

Главный редактор

Обливин Александр Николаевич, проф., д-р техн. наук, академик РАЕН и МАНВШ, заслуженный деятель науки и техники РФ, Президент МГУЛ, Москва

Зам. главного редактора

Никишов Владимир Дмитриевич, проф., канд. техн. наук, академик РАЕН, МГУЛ, Москва

Редакционный совет журнала

Азаров Василий Ильич, проф., д-р техн. наук, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик РАЕН, Москва

Артамонов Дмитрий Владимирович, проф., д-р техн. наук, Пензенский ГУ, Пенза

Беляев Михаил Юрьевич, д-р техн. наук, начальник отдела, зам. руководителя НТЦ РКК «Энергия» им. С.П. Королева, Москва

Бемман Альбрехт, проф., Дрезденский технический университет, Институт профессуры для стран Восточной Европы, Германия

Драпалок Михаил Валентинович, профессор, д-р техн. наук, проректор по науке и инновациям ФГБОУ ВПО ВГЛТА, Воронеж

Евдокимов Юрий Михайлович, профессор, канд. хим. наук, академик Нью-Йоркской Академии Наук, чл.-корр. РАЕН, член центрального правления Нанотехнологического общества России, Москва

Залесов Сергей Вениаминович, проф., д-р с.-х. наук, УГЛТУ, Екатеринбург

Запруднов Вячеслав Ильич, проф., д-р техн. наук, МГУЛ, Москва

Исаев Александр Сергеевич, академик РАН, Международный институт леса, Москва

Карелайнен Тимо, проф., Университет Восточной Финляндия г. ЙОЭНСУУ, Лесной НИИ «Метла», Финляндия

Кожухов Николай Иванович, академик РАН, проф., д-р экон. наук, МГУЛ, Москва

Козлов Александр Ильич, канд. техн. наук, ученый секретарь Совета ОАО «НПО ИТ», Королев

Комаров Евгений Геннадиевич, проф., д-р техн. наук, МГУЛ, Москва

Корольков Анатолий Владимирович, проф., д-р физ.-мат. наук, МГУЛ, Москва

Кох Нильс Элерс, проф., д-р агрономии в области лесной политики, Президент IUFRO, Центр лесного и ландшафтного планирования университета г. Копенгаген, Дания

Кротт Макс, проф., специализация Лесная политика, Георг-Аугуст-Университет, Геттинген

Леонтьев Александр Иванович, академик РАН, проф., д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Липаткин Владимир Александрович, проф., канд. биол. наук, МГУЛ, Москва

Майорова Елена Ивановна, проф., д-р юр. наук, канд. с.-х. наук, МГУЛ, Москва

Мартынок Александр Александрович, д-р с.-х. наук, ФБУ ВНИИЛМ, Москва

Моисеев Николай Александрович, академик РАН, проф., д-р с.-х. наук, МГУЛ, Москва

Редькин Анатолий Константинович, проф., д-р техн. наук, МГУЛ, Москва

Рыкунин Станислав Николаевич, проф., д-р техн. наук, МГУЛ, Москва

Рубцов Михаил Владимирович, проф., д-р с.-х. наук, член корреспондент РАСХН, Институт лесоведения РАН, Москва

Семенов Юрий Павлович, проф., д-р техн. наук, МГУЛ, Москва

Стрекалов Александр Федорович, канд. техн. наук, РКК «Энергия», ЗАО ЗЭМ, Королев

Теодоронский Владимир Сергеевич, проф., д-р с.-х. наук, академик РАЕН, МГУЛ, Москва

Титов Анатолий Матвеевич, канд. техн. наук, зам. начальника отделения, ученый секретарь Совета ЦУП ЦНИИМАШ, Королев

Тулузак Дмитрий Владимирович, доц., канд. техн. наук, МГУЛ, Москва

Цветков Вячеслав Ефимович, проф., д-р техн. наук, академик РАЕН, МГУЛ, Москва

Чубинский Анатолий Николаевич, проф., д-р техн. наук, СПбГЛТУ, Санкт-Петербург

Шимкович Дмитрий Григорьевич, проф., д-р техн. наук, ООО «Кудесник», Москва

Ответственный секретарь Расева Елена Александровна

Редактор В.Б. Ивлиева

Набор и верстка М.А. Зверев

Переводчик А.А. Косарина

Электронная версия Н.К. Зверева

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12923 от 17.06.2002

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Материалы настоящего журнала могут быть перепечатаны и воспроизведены полностью или частично с письменного разрешения издательства.

© ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015

Подписано в печать 23.11.2015.
Тираж 600 экз.
Заказ № 047
Объем 27,5 п. л.

Издательство Московского
государственного университета леса
141005, Мытищи-5, Московская обл.,
1-я Институтская, 1, МГУЛ. (498) 687-41-33
les-vest@mgul.ac.ru

Editor-in-chief

Oblivin Aleksandr Nikolaevich, professor, Dr.Sci.(Tech.), academician of the Russian Academy of Natural Sciences and MANVSh, Honored worker of science and equipment of the Russian Federation, President of MSFU, Moscow

Deputy Editor-in-Chief

Nikishov Vladimir Dmitrievich, professor, Ph.D.(Tech.), academician of the Russian Academy of Natural Sciences, MSFU, Moscow

Editorial council of the journal

Azarov Vasily Il'ich, professor, Dr.Sci.(Tech.), Honored Worker of Science and Technology of Russia, Academy of Natural Sciences, Moscow

Artamonov Dmitriy Vladimirovich, Professor, Dr. Sci. (Tech.), Penza State

Belyaev Mikhail Yur'evich, Dr.Sci.(Tech.), Head of Department, Deputy Director of S.P. Korolev RSC "Energiya", Moscow

Bemman Al'brekht, professor, the Dresden technical university, professorate Institute for countries of Eastern Europe, Germany

Drapalyuk Mikhail Valentinovich, professor, Dr.Sci.(Tech.), Vice-Rector for Science and Innovation Voronezh State Academy of Forestry, Voronezh

Evdokimov Yurii Mikhaylovich, professor, Ph.D.(Chemical); academician of the New York Academy of Sciences, corr. Academy of Natural Sciences, a member of the Central Board of Nanotechnology Society of Russia, Moscow

Zalesov Sergey Veniaminovich, professor, the Dr.Sci.(Agricultural), USFEU, Ekaterinburg

Zaprudnov Vyacheslav Il'ich, professor, Dr.Sci.(Tech.), MSFU, Moscow

Isaev Aleksandr Sergeevich, academician of the Russian Academy of Sciences, International institute of the wood, Moscow

Karjalainen Timo, professor, university of East Finland Joensuu, forest scientific research institute "Metla", Finland

Kozhukhov Nikolay Ivanovich, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sci.(Econ.), MSFU, Moscow

Kozlov Aleksandr Il'ich, Ph.D.(Tech.), Scientific Secretary of the Board of "NPO IT", Korolev

Komarov Evgeniy Gennadievich, professor, Dr.Sci.(Tech.), MSFU, Moscow

Korol'kov Anatoliy Vladimirovich, professor, Dr.Sci.(Phys.-Math.), MSFU, Moscow

Kokh Nil's Elers, professor, the Dr. of agronomics in the field of forest policy, the President of IUFRO, the Center of forest and landscape planning of university Copenhagen, Denmark

Krott Maks, professor of Forest policy specialization, George-August-Universität, Goettingen

Leont'ev Aleksandr Ivanovich, academician of the Russian Academy of Sciences, professor, Dr.Sci.(Tech.), BMSTU, Moscow

Lipatkin Vladimir Aleksandrovich, professor, Ph.D.(Biol.), MSFU, Moscow

Mayorova Elena Ivanovna, Dr.Sci.(Jurisprudence), Ph.D.(Agricultural), MSFU, Moscow

Martynuk Aleksandr Aleksandrovich, Dr.Sci.(Agricultural), VNIILM, Moscow

Moiseev Nikolay Aleksandrovich, professor, Dr.Sci. (Agricultural) academician of the Russian Academy of Sciences, MSFU, Moscow

Red'kin Anatoliy Konstantinovich, professor, Dr.Sci.(Tech.), MSFU, Moscow

Rykunin Stanislav Nikolaevich, professor, Dr.Sci.(Tech.), MSFU, Moscow

Rubtsov Mikhail Vladimirovich, professor, Dr.Sci.(Agricultural), Corresponding Member, Russian Academy of Agrarian Sciences, Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences (ILAN), Moscow

Semenov Yurii Pavlovich, professor, Dr.Sci.(Tech.), MSFU, Moscow

Strekalov Aleksandr Fedorovich, Ph.D.(Tech.), Rocket and space corporation «ENERGIA», Korolev

Teodoronskiy Vladimir Sergeevich, professor, Dr.Sci.(Agricultural), academician of the Russian Academy of Natural Sciences, MSFU, Moscow

Titov Anatoliy Matveevich, Ph.D.(Tech.), Deputy Chief of Department, Scientific Secretary of the Board of MCC TSNIIIMASH, Korolev

Tuluzakov Dmitriy Vladimirovich, associate professor, Ph.D.(Tech.), MSFU, Moscow

Tsvetkov Vyacheslav Efimovich, professor, Dr.Sci.(Tech.), academician of the Russian Academy of Natural Sciences, MSFU, Moscow

Chubinskiy Anatoliy Nikolaevich, professor, Dr.Sci.(Tech.), Saint Petersburg State Forest Technical University, St. Petersburg

Shimkovich Dmitriy Grigor'evich, professor, Dr.Sci.(Tech.), ООО «Kudesnik», Moscow

Assistant Editor Raseva Elena Aleksandrovna

Editor V.B. Ivlieva

PageMaker M.A. Zverev

Translator A.A. Kosarina

Electronic version N.K. Zvereva

The journal is registered by the Ministry of the Russian Federation for the press, TV and radio broadcasting and means of mass communications

Certificate on registration ПИ № 77-12923 of 17.06.2002

The journal is included in the list of approved VAK of the Russian Federation for editions for the publication of works of competitors of scientific degrees

Materials of the present magazine can be reprinted and reproduced fully or partly with the written permission of publishing house.

© ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015

It is sent for the press 23.11.2015.
Circulation 600 copies
Order № 047
Volume 27,5 p. p.

Publishing house of Moscow
State Forest University
141005, Mytitskiy, Moscow Region, Russia
1st Institutskaya street, 1, MSFU. (498) 687-41-33
les-vest@mgul.ac.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Обыдёнников В.И., Волков С.Н. <i>Актуальные вопросы лесопользования в связи с динамикой типов леса после рубок спелых насаждений</i>	6
Хлюстов В.К., Заварзин В.В. <i>Роль полноты и густоты в естественном формировании древостоев</i>	12
Иванов Н.Г., Гиряев М.Д. <i>Формирование навыков определения ярусности древостоев в период летней практики студентов по дисциплине «Таксация леса»</i>	17
Копытков В.В., Калашникова Е.А. <i>Технология получения дражированных семян с использованием композиционных полимерных составов</i>	20
Алябьев А.Ф. <i>Опыт создания культур ели при дискретной обработке почвы орудием ОДП-0,6</i>	28
Коженкова А.А., Захарова М.И. <i>Особенности роста посадочного материала сосны обыкновенной в лесных питомниках Смоленско-Московской возвышенности</i>	34
Шуляковская Т.А., Ильинова М.К. <i>Распределение липидов в стволовой части деревьев <i>Betula pendula</i> Roth и <i>B. pubescens</i> Ehrh</i>	38
Андропова М.М., Корчагов С.А. <i>Рост и развитие сосны кедровой сибирской в Вологодской области</i>	45
Смирнов А.И., Орлов Ф.С., Дроздов И.И., Васильев С.Б. <i>Влияние низкочастотного электромагнитного поля, удобрений и гидрогеля на приживаемость и рост лесных культур на рекультивируемых песчаных отвалах</i>	50
Царев А.П., Царев В.А. <i>Биомасса тополей подрода <i>Europhilus</i> Dode для производства биоэнергии</i>	57
Рогозин М.В., Разин Г.С. <i>Поиски закономерностей для общей теории развития древостоев</i>	63
Прешкин Г.А., Иванова Н.В. <i>Лесотехнические регламенты</i>	75
Кожухов Н.И. <i>Рациональная организация регионального экономического пространства – путь повышения эффективности освоения агролесного потенциала и устойчивого развития территории</i>	82

Лесинженерное дело

Хитров Е.Г., Григорьев И.В., Макуев В.А., Хахина А.М., Калинин С.Ю. <i>Модель для оценки радиальной деформации колеса лесной машины с учетом деформации почвогрунта</i>	87
Подрубалов М.В., Подрубалов В.К., Никитенко А.Н. <i>Влияние корреляции кинематических возбуждений колес трактора на уровень пространственной вибрации оператора</i>	91

Деревообработка и химические технологии

Быков В.В., Голубев М.И., Глебов И.В. <i>Влияние вакуумной пропитки отходами производства растительных масел на прочность антикоррозионной бумаги</i>	100
Лапшин Ю.Г., Тулузаков Д.В., Архипов А.С. <i>Древесно-стружечные плиты как конструкционный материал для корпусной мебели</i>	104
Кононов Г.Н., Веревкин А.Н., Горячев Н.Л., Никитин С.С. <i>Биофлавоноиды как эффективные антиоксиданты в процессах микологического разрушения древесины</i>	112

Белокуров В.П. <i>Термоупругость опор скольжения из прессованной древесины при температурных и динамических нагрузках</i>	115
Косарин А.А., Курышов Г.Н. <i>Импульсная сушка дубовых пиломатериалов толщиной 50 мм в конвективных камерах</i>	119
Жилин Ю.Н. <i>Влияние скорости потока на разделение раствора NaCl в обратноосмотическом рулонном элементе</i>	126
Стородубцева Т.Н., Аксомитный А.А. <i>Исследование влияния состава древесного полимер-песчаного композита на его механические свойства</i>	132

Математическое моделирование

Антонов И.Д., Глазков А.В., Зеленев Д.А., Соколов Н.Л., Титов А.Н. <i>Основные принципы создания космической информационной сети, устойчивой к разрывам и задержкам в каналах связи</i>	140
Бурков В.Д., Комаров Е.Г., Крапивин В.Ф., Мкртчян Ф.А., Солдатов В.Ю. <i>Адаптивная система спектральной идентификации жидких растворов: технология</i>	148
Галактионов А.Ю. <i>Численный расчет продольного демпфирования тела вращения малого удлинения при сверхзвуковом обтекании</i>	156
Галактионов А.Ю., Антипова М.С. <i>Использование возможностей пакетов программного обеспечения пинеса для расчета нестационарных аэродинамических характеристик цилиндрических моделей в рамках гипотезы искривленных тел</i>	163
Жердева М.В. <i>Алгоритмы поиска, используемые в lucene.net</i>	168
Дорошенко В.А., Друк Л.В., Герасимов А.Э. <i>Формирование и многокритериальная оценка исходных вариантов технических средств для синтеза распределенных систем управления на основе анализа иерархий</i>	174
Шипов Н.В. <i>Об интеграле Лебега-Стилтьеса с разрывной производящей функцией и его связи с интегралом Римана-Стилтьеса</i>	180

Менеджмент

Самолдин А.Н. <i>Анализ понятийного аппарата инновационной деятельности</i>	184
Букова А.А. <i>Улучшение позиций России в международных рейтингах состояния предпринимательской среды</i>	190

Филология

Анисимова А.Г. <i>Мастерская переводчика: проблемы перевода консубстанциональных терминов гуманитарных наук</i>	194
Федотова А.Е., Косарина А.А. <i>Функционирование англоязычной политической терминологии в профессиональном и непрофессиональном дискурсах</i>	202
Косарина А.А., Федотова А.Е. <i>Основные причины появления новых терминов и пути их образования</i>	206

Биология

Федотов Г.Н., Федотова М.Ф., Шалаев В.С., Батырев Ю.П., Васильев С.Б., Новиков Д.А. <i>Оценка посевных качеств семян</i>	211
---	-----

CONTENTS

Forestry

Obydennikov V.I., Volkov S.N. <i>The topical issues of forest management relation to the dynamics of forest types after felling of mature stands</i>	6
Khlyustov V.K., Zavarzin V.V. <i>The role of completeness and density in natural forest stands</i>	12
Ivanov N.G., Giryayev M.D. <i>Training of the evaluation of the storeyed structure of stands during the summer practical training of students specializing in forest assessment</i>	17
Kopytkov V.V., Kalashnikova E.A. <i>The technology of producing pelleted seeds with the use of polymer compositions</i>	20
Alyab'ev A.F. <i>Experience in creating spruce plantations at the mounding machine ODP-0,6</i>	28
Kozhenkova A.A., Zakharova M.I. <i>Characteristics of growth of planting material of scots pine in the forest nurseries of the Smolensk-Moscow region</i>	34
Shulyakovskaya T.A., Ilyinova M.K. <i>Lipid distribution in the trunk of <i>Betula pendula</i> Roth and <i>B. pubescens</i> Ehrh. trees</i>	38
Andronova M.M., Korchagov S.A. <i>The growth and development of siberian stone pine in the Vologda region</i>	45
Smirnov A.I., Orlov F.S., Drozdov I.I., Vasilev S.B. <i>The influence of low frequency electromagnetic fields, fertilizers and hydrogel on the establishment and growth of forest cultures on recultivated sand dumps</i>	50
Tsarev A.P., Tsarev V.A. <i>Biomass of poplars of <i>Eupopulus Dode</i> for bioenergy production</i>	57
Rogozin M.V., Razin G.S. <i>Searching regularities for the general theory of forest stand development</i>	63
Preshkin H.A., Ivanova N.V. <i>Technical regulations in forestry</i>	75
Kozhuhov N.A. <i>Rational organization of a regional economic area, as a way to enhance the effectiveness of using the potential agro-forest territory</i>	82

Forest engineering

Khitrov E.G., Grigorev I.V., Makuev V.A., Khakhina A.M., Kalinin S.Y. <i>Model for estimating tyre deflection of forest machines wheels regarding forest soil sinkage</i>	87
Podrubalov M.V., Podrubalov V.K., Nikitenko A.N. <i>The influence of the correlation of the kinematic excitation of wheels on the level of spatial vibration of the operator</i>	91

Wood processing and chemical technology

Bykov V.V., Golubev M.I., Glebov I.V. <i>The effect of vacuum impregnation of vegetable oils waste on the strength of anticorrosive paper</i>	100
Lapshin Yu.G., Tuluzakov D.V., Arkhipov A.S. <i>Wood and shaving boards as the construction material for office furniture</i>	104
Kononov G.N., Veryovkin A.N., Goryachev N.L., Nikitin S.S. <i>Bioflavonoid as an effective antioxidant in the processes of mycologic wood destruction</i>	112

Belokurov V.P. <i>Thermoelasticity of pressure-treated wood skid base at temperature and dynamic loads</i>	115
Kosarin A.A., Kuryshov G.N. <i>50 mm oak timber impulse drying in convective chambers</i>	119
Zhilin Yu. N. <i>The effect of the flow rate on separation of nacl solution in a spiral reverse osmosis element</i>	126
Storodubtseva T.N., Axomitny A.A. <i>The influence of the composition of wood polymer-sand composite on its mechanical properties</i>	132

Math modeling

Antonov I.D., Glazkov A.V., Zelenov D.A., Sokolov N.L., Titov A.N. <i>The general principles of the creation of a space information network tolerant to disruptions and delays in communication channels</i>	140
Burkov V.D., Komarov E.G., Krapivin V.F., Mkrtchyan F.A., Soldatov V.Yu. <i>Adaptive system for the identification of liquid solutions: technology</i>	148
Galaktionov A.Yu. <i>Numerical calculation of the pitch damping for the rotation body of small length at the supersonic flow</i>	156
Galaktionov A.Yu., Antipova M.S. <i>The use of simulation package numeca for numerical computation cylindrical models' unsteady aerodynamic characteristics according to method of curved bodies</i>	163
Zherdeva M.V. <i>Search algorithms used in lucene.net</i>	168
Doroshenko V.A., Druk L.V., Gerasimov A.E. <i>Forming and multicriteria assessment of parent versions in technical means of distributed control systems based on the analysis of hierarchies</i>	174
Shipov N.V. <i>About Lebesgue–Stieltjes integral with discontinuous generating function and its connection with Riemann–Stieltjes integral</i>	180

Management

Samoldin A.N. <i>An analysis of the conceptual apparatus of innovative activities</i>	184
Bukova A.A. <i>On improving Russia's position in international business environment ratings</i>	190

Philology

Anisimova A.G. <i>Translator's workshop: translation of consubstantial terms of the humanities</i>	194
Fedotova A.Ye., Kosarina A.A. <i>Functioning of english political terms in professional and non-professional discourse</i>	202
Kosarina A.A., Fedotova A.Ye. <i>The main reasons and ways of term coinage and their features</i>	206

Biology

Fedotov G.N., Fedotova M.F., Shalaev V.S., Batyrev Yu.P., Vasil'ev S.B., Novikov D.A. <i>The evaluation of seeds sowing quality</i>	211
--	-----

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ В СВЯЗИ С ДИНАМИКОЙ ТИПОВ ЛЕСА ПОСЛЕ РУБОК СПЕЛЫХ НАСАЖДЕНИЙ

В.И. ОБЫДЁННИКОВ, *проф. МГУЛ, д-р с.-х. наук*⁽¹⁾,
С.Н. ВОЛКОВ, *доц. МГУЛ, канд. биол. наук*⁽¹⁾

caf-lesovod@MSFU.ac.ru, volkov@MSFU.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Несмотря на успешное применение разных методов по определению размера ежегодного пользования спелых насаждений (лесосеки по спелости, возрасту, приросту и другим), некоторые современные достижения лесной науки недостаточно использованы в лесоустройстве. Так, при расчете ежегодного пользования до сих пор не применялись теоретические положения современных научных направлений типологии леса (динамического, генетического). В частности, важное значение для определения ежегодного пользования лесом имеет учет динамики леса, связанной с рубками главного пользования (или рубками спелых лесных насаждений). Такая динамика леса позволит выявить целесообразный размер пользования лесом. Разные способы рубок спелых лесных насаждений оказывают различное влияние на динамику леса (или его типа). Радикальные качественные изменения в лесных экосистемах происходят после сплошной рубки. Все многообразие формирования леса (или его типа) после сплошной рубки можно вести двумя путями: через безлесный этап или тип вырубки или минуя его через «лесное начало» (чаще всего за счет предварительного возобновления). Самым важным и трудно предсказуемым этапом является тип вырубки, который способствует увеличению периода выращивания древесины на 10–15 и более лет. Сохраненный подрост в процессе лесозаготовок позволяет уменьшать срок выращивания древесины на 20–40 лет. После постепенных рубок период выращивания древесины сокращается до 40–60 лет. При расчете среднего размера пользования лесом целесообразно использовать поправочный коэффициент, который позволял бы учитывать способы рубок, региональные схемы формирования типов вырубок, вероятность их образования, длительность существования. При этом следует использовать причинно-следственные связи между типами вырубок и исходными типами леса.

