabilitation.



УДК 65.011.56:005

ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ, ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

Изложена научно-исследовательская деятельность кафедры автоматизации производственных процессов ВГЛТА, направленная на разработку программ интерактивного компьютерного управления в экономических системах предприятий лесного комплекса.

Ключевые слова: инновации, автоматическое управление, лесной комплекс.

Предприятия лесного комплекса в основном не являются инвестиционно привлекательными и имеют затянувшиеся технологические и экономические системные проблемы. Отсутствие инвестиций на замену устаревшего оборудования, технологий заставляет некоторые из них заниматься модернизацией производства на существующем оборудовании с использованием инноваций в области автоматизации управления технологическими, организационными, экономическими системами предприятий. Эти инновации могут быть направлены на совершенствование технологий, снижение энергозатрат, расхода сырья, материалов, повышение качества и конкурентоспособности лесопродукции, рост прибыли, необходимой для формирования собственных фондов инвестиций.

Для решения ряда задач автоматизации, компьютеризации технологий, процессов, организационно-экономических систем предприятий лесного комплекса на кафедре автоматизации производственных процессов ВГЛТА проводятся исследования и прикладные научные разработки для внедрения их в практику. В этом направлении работает аспирантура по ряду специальностей, докторантура по специальностям 05.13.10 и 05.13.12.

Рассмотрим основные результаты исследований и научных разработок кафедры в области автоматизации процессов лесного хозяйства, лесозаготовок, лесопиления, деревообработки.

Научный и практический интерес представляют разработки по системам автоматизации сушки сосновых шишек, обеспечивающие наибольший выход кондиционных семян и их высокую всхожесть. Эта задача решена после проведения серии экспериментов по моделированию процесса сушки и оптимизации ее режимов. Подобный результат получен в области автоматизации процесса сушки хвойно-витаминной муки с достижением высоких показателей ее питательности и минимальным расходом топлива. Разработанная система вождения колесных тракторных агрегатов на лесных питомниках обеспечивает качественное выполнение работ и сохранность семян.

Перед лесозаготовительными предприятиями стоят сложные задачи более точного учета объемов сортиментов круглого леса в лесфонде, назначенном в рубку. Эта задача решается с помощью специального программного обеспечения, основанного на использовании таксационных данных отвода лесосек и ма-

тематических моделей древесных стволов, адекватно описывающих их геометрическую форму.

Предприятия лесного хозяйства заинтересованы в планировании и проведении эффективных рубок ухода за лесом, выборе наиболее приемлемого лесосечного оборудования для минимизации повреждений остающихся деревьев, сокращении сроков выращивания древостоев и получении наибольшего объема стволовой древесины с 1 га за 1 год. Эта проблема решена, в частности, в отношении чистых сосновых древостоев, разработано специальное программное обеспечение для проектирования рубок ухода и выбора лесосечного оборудования, которое нашло применение в организациях Леспроекта.

Практика лесного хозяйства, лесозаготовок, лесопиления нуждается в использовании современных микропроцессорных систем автоматизации учета запасов стволовой древесины на выделах лесфонда, объемов хлыстов на лесосечных работах, сортиментов круглых лесоматериалов при раскряжке, пиловочника, поступающего в лесопиление. Для решения этих комплексных задач автоматизации разработаны программы компьютеризации учета, что позволяет снять обычные противоречия между поставщиками и потребителями лесоматериалов.

Получили развитие теоретические положения по компьютеризации анализа динамики нагрузок и деформации в узлах лесных машин на основе учета их реальных структурных схем, жесткостей, масс, нелинейностей с частотным анализом факторов динамики. Тем самым системы автоматизации проектирования навесного оборудования лесных машин позволяют решать задачи минимизации масс и равнопрочности узлов.

Разработанные на кафедре системы автоматизации бесконтактного определения размеров круглого леса, пиломатериалов с системами автоматического учета и сортировки лесоматериалов нашли широкое применение на предприятиях лесного комплекса Сибири, Урала и Севера европейской части России. Модели, алгоритмы, программы раскроя стволов, бревен используются в построении автоматизированных систем управления технологическими процессами лесозаготовок и лесопиления.

Системы многокритериального автоматического управления процессом горячего прессования древесностружечных плит обеспечивают выпуск плит заданной влажности, прочности, минимальной разнотолщинности.

Системы оптимизации раскроя плит, фанеры, стекла, обрезных пиломатериалов на заготовки дали возможность предприятиям получить значительную экономию сырья в мебельном производстве.

Процессы сушки трудносохнущей древесины дуба, бука, лиственницы сопровождаются значительным растрескиванием высушиваемых материалов. Внедрение в практику автоматических многокритериальных систем управления режимами сушки позволило значительно сократить брак, на 15...20 % продолжительность сушки, затраты энергии.

Для производства фанеры характерны чрезмерные затраты энергии и часто недостаточно эффективные режимы проварки чураков, подлежащих лущению. Эти задачи решены на основе экспериментов, проведенных с помощью предложенных систем автоматизации комбинированного управления. Технологические процессы гидротермообработки древесины в сушильных камерах, барабанах, роликовых сушилках характеризуются тем, что расход энергии на эти процессы у нас в 2–4 раза выше, чем в Скандинавских странах и Канаде. В

настоящее время на кафедре разрабатываются системы автоматического управления процессами гидротермической обработки древесины с использованием специальных устройств, что существенно сокращает расход топлива.

Нами решена сложная проблема достаточно точного учета объемов технологической щепы при ее пневмотранспортировании на предприятиях целлюлозно-бумажной и лесопильной промышленности. В основу разработки положен метод точного измерения потерь давления по длине трубопровода в зависимости от объема щепы. Сложной проблемой является наблюдаемое недопустимое измельчение части щепы в процессе транспортирования и превращение ее в труху. Разработанная система автоматического комбинированного управления пневмотранспортным потоком устраняет низкочастотные факторы колебания давления за питателем, измельчение части щепы. Она была внедрена на Братском лесопромышленном комплексе.

Много внимания уделяется созданию инновационных систем компьютерного управления в экономических системах предприятий лесного комплекса. Проведены исследования по адаптации методов теории автоматического управления для решения конкретных задач, в частности разработан математический аппарат анализа, прогноза финансовой устойчивости предприятий на очередной месяц, квартал. Методы ежемесячного оперативного контроля организационно-экономических показателей позволяют принимать своевременные управленческие решения.

Разработан комплекс прикладных программ интерактивного компьютерного управления в экономических системах предприятий лесного комплекса, решающих серию задач ситуационного оперативного управления в целях повышения прибыльности предприятий для накопления собственного фонда инвестиций.

Аспирантами, соискателями кафедры за последние 35 лет работы под руководством автора статьи защищены 71 кандидатская и 7 докторских диссертаций, в том числе 20 гражданами из стран дальнего зарубежья.

В исследованиях и прикладных научных разработках активное участие принимают студенты, в том числе при выполнении курсовых, дипломных работ и проектов. Их работы содержат оригинальные идеи, методы, средства решения актуальных задач автоматизации процессов лесного комплекса.

В.С. Петровский

V.S. Petrovsky

Innovations in Control Automation of Technological, Economic-organizing Systems of Forest Industry Enterprises

The scientific-research activity of the department of production processes automation of Voronezh State Forest Engineering Academy is presented aimed at the development of interactive computer control software for economic systems of forest industry enterprises.

Keywords: innovations, automatic control, forest complex.