Ключевые слова: лесопользование, типология леса, способы рубок, типы вырубок, лесной биогеоценоз, динамика леса.

С появлением лесоустройства ученые и практики лесного хозяйства пристальное внимание уделяют определению размера пользования лесом в связи с рубками главного пользования (или размера заготовки древесины, согласно Лесному кодексу Российской Федерации [5]). По словам Г.Ф. Морозова [7], лесное хозяйство всегда характеризовалось постоянством пользования. При этом, по его мнению, главным принципом лесоводства являлось стремление к сохранению устойчивости насаждений, которое ведет к постоянству лесопользования [7, 11].

Основной задачей лесного хозяйства было определение размера пользования лесом и его распределение по времени [1–3, 10].

Размер рубок главного пользования (рубок спелых насаждений – по Лесному кодексу РФ [5]), равный по величине годовому приросту, считается нормальным [1]. Ежегодное пользование определяется путем деления покрытых лесом площадей всего хозяйства на число лет в обороте рубки [1, 2]. Такая площадь ежегодной рубки называется нормальной лесосекой. Хозяйство, в котором

размер ежегодного пользования лесом принимается равным нормальной лесосеке, построено, по словам акад. Н.П. Анучина [1, 11], по принципу постоянства и равномерности пользования лесом.

Научной основой всех остальных методов определения размера пользования лесом (лесосеки по спелости, возрасту и приросту), как отмечал Н.П. Анучин [1], служит теория, обосновывающая нормальную лесосеку. Установление ежегодных лесосек по возрасту, приросту и другим факторам осуществляется лишь с внесением в величину нормальной лесосеки соответствующих поправок, связанных с отличием определенных хозяйств от нормального леса. Следовательно, нормальная лесосека по существу служит основным способом определения размера пользования лесом.

В природе чаще всего встречается неравномерная возрастная структура древостоев. Когда в хозяйстве преобладает перестойный лес, ежегодная расчетная лесосека при уменьшении целесообразного размера ежегодных рубок. Когда же в хозяйстве преобладают молодняки и средневозрастные

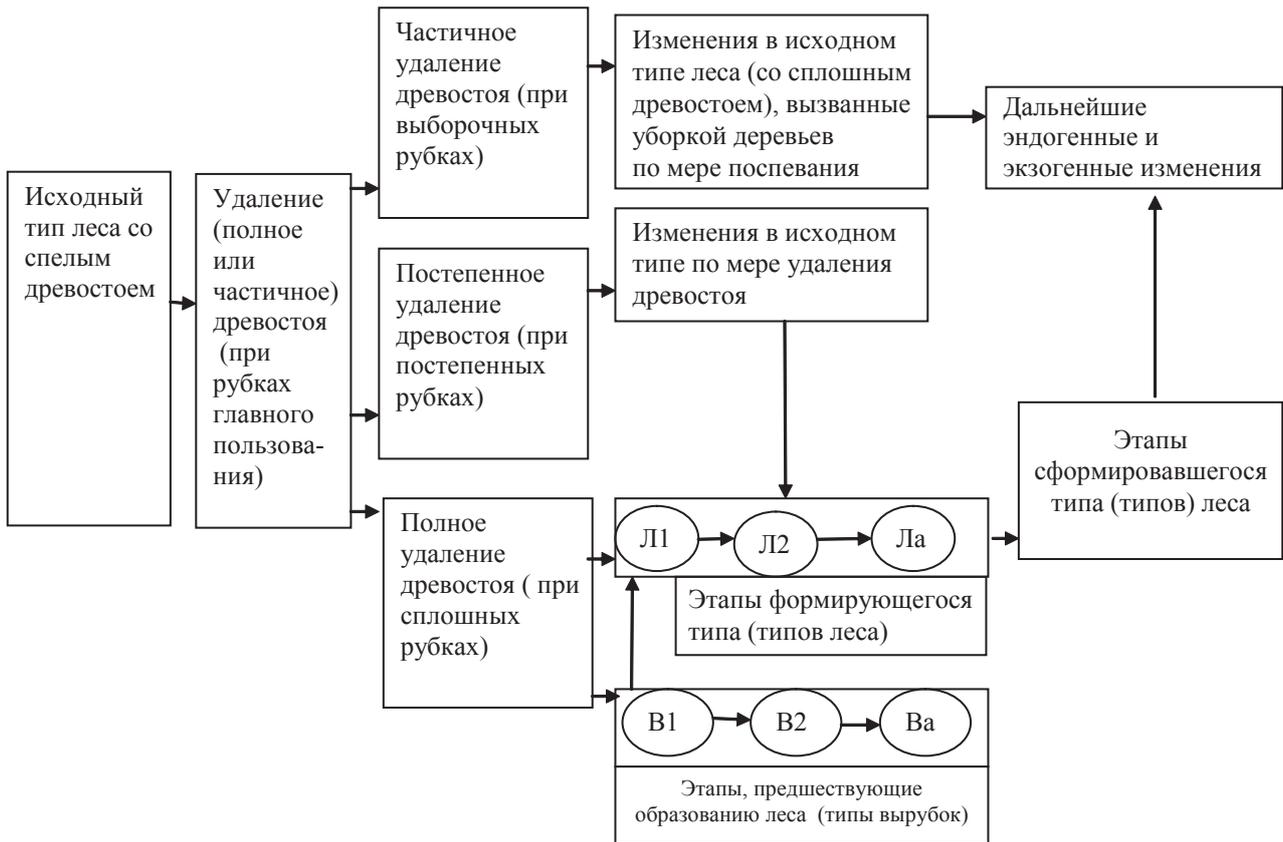


Рис. 1. Схема-модель формирования леса в связи с характером удаления материнского древостоя, связанным со способами рубок главного пользования: Л – лесные этапы; В – вырубки
 Fig. 1. Schematic model of the forest formation due to the nature of the parent stand removal, according to method for felling: Л – forest stages; В – cutting

насаждения, лесосека приувеличивает целесообразный размер рубки. Несмотря на эти недостатки, методика расчета по нормальной лесосеке гарантирует непрерывность и равномерность пользования лесом.

Н.П. Анучин [1] предложил интегральный метод для определения размера главного пользования. При этом использована формула Симпсона. Согласно этой формуле, большое значение имеет наличие площади эксплуатационного значения леса к началу (F_1), середине (F_2) и концу (F_3) расчетного периода, равного 100 годам.

При решении этой задачи формула Симпсона имеет следующий вид

$$F \text{ расчетная} = 1/6 (F_1 + 4 F_2 + F_3)$$

Используя формулу Симпсона, Н.П. Анучин [1] составил номограмму, показывающую размер пользования в процентах от общего запаса древесины в хозяйстве.

Несмотря на успешное применение разных методов по определению размера ежегод-

ного пользования спелых лесных насаждений (лесосеки по спелости, возрасту, приросту), а также интегрального метода (с привлечением формулы Симпсона), некоторые важные достижения лесохозяйственной науки до сих пор недостаточно использованы в лесоустройстве. Так, при расчете ежегодного пользования не использованы теоретические положения современных научных направлений типологии леса (динамического и генетического).

В частности, для определения размера ежегодного пользования важен учет прогноза антропогенной и естественной динамики леса. Антропогенная динамика леса, прежде всего по сплошной рубке, позволит существенно уточнить размер пользования лесом. Он успешно выявляется с использованием основных теоретических положений динамической типологии леса, разработанных акад. И.С. Мелеховым [6].

Под влиянием рубок главного пользования (или рубок спелых лесных

Модель формирования молодняков на вырубках (11-летней давности)

в зависимости от возраста и высоты подроста ели в момент рубки

The model of formation of young trees in clearings (11 years old), depending on the age and height of spruce at cutting

Подрост ели в момент рубки		Молодняк через 11 лет после рубки				
		береза последующего возобновления		ель предварительного возобновления		положения ели в древостое
возраст, лет	Высота, м	возраст, лет	высота, м	возраст, лет	высота, м	ярус
До 12	До 0,4	11	4,1–5,2	До 23	2,0–3,0	нижний
12–16	0,4–0,7	11	4,1–5,2	23–27	4,0–5,3	в одном ярусе с березой
Более 16	Более 0,7	11	4,1–5,2	Более 27	4,9–6,0	верхний

насаждений – по Лесному кодексу РФ [5]) возможны разные пути формирования леса (или его типа), которые целесообразно учитывать при определении ежегодного пользования лесом. Особенности динамики леса (в пределах определенного его типа) зависят, в значительной мере, от характера удаления древостоя (полное, постепенное или частичное) и связаны со способами рубок рис. 1.

Радикальное изменение в качественном состоянии леса (или его типа) чаще всего приходит после полного удаления древостоя сплошными рубками, которое нашло отражение в принципиальной схеме И.С. Мелехова. Принципиальная основа этой схемы, в частности, отражающая последствия сплошных рубок, выраженная в динамике типов леса, вошла в предложенную нами схему-модель (рис. 1) как составная ее часть.

Все многообразие возможных последствий рубок, связанных с полным удалением древостоя, И.С. Мелехов уложил в два основных направления: с образованием сразу же после рубки лесного этапа и формирования типа леса через безлесной этап – тип рубки. Первое направление в динамике типа леса после сплошных рубок возможно в лесах с успешным возобновлением главных пород под пологом леса (зависящих от эндогенных процессов [4]) и при условии высокой сохранности подроста во время лесосечных работ. В этом случае сокращается срок выращивания древесины на 20–40 лет, что, несомненно, сказывается на размере ежегодного главного пользования. В пределах этого направления, в свою очередь, возможны особенности формирования леса, которые зависят от высотной и

возрастной структуры сохраненного подроста. Результаты наших исследований в зоне смешанных лесов Русской равнины (Новгородская область) показали, что в зависимости от возраста и высоты сохраненного подроста ели возможны разные варианты формирования леса (табл. 1) [9]. Так, из подроста ели предварительного возобновления старше 16 лет в формирующемся молодняке образуется верхний ярус, из подроста 12–16-летнего возраста образуется молодняк с основным пологом как ели, так и лиственных пород (березы и осины), и из подроста моложе 12 лет формируется двухъярусный древостой (с верхним ярусом из лиственных пород и нижним – из ели) в том числе и последующей генерации.

Особенности второго направления в динамике типа леса после рубки (по И.С. Мелехову) состоят в том, что образование леса идет через безлесной этап (тип вырубки). Такое явление наблюдается на участках с исходным типом леса, в которых или отсутствует подрост или же при его наличии под пологом древостоев уничтожен в процессе рубки.

Известно, что для каждого этапа динамики леса (или его типа) после сплошной рубки характерен определенный уровень организации лесной экосистемы. На раннем этапе организации экосистемы (типа вырубок), характеризующимся низким уровнем развития системы, наблюдается сильная зависимость ее окружающей среды. Особенно сложным, наиболее динамичным и, следовательно, менее предсказуемым является безлесной этап в развитии типа леса – тип вырубки.

На образование типа вырубки, её динамичность влияет, прежде всего, исходный тип

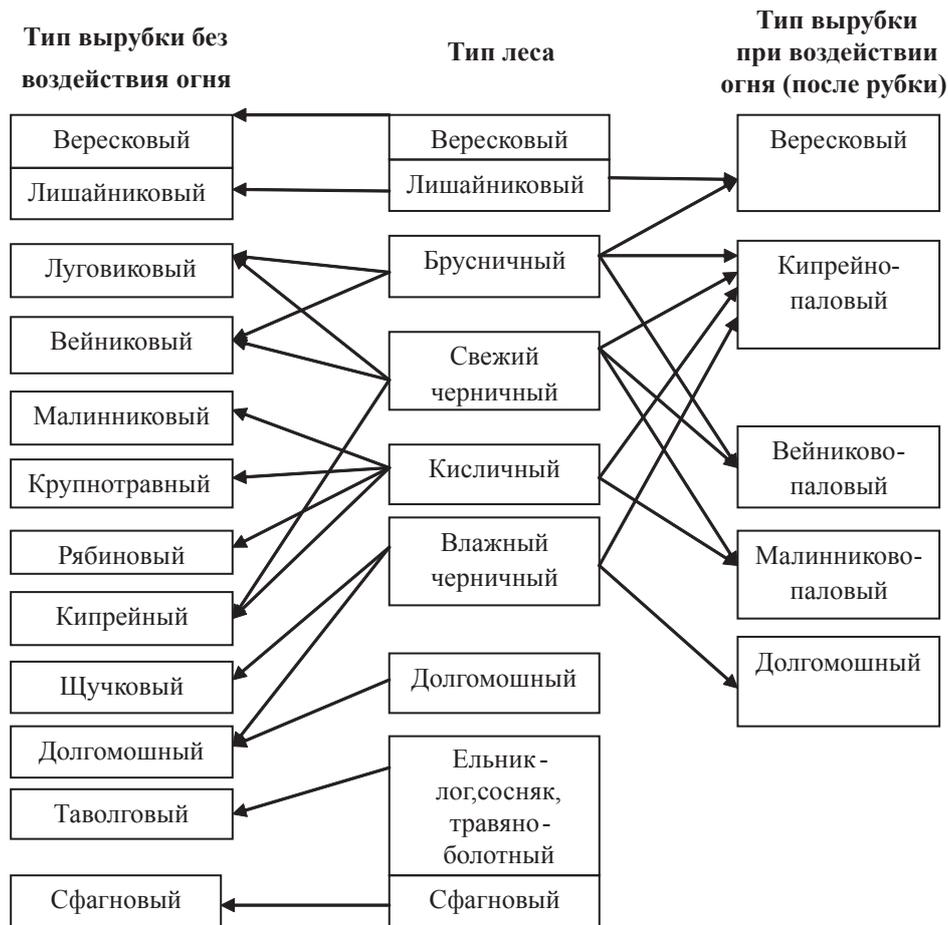


Рис. 2. Формирование типов вырубок в зависимости от типов леса в таежной зоне Европейской России
 Fig. 2. Formation of the types of cuttings, depending on the types of forests in the taiga zone of European Russia

леса. Разнообразие связей между исходными типами леса и типами вырубок определяется устойчивостью (или стабильностью) лесного биогеоценоза до рубки, которая зависит от обилия видового состава растительности и богатства почв. Чем продуктивнее, сложнее и богаче лесной биогеоценоз, тем шире диапазон качественных изменений экосистемы в связи с рубкой. С повышением продуктивности (бонитета) леса увеличивается число типов вырубок на месте одного и того же типа леса [6].

Классическим примером связи типа вырубki с исходным типом леса является схема формирования типов вырубок (применительно к таежной зоне европейской части России), предложенная И.С. Мелеховым [6] (рис. 2). На этой принципиальной основе его учениками и последователями аналогичные схемы разработаны и для многих других лесных регионов страны. Эти схемы служат

природной основой для лесовосстановления. Они могут быть использованы и при расчете ежегодного пользования лесом в процессе рубок главного пользования.

На формирование типа вырубок существенное влияние может оказать характер воздействия лесозаготовительной техники при сплошных рубках, обусловленной технологией лесосечных работ и конструкцией используемых машин. Нами установлено, что в ельниках зоны смешанных лесов Русской равнины на формирование типа вырубki оказывают влияние сохранность подроста, степень минерализации почвы и характер ее уплотнения [8, 9]. Например, после сплошных рубок при разном воздействии лесосечных машин на почву, подрост и другие компоненты леса на месте ельника черничного свежего обычно образуется ситниковый, ситниково-вейниковый и разнотравно-ситниковый типы вырубок (табл. 2). На площадях выруб-

Прогнозирование возобновления ели в связи с характером повреждения поверхности почвы при сплошных рубках*

Prediction of spruce regeneration in relation to the nature of the resumption of logging equipment in the clearcuts *

Повреждение поверхности почвы, %	Сохранность подраста, %	Тип вырубki	Количество самосева и подроста ели (с давностью рубки, лет), тыс. шт./га								
			0 (год рубки)	1	2	3	4	5	6	7	8
11–20	30	разнотравно-ситниковый	4,80	4,84	4,63	4,43	4,43	4,52	4,84	5,28	5,91
21–30	70		4,20	4,26	4,00	3,93	3,94	4,06	4,38	4,82	5,45
31–40	60		3,60	3,68	3,47	3,42	3,46	3,59	3,91	4,35	4,93
41–50	50	ситниково-вейниковый	3,00	2,49	1,85	1,59	1,56	1,59	1,65	1,71	1,77
51–60	40		2,40	2,00	1,48	1,30	1,29	1,32	1,38	1,44	1,50
61–70	30		1,80	1,51	1,13	1,01	1,02	1,06	1,12	1,18	1,24
71–80	20	ситниковый	1,20	0,84	0,48	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32
81–90	10		0,60	0,44	0,28	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32
91–100	0		–	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32

*Примечание: исходный тип леса – ельник черничный свежий, возраст подроста ели в момент рубки – 20 лет, количество подроста – 6,0 тыс. шт./га

бок с незначительным повреждением почвы разрастается вейник. На участках сплошных рубок с сильно уплотненной почвой ситник развесистый надолго удерживает свои позиции, затем он постепенно сменяется вейником. В этом случае длительность безлесного этапа значительно возрастает (на 5–10 лет). В других лесных формациях и регионах формирование типа вырубki может происходить по-другому. На участках с сохраненным подростом в процессе лесозаготовок на 20–40 лет сокращается период выращиваемой древесины [9], что, несомненно, скажется на размере заготовки древесины.

Качественное состояние лесного биогеоценоза (его типа) в меньшей мере изменяется в связи с несплошными рубками (постепенными и выборочными). Выборочные рубки не оказывают существенного влияния на экосистемную целостность леса.

После рубок формирование леса возможно за счет подроста как предварительного, так и сопутствующего возобновления. Если постепенные рубки проводятся на участках леса с наличием подроста главных пород, то срок формирования (выращивания) леса сокращается на период, равный сумме возраста (до рубки) и отрезка времени, затраченного на проведение всех приемов рубки. Срок выращивания леса может сокращаться не более чем на 40 лет. Вероятность такого

процесса формирования леса целесообразно предусмотреть при расчете ежегодного пользования лесом.

Итак, разные способы рубок спелых лесных насаждений оказывают неодинаковое влияние на динамику леса (или его типа).

Радикальные качественные изменения в лесной экосистеме происходят после сплошной рубки. Все многообразие формирования леса (или его) после такого способа рубки можно свести к двум путям: через безлесный этап или тип вырубki или, минуя его, через «лесное начало» (чаще всего за счет предварительного возобновления или сохраненного в процессе лесозаготовок подроста). Самым важным и в то же время трудно предсказуемым этапом является тип вырубki. Поэтому для более корректного определения объема ежегодного использования заготовки древесины целесообразно в формулу расчета вводить поправочный коэффициент с учетом региональных схем формирования типов вырубki, вероятности их образования, длительности существования. Важно при этом использовать причинно-следственные связи между типами вырубki и исходными типами леса. В расчетах ежегодного использования заготовленной древесины необходим также учет возможного сокращения периода выращивания леса после рубок с сохранением подроста или после постепенных рубок.

Библиографический список

1. Анучин, Н.П. Теория и практика организации лесного хозяйства / Н.П. Анучин. – М.: Лесная пром-сть, 1977. – 176 с.
2. Анучин, Н.П. Лесоустройство: учебник / Н.П. Анучин. – М.: Экология, 1991. – 400 с.
3. Гиряев, М.Д. Лесопользование в России / М.Д. Гиряев. – М.: ВНИИЛМ, 2009. – 240 с.
4. Колесников, Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока / Б.П. Колесников; Труды ДВФ АН СССР, 1956. – 262 с.
5. Лесной кодекс Российской Федерации. Комментарии: изд. 2-е, доп. – М.: ВНИИЛМ, 2007. – 856 с.
6. Мелехов, И.С. Лесоведение: учебник, / И.С. Мелехов. – М.: МГУЛ, 2005. – 324 с.
7. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. – М.-Л., 1928. – 368 с.
8. Обыденников, В.И. Проблемы типологии вырубок / В.И. Обыденников. – Проблемы динамической типологии лесов: Тезисы Всероссийского рабочего совещания. – Архангельск, 1995. – С. 51–53.
9. Обыденников, В.И. Лесоводство. Природные основы лесоводственных систем: учебное пособие / В.И. Обыденников, Ф.А. Никитин, В.Ф. Никитин. – М.: МГУЛ, 2014. – 56 с.
10. Орлов, М.М. Лесоустройство. Т. I. Элементы лесного хозяйства / М.М. Орлов – Л., 1927. – 428 с.
11. Орлов, М.М. Лесоустройство. Т. III. Планирование лесного хозяйства / М.М. Орлов – Л., 1928. – 348 с.
12. Правила заготовки древесины. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 01.08. 2011 г. за № 337.

THE TOPICAL ISSUES OF FOREST MANAGEMENT RELATION TO THE DYNAMICS OF FOREST TYPES AFTER FELLING OF MATURE STANDS

Obydennikov V.I., Prof. MSFU, Dr. Sci. (Agricultural)⁽¹⁾; **Volkov S.N.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph. D (Biol.)⁽¹⁾

caf-lesovod@mgul.ac.ru, volkov@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

Despite the successful use of different methods of determining the size of the annual use of mature stands (cutting areas according to their ripeness, age, growth, etc.), some of the latest achievements in the field of forest science are not used enough in forest management. Thus, we have not yet used the theoretical principles of modern scientific forest typology (dynamic, genetic ones) when calculating the annual use. In particular, in the accounting of the forest dynamics related to final fellings (or the fellings of mature forest stands) it is important to determine the format of the annual use of forests. Such forest dynamics will identify a suitable type of forest use. Different ways of mature forest stands felling have a different impact on the forest (or forest type) dynamics. The radical qualitative changes in forest ecosystems occur after clear felling. The full variety of forest formation (or its type) after clear felling can be renewed by the two ways: through the treeless stage (type of cutting) or passing it through the «forest beginning» stage (most often due to pre-renewal). The most important step which is difficult to predict is the type of felling that helps to increase the period of wood cultivation for 10–15 years or more. Regrowth preservation during felling will reduce the period of wood growing for 20–40 years. The period of wood growing is reduced to 40–60 years after gradual cuttings. In calculating the average format of forest use it is advisable to use a correction factor that takes into account ways of cutting, regional schemes of felling types formations, the probability of their formation, duration of existence. In addition, the causal relationships between the types of cuttings and original forest types should be used.

Keywords: forest exploitation, forest typology, felling methods, types of felling, forest ecosystems, forest dynamics

Reference

1. Anuchin N.P. *Teoriya i praktika organizatsii lesnogo khozyaystva* [Theory and practice of forestry]. Lesnaya promyshlennost'. 1977. 176 p.
2. Anuchin N.P. *Lesoustroystvo* [Forest management]. Ekologiya. 1991. 400 p.
3. Giryayev M.D. *Lesopol'zovanie v Rossii* [Forest management in Russia]. VNIILM. 2009. 240 p.
4. Kolesnikov B.P. *Kedrovyye lesa Dal'nego Vostoka* [Pine forests of the Far East]. Proceedings of the USSR Academy of DWF. 1956. 262 p.
5. *Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii. Kommentarii* [Forest Code of the Russian Federation. Comments: Vol. 2]. VNIILM. 2007. 856 p.
6. Melekhov I.S. *Lesovedenie* [Forestry]. MSFU. 2005. 324 p.
7. Morozov G.F. *Uchenie o lese* [The doctrine of the forest]. 1928. 386 p.
8. Obydennikov V.I. *Problemy tipologii vyrubok. Problemy dinamicheskoy tipologii lesov* [Problems logging typology. Problems of dynamic forest typology: Abstracts of All-Russian workshop]. Arkhangel'sk. 1995. pp. 51-53
9. Obydennikov V.I., Nikitin F.A., Nikitin V.F. *Lesovodstvo. Prirodnye osnovy lesovodstvennykh sistem* [Forestry. Natural basis of silvicultural systems]. 2014. 56 p.
10. Orlov M.M. *Lesoustroystvo. Tom I. Elementy lesnogo khozyaystva* [Forest management. Vol. I. Elements Forestry]. 1927. 428 p.
11. Orlov M.M. *Lesoustroystvo. Vol. III. Planirovanie lesnogo khozyaystva* [Forest management. Volume III. Planning Forestry]. 1928. 348 p.

РОЛЬ ПОЛНОТЫ И ГУСТОТЫ В ЕСТЕСТВЕННОМ ФОРМИРОВАНИИ ДРЕВОСТОЕВ

В.К. ХЛЮСТОВ, *проф. РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, д-р с.-х. наук⁽¹⁾*,
В.В. ЗАВАРЗИН, *проф. МГУЛ, канд. с.-х. наук⁽²⁾*

vitakhlustov@mail.ru, zavarzin@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»,
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

⁽²⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Вопросы оптимизации ведения лесного хозяйства и лесопользования, инвентаризация лесов непосредственно связаны с наличием совершенных лесотаксационных нормативов для различных лесотаксационных районов страны. В разные периоды было составлено множество таблиц хода роста, которые в силу имеющихся тех или иных недостатков находят ограниченное применение. Методика, разработанная на кафедре лесоводства Московской сельскохозяйственной академии под руководством проф. В.К. Хлюстова, позволяет систематизировать данные на основе разработанных лесотипологических моделей и многомерных многофакторных зависимостей и более обоснованно решать сложные вопросы, характеризующие рост и строение древостоев разных уровней продуктивности, полноты и густоты. На необходимость учета влияния сомкнутости полога, густоты и полноты на процессы роста, развития и, в конечном счете, продуктивности насаждений, указывали многие исследователи, рассматривая густоту как важнейший фактор роста и развития. На основе разработанных моделей, учитывающих многомерные зависимости, научно обосновано получение вариантных нормативов таксационных показателей, характеризующих возможное многообразие возрастного развития и формирования кедровых древостоев. Нами предлагается рассматривать показатели роста и возрастного формирования древостоев с учетом не только их породного состава, продуктивности, относительной полноты, но и относительной густоты. В возрастном диапазоне от 20 лет до 350 лет могут быть установлены с учетом разных уровней относительной густоты и представлены взаимоувязанные основные таксационные характеристики кедровых древостоев, которые можно использовать в качестве нормативов для текущей и прогностической актуализации, а также проектирования интенсивности и повторяемости рубок ухода.

Ключевые слова: таблицы хода роста, относительная полнота, относительная густота

Оптимизация ведения лесного хозяйства и лесопользования, инвентаризация лесов в значительной мере зависят от наличия совершенных лесотаксационных нормативов.

Для решения многих научных и производственных задач лесохозяйственного и лесопромышленного профиля очень важно иметь данные о характере изменения таксационных показателей насаждений на протяжении всего периода их роста и развития. Изменения с возрастом таксационных показателей насаждений и основной их части – древостоев зависит от большого числа внутренних и внешних факторов, биологических особенностей древесной породы, возраста, полноты, происхождения насаждений, лесорастительных условий, почвенных и климатических особенностей, хозяйственного режима выращивания и ряда других факторов. В любом насаждении в течение длительного периода жизни происходят непрерывные количественные и качественные изменения, обусловленные его ростом и развитием. Знание механизма этого процесса, его количес-

твенное описание имеют большое научное и практическое значение, позволяя путем планирования и ведения хозяйственной деятельности достигать необходимого экономического и хозяйственного эффекта.

При разработке лесных планов субъектов РФ, лесохозяйственных регламентов и проектов освоения лесов в лесохозяйственной практике и различного рода исследованиях необходимо иметь достоверные данные о возрастных изменениях таксационных показателей насаждений, которые содержатся в т. н. таблицах хода роста.

В настоящее время имеются сотни таблиц хода роста, составленных разными авторами и разными методами для различных регионов страны. Отдельно составлялись таблицы хода роста по их целевому назначению – для нормальных, модальных и эталонных насаждений; по области применения – местные и всеобщие; по содержанию – полные и неполные; по составу – для чистых и для смешанных насаждений; на бонитетной или типологической основе.

Большинство таблиц хода роста составлено по классам бонитета. Однако один класс бонитета может объединять несколько типов леса, одинаковых по уровню продуктивности, и наоборот – один и тот же тип леса может быть представлен в двух и даже трех смежных классах бонитета. Преимущество таблиц хода роста по классам бонитета состоит в возможности унификации и сопоставления материалов. Таблицы, составленные по типам леса, учитывают характерные биологические особенности роста и возрастной динамики древесной породы, а также позволяют сопоставить продуктивность разных древесных пород в одинаковых условиях произрастания и дать хозяйственную оценку разным древостоям.

В разные периоды было разработано много методов составления таблиц хода роста. Наиболее известными считаются метод стационарных наблюдений, статистический метод, метод повторных обмеров на постоянных пробных площадях, метод указательных насаждений (аналитический метод), графоаналитический метод Н.В. Третьякова, выборочно-статистический метод Н.П. Анучина [1], метод Н.Н. Свалова, метод подбора типов роста В.В. Загреева [4] и другие. В последние годы большой вклад в анализ, разработку и обобщение таблиц хода роста внес коллектив под руководством А.З. Швиденко [7].

Составление таблиц хода роста – трудоемкий, методически и технически сложный процесс, связанный с появлением разного рода отклонений и ошибок.

На рост, развитие и формирование насаждений влияют не только возраст и условия произрастания, но и внутривидовые биологические особенности и ряд других факторов, в том числе изменяющиеся условия среды, не учитываемые при составлении таблиц хода роста. Поэтому большинство таблиц хода роста не отражает реальной картины возрастной динамики роста и развития древостоев и находит ограниченное применение.

Чаще всего таблицы хода роста составлялись для так называемых нормальных или наиболее полных насаждений, имеющих полноту 1,0 и максимальную сумму площадей сечений деревьев на 1га. Число деревьев,

характеризующих густоту насаждений, при этом могло существенно различаться.

На необходимость учета влияния **сомкнутости полога, густоты и полноты** на процессы роста, развития и, в конечном счете, продуктивности насаждений, указывал академик Н.П. Анучин, рассматривая густоту как важнейший фактор роста и развития. Он считал, что «густота насаждений зависит, прежде всего, от размеров деревьев, с возрастом увеличивающихся» [2]. Н.П. Анучин предложил для учета особенностей роста и формирования насаждений выражать густоту в относительных величинах. «Подобно полноте и сомкнутости полога густоту следует выражать не в абсолютных, а в относительных величинах» [2]. Один из авторитетов отечественной лесной таксации П.В. Воропанов [3] для расчета общей производительности насаждений считал густоту важнейшим фактором, определяющим ход роста насаждений, и предлагал следующий порядок выравнивания при составлении таблиц хода роста – высота, число деревьев (густота), диаметр, видовое число и далее другие таксационные показатели.

О влиянии густоты древостоев на таксационные показатели в свое время указывал А.А. Макаренко [5]. Необходимость учитывать густоту насаждений и ее оптимальность предлагал Г.С. Разин [6] и другие исследователи. В качестве исследований, выполненных в последнее время и научно обосновывающих необходимость учета густоты, можно привести работу Д.В. Черных [8].

Дальнейшее развитие лесоучетных работ и лесного планирования связано с необходимостью совершенствования лесоводственно-таксационных нормативов.

Широкое внедрение компьютерной техники и программного обеспечения предоставили возможность проведения более детальных и разносторонних исследований возрастного изменения таксационных показателей древостоев.

Методика, разработанная на кафедре лесоводства ТСХА под руководством проф. В.К. Хлюстова, позволяет систематизировать на основе разработанных лесотипологических моделей и многомерных, полифакториальных за-

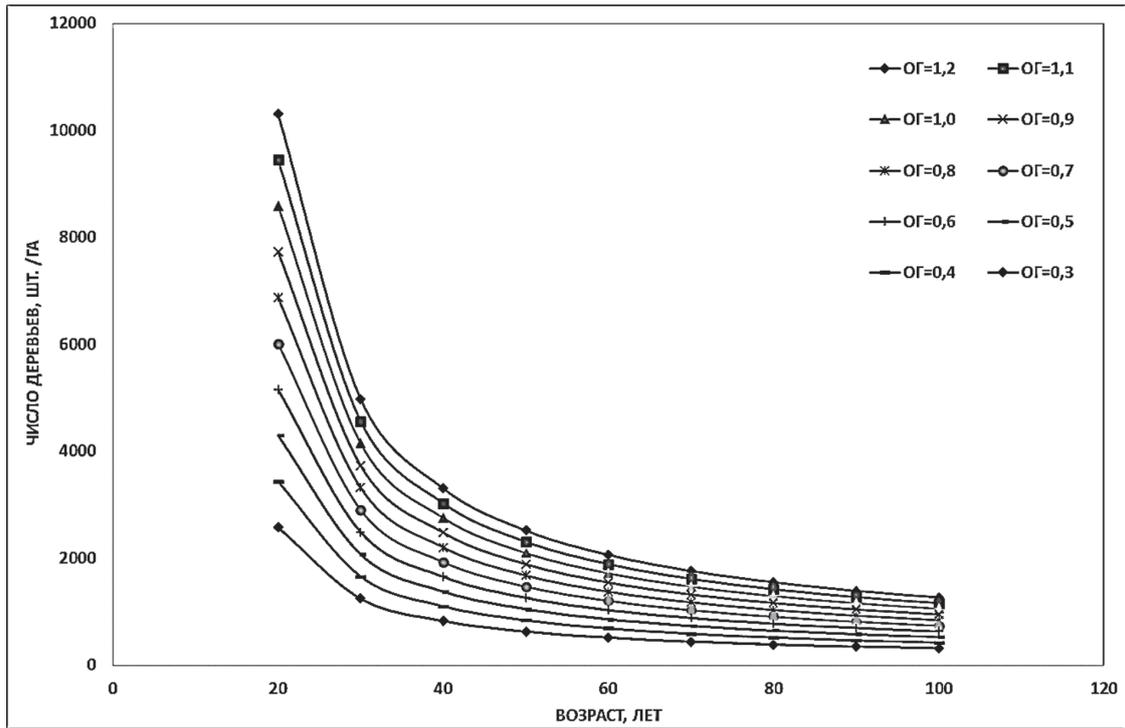


Рис. 1. Самоизреживание с возрастом числа деревьев в чистых древостоях разной густоты, продуктивность – $H_{100} = 25$ м, при полноте 1,0 в диапазоне 20–100 лет

Fig. 1. Self-thinning of the number of trees in pure stands of varying density, productivity – $H_{100} = 25$ m, at a density of 1.0 in the range of 20–100 years

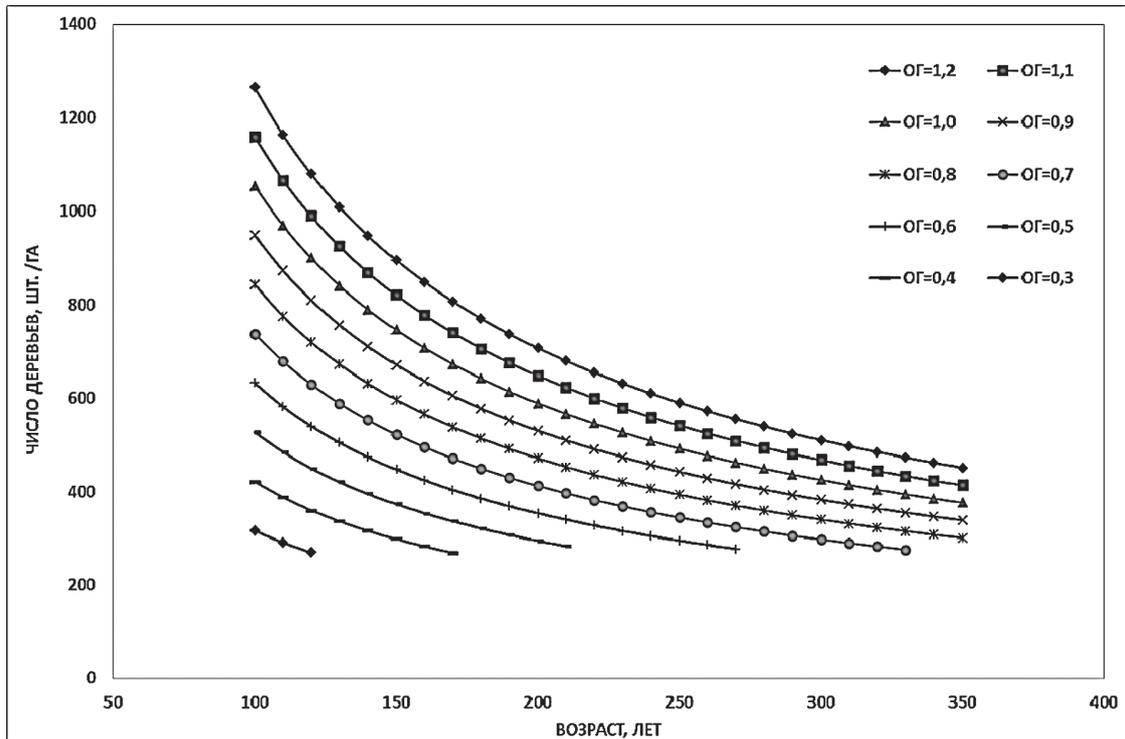


Рис. 2. Самоизреживание с возрастом числа деревьев в чистых древостоях разной густоты, продуктивность – $H_{100} = 25$ м, при полноте 1,0 в диапазоне 100–350 лет

Fig. 2. Self-thinning with age the number of trees in pure stands of varying density, productivity – $H_{100} = 25$ m, at a density of 1.0 in the range of 100–350 years

висимостей и более обоснованно решать сложные вопросы, характеризующие рост, строение и товарную структуру древостоев разных уровней продуктивности, полноты и густоты.

Был предложен принципиально новый подход к созданию многомерных таксационных нормативов, учитывающих типологическую основу. В перспективе есть возможность создания информационно-справочной системы лесоводственно-таксационных нормативов, содержащих разностороннюю и достоверную информацию о древесных ресурсах во всем многообразии древостоев, произрастающих в различных лесорастительных условиях.

Методика получила широкое признание и находит практическое внедрение применительно к отдельным лесорастительным районам и регионам [9, 10].

Важнейшим научно обоснованным направлением в методике по определению возрастных изменений таксационных показателей древостоев является рассмотрение этих показателей не только с учетом разных уровней относительной **полноты**, но и **густоты**. Рекомендуется подразделять древостои по уровням относительной густоты, что позволит учитывать особенности формирования и строения древостоев, сбег и формы стволов в древостоях разных уровней относительной густоты и полноты.

Предлагаемая новая методика, учитывающая густоту древостоев, была применена для разработки таксационных нормативов, отражающих возрастную динамику изменения роста и формирования естественных кедровых древостоев Западной Сибири на примере Омской области.

Исходными данными для разработки послужили сведения из научно-технических литературных источников о кедровых древостоях, формирующихся в естественных условиях произрастания, а также материалы пробных площадей и массовые данные натурной таксации кедровников разных типов леса и продуктивности.

Полученные по соответствующим тематическим моделям возрастные изменения таксационных показателей могут быть сведены в таблицы, аналогичные таблицам хода роста.

Входом в таблицы могут послужить: порода, состав, уровень продуктивности (с распределением древостоев по значениям средних высот в 100-летнем возрасте через 1 м от 10 до 25 м), относительная полнота (от 1,0 до 0,3), и относительная густота (от 0,3 до 1,2).

С учетом разных уровней относительной густоты, в возрастном диапазоне от 20 лет до 350 лет, возможно установление взаимосвязанных основных таксационных показателей древостоев, которые можно использовать в качестве нормативов для текущей и прогностической актуализации, а также проектирования интенсивности и повторяемости рубок ухода.

В качестве примера учета влияния густоты древостоев на рис. 1 и 2 представлена графическая интерпретация динамики возрастного изменения числа деревьев в зависимости от разных уровней относительной густоты (ОГ) для кедровых древостоев с полнотой 1,0, отнесенных по продуктивности к $H_{100} = 25$ м.

Библиографический список

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация. Учебник для вузов. 6-е издание / Н.П. Анучин. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 552 с.
2. Анучин, Н.П. Густота насаждений и ее определение / Н.П. Анучин // Лесное хозяйство, 1983. – № 8. – С. 42–45.
3. Воропанов, П.В. Метод расчета общей производительности насаждений при составлении таблиц хода роста / П.В. Воропанов – М.: Лесная пром-сть, 1966. – 87 с.
4. Загребов, В.В. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В.В. Загребов, В.И. Сухих, А.З. Швиденко и др. – М.: Колос, 1992. – 492 с.
5. Макаренко, А.А. Строение древостоев / А.А. Макаренко – Алма-Ата: Кайнар, 1982. – 70 с.
6. Разин, Г.С. О методе составления таблиц хода роста и определения оптимальной густоты насаждений при составлении таблиц хода роста / Г.С. Разин // Лесное хозяйство, 1966. – № 1. – С. 41–45.
7. Швиденко, А.З. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии. / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепашенко, С. Нильссон и др. // Нормативно-справочные материалы. – М., 2008. – 886 с.
8. Черных, Д.В. Продуктивность и товарная структура лесных культур дуба черешчатого Нижнего Поволжья. / Д.В. Черных: дисс. ... канд. с.-х. наук. – Йошкар-Ола, 2014. – 23 с.
9. Хлюстов, В.К. Ход роста и товарная продуктивность сосновых древостоев центрального лесотаксационного района Российской Федерации / В.К. Хлюстов, М.М. Устинов // Лесотаксационный справочник. – М.: РГАУ–МСХА, 2013. – 95 с.
10. Хлюстов, В.К. Многомерные закономерности текущей актуализации таксационных показателей древостоев. / В.К. Хлюстов, М.М. Устинов, Д.В. Хлюстов // Лесотаксационный справочник. – М.: РГАУ–МСХА, 2013. – 141 с.

THE ROLE OF COMPLETENESS AND DENSITY IN NATURAL FOREST STANDS

Khlyustov V.K., Prof. TAA, Dr. Sci. (Agricultural)⁽¹⁾, Zavarzin V.V., Prof. MSFU, Ph.D. (Agricultural)⁽²⁾

vitakhlustov@mail.ru, zavarzin@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Russian State Agrarian University–Moscow Agricultural Academy Timiryazev (TAA), Timiryazevskaya st., 49, 127550, Moscow, Russia

⁽²⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

The issues of optimization of forestry, forest management and forest inventory are directly related to the presence of the suitable forest taxation standards for different forest taxation districts. In different periods many published tables of growth have been presented, which, because of the deficiencies existing, are of limited use. The technique developed at the Department of Forestry of the Moscow Agricultural Academy under the guidance of Professor Victor Khlyustov allows to organize the data on the basis of the developed forestry models and multidimensional factors, to deal with complex issues that characterize the growth and structure of forest stands of different levels of productivity, completeness and density more reasonably. The need to consider the impact of canopy cover, density and completeness on the processes of growth, development and, ultimately, the productivity of plantations, has been pointed out by many researchers, who considered the density to be a major factor of growth and development. Based on the developed models that take into account the multidimensional dependencies it has been scientifically shown the obtaining of variant indicators of forest indices characterizing the possible variety of age-related development and the formation of stone pine stands. We propose to research growth and age formation of stands, taking into account not only their species composition, productivity, relative completeness, but also the relative density. In the age range from 20 to 350 years the main characteristic parameters of forests can be established, which can be used as standards for the current and forecast updating, as well as the design of the intensity and frequency of thinning, taking into account the different levels of relative density.

Keywords: tables of growth, the relative completeness, of the relative density

References

1. Anuchin N.P. *Lesnaya taksatsiya* [Forest inventory]. Moscow: VNIILM, 2004. 552 p.
2. Anuchin N.P. *Gustota nasazhdeniy i ee opredelenie* [Density of plants and its definition]. Forestry, 1983. № 8. pp. 42-45.
3. Voropanov P.V. *Metod rascheta obshchey proizvoditel'nosti nasazhdeniy pri sostavlenii tablits khoda rosta* [Method of calculating the overall performance of plantations in the preparation of tables of growth]. Moscow: Forest Industry, 1966. 87 p.
4. Zagreev V.V., Sukhikh V.I., Shvidenko A.Z. *Obshchesoyuznye normativy dlya taksatsii lesov* [Union-wide standards for forest inventory]. Moscow: Kolos, 1992. 492 p.
5. Makarenko A.A. *Stroenie drevostoev* [The structure stands]. Alma-Ata: Kainar, 1982. 70 p.
6. Razin G.S. *O metode sostavleniya tablits khoda rosta i opredeleniya optimal'noy gustoty nasazhdeniy pri sostavlenii tablits khoda rosta* [On the method of compiling tables of growth and determine the optimum planting density in the preparation of tables of growth]. Moscow: Forestry, 1966. № 1. pp. 41-45.
7. Shvidenko A.Z., Shechepashchenko D.G., Nil'sson S. *Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti nasazhdeniy osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Severnoy Evrazii* [Tables and model the course of growth and productivity of plantations main tree species of northern Eurasia]. Regulatory and reference materials. Moscow, 2008. 886 p.
8. Chernykh D.V. *Produktivnost' i tovarnaya struktura lesnykh kul'tur duba chereschatogo Nizhnego Povolzh'ya* [Productivity and commodity structure of forest cultures of English oak Lower Volga region] Abstract of the thesis for the degree of candidate of agricultural sciences. Yoshkar-Ola, 2014. 23 p.
9. Khlyustov V.K., Ustinov M.M. *Khod rosta i tovarnaya produktivnost' sosnovykh drevostoev tsentral'nogo lesotaksatsionnogo rayona Rossiyskoy Federatsii* [The course of growth and productivity of commodity pine stands of the central region of the Russian Federation forest taxation] Forest inventory directory. Moscow, RGAU–MA, 2013. 95 p.
10. Khlyustov V.K., Ustinov M.M., Khlyustov D.V. *Mnogomernye zakonomernosti tekushchey aktualizatsii taksatsionnykh pokazateley drevostoev* [Multidimensional updating current patterns of forest indices stands]. Forest inventory directory. Moscow, RGAU–MA, 2013. 141 p.

ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЯРУСНОСТИ ДРЕВОСТОЕВ В ПЕРИОД ЛЕТНЕЙ ПРАКТИКИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТАКСАЦИЯ ЛЕСА»

Н.Г. ИВАНОВ, доц., МГУЛ, канд. с.-х. наук⁽¹⁾,
М.Д. ГИРЯЕВ, проф., МГУЛ, д-р с.-х. наук⁽¹⁾

nicksungeorg@mail.ru, caf-lesustr@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Рассматриваемые в специальной литературе методы оценки вертикального строения древостоя достаточно сложны и требуют специальной тренировки даже профессиональных таксаторов. В этой связи обучение студентов разделению древесного полога на ярусы должно основываться на более простых, а главное, зрительно воспринимаемых параметрах. Дидактически более оправданный метод определения ярусности древостоя состоит в следующем. 1. В качестве точки отсчета берется высота реально существующего самого высокого дерева верхнего яруса, которая определяется высотомером. 2. От высоты самого высокого дерева I яруса берется 0,8 (80 %). Это будет расчетная верхняя граница второго яруса. Выбирается по высотомеру дерево с высотой 0,75–0,8 от расчетной верхней границей II яруса, которое одновременно является нижней границей I яруса. Таким же образом можно продолжить, выделяя следующие ярусы (III, IV и т. д.). Но важно вовремя остановиться и подумать, что делать с той частью молодого поколения леса, которое называется подростом. На ваш взгляд, привязка высоты подростка к высоте яруса не совсем оправдана хотя бы потому, что в этом случае невозможно дать сопоставительную оценку естественного возобновления в насаждениях одной породы, но с разными верхними высотами. Целесообразно, нам кажется, остановиться на одной фиксированной высоте и все, что ниже или равно ей, считать подростом. Пусть эта высота будет равна 4 м. Тогда высота первого яруса определяется как $0,8 H_{\max} \leq \Delta H_{\text{ярус}} \leq H_{\max}$ второго – $0,64 H_{\max} \leq \Delta H_{\text{ярус}} \leq 0,8 H_{\max}$. Диапазон примерно от $0,63 H_{\max}$ до 4 м можно рассматривать как третий ярус в зависимости от его полноты либо считать как подрост, учитывая в этом случае высоты менее 4 м. Если использовать данные сплошного перечета, а также график высот, то на оси ординат можно выделить границы ярусов. Построив правую ось ординат и отложив на ней количества деревьев, можно установить количество деревьев, принадлежащих каждому ярусу.

Ключевые слова: ярус древостоя, высотомер, таксация леса, сплошной пересчет, график высот

Летняя практика студентов по таксации леса как этап учебного процесса направлена на формирование практических навыков определения таксационных показателей древостоя и расчета запаса на их основе. В этой связи обоснованное выделение яруса древостоя и элементов, его составляющих, является начальным и необходимым этапом определения запаса при глазомерной таксации.

Статья имеет целью совершенствование методики обучения студентов при выделении ярусов древостоя.

Ярус древостоя определяется по одной породе, деревья которой принадлежат одному поколению и определенному диапазону высот [1–4].

Критерии выявления ярусов, приводимые в учебных пособиях для летних практик студентов по дисциплине «Таксация леса», повторяют, в основном, рекомендации лесостроительных инструкций [5–7].

Последняя Лесостроительная инструкция (2008) в качестве критериев выделения яруса предлагает использовать следующие характеристики древостоя:

1. Различие средних высот ($H_{\text{ср}}$) основного элемента леса и следующего ниже этого же элемента или другого, представленного, например, иной породой, должно быть более 20 %.

2. Относительная полнота яруса древостоя не менее 0,3.

3. Самый нижний ярус выделяется на высоте 4–8 м, если его средняя высота не менее 1/4 средней высоты верхнего яруса.

4. В более ранних редакциях ЛУИ предлагалось использовать в качестве критерия выделения яруса и запас: он должен быть не менее 30 м³/га.

Инструментальная оценка приведенных критериев довольно трудоемка, глазомерное описание чревато существенными ошибками даже у опытных таксаторов [8]. Поэтому использование перечисленных критериев для обучения студентов в приведенных формулировках непригодно. Не говоря уж о том, что практически никогда ярус не может удовлетворять всем критериям сразу. Возникает вопрос, что предпочесть? Очевидно, что ответ зависит от целей ведения хозяйства. При ведении хозяйства на получение товарной древесины

приоритетом является запас яруса, но если главным является сохранение и поддержание водоохранно-защитных функций леса, то в первую очередь следует заниматься и учитывать вертикальное строение полога.

В период летней практики трудности при выделении яруса обусловлены следующими обстоятельствами.

Первое. Для оценки вертикального строения полога (по ЛУИ) нужно сравнить две средние величины: H_{cp} I яруса и H_{cp} II яруса. Поскольку и первая и вторая получены расчетным путем, то, по существу, сравнению подлежит то, что человек не видит.

Второе. Лесоводственную полноту II яруса очень сложно установить на фоне крон деревьев I яруса. С таксационной полнотой еще сложнее: измерение диаметров нужно постоянно сопоставлять с диапазоном высот, к которому они должны принадлежать. Кроме того, предварительно нужно установить бонитет.

Третье. Для того чтобы выполнить предписание по выделению нижнего яруса, нужно выполнить последовательно три действия:

- 1) установить более чем 20 %-е различие со средней высотой предыдущего яруса;
- 2) установить соотношения между H_{cp} нижнего и высотой верхнего яруса;
- 3) определить его полноту.

Все перечисленные навыки, при всей противоречивости и недостатках, являются предметом тренировки профессиональных таксаторов, и хороший таксатор с точностью до 10–15 % определяет эти показатели глазомерно. Но требовать этого же от студентов в первую практику, по крайней мере, опрометчиво.

Поэтому целесообразно рассмотреть другой, несколько упрощенный, но дидакти-

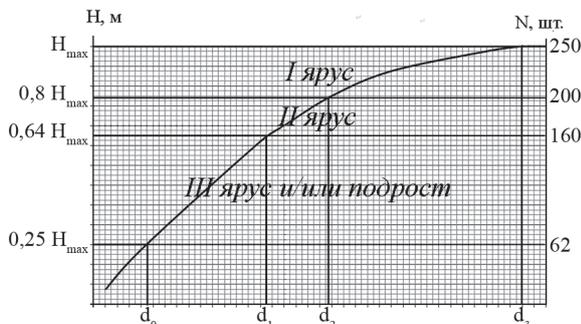


Рисунок. График высот по соответствующим диаметрам
Figure. Schedule heights of the corresponding diameter

чески оправданный метод определения ярусности древостоя.

Первое. В качестве точки отсчета берется высота реально существующего самого высокого дерева верхнего яруса, которая определяется высотомером.

Второе. От высоты самого высокого дерева I яруса берется 0,8 (80 %) [9]. Это будет расчетная верхняя граница второго яруса. Выбирается по высотомеру дерево с высотой 0,75–0,8 от расчетной верхней, и эта высота будет реальной верхней границей II яруса, одновременно являясь нижней границей I яруса.

Таким же образом можно продолжить, выделяя следующие ярусы (III, IV и т. д.). Но важно вовремя остановиться и подумать, что делать с той частью молодого поколения леса, которое называется подростом. На наш взгляд, привязка высоты подростка к высоте яруса не совсем оправдана хотя бы потому, что в этом случае невозможно дать сопоставительную оценку естественного возобновления в насаждениях одной породы, но с разными верхними высотами. Целесообразно остановиться на одной фиксированной высоте и все, что ниже или равно ей, считать подростом. Пусть эта высота будет равна 4 м [10]. Тогда высота первого яруса определяется как $0,8 H_{max} \leq \Delta H_{Iяр} \leq H_{max}$ второго – $0,64 H_{max} \leq \Delta H_{IIяр} \leq 0,8 H_{max}$. Диапазон примерно от $0,63 H_{max}$ до 4 м можно рассматривать как третий ярус в зависимости от его полноты либо считать как подрост, учитывая в этом случае высоты менее 4 м.

Таким образом, для студента вполне по силам определить вертикальное строение полога глазомерно с контролем по высотомеру. Тем не менее при прохождении летней практики студент должен построить график высот. Этот график может быть использован для точной характеристики вертикального строения полога. Как известно, выбирается 15–20 деревьев в диапазоне диаметров от минимального до максимального. Измеряются их высоты и строится график высот по соответствующим диаметрам (рисунок).

Откладывая по ординатам границы ярусов, мы получаем возможность установить численность деревьев в каждом ярусе по диаметрам. Для этого справа на графике необходимо показать параллельную ось и на ней по данным

сплошного перечета распределить деревья в соответствии с занимаемыми ими ярусами. Кроме того, уже максимально точно можно перейти к выделению ярусов по диаметрам. Реально это выглядит следующим образом: диапазон диаметров d_1-d_2 принадлежит, очевидно, второму ярусу. В диапазоне d_2-d_3 находятся деревья, принадлежащие I ярусу. Диапазон d_0-d_1 или $0-d_1$ принадлежит либо третьему ярусу, либо подросту в зависимости от полноты.

В заключение можно вполне обоснованно рекомендовать включение в Лесоустроительную инструкцию построение графика высот для повышения точности оценки вертикального строения полога.

Библиографический список

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация: Учебник для вузов / Н.П. Анучин. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – С. 165–166.
2. Тетюхин, С.В. Лесная таксация и лесоустройство: нормат. справ. материалы по Северо-Западу РФ / С.В. Тетюхин, В.Н. Минаев, Л.П. Богомолова / СПб.: СпбГЛТА, 2004. – 360 с.
3. Третьяков, Н.В. Закон единства в строении насаждений / Н.В. Третьяков. – М.-Л., 1927. – 113 с.
4. Загребев, В.В. Основы лесной таксации / В.В. Загребев, А.В. Вагин. – М.: Высшая школа, 1975. – 264 с.
5. Лесоустроительная инструкция. – М.: Рослесхоз, 2008. – 104 с.
6. Методические указания к учебной практике по основам лесного хозяйства и таксации леса. Мин-во высшего и среднего специального образования СССР. – М.: МЛТИ, 1985. – 44 с.
7. Иванов, Н.Г. Таксация леса: учебно-методическое пособие / Н.Г. Иванов, Г.В. Матусевич, Г.В. Анисочкин. – М.: МГУЛ, 2011. – 135 с.
8. Инструкция по устройству государственного лесного фонда СССР. – М.: Гослесхозкомитет при Госплане СССР, 1964. – Ч. I. – 128 с.
9. Захаров, В.К. Лесная таксация / В.К. Захаров. – М.: Лесная пром-сть, 1967. – 404 с.
10. Моисеев, В.С. Таксация леса / В.С. Моисеев. – Л.: ЛТА, 1970. – 257 с.

TRAINING OF THE EVALUATION OF THE STOREYED STRUCTURE OF STANDS DURING THE SUMMER PRACTICAL TRAINING OF STUDENTS SPECIALIZING IN FOREST ASSESSMENT

Ivanov N.G., Assoc. Prof. MSFU, PhD. (Agricultural)⁽¹⁾; Giryayev M.D., MSFU, Dr. Sci. (Agricultural)⁽¹⁾

nicksungeorg@mail.ru, caf-lesustr@mgu.ac.ru

⁽¹⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

The methods for evaluating the vertical structure of forest stands, which are considered in forestry literature, are rather complicated and require special training even for professional forest cruisers. In this connection, teaching to students the methods of dividing the stand canopy into tree layers should be based on the application of some simpler and, above all, visually perceptible parameters. It would be didactically more justified to use the following method for determining the storeyed structure: 1. A height of the actual tallest tree from the first layer will be measured with an altimeter and taken as a reference point. 2. A height of the tallest tree of the first layer will be multiplied by 0,8 (80 %), thus obtaining the estimated upper limit of the second layer. By using an altimeter, a tree having a height of 0,75–0,8 should be selected to mark the estimated upper limit of the second layer and being simultaneously equivalent to the lower limit of the first layer. We can proceed further considering the subsequent (3rd, 4th, etc.) layers. However, it is important to check ourselves in due time and decide upon how we should treat the understory trees usually called the young growth. In our opinion, it will be not quite justified to relate the young growth height to the layer height because it would be hardly possible, as it would be impossible to give a comparative estimation of natural regeneration in the one-species stands of different upper heights. From our point of view, it would be reasonable to stop at only one fixed height and regard any trees of the lower or equal height the young growth. Supposing that this fixed height equals 4 meters, the height of the first layer (ΔH_{Isp}) will then be estimated as $0,8 H_{\text{max}} \leq \Delta H_{\text{Isp}} \leq H_{\text{max}}$, and the height of the second layer (ΔH_{IIsp}) as $0,64 H_{\text{max}} \leq \Delta H_{\text{IIsp}} \leq 0,8 H_{\text{max}}$. The stands having the height of between $0,63 H_{\text{max}}$ and 4 m will be regarded either as the third layer depending on stand density or as the young growth by taking into account the heights not exceeding 4 m. If we make use of complete enumeration data and the height chart, the layer boundaries can be found on the Y-axis. Having plotted a number of trees on the right Y-axis, we will be able to determine the number of trees from each layer.

Keywords: Tree layer, altimeter, forest assessment, complete enumeration, altitude chart

References

1. Anuchin, N.P. *Lesnaya taksatsiya* [Forest Assessment]. Moscow: VNIILM, 2004, pp. 165–166.
2. Tetyukhin S.V., Minaev V.N., Bogomolova L.P. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo* [Forest Assessment and Forest Management: Normative-Reference Materials for the North-West of Russia]. St. Petersburg: SPbGLTA, 2004. 360 p.
3. Tret'yakov N.V. *Zakon edinstva v stroenii nasazhdeniy* [Law of the Unity in the Structure of Forest Stands]. Moscow–Leningrad, 1927. 113 p.
4. Zagreev V.V., Vagin A.V. *Osnovy lesnoy taksatsii* [Principles of Forest Assessment]. Moscow: Vysshaya shkola', 1975. 264 p.
5. *Lesoustroitel'naya instruktsiya* [Forest Management Regulation]. Moscow: Rosleskhoz, 2008. 104 p.
6. *Metodicheskie ukazaniya k uchebnoy praktike po osnovam lesnogo khozyaystva i taksatsii lesa* [Methodological Instructive Regulations for Practical Training in the Principles of Forestry and Forest Management]. Moscow, MLTI, 1985. 44 p.
7. Ivanov N.G., Matusевич G.V., Anisochkin G.V. *Taksatsiya lesa* [Forest Assessment]. Moscow: MSFU, 2011. 135 p.
8. *Instruktsiya po ustroystvu gosudarstvennogo lesnogo fonda SSSR* [Instruction on the Organization of the State Forest Fund of the USSR]. Moscow: USSR State Committee for Forestry under the State Planning Committee of the USSR, 1964. P. I.
9. Zakharov V.K. *Lesnaya taksatsiya* [Forest Assessment]. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 1967. 402 p.
10. Moiseev V.S. *Taksatsiya lesa* [Forest Assessment]. Leningrad.: LTA, 1970. 257 p.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРАЖИРОВАННЫХ СЕМЯН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ

В.В. КОПЫТКОВ, *Институт леса НАН Беларуси, канд. с.-х. наук⁽¹⁾*,

Е.А. КАЛАШНИКОВА, *проф. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, д-р биол. наук⁽²⁾*

kopvo@mail.ru, kalash0407@mail.ru

⁽¹⁾ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», 246001 г. Гомель, ул. Пролетарская 71,

⁽²⁾Российский государственный аграрный университет-МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д.49

Представлены результаты исследований получения дражированных лесных семян с использованием растительных полисахаридов и различных целевых добавок. Определены оптимальные концентрации целевых добавок и изучены физико-химические свойства дражированных семян. Даны сравнительные результаты исследований физико-химических свойств дражированных семян в зависимости от размера фракции растительных полисахаридов и целевых добавок. Исследования по выбору ингредиентов и оптимизации соотношений композиционных полимерных составов и целевых добавок необходимы для разработки технологии получения дражированных семян при последующем их применении в лесопитомническом хозяйстве. Это позволит более рационально использовать дорогостоящие семена и в полном объеме обеспечить посадку леса стандартным посадочным материалом. Исследовали семена сосны обыкновенной от первого до третьего класса качества. Масса 1000 штук семян варьировалась от 6,35 до 7,83 г, а чистота – от 96,0 до 99,1 %. Лабораторные исследования по определению всхожести и энергии прорастания дражированных семян хвойных пород осуществляли по разработанной нами методике. Использовали пластмассовые растильни и двойную гофрированную фильтровальную бумагу. Высота одного зубца гофрированной фильтровальной бумаги составляла 20±1 мм. Оптимальные значения концентраций ингредиентов полимерного состава для максимальных значений влагоудерживающей способности и прочности при разрыве различны. Сопоставление коэффициентов значимости позволило определить следующие оптимальные соотношения компонентов в полимерной композиции (мас. %): растительные полисахариды на основе сосны – 62–70; натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы – 7–12; сапропель – 5–9 и остальное вода. Наилучшие показатели качества полученных дражированных семян зафиксированы на вариантах с совместным использованием растительных полисахаридов с размером частиц 350–400 мкм. Прочность гранул дражированных семян при сжатии при таких фракциях была максимальной и составила 28–31 Н. Анализируя полученные опытные партии дражированных семян на этих вариантах опыта, можно сказать, что практически 100 % семян имели оптимальный равномерный размер гранул, а их прочность (20–30 Н) позволяет использовать подобные семена при механизированном посеве в лесных питомниках для выращивания посадочного материала.

Ключевые слова: дражирование семян, технология, композиционные препараты, всхожесть

Одним из наиболее эффективных способов посева семян является точечный, или адресный посев с помощью помещения семян в органоминеральную гранулу. В такой грануле должен иметься весь набор макроэлементов, микроэлементов, стимуляторов роста и других целевых добавок для успешного прорастания семян и хорошего роста и развития сеянцев. Для повышения интенсификации и рентабельности работы лесных питомников требуется изыскание новых высокоэффективных способов предпосевной обработки семян. Это может быть достигнуто на основе совершенствования агротехнологии, обеспечивающей интенсивное и целенаправленное выращивание сеянцев и саженцев в открытом грунте, применения новых композиционных полимерных составов и точечного высева дражированных семян. Благодаря дражированию укрупняется и унифицируется масса, форма и

размер семян, что позволяет проводить точный посев, сокращает расход семян и затраты труда на прореживание всходов. Более равномерное размещение растений в посевах уменьшает конкуренцию между ними и способствует более равномерному росту и развитию сеянцев. Это, в конечном счете, увеличивает выход стандартных сеянцев с единицы площади.

Целью наших исследований является получение дражированных семян с использованием композиционных полимерных составов и целевых добавок.

Методика исследований

Разработка композиционных полимерных составов (КПС) с различными целевыми добавками для дражирования семян проводилась путем сочетания компонентов различных концентраций и природы. Для исследования были использованы экологически

безопасные водорастворимые полимеры, а также природные вещества различных фракций: торф, сапрпель, растительные полисахариды, органоминеральные удобрения и др. Изучение структуры композиционных полимерных составов для дражирования семян проводили методом ИК спектроскопии на спектрофотометре «Nicolet 2400». Оптическую плотность характеризовали интенсивностью поглощения (D), которую определяли методом базовой линии. В качестве характеристических полос использовали полосу 3350 см^{-1} , которую можно отнести к внутримолекулярным водородным связям, и полосы 3405 и 3305 см^{-1} , относящиеся к межмолекулярным водородным связям [1].

Основные свойства покрытий изучали с использованием шкалы оценок долговечности, по данным профессора Корецкой Л.С. [2]. Реологические свойства разработанных составов исследовали на ротационном вискозиметре «РЕОТЕСТ 2.1» в режиме постоянных скоростей сдвига в диапазоне $3\text{--}1312\text{ с}^{-1}$ с рабочим узлом типа «цилиндр – цилиндр» в интервале температур $18\text{--}50^\circ\text{C}$. Определение влагоудерживающей способности проводили весовым методом на аналитических весах ВЛР-200 второго класса точности [3]. Важными критериями при выборе ингредиентов состава является их влагоудерживающая способность и качество полученных дражированных семян сосны обыкновенной.

Разработана технология получения гранулированных семян хвойных пород. Однако данная технология имела существенные недостатки: в одной грануле могло помещаться сразу несколько семян или же гранула находилась без семян; расход органоминеральных компонентов при получении гранул превышал массу семян до $10\text{--}15$ раз [4].

В последние годы нами разработана принципиально новая технология получения дражированных семян. Данная технология предусматривает получение гранул с одним семенем, и расход растительных полисахаридов и других целевых добавок не превышает $15\text{--}30\%$ массы семян [5, 6].

После выбора органических и минеральных ингредиентов и проведения лабора-

торных испытаний осуществлялась оптимизация полимерных составов. Для увеличения влагоудерживающей способности нами были получены полимерные взаимопроникающие сетки (ПВС). Получение ПВС на основе самых различных по химическому строению полимеров позволяет получать материалы с широким диапазоном физико-химических и адгезионных свойств. Влагоудерживающая способность КПС может увеличиваться до 1500 г воды на 1 г полимера.

Исследования экспериментальных и опытных партий композиционных полимерных составов с различными целевыми добавками осуществляли в лабораторных условиях ИММС НАН Беларуси им. В.А. Белого и ИЛ НАН Беларуси. Нарботка экспериментальных и опытных партий дражированных семян сосны обыкновенной осуществлялась на грануляторах, изготовленных в Беларуси [4, 5]. Полученные результаты исследований обработаны методами математической статистики, а оптимизация составов выполнена с применением симплекс-решетчатого метода планирования эксперимента [7, 8].

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования по получению дражированных семян и изучению КПС проведены в соответствии со схемой на рисунке.

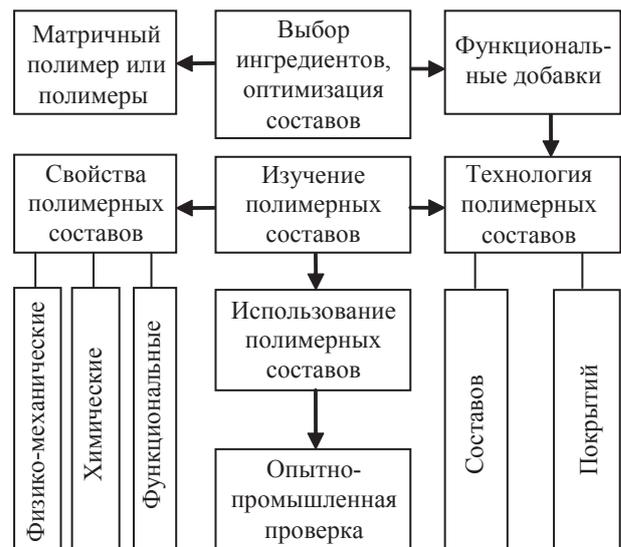


Рисунок. Схема разработки и исследования полимерных составов

Figure. Schematic of research and development of polymer compositions

Как видно из рисунка, при разработке и исследовании полимерных составов для получения дражированных семян большое внимание уделяется выбору ингредиентов. При разработке технологии получения дражированных семян важным этапом является не только правильный выбор органоминеральных веществ и целевых добавок, но и установление их оптимальных концентраций. Можно правильно подобрать ингредиенты, но при использовании их в заданных концентрациях значительно ухудшаются физико-химические свойства дражированных семян, уменьшаются биометрические показатели сеянцев и, как следствие, снижается выход стандартного посадочного материала [4, 9].

На основе патентного и литературного обзора, а также собственных разработок определены КПС и наработаны различные модификации опытных партий композиционных полимерных препаратов (КПП). Опытные партии КПП отличались между собой соотношением ингредиентов и размером фракций органических и минеральных веществ. Как показали наши исследования, растительные полисахариды фракцией от 500 до 600 мкм не подходят для получения качественных дражированных семян из-за высокой шероховатости поверхности и, как следствие, очень слабой прочности гранул. Кроме того, вокруг отдельных крупных частиц растительных полисахаридов наблюдается эффект «самонакатки», т. е. происходит дражирование крупной частицы полисахарида.

Наилучшие показатели качества полученных дражированных семян зафиксированы в вариантах с использованием растительных полисахаридов фракций 350 мкм, взятых из средней части древесины. Прочность однослойных гранул дражированных семян была максимальной и составила 22–26 Н, двухслойных – 28–31 Н. Полученные опытные партии дражированных семян практически на 100 % имели оптимальный равномерный размер гранул, а прочность позволяет использовать их при механизированном посеве в лесных питом-

никах для выращивания посадочного материала. При этом в каждой грануле было одно семя. При механизированном посеве можно использовать различные сеялки при оптимальной прочности дражированных семян – 20–30 Н. Такая оболочка не разрушается высевающим аппаратом сеялок и обладает хорошей водопоглотительной способностью и набухающими в почве свойствами, что оказывает стимулирующее действие на всхожесть семян и энергию их прорастания.

При отсутствии в композиционном составе хотя бы одного из ингредиентов получить драже требуемого размера не представляется возможным (происходит так называемое инкрустирование семян). Это связано с тем, что раствор водорастворимого полимера не способен удерживать на семени не только стимуляторы роста, но и свою собственную массу.

Результаты по влиянию различных растительных полисахаридов на физико-химические показатели полученных дражированных семян саксаула черного представлены в табл. 1.

Данные физико-химических свойств разработанных композиционных полимерных составов показывают, что водопоглощение зависит от используемых различных растительных полисахаридов. Физико-химические свойства исследуемых КПС во многом зависят от их размера частиц [10].

Сравнительная характеристика физико-химических свойств древесины различных пород представлена в табл. 2.

Анализ табл. 2 показывает, что древесина саксаула черного имеет наибольшую плотность и самую низкую влажность. По калорийности она превосходит древесину других пород. Материалы табл. 1 и 2 позволяют сделать вывод, что древесина саксаула вследствие своих физических свойств не подходит в качестве ингредиента для дражирующей массы. Наиболее эффективными растительными полисахаридами являются сосна и береза, взятые из средней части древесины.

Сравнительные результаты исследований физико-химических свойств дражированных семян сосны обыкновенной в зависимости от растительных полисахаридов
Comparative results of the research of physical and chemical properties of pelleted seeds of Scots pine, depending on the plant polysaccharides

Исследуемые параметры	Полисахариды на основе опилок					
	березы		сосны		саксаула черного	
Размер частиц, не более мкм	350	400	350	400	350	400
Водопоглощение за 80 с, %	29	27	25	22	19	16
Прочность при сжатии, Н	19	17	29	28	33	31
Прочность при сжатии, Н (после выдержки в течение суток при относительной влажности 90 %)	12	11	19	17	21	22

Физико-химические свойства древесины различных пород
Physical and chemical properties of wood of various breeds

Органические вещества	Древесная порода			
	сосна	саксаул	дуб	береза
Лигнин, %	21,3–27,05	28,4–29,3	22,5	19,1–20,4
Галактан, %	1,5–3,8	9,0	нет	1,3
Плотность, кг/м ³	510	750–1250	550–740	550–740
Коэффициент объемной усушки, %	0,47 и более	0,47 и более	0,40–0,47	0,47 и более
Минеральные соединения, дающие при сгорании золу, %	0,17–0,2	3,5	0,27	0,14–0,47
Пористость, %	46–81	36,6	32–80	32–80
Влажность, %	88,0	9,0	70,0	78,8

Важным критерием при посеве является определение концентрации ингредиентов в дражирующем составе с целью получения драже с максимальной влагоудерживающей способностью. Ее необходимо определять с каждой новой партией компонентов, так как свойства природных полисахаридов (в частности древесных опилок сосны и березы) зависят от условий местопроизрастаний и климатических факторов. Для оптимизации ингредиентов различных составов широкое распространение получил симплекс-решетчатый метод планирования эксперимента. План эксперимента для кубической решетки на основе матрицы планирования трехфакторного эксперимента включает 10 опытов. Данная матрица и значения функций откликов представлены в табл. 3.

Для описания зависимостей «состав–свойство» и оптимизации КПС по полученным значениям функций отклика при помощи программы «Статистика» [11] были

получены уравнения второго порядка для трехкомпонентной смеси

$$Y_1 = 34,125 \cdot x + 17,247 \cdot y + 46,243 \cdot z + 5,484 \cdot x \cdot y + 6,634 \cdot x \cdot z - 57,694 \cdot y \cdot z + 41,138 \cdot x \cdot y \cdot z$$

$$Y_2 = 1,399 \cdot x + 1,348 \cdot y + 4,412 \cdot z + 17,308 \cdot x \cdot y + 14,124 \cdot x \cdot z - 24,137 \cdot y \cdot z + 14,356 \cdot x \cdot y \cdot z$$

Важными критериями при выборе растительных полисахаридов (РПС) является не только их влагоудерживающая, но и структурирующая способности (обуславливает технологичность процесса). Изучено влияние концентрации РПС на условную вязкость растворов с содержанием NaКМЦ – 5 %. При других концентрациях NaКМЦ и при условии, что растворы не переходят в гель (концентрация NaКМЦ не выше 8 %) закономерности изменения условной вязкости аналогичные (табл. 4).

Анализ данных табл. 4 позволил установить резкое возрастание вязкости независимо от природы используемого РПС,

Матрица планирования эксперимента и значения функций отклика
Matrix experiment planning and response functions values

№ опыта	Матрица планирования						Функция отклика	
	в кодированных значениях			в натуральных значениях, %				
	РПС (x)	NaКМЦ (y)	ЦД (z)	РПС	NaКМЦ	ЦД	Y ₁ , %	Y ₂ , МПа
1	1	0	0	0,6	0	0	34	1,30
2	0	1	0	0	10	0	32	2,01
3	0	0	1	0	0	90	37	0,04
4	1/3	2/3	0	0,6/3	20/3	0	33	17,27
5	2/3	1/3	0	1,2/3	10/3	0	33	22,23
6	0	1/3	2/3	0	10/3	30	22	33,30
7	0	2/3	1/3	0	20/3	60	21	16,12
8	2/3	0	1/3	1,2/3	0	30	23	19,18
9	1/3	0	2/3	0,6/3	0	60	21	4,37
10	1/3	1/3	1/3	0,6/3	10/3	30	23	11,62

Примечание: Y₁ – количество испарившейся влаги спустя 8,5 часов с момента проведения эксперимента (относительная влажность воздуха 75 %), %; Y₂ – прочность при сжатии, МПа. РПС – растительные полисахариды, ЦД – целевые добавки

Т а б л и ц а 4

Влияние наполнителей на условную вязкость полимерного состава на основе растительных полисахаридов (РПС) и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ)
Effect of fillers on conditional viscosity of the polymer composition based on plant polysaccharides and sodium carboxymethylcellulose

Концентрация наполнителя, %	Вид наполнителя		
	условная вязкость растительных полисахаридов для древесных пород, с		
	сосна обыкновенная	береза повислая	дуб обыкновенный
0	156	156	156
5	190	171	183
7	205	180	201
10	270	207	220
15	287	224	253
20	325	278	305

что можно объяснить хорошей структурирующей способностью выбранных наполнителей. Это связано с тем, что в составах между наполнителями и водорастворимыми полимерами возникает адгезия, а наличие границы раздела полимер-РПС способствует уменьшению конформационных наборов макромолекул в поверхностном слое. На поверхности твердых частиц происходит понижение плотности упаковки полимера, что связано с затруднением протекания релаксационных процессов при формировании наполненного полимера из раствора.

Установлено, что при введении различного рода РПС влагоудерживающая

способность возрастает. Для сравнительного анализа нами были исследованы различные составы с одинаковым содержанием РПС 5 мас. % (относительная влажность воздуха 85 %). Экспериментальные данные свидетельствуют, что спустя 30 часов после начала эксперимента из составов как на основе одного водорастворимого полимера, так и одного РПС испарилось около 90 % влаги, в то время как из составов с РПС (древесная мука – береза) испарилось 60 %, с РПС (древесная мука – дуб) – 67 % и с РПС (древесная мука – сосна) – 65 %. Это обусловлено тем, что выбранные наполнители способны хорошо связывать воду.

Оптимальная концентрация ингредиентов по функциям откликов Y_1 , Y_2 в полимерном составе

The optimum concentration of ingredients for the response function Y_1 , Y_2 in the polymer composition

Компонент	Мас. %
Растительные полисахариды (древесная мука)	60–70
Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы	8–12
Фунгицид	2–4
Стимулятор роста (экосил)	4–6
Вода	остальное

Сочетание в составе РПС и водорастворимого полимера значительно увеличивает влагоудерживающую способность. Это связано с тем, что почти все компоненты органической части по своей природе гидрофильны и способны интенсивно сорбировать влагу из воздуха. В результате частичного испарения влаги макромолекулы водорастворимых полимеров уменьшаются в размерах и, благодаря пленкообразующей способности и высокой адгезии последних, закупоривают поры, что препятствует испарению влаги. В связи с тем, что РПС обладает наибольшей структурирующей и влагоудерживающей способностями, он был принят в качестве одного из основных ингредиентов в разработанных полимерных составах.

Наилучшей влагоудерживающей способностью обладает полимерный состав с концентрацией наполнителя 35–65 %. В этом интервале концентраций влагоудерживающая способность уменьшается всего на 2–3 %. И наблюдается максимальное взаимодействие водорастворимый полимер – РПС. При снижении концентрации наполнителя не все макромолекулы водорастворимого полимера на нем адсорбируются, в результате чего образуются полимерные прослойки, не способные удерживать такое же количество влаги, как и наполнитель.

Сравнительный анализ расчетных и экспериментальных значений в «контрольных» точках позволил установить адекватность полученных математических зависимостей. По полученным уравнениям построены графические зависимости в двух вариантах: объемное изображение и изоб-

ражение на плоскости, несущие различные смысловые нагрузки. На объемном изображении хорошо виден оптимум, а изображение на плоскости позволяет определить границы этого оптимума. Изменение влагоудерживающей способности и прочности при сжатии подчиняются различным закономерностям, и границы их оптимумов не совпадают.

Оптимальные значения концентраций ингредиентов КПС для максимальных значений влагоудерживающей способности и прочности при разрыве различны, поэтому с применением коэффициентов значимости определяем концентрации, которые будут способствовать оптимальному проявлению сразу двух факторов. На основании проведенных расчетов установлена оптимальная концентрация ингредиентов в полимерном составе (табл. 5).

С целью недопущения седиментации РПС в технологическом плане рекомендовано их перемешивание через интервал времени 15–20 мин. Толщина стенок композиционного препарата на семенах может отличаться существенно в зависимости от величины семени и времени дражирования и от массы и биометрических показателей семян. При уменьшении размеров семян уменьшается толщина композиционного покрытия.

Определение количественных показателей семян сосны обыкновенной позволила установить, что масса 1000 шт. семян составляет 6,35–7,83 г. При дражировании семян сосны обыкновенной соотношение между массой композиционных препаратов и массой семени в среднем составило 1:3.

Анализируя полученные данные физико-химических свойств опытных партий дражированных семян саксаула черного, можно отметить следующую закономерность. При увеличении размера частиц растительных полисахаридов с 350 до 600 мкм снижается прочность при сжатии гранул и водопоглощение. Оптимальная прочность при сжатии гранул получена при размере частиц не более 400 мкм.

Выводы

Разработаны три способа получения дражированных семян. Первый способ предусматривает получение гранул на основе КПС с торфом и сапропелем. При этом расход органоминеральных смесей превышает массу семян в 10–15 раз и в одной грануле может находиться сразу несколько семян. Это не обеспечивает нормальный рост сеянцев и снижает выход стандартного посадочного материала. Во втором и третьем способах получения дражированных семян используют КПС на основе РПС. Второй способ имеет однослойное покрытие семян, а третий – двухслойное. Лабораторная всхожесть дражированных семян и выход стандартных сеянцев сосны обыкновенной не зависят от количества покрытий. Наиболее эффективным способом получения дражированных семян является второй, так как он не требует дополнительных затрат на технологический процесс.

Разработана методология исследования физико-химических свойств композиционных полимерных составов и представлены свойства химически сшитых материалов с высокой адсорбционной способностью. Осуществлен выбор водорастворимых полимеров и ингредиентов природного происхождения, необходимых для получения оптимальных физико-химических свойств дражированных семян. Установлено, что растительные полисахариды и натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы оптимально подходят для приготовления составов, используемых для получения дражированных семян. В качестве ингредиента природного

происхождения рекомендовано использовать растительные полисахариды фракцией не выше 350–400 мкм из средней части древесины, которые способствуют образованию в грануле высокопрочных и эластичных покрытий с высокой влагоудерживающей способностью.

Установлена оптимальная концентрация ингредиентов в композиционном полимерном составе для дражирования семян: растительные полисахариды из средней части древесины (сосновая древесная мука) (60–70 мас. %), натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (8–12 мас. %), фунгицид (2–4 мас. %), стимулятор роста (экосил) (4–6 мас. %), вода – остальное.

Библиографический список

1. Архипенко, В.И. Спектроскопия плазмы и природных объектов / В.И. Архипенко, В.С. Буракова, А.Ф. Чернявский – Минск: Беларус. наука, 2007. – 488 с.
2. Корецкая, Л.С. Атмосферостойкость полимерных материалов / Л.С. Корецкая. – Мн.: Навука і тэхніка, 1993. – 206 с.
3. ГОСТ 6806–73. Материалы лакокрасочные. Метод определения эластичности при изгибе. – Введ. 01.07.74. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 5 с.
4. Копытков, В.В. Технология получения дражированных семян на основе композиционных полимерных материалов / В.В. Копытков, А.А. Кулик, В.Вл. Копытков и др. – Гомель, 2008. – 165 с.
5. Рекомендации по технологии дражирования семян сосны. – Гомель–Астана, 2011. – 12 с.
6. Пат. № 15084 Респ. Беларусь МПК (2009) А 01С 1/06. Способ получения дражированных семян / В.В. Копытков; заявитель ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»; заявл. 06.04.2009; опубл. 30.12.2010, Афіцыйны бюл., Нац. цэнтр інтэлектуал. Уласнасці, 2010. – № 6 (83). – С. 53.
7. Зайцев, Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г.Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
8. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика // П.Ф. Рокицкий – Мн.: Вышэйшая школа, 1967. – 326 с.
9. Родин, А.Р. Перспективы использования полимеров в лесокультурном производстве / А.Р. Родин // Лесное хозяйство. – 1990. – № 12. – С. 11–15.
10. Пат. № 14436 Респ. Беларусь МПК (2009) А 01С 1/06. Полимерная композиция для предпосевной обработки семян / Копытков В.В.; заявитель ГНУ «Институт леса НАН Беларуси»; заявл. 20.04.2009; опубл. 28.02.2011, Афіцыйны бюл., Нац. цэнтр інтэлектуал. Уласнасці, 2011. – № 3 (80). – С. 43.
11. Боровиков, В.П. Прогнозирование в системе STATISTIKA в среде Windows. Основы теории и интенсивная практика на компьютере: учеб. пособие / В.П. Боровиков, Г.И. Ивченко. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 384 с.

THE TECHNOLOGY OF PRODUCING PELLETTED SEEDS WITH
THE USE OF POLYMER COMPOSITIONS

Копытков В.В., Forest Institute of NAS of Belarus, Ph.D. (Agricultural)⁽¹⁾; **Калашникова Е.А.**, Prof. Timiryazev RGAU-MSHA, Dr. Sci. (Biol.)⁽²⁾

kopvo@mail.ru, kalash0407@mail.ru

⁽¹⁾Institute of Forestry of the NAS of Belarus», 246001 of Gomel, Proletarskaya st. 71

⁽²⁾Russian State Agrarian University-MTAA Timiryazeva, Moscow, 127550, st. Timiryazevskaya, 49

The technology for pelletizing the forest tree seeds of using vegetable polysaccharides and varied target additives has been researched. Information has been acquired on the optimum concentrations of the target additives and the physicochemical properties of pelleted seeds and gives a comparison of the physicochemical properties of the pelleted seeds depending on the size of vegetable polysaccharide particles and the target additives used. Studies of the choice of ingredients and optimization of ratios of composite polymeric structures and target additives are necessary for the development of technology of receiving pelleted seeds with their subsequent use in the tree nursery economy. It will allow a more rational use of expensive seeds and provide planting of wood using standard planting material to a full extent. Seeds of the Scotch pine from the first to the third class of quality have been studied. The weight of 1000 pieces of seeds varied from 6,35 to 7,83 g, and the purity – from 96,0 to 99,1 %. Laboratory researches on the determination of viability and energy of germination of pelleted seeds of coniferous breeds were carried out by the technique developed. We used plastic germinators and double crepe filter paper. The height of one tooth of crepe filter paper was 20±1 mm. The optimum values of ingredients concentration of the polymeric structure for the maximum values of moisture-holding ability and resistibility during tensile tests have been various. The comparison of coefficients of importance allowed defining the following optimum ratios of components in the polymeric composition (Mas. %): vegetable polysaccharides based on the pine – 62–70; sodium salt of carboxymethylcellulose – 7–12; spropel – 5–9 and the rest was water. The best indicators of quality of the seeds received by pelleting are recorded with the sharing use of vegetable polysaccharides with the size of particles of 350–400 microns. The resistibility of granules of pelleted seeds under compression at such fractions was maximum and made 28–31 N. Analysing the received pilot batches of pelleted seeds on these variants of the experiment, it is possible to tell that nearly 100 % of seeds had the optimum uniform size of granules, and their resistibility (20–30 N) allows using similar seeds in mechanized planting in forest nurseries for cultivation of planting material.

Keywords: pelleting of seeds, technology, composite preparations, viability

References

1. Arkhipenko V.I., Burakova V.S., Chernyavskiy A.F. *Spektroskopiya plazmy i prirodnykh ob'ektov* [Plasma spectroscopy and natural objects]. Minsk: Belarusian science, 2007, 488 p.
2. Koretskaya L.S. *Atmosferostoykost' polimernykh materialov* [Weathering of polymeric materials]. Minsk: Science and technology, 1993, 206 p.
3. GOST 6806–73. *Materialy lakokrasochnye. Metod opredeleniya elastichnosti pri izgibe* [State Standard 6806–73. Paints and varnishes. Method for determination of elasticity in bending]. Moscow: Standartinform Publ., 1988, 5 p.
4. Kopytkov V.V., Kulik A.A., Kopytkov V.VI., Sak V.B. *Tekhnologiya polucheniya drazhirovannykh semyan na osnove kompozitsionnykh polimernykh materialov* [The technology of producing sugar-coated seeds on the basis of composite polymer materials]. Gomel, 2008, 165 p.
5. *Rekomendatsii po tekhnologii drazhirovaniya semyan sosny* [Recommendations on the management of seed pelleting pine]. Gomel-Astana, 2011, 12 p.
6. *Pat. № 15084 Resp. Belarus' MPK (2009) A 01S 1/06. Sposob polucheniya drazhirovannykh semyan* [A method of producing sugar-coated seeds: Pat. No. 15084 Rep. Belarus IPC (2009) AND 01S 1/06]. V.V. Kopytkov. 2010, № 6 (83), pp. 53.
7. Zaytsev, G.N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow: Nauka, 1984, 424 p.
8. Rokitskiy P.F. *Biologicheskaya statistika* [Biological statistics]. Minsk: High school, 1967, 326 p.
9. Rodin A.R. *Perspektivy ispol'zovaniya polimerov v lesokul'turnom proizvodstve* [Prospects for the use of polymers in silvicultural production]. Forestry industry, 1990, № 12, pp. 11–15.
10. *Polimernaya kompozitsiya dlya predposevnoy obrabotki semyan* [Polymer composition for presowing treatment of seeds: Pat. No. 14436 Rep. Belarus IPC (2009) AND 01S 1/06]. V.V. Kopytkov. 2011. № 3 (80). pp. 43.
11. Borovikov V.P., Ivchenko G.I. *Prognozirovaniye v sisteme STATISTIKA v srede Windows. Osnovy teorii i intensivnaya praktika na komp'yutere* [Forecasting in the system statistika in the Windows environment. Basic theory and intensive practice on the computer]. Moscow: Finance and statistics, 2000, 384 p.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ КУЛЬТУР ЕЛИ ПРИ ДИСКРЕТНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ ОРУДИЕМ ОДП-0,6

А.Ф. АЛЯБЬЕВ, проф. МГУЛ, д-р техн. наук⁽¹⁾

alyabievaf@rambler.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

В настоящее время в России при подготовке почвы под лесные культуры используются лемешные плуги. Они могут работать на вырубках с количеством пней до 600 шт./га, что составляет 50 % всех вырубков. При большем количестве пней необходима полосная расчистка с частичной корчевкой пней. Избежать расчистки позволяет дискретная обработка почвы, которая имеет преимущества перед плужной обработкой почвы. Однако дискретная обработка почвы не нашла распространения в России. Основная причина – отсутствие технических средств. В статье описывается орудие для дискретной обработки почвы ОДП-0,6 и приведены результаты обследования семилетних культур ели. Орудие для дискретной обработки почвы ОДП-0,6 создает прерывистые (чередующиеся) пласты и площадки на дренированных и временно переувлажняемых почвах различного механического состава. Орудие позволяет обрабатывать почву на нераскорчеванных, нерасчищенных вырубках с количеством пней до 900 шт./га и количеством порубочных остатков до 50 м³/га. В Сергиево-Посадском лесничестве Московской области обследованы семилетние культуры ели. Обработка почвы проводилась двумя способами: дискретная обработка орудием ОДП-0,6 и полосная расчистка оборудованием для расчистки вырубков ОРВ-1,5. В результате установлено, что разница высот растений статистически значима: растения, посаженные по дискретной обработке почвы, имеют большую высоту, чем растения, посаженные при шадящей расчистке. Сохранность растений при дискретной обработке почвы практически в два раза выше, чем при шадящей расчистке, причем пропуски при дискретной обработке почвы расположены более равномерно по длине ряда.

Ключевые слова: лесные культуры, обработка почвы, орудие для дискретной обработки почвы

В настоящее время в России при подготовке почвы под лесные культуры используются лемешные плуги. Они могут работать на вырубках с количеством пней до 600 шт./га, что составляет 50 % всех вырубков [1]. При большем количестве пней необходима полосная расчистка с частичной корчевкой пней. Избежать расчистки позволяет дискретная обработка почвы. Она представляет собой прерывистые (чередующиеся) пласты и площадки. Дискретная обработка почвы при создании лесных культур по сравнению с другими способами имеет следующие достоинства:

- отсутствие выноса легкорастворимых химических соединений с лесокультурной площади [2];
- улучшение почвенного климата за счет более благоприятных водно-воздушного и температурного режимов [3];
- возможность закладки групповых культур, режим выращивания которых во многом естественный и требует меньшей регуляции [2];
- снижение затрат машинного времени и топлива в связи с уменьшением объема вовлекаемой в обработку почвы (15–20 % – при дискретной, 40–45 % – при плужной обработке) [2];

– возможность работы на вырубках с числом пней до 900 – 1000 шт./га и с количеством порубочных остатков до 50 м³/га без корчевки пней и расчистки.

В зависимости от условий местопрорастания посадку осуществляют как в пласт, так и в площадку (рис. 1). В пласт сажают на временно переувлажняемых и дренированных почвах при отсутствии угрозы пересыхания пласта. В площадку сажают на дренированных почвах при угрозе пересыхания пласта. Дискретная обработка почвы известна давно. Посадку в «опрокинутые дернины» проводил еще К.Ф. Тюрмер в местах, «где немыслима была конная обработка» [4].

Несмотря на достоинства, дискретная обработка почвы не нашла распространения в России. Основная причина – отсутствие технических средств. Орудия с укороченным бульдозерным отвалом имеют низкую производительность, высокую энергоемкость и интенсивность труда оператора. Орудие роторного типа ОРМ-1,5 обеспечивает необходимые параметры микроповышений, однако производительность и качество работы агрегата во многом зависит от наладки орудия (регуляции тормозных лент) и лесорастительных условий вырубки, особенно неодно-

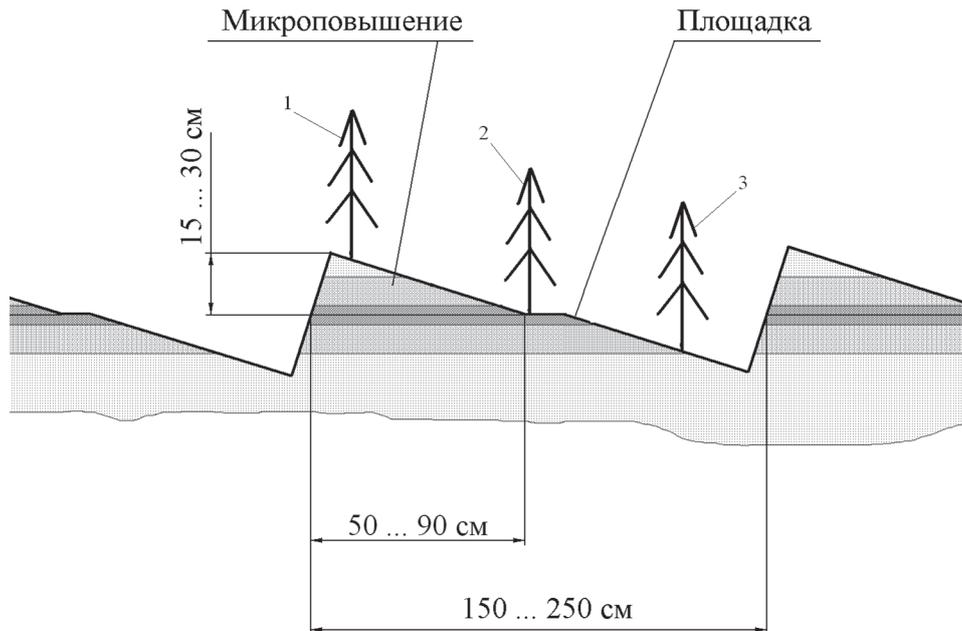


Рис. 1. Продольный профиль полосы при дискретной обработке почвы
 Fig. 1. Longitudinal profile of the band at discrete tillage

родности по почвенным условиям и рельефу [5]. Скандинавские машины для дискретной обработки почвы Bracke Forest M26.a, Bracke Forest M36.a, Bracke Forest M46.a [11] энергоемки и во много раз дороже плугов отечественного производства.

Орудие для дискретной обработки почвы ОДП-0,6 создает прерывистые (чередующиеся) пласты и площадки на дренированных и временно переувлажняемых почвах различного механического состава [6]. Орудие позволяет обрабатывать почву на нераскорчеванных, нерасчищенных вырубках с количеством пней до 900 шт./га и количеством порубочных остатков до 50 м³/га.

Орудие для дискретной обработки почвы включает (рис. 2) раму 1, на которой установлен вал 2. На вал установлен барабан 3. На барабане шарнирно закреплены восемь лопастей 4. Лопастей фиксируются относительно барабана при вырезании и формировании пласта.

Орудие работает следующим образом. Передняя лопасть 4 (рис. 2), находящаяся в рабочем положении, вырезает пласт почвы. В этот период лопасть неподвижно закреплена относительно барабана 3. При вырезании пласта барабан не вращается. За счет силы тяги тягового средства происходит вырезание

пласта с заглублением лопастей. Заглубление продолжается до тех пор, пока момент пары сил от действия силы резания и силы тяги не превысит момент пары сил от действия силы тяжести устройства и реакции опоры. Когда момент пары сил от действия силы резания и силы тяги превысит момент пары сил от действия силы тяжести устройства и реакции опоры вырезание пласта с заглублением лопастей заканчивается и происходит поворот барабана. При этом вырезанный пласт оборачивается и прижимается к почве. Формирование пласта заканчивается, когда следующая лопасть займет рабочее положение. В этот момент лопасть 4 становится подвижной относительно барабана. Подвижное закрепление лопастей обеспечивает отклонение лопастей при взаимодействии с созданным пластом. Пласт при этом не разрушается и прижимается к поверхности почвы. Опорной становится следующая лопасть, которая начинает вырезать пласт почвы, и процесс обработки почвы повторяется.

Размеры пластов и расстояние между ними регулируется изменением длины верхней тяги навесной системы трактора. При увеличении длины тяги угол резания уменьшается, тормозной момент, за счет большего смещения центра тяжести орудия отно-



Рис. 2. Орудие для дискретной обработки почвы ОДП-0,6
Fig. 2. A tool for discrete tillage of ОДП-0,6

сительно точки опоры на передней лопасти, увеличивается, что приводит к увеличению размеров пласта и расстоянию между ними. В продольно-вертикальной плоскости размеры пластов и площадок, создаваемых орудием ОДП-0,6, показаны на рис. 1, ширина составляет 70–100 см.

Особенностью орудия является подвижное закрепление лопастей на барабане, что позволило упростить конструкцию орудия, снизить энергоемкость и массу орудия. ОДП-0,6 агрегируется с тракторами Беларус Л82.2,

Онежец 300, масса орудия 700 кг. Орудие работает стабильно как с гусеничным, так и с колесным трактором, препятствия (пни, крупные порубочные остатки, камни и т. п.) преодолеваются без остановки трактора и без подъема орудия. Забивания рабочих органов порослью, порубочными остатками не наблюдалось.

Испытания и опытно-производственную проверку орудие проходило Московской и Тверской областях [7]. В 2014 г. проведено обследование семилетних культур ели в Сергиево-Посадском лесничестве Московской области. Осенью 2005 г. работы проводились на территории Хотьковского и Хомяковского участковых лесничеств. В 2006 г. были заложены культуры ели. На территории Хомяковского участкового лесничества обработка почвы проводилась двумя способами: дискретная обработка орудием ОДП-0,6 и полосная расчистка оборудованием для расчистки вырубок ОРВ-1,5 [8]. Оборудованием ОРВ-1,5 производили щадящую расчистку. С полосы удаляли порубочные остатки и мелкие пни, которые корчевали «с ходу», большие пни не корчевали и оставляли на полосе. Оборудование в почву не заглублялось, реализовывалась так называемая «нулевая» обработка почвы. Оборудо-



Рис. 3. Культуры ели, созданные по дискретной обработке почвы
Fig. 3. Spruce cultures planted according to discrete tillage

Результаты обследования семилетних культур ели
The survey of seven-year crops spruce

Показатели	Значения	
	Дискретная обработка почвы	Щадящая расчистка
Диаметр растений, см		
– среднее значение	3,4	3,4
– стандартное отклонение	0,84	0,93
– максимальное значение	5,8	5,9
– минимальное значение	1,7	1,5
Высота растений, см		
– среднее значение	2,3	2,0
– стандартное отклонение	0,71	0,66
– максимальное значение	4	4,2
– минимальное значение	1	0,6
Зависимость высоты растений h от диаметра d	$h = 0,683d; R_{\text{расч}} = 0,989; F_{\text{расч}} = 3563,1; t_{\text{расч}} = 59,7$	
Результаты анализа остатков	$F_{\text{расч}} = 0,025$	$F_{\text{расч}} = 0,025$
Дисперсионный анализ высот растений	$F_{\text{расч}} = 7,2$	
Число растений, шт./га		
– исходное значение	1452	2387
– на 01.05.2014 г.	1033	896
Сохранность, %	71,2	37,5
Средний шаг посадки, м	1,98	1,0
Расстояние между растениями в ряду, м		
– среднее значение, t_{cp}	2,61	2,66
– стандартное отклонение	1,6	3,21
– максимальное значение, t_{max}	9,3	22,4
– минимальное значение, t_{min}	1	0,6
Коэффициент неравномерности растений в ряду, $t_{\text{max}}/t_{\text{cp}}$	3,56	8,43
Среднее расстояние между рядами, м	3,7	4,2
Количество поросли, тыс. шт./га	17,6	
Состав лиственных пород	4Ив2Ос2БЛщКл	
Максимальная высота поросли лиственных пород, м		
– ива	4	
– береза	5	
– лещина	3	
– клен	5	

вание агрегатировалось с трактором ЛХТ-55. Ширина расчищаемой полосы 1,5 м. Обработка почвы орудием ОДП-0,6 и оборудованием ОРВ-1,5 проводилась осенью 2005 г.

Культуры закладывались на свежей вырубке (вырубка 2004 г.). Тип леса на участке – ельник сложный широколиственный, тип лесорастительных условий – C_2 . Состав насаждения до рубки 6ОС3Олс1Б. Возобновление мягколиственными породами очаговое, высотой до 1,5 м, породный состав: осина, ива, лещина. Число пней – 700 шт./га. Высота живого напочвенного покрова до 40 см, ботанический состав: осока, ситник, хвощ, сныть. Задернение среднее. Почва среднесуглини-

стая свежая, подстилаемая тяжелым суглинком. Рельеф волнистый. Опытный участок расположен на пологом возвышении.

Посадка осуществлялась вручную с использованием посадочного меча. Сажали саженцы ели (2+3). При дискретной обработке почвы посадка проводилась по одному растению в пласт. При посадке по расчищенным полосам посадка проводилась по центру полосы, шаг посадки 1 м. Приживаемость на третий год составила 94,0 %. Агротехнические уходы не проводились. В 2013 г. было проведено осветление: в междурядьях через ряд была удалена поросль нежелательных пород. Уход проводили вручную.

При обследовании были заложены 4 пробные площади длиной 50 м. Каждая из них включала 5 рядов культур. Две пробные площади заложены в культурах, созданных по дискретной обработке почвы, и две в культурах, созданных по расчищенным полосам. На пробных площадях были проведены замеры диаметров стволов, высоты растений, расположения растений по длине ряда, расстояния между рядами, состава, количества и высоты нежелательной растительности в междурядьях. Полученные значения обрабатывались методами математической статистики. Результаты представлены в таблице.

Были составлены уравнения регрессии зависимости высоты растений от диаметра при дискретной обработке почвы, полосной расчистки и общее уравнение, в которое вошли оба набора данных. Анализ остатков показал, что они относятся к одной генеральной совокупности, то есть размеры растений описываются одним уравнением, которое приведено в таблице. Таким образом, подтверждаются однородность посадочного материала и условий произрастания растений, посаженных по дискретной обработке почвы и щадящей расчистке.

Проведен однофакторный дисперсионный анализ высот растений, посаженных по дискретной обработке почвы и полосной расчистке. В результате установлено (таблица), что разница высот статистически значима: растения, посаженные по дискретной обработке почвы, имеют большую высоту, чем растения, посаженные при щадящей расчистке.

Сохранность растений при дискретной обработке почвы практически в два раза выше, чем при щадящей расчистке (таблица), причем пропуски при дискретной обработке почвы расположены более равномерно по длине ряда.

На рис. 3 показан общий вид культур ели, созданных по дискретной обработке почвы.

При создании лесных культур основными нормативными документами являются Правила лесовосстановления и Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов [9, 10]. Для рассматриваемых условий начальная густота

посадки должна быть не менее 3000 шт. семян на га, при переводе в лесопокрытые земли количество деревьев главной породы должно быть не менее 2000 шт./га, при этом расстояние между растениями не более 50 см. Эти требования соблюдаются при посадке в посадочное место двух растений. Если почвы временно переувлажняемые или дренированные, при отсутствии угрозы пересыхания пласта посадка осуществляется в пласт (посадочные места 1 и 2 на рис. 1), если почвы сухие или дренированные и существует угроза пересыхания пласта, то посадка осуществляется в площадку (посадочные места 2 и 3 на рис. 1). Минимальное расстояние между рядами при проведении механизированного ухода 3,3 м. Таким образом, требования нормативных документов соблюдаются. При необходимости увеличить количество высаживаемых растений можно производить посадку в посадочные места 1, 2, 3 (рис. 1), корректируя положение растений 1 и 3 в соответствии с условиями произрастания. Также можно использовать схему со «спаренными» рядами, при которой расстояния между рядами меняются: 3,3 м – 1,8 м – 3,3 м – 1,8 м и так далее. Механизированный уход осуществляется между спаренными рядами. При использовании трактора класса тяги 3 возможна навеска одновременно двух орудий ОДП-0,6 на один трактор. Для этого используется специальная сцепка. В этом случае обработка почвы спаренными рядами возможна за один проход агрегата. Такие схемы посадки растений в различных сочетаниях обеспечивают до 5500 посадочных мест на га.

Таким образом, орудие ОДП-0,6 реализует преимущества дискретной обработки почвы: улучшает условия питания, почвенный климат, что обеспечивает лучшие условия для роста и позволяет растениям успешно конкурировать с листовыми породами. Это позволяет до минимума сократить количество уходов и, используя естественный режим выращивания, получить высокие показатели сохранности растений. Необходимо отметить, что при отсутствии агротехнических уходов и высокой конкуренции со стороны листовых пород сохранность культур составила бо-

лее 70 % и эти растения имеют хорошие перспективы для дальнейшего развития.

Библиографический список

1. Ларюхин, Г.А. Система лесохозяйственных машин / Г.А. Ларюхин, Н.П. Калининченко, В.В. Чернышев и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 264 с.
2. Маркова, И.А. Обобщение 30-летнего опыта плантационного лесовыращивания в таежной зоне России / И.А. Маркова, Т.А. Шестакова, Н.В. Большакова, О.Ю. Бутенко // Тр. СПбНИИЛХ: Вып. 2 (12) – СПб., 2004. – С. 58–76.
3. Шумаков, В.С. Современные способы подготовки почв под лесные культуры / В.С.Шумаков, В.Н.Кураев – М.: Лесная промышленность, 1973. – 160 с.
4. Морозов, Г.Ф. Очерки по лесокультурному делу. – М.–Л.: Сельхозгиз, 1930. – 100 с.
5. Соколов, А.И. Механизация обработки почвы на нераскорчеванных вырубках в условиях Карелии / А.И. Соколов, В.А. Харитонов, Т.И. Кривенко – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. – 100 с.
6. Алябьев, А.Ф. Обоснование технологических комплексов машин для лесовосстановления: монография. – М.: МГУЛ, 2010. – 265 с.
7. Алябьев, А.Ф. Орудие для дискретной обработки почвы ОДП-0,6 // Лесное хозяйство. – 2010. – № 3. – С. 46–47.
8. Зинин, В.Ф. Технология и механизация лесохозяйственных работ / В.Ф. Зинин, В.И. Казаков, О.Г. Климов; Под ред. В.Г. Шаталова. – М.: Академия, 2004. – 320 с.
9. Правила лесовосстановления. Приказ Минприроды РФ от 16 июля 2007 г. № 183: с изменениями на 5 ноября 2013 г.
10. Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов. Приказ Рослесхоза от 10 ноября 2011 г. № 472.
11. Сайт Bracke Forest AB. – <http://www.brackeforest.com>, свободный.

EXPERIENCE IN CREATING SPRUCE PLANTATIONS AT THE MOUNDING MACHINE ODP-0,6

Alyab'ev A.F., Prof. MGUL, Dr. Sci. (Tech.)⁽¹⁾

alyabievaf@rambler.ru

⁽¹⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

Now the Russian plantators tend to use ploughshare ploughs during the preparation of the soil for forest plantations. They can be used on the cuts with the number of stumps of up to 600 units/ha, which accounts for 50 % of all deforestation. With a larger number of stumps a clearing with partial stumps brushing is required. Mounding allows to avoid clearing. However, mounding has not been widely used in Russia. The main reason is the lack of the technical means. The article describes a machine for mounding ODP-0,6 and the results of the survey of the seven-year spruce plantations. Moulder ODP-0,6 creates intermittent (alternating) mounds and sites on drained and wet soils of different texture. The moulder allows you to prepare the soil at cuts with the number of stumps of up to 900 units/ha and the amount of wood residuals of up to 50 m³/ha. In the Sergiev Posad forestry of the Moscow region seven-year spruce plantations have been surveyed. The soil preparation was done in two ways: by the mounding machine ODP-0.6 and by the equipment to clear felling ORV-1,5. As a result, the difference of the heights of the plants is statistically significant: plants planted on mounding have a greater height than plants planted by gentle cleaning. The preservation of plants with mounding is almost two times higher than for gentle cleaning, and omissions in mounding are more even along the length of the series.

Keywords: plantations, site preparation, moulder.

References

1. Laryukhin G.A., Kalinichenko N.P., Chernyshev V.V. *Sistema lesokhozyaystvennykh mashin* [The system of forest machines]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 264 p.
2. Markova I.A., Shestakova T.A., Bol'shakova N.V., Butenko O.Yu. *Obobshchenie 30-letnego opyta plantatsionnogo lesovyrashchivaniya v taezhnoy zone Rossii* [Summarizing 30 years of experience of plantation forest in the taiga zone of Russia] Proceedings of the Saint-Petersburg Forestry Research Institute: issue 2 (12). Saint-Petersburg, 2004. pp. 58-76.
3. Shumakov V.S., Kuraev V.N. *Sovremennyye sposoby podgotovki pochv pod lesnye kul'tury* [Modern methods of preparation of soils under forest culture]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1973. 160 p.
4. Morozov G.F. *Ocherki po lesokul'turnomu delu* [Essays on silvicultural case] Moscow-Leningrad: Sel'khozgiz, 1930. 100 p.
5. Sokolov A.I., Kharitonov V.A., Krivenko T.I. *Mekhanizatsiya obrabotki pochvy na neraskorchevannykh vyrubkakh v usloviyakh Karelii* [Mechanization of tillage on proscaronline felling in terms of Karelia]. Pertozavodsk: Karelian research centre of RAS, 2008. 100 p.
6. Alyab'ev A.F. *Obosnovanie tekhnologicheskikh kompleksov mashin dlya lesovosstanovleniya: monografiya* [Substantiation of technological machines for reforestation: monograph]. Moscow: MFSU, 2010. 265 p.
7. Alyab'ev, A.F. *Orudie dlya diskretnoy obrabotki pochvy ODP-0,6* [Moulder ODP-0,6]. Forestry. 2010. no 3. pp. 46-47.
8. Zinin V.F., Kazakov V.I., Klimov O.G. *Tekhnologiya i mekhanizatsiya lesokhozyaystvennykh rabot* [Technology and mechanization of forestry work]. Moscow: Akademiya, 2004. 320 p.
9. *Pravila lesovosstanovleniya prikaz Minprirody RF ot 16 iyulya 2007 g. № 183: s izmeneniyami na 5 noyabrya 2013 g.* [Rules reforestation. Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation dated July 16, 2007, No. 183: changes on November 5, 2013].
10. *Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu gosudarstvennoy inventarizatsii lesov. Prikaz Rosleskhoza ot 10 noyabrya 2011 g. № 472* [Methodical recommendations for the national forest inventory. Order of the Federal forestry Agency dated 10 November 2011 No. 472]
11. <http://www.brackeforest.com>, svobodnyy.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ СМОЛЕНСКО-МОСКОВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

А.А. КОЖЕНКОВА, доц. МГУЛ, канд. с.-х. наук⁽¹⁾,
М.И. ЗАХАРОВА, асп. МГУЛ⁽¹⁾

zaharova@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Рассматриваются особенности роста сеянцев и саженцев сосны обыкновенной в условиях лесных питомников Московской, Смоленской, Ярославской и Владимирской областей. Исследовался посадочный материал, максимальный биологический возраст которого составлял семь лет. Определен оптимальный возраст посадочного материала, в котором достигается наилучшая приживаемость в лесных культурах. Высокую энергию роста по высоте и диаметру корневой шейки имеют сеянцы до трехлетнего возраста включительно. В этом же возрасте наблюдается лучшее соотношение массы мелких корней к массе надземной части растений. С увеличением биомассы надземной части по отношению к корням идет снижение сохранности и приживаемости, что значительно тормозит рост сеянцев. Сеянцы старше трехлетнего возраста можно считать переросшими и их нецелесообразно использовать для лесовосстановления. По результатам биометрических замеров саженцы сосны 1+4, 1+5 и 1+6 можно считать лидерами по сравнению с саженцами, перешколенными двухлетними сеянцами и достигшими биологического пятилетнего, шестилетнего и семилетнего возрастов. Они лидируют и по сравнению с сеянцами. Лучшими показателями роста отличаются саженцы, выращенные из однолетних сеянцев. Максимальная энергия роста наблюдалась у саженцев 1+2 и 1+3. Ведущая роль в процессах роста принадлежит биомассе мелких корней. У сеянцев, как одного из основных видов посадочного материала, исследована масса мелких корней и надземной части. Полученные результаты показали, что оптимальным является соотношение массы мелких корней к надземной части у одно- и двухлетних сеянцев.

Ключевые слова: лесной питомник, сосна обыкновенная, сеянцы, саженцы

Рост и состояние сеянцев и саженцев сосны обыкновенной исследовали на массовом материале, полученном в лесных питомниках Московской, Смоленской, северо-западной части Владимирской и юга Ярославской областей. Биометрическим замерам подлежал посадочный материал, максимальный биологический возраст которого составил семь лет.

Результаты биометрических замеров (высот и диаметров корневой шейки) представлены в табл. 1 и 2.

Лучшие показатели наблюдались у саженцев сосны, перешколенных сеянцами однолетнего возраста. Саженцы сосны 1+4, 1+5 и 1+6 имеют явное преимущество по сравнению не только с сеянцами, но и с саженцами, перешколенными двухлетними сеянцами, достигшими такого же биологического возраста, т. е. в возрасте 5, 6 и 7 лет.

Важным показателем жизненного состояния растений является энергия роста по В.В. Огиевскому [1]. Максимальную энергию роста, по нашим данным, имели саженцы 1+2, 1+3 и 2+2. Такой посадочный материал в отношении саженцев следует считать опти-

мальным для их посадки на лесокультурную площадь.

Вместе с тем саженцы сосны обыкновенной как лесокультурный посадочный материал биологически проигрывают перед сеянцами, ибо сосна, особенно в возрасте более пяти лет, болезненно переносит многократную пересадку [2]. Поэтому в лесокультурной практике классическим посадочным материалом для сосны обыкновенной утвердились сеянцы. Их не только технологически проще выращивать, но они еще в оптимальном для посадки возрасте имеют хорошую приживаемость [3]. В зональном аспекте в таежной зоне используют трехлетние сеянцы, в зоне хвойно-широколиственных лесов – двухлетние, а в лесостепи и степи – однолетние сеянцы, где последние в условиях южных питомников достигают стандартных размеров [4].

Сеянцы сосны (табл. 2) имеют максимальную энергию роста включительно до трехлетнего возраста. Затем с четырех лет идет снижение этого показателя. Особенно резко энергия роста уменьшается по диаметру корневой шейки и составляет к 6–7-летне-

Биометрические показатели и энергия роста саженцев сосны обыкновенной
Biometric parameters and the energy of transplanted plants of Pinus sylvestris

Возраст, лет	Статистические показатели				Энергия роста, %
	$M \pm m$	δ	$V, \%$	$P, \%$	
Высота, см					
1 + 1	13,1 ± 0,3	3,4	38,0	2,9	–
1 + 2	27,2 ± 0,7	9,7	26,9	1,9	108
1 + 3	48,1 ± 0,1	13,7	23,2	1,7	77
1 + 4	83,2 ± 1,4	18,6	20,9	1,5	73
1 + 5	130,4 ± 1,5	32,5	28,1	1,2	57
1 + 6	183,1 ± 2,3	31,7	17,0	1,3	40
2 + 1	20,5 ± 0,6	6,8	24,1	2,9	–
2 + 2	35,7 ± 0,5	4,6	31,0	3,7	74
2 + 3	60,5 ± 0,9	7,3	28,9	3,5	69
2 + 4	101,1 ± 1,1	13,0	17,0	3,0	67
Диаметр корневой шейки, мм					
1 + 1	2,7 ± 0,1	0,8	29,6	3,7	–
1 + 2	5,4 ± 0,3	1,4	25,9	5,6	100
1 + 3	12,1 ± 0,6	3,5	28,9	5,0	124
1 + 4	19,8 ± 0,8	4,3	21,7	3,9	64
1 + 5	25,0 ± 0,9	4,1	16,4	3,6	26
1 + 6	29,2 ± 0,9	4,4	15,1	3,1	17
2 + 1	5,3 ± 0,4	1,8	26,7	4,8	–
2 + 2	11,0 ± 0,5	2,8	26,7	4,9	108
2 + 3	18,0 ± 0,6	3,4	20,1	4,0	64
2 + 4	24,6 ± 0,7	4,3	16,7	3,2	37

Биометрические показатели и энергия роста сеянцев сосны обыкновенной
Biometric parameters and the power of seedlings growth of Pinus sylvestris

Возраст, лет	Статистические показатели				Энергия роста, %
	$M \pm m$	δ	$V, \%$	$P, \%$	
Высота, см					
1	4,7 ± 0,2	2,6	55,0	2,8	–
2	14,1 ± 0,8	7,2	30,0	3,8	200
3	32,8 ± 1,0	8,3	24,6	3,1	133
4	50,0 ± 2,2	16,0	33,0	5,9	52
5	81,2 ± 3,9	14,0	17,2	4,8	62
6	122,4 ± 6,3	20,1	16,3	5,1	51
7	164,5 ± 3,5	25,4	15,5	2,1	34
Диаметр корневой шейки, мм					
1	1,6 ± 0,1	0,5	31,3	6,3	–
2	2,9 ± 0,2	0,8	30,5	5,0	81
3	5,5 ± 0,3	1,5	28,7	4,9	90
4	9,7 ± 0,6	3,4	35,1	6,0	76
5	10,9 ± 0,8	3,9	35,6	6,6	12
6	11,9 ± 0,9	4,0	33,6	7,5	9
7	12,8 ± 0,9	4,8	37,5	7,0	8

Отношение массы мелких корней к массе надземной части у сеянцев сосны
The ratio of the mass of fine roots to the mess of the aboveground parts of the pine seedlings

Возраст сеянцев, лет	Отношение массы мелких корней к массе надземной части		Процентное соотношение факта к оптимуму, %
	фактическое	оптимальное (по В.В. Миронову)	
1	1 : 4,4	1 : 5	88
2	1 : 6,3	1 : 7	90
3	1 : 14,0	1 : 11	127
4	1 : 28,1	1 : 18	156
5	1 : 47,3	1 : 29	163

му возрасту сеянцев всего лишь 9–8 %. Таким образом, переросшими, исходя из энергии роста сеянцев в лесных питомниках региона исследований, можно считать даже 4-летние сеянцы.

Многие авторы [5–10] указывают на то, что высококачественный посадочный материал тот, который имеет оптимальное соотношение между надземной биомассой и корневой системой. Лучший рост сеянцев сосны не старше двухлетнего возраста А.Р. Родин [8] объясняет оптимальным соотношением надземной и подземной частей растений, которое находится в пределах 2:1 – 3:1. Чем больше биомасса надземной части посадочного материала по отношению к корням, тем в большей степени снижается приживаемость, сохранность и увеличивается торможение роста.

По мнению В.В. Миронова [10], главную роль в ростовых процессах играет не корневая система в целом, а биомасса мелких корней. В его опытах сеянцы с полностью удаленными мелкими корнями к осени почти все погибли (приживаемость составила всего лишь 6–8 %).

Акцентируя внимание на сеянцах как основном виде посадочного материала для сосны обыкновенной, мы получили данные по соотношению массы мелких корней с массой надземной части у сеянцев в возрасте от одного до пяти лет включительно (табл. 3).

Результаты расчетов показали, что лучшим соотношением массы мелких корней с массой надземной части обладают

сеянцы сосны одно- и двухлетнего возраста. У трехлетних сеянцев этот показатель близок к оптимальному, а сеянцы старше этого возраста можно считать переросшими. Таким образом, эти данные полностью совпали с данными по энергии роста сеянцев (табл. 2).

Библиографический список

1. Огиевский, В.В. Энергия и интенсивность роста как показатели состояния культур / В.В. Огиевский // Материалы науч. техн. конф. – Л.: ЛГА, 1968. – С. 31.
2. Майер, Ф.Х. Опыт сельского благоустройства, или полиция / Ф.Х. Майер. – М.: Издание Московского университета, 1835. – 372 с.
3. Мерзленко, М.Д. Лесокультурное дело / М.Д. Мерзленко. – М.: МГУЛ, 2009. – 124 с.
4. Отраслевой стандарт ОСТ 56-98-93 «Сеянцы и саженцы основных древесных и кустарниковых пород. Технические условия». – М., 1993. – 40 с.
5. Смирнов, Н.А. Выращивание посадочного материала / Н.А. Смирнов, И.К. Козловская. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – С. 125–158.
6. Якушев, Б.И. Особенности роста и развития культур сосны в зависимости от условий выращивания посадочного материала / Б.И. Якушев, О.О. Ермакова // Фитоценологические исследования в Белоруссии. – Минск, Наука и техника, 1972. – С. 99–106.
7. Родин, А.Р. Оптимальное соотношение надземной биомассы посадочного материала и корневых систем хвойных пород, изд. ЦБНТИлесхоза / А.Р. Родин, В.В. Грибков, А.В. Никитина // Лесохозяйственная информация. – Вып. 15., 1974. – С. 13–14.
8. Родин, А.Р. Эффективность культур сосны и ели на вырубках зоны смешанных лесов / А.Р. Родин // Возобновление леса. – М.: Колос, 1975. – С. 175–196.
9. Смирнов, Н.А. Оптимальные соотношения корневой системы и надземной части у посадочного материала сосны и ели для приживаемости в культурах / Н.А. Смирнов // Выращивание сосны и ели в лесных культурах. – Пушкино, 1975. – С. 111–133.
10. Миронов, В.В. Экология хвойных пород при искусственном лесовозобновлении / В.В. Миронов. – М.: Лесная пром-сть, 1977. – 232 с.

CHARACTERISTICS OF GROWTH OF PLANTING MATERIAL OF SCOTS PINE IN THE FOREST NURSERIES OF THE SMOLENSK-MOSCOW REGION

Kozhenkova A.A., Assoc. Prof. MSFU., Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾; Zakharova M.I., pg. MSFU

zaharova@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischi, Moscow reg., Russia

The growth characteristics of seedlings and saplings of Scots pine in forest nurseries of the Moscow, Smolensk, Yaroslavl and Vladimir regions have been considered. The planting material studied was the one of a maximum biological age of seven years. The optimum age of seedlings that achieved the best survival rate in forest cultures has been found. The seedlings of the three-year age have the highest growth power in height and root collar diameter. At this age there is the best ratio of the mass of fine roots to the weight of the aboveground plant parts. The increase of biomass of the aerial parts compared to the roots results in reducing the preservation and survival potential, which significantly inhibits the growth of seedlings. The seedlings above the age of three can be considered overgrown, and it is impractical to use them for reforestation. According to the results of biometric measurements, the pine seedlings 1+4, 1+5 and 1+6 can be considered the leaders as compared to the saplings, transferred two-year seedlings, and those which reached five-year, six-year and seven-year ages. They show the best growth rate that differs them from saplings grown from one-year seedlings. The maximum energy growth has been observed in the transplanted plants 1+2 and 1+3. The leading role in the processes of growth belongs to the biomass of small roots. In the seedlings, as one of the main types of planting material, the mass of fine roots and that of aboveground parts have been studied. The results showed that the optimum ratio is the mass of fine roots to the aerial parts is in one – and two-year seedlings.

Key words: Scotch pine, forest garden, seedlings, transplanted plant

References

1. Ogievskiy V.V. *Energiya i intensivnost' rosta kak pokazateli sostoyaniya kul'tur* [Energy and growth as indicators of the condition of crops]. Scientific. tech. conf., Leningrad: LGA, 1968. pp. 31.
2. Mayer F.Kh. *Opyt sel'skogo blagoustroystva, ili politzii* [The experience of rural improvement, or the police]. Moscow: the publication of Moscow University, 1835. 372 p.
3. Merzlenko M.D. *Lesokul'turnoe delo* [Silvicultural case]. Moscow: MSFU, 2009. – 124 p.
4. Otrasevovoy standart OST 56-98-93 «*Seyantsy i sazhenitsy osnovnykh drevesnykh i kustarnikovykh porod. Tekhnicheskie usloviya*» [Seedlings of the transplanted plants and shrub species. Specifications]. Moscow: 1993. 40 p.
5. Smirnov N.A., Kozlovskaya I.K. *Vyrashchivanie posadochnogo materiala* [Planting material]. Moscow: Forest industry Publ., 1971. – P.125–158.
6. Yakushev B.I., Ermakova O.O. *Osobennosti rosta i razvitiya kul'tur sosny v zavisimosti ot usloviy vyrashchivaniya posadochnogo materiala* [Characteristics of growth and development of crops of pine depending on the conditions of cultivation of planting material]. Phytocenological research in Belarus. Minsk: Science and technology, Publ., 1972. pp. 99–106.
7. Rodin A.R., Gribkov V.V., Nikitina A.V. *Optimal'noe sootnoshenie nadzemnoy biomassy posadochnogo materiala i korneykh sistem khvoynykh porod* [The optimal ratio of aboveground biomass planting material and root systems of conifers]. Forestry information Publ, vyp.15, 1974. pp.13–14.
8. Rodin A.R. *Effektivnost' kul'tur sosny i eli na vyrubkakh zony smeshannykh lesov* [The efficiency of plantations of pines and fir trees in clearings of the zone of mixed forests]. Renewal of the forest, Moscow: Kolos Publ., 1975. pp. 175–196.
9. Smirnov N.A. *Optimal'nye sootnosheniya korneykh sistem i nadzemnoy chasti u posadochnogo materiala sosny i eli dlya prizhivaemosti v kul'turakh* [The optimum ratio of the root system and aerial parts have planting material of pine and spruce for survival in cultures]. Pushkino, 1975. pp. 111–133.
10. Mironov V.V. *Ekologiya khvoynykh porod pri iskusstvennom lesovozobnovlenii* [Ecology of coniferous breeds in artificial reforestation]. Moscow: Forest industry Publ., 1977. 232 p.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИПИДОВ В СТВОЛОВОЙ ЧАСТИ ДЕРЕВЬЕВ
BETULA PENDULA ROTH И *B. PUBESCENS* EHRLH

Т.А. ШУЛЯКОВСКАЯ, *ст. науч. сотрудник, ИЛ КарНЦ РАН, канд. биол. наук*⁽¹⁾,
М.К. ИЛЬИНОВА, *науч. сотрудник ИЛ КарНЦ РАН, канд. биол. наук*⁽¹⁾

tashulyak@gmail.com

⁽¹⁾ФГБУН Институт леса Карельского научного центра Российской академии наук (ИЛ КарНЦ РАН),
Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910

Было изучено содержание суммарных липидов и их фракций в стволовой части карельской березы в сравнении с березой повислой и березой пушистой, выяснены особенности липидного состава тканей ствола при образовании узорчатой древесины. Установлено, что узорчатая древесина карельской березы (40 лет) содержит больше фосфолипидов на единицу массы, чем ее кора или кора и древесина березы повислой и березы пушистой, обладающих прямослойным строением. Кора карельской березы отличается высоким уровнем гликолипидов на единицу массы. Изучение состава липидов в тканях ствола 7-летних саженцев карельской березы в процессе развития узорчатости их древесины продемонстрировало те же закономерности распределения фракций липидов по тканям ствола, что и у взрослых растений. Метаболизм карельской березы с аномальным развитием ствола настроен таким образом, что происходит накопление гликолипидов в коре и фосфолипидов в древесине, причем эта особенность проявляется уже на ранних стадиях формирования ствола дерева у саженцев на втором году жизни, когда еще нет видимых отличий в его строении, но, вероятно, есть потенциальная способность к аномальному развитию. При создании оптимальных условий выращивания таких саженцев можно получить желаемый результат, а именно, стволы с узорчатой древесиной. Во всяком случае, в стволе карельской березы достоверно выше уровень мембранных липидов, чем у других объектов данного рода, что свидетельствует об особенностях строения клеточных мембран тканей, а это может быть связано с составом и активностью мембраносвязанных ферментов, с пропускной способностью мембран клеток для ионов и молекул веществ, что приводит к изменению пути развития тканей ствола и формированию аномальной древесины.

Ключевые слова: карельская береза, береза повислая, береза пушистая, нейтральные липиды, фосфолипиды, гликолипиды, кора, древесина

В*Betula pendula* Roth и *B. pubescens* Ehrh. являются наиболее распространенными видами березы в Карелии. К виду *Betula pendula* Roth принадлежат 2 формы: карельская береза *Betula pendula* var. *carelica* (Mercklin) Ндмет-Аhti и береза повислая *Betula pendula* var. *pendula*. Они рассматриваются в сравнении с одновозрастными деревьями другого вида – березы пушистой *Betula pubescens* Ehrh. Карельская береза – ценное и морфологически необычное растение, которое отличается аномальной узорчатой древесиной. Рисунок древесины карельской березы создается благодаря свилеватости волокнистых элементов, наличию темноокрашенных включений паренхимной ткани и извилистости годичных колец. Наибольшую хозяйственную ценность имеет сильно свилеватая древесина с многочисленными коричневыми включениями [1]. Образование древесины и коры является результатом деятельности камбия, гетеротрофная природа которого делает его полностью зависимым от притока фотоассимилятов. По флоэме осуществляется транспорт продуктов фотосинтеза к местам

их потребления и, в частности, в камбиальную зону, являющуюся в период утолщения ствола одним из основных акцепторов ассимилятов [2]. Как известно, сахароза – конечный продукт фотосинтеза и важнейшая транспортная форма углеводов в растениях [3]. Существует мнение, что особенности строения карельской березы связаны с накоплением в стволе избытка ассимилятов [2]. При поступлении избыточных количеств сахарозы в клетках растений накапливаются липиды [4]. Синтез жирных кислот и затем жиров происходит из сахаров, образовавшихся в процессе фотосинтеза. Электронно-микроскопические исследования показали, что для всех живых клеток узорчатой древесины карельской березы характерно повышенное (по сравнению с нормальной) содержание липидов в течение всего года [5]. Представляет интерес изучение распределения липидов в стволовой части карельской березы в процессе формирования узорчатой древесины.

Целью данной работы было изучение содержания суммарных липидов и их фракций в стволовой части карельской бе-

резы *Betula pendula* var. *carelica* (Mercklin) Ндмет-Аhti в сравнении с березой повислой *B. pendula* Roth и березой пушистой *B. pubescens* Ehrh., выяснение особенностей липидного состава тканей ствола при образовании узорчатой древесины.

Объектами исследований были взрослые 40-летние деревья березы пушистой, березы повислой и карельской березы, растущие на экспериментальных участках Института леса КарНЦ РАН в окрестностях г. Петрозаводска (Республика Карелия). В статье приводятся данные их изучения в 2007 и 2008 гг. В 2008–2009 гг. проводили исследования в однолетних сеянцах этих же видов и форм, выращенных в одной теплице из сертифицированных семян от контролируемого опыления, закупленных в Финляндии в фирме Fogelia OY. Из таких же семян были выращены к 2009 г. 7-летние растения карельской березы, а среди них к указанному возрасту выделились особи с аномальным развитием ствола, которое выражалось в появлении утолщений на стволах и узорчатости в древесине. На этих объектах провели исследование участков стволов с разной степенью узорчатости древесины в сравнении. Образцы коры и древесины берез (по три дерева каждого варианта) отбирали в фазу активной деятельности камбия (июль), разрезали на тонкую стружку, фиксировали в жидком азоте, высушивали в лиофильной сушилке. Высушенный материал усредненной навески измельчали на электрической мельнице, просеивали через сито 1 мм. Суммарные липиды экстрагировали смесью хлороформа и метанола в соотношении 2 : 1 по объему [6]. Фракционирование суммарных липидов осуществляли методом колоночной хроматографии [7]. На колонку с силикагелем (Davisil, Grade 634, pore size 60 A, 100–200 mesh) переносили липидный экстракт и элюировали растворителями отдельные фракции: хлороформом – нейтральные липиды (НЛ), ацетоном – гликолипиды (ГЛ), метанолом – фосфолипиды (ФЛ). Жирные кислоты липидных фракций исследовали в виде их метиловых эфиров на хроматографе «Хро-

матэк – Кристалл-5000.1» (Йошкар-Ола, Республика Марий Эл). Содержание жирных кислот в липидах определяли с помощью внутреннего стандарта – маргариновой кислоты. Данные были получены с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Аналитическая лаборатория» ИЛ КарНЦ РАН.

Проведенное исследование содержания суммарных липидов в ствольной части взрослых деревьев березы пушистой, березы повислой и карельской березы показало значительное преимущество этих соединений в коре карельской березы. Суммарных липидов почти вдвое больше (в расчете на 1 г сухого вещества) в коре карельской березы, чем у березы повислой и березы пушистой. Древесина карельской березы также отличалась более высоким содержанием суммарных липидов, особенно по сравнению с березой пушистой. Сравнение содержания отдельных фракций липидов в древесине берез показывает преобладание нейтральных липидов и фосфолипидов у карельской березы. Напротив, гликолипиды в древесине карельской березы находились в наименьшем количестве (рис. 1 Б). В коре отмечено значительное преимущество нейтральных липидов и заметное преобладание гликолипидов у карельской березы по сравнению с березой пушистой и березой повислой (рис. 1 А). Анализ соотношения содержания отдельных фракций в коре и древесине каждой из берез, показал, что у карельской березы наибольшее преобладание коры над древесиной в нейтральных липидах (в 3,3 раза) и особенно в гликолипидах (в 16 раз), а в фосфолипидах наибольшее преимущество древесины над корой по сравнению с другими березами. Следовательно, у карельской березы больше накапливается запасных липидов (нейтральных липидов) в коре, в мембранах коры выше содержание гликолипидов, а в древесине больше мембранных липидов – фосфолипидов, чем у двух других берез. Если в коре карельской березы гликолипиды составили около половины всех липидов (46,3 % от суммарного количества), а

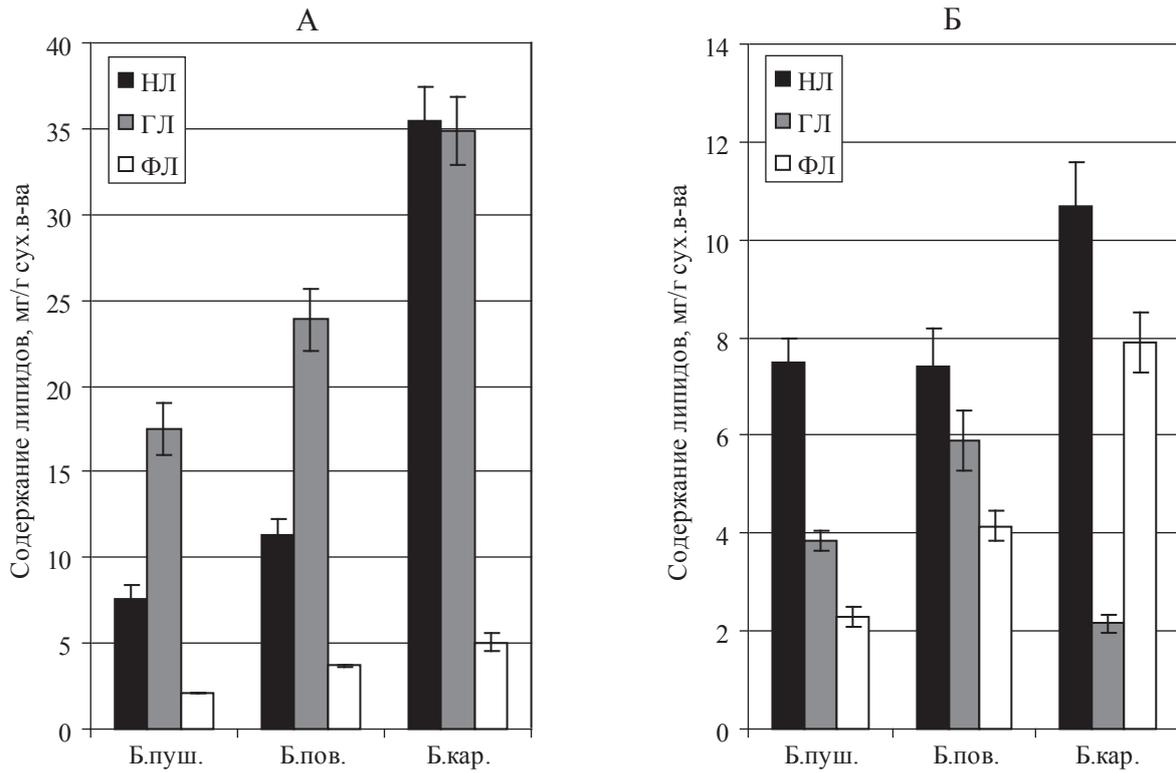


Рис. 1. Содержание фракций липидов в коре (А) и древесине (Б) ствола взрослых деревьев березы разных видов и форм

Fig. 1. The content of lipid fractions in the bark (А) and the timber (Б) of adult stems of birch trees of different kinds and forms

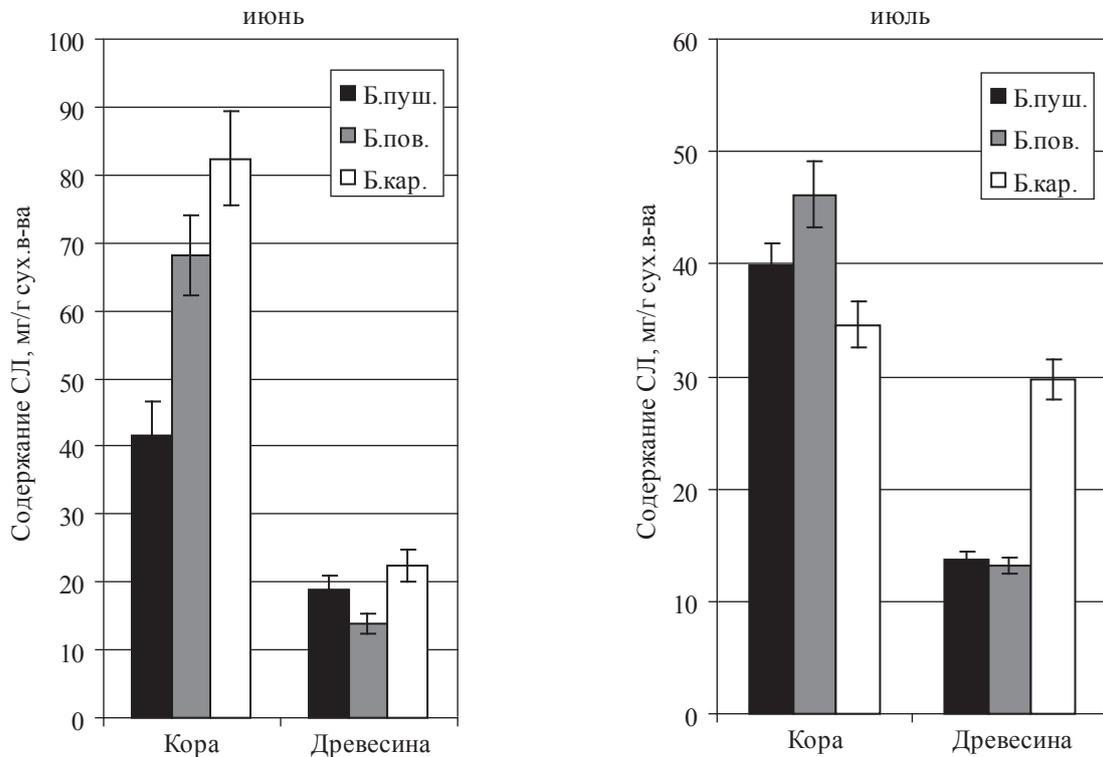


Рис. 2. Содержание суммарных липидов (СЛ) в коре и древесине стволиков 1-летних сеянцев берез в июне и июле 2008 года

Fig. 2. The content of total lipids in the bark and timber of stems of 1-year-old birch seedlings in June and July, 2008

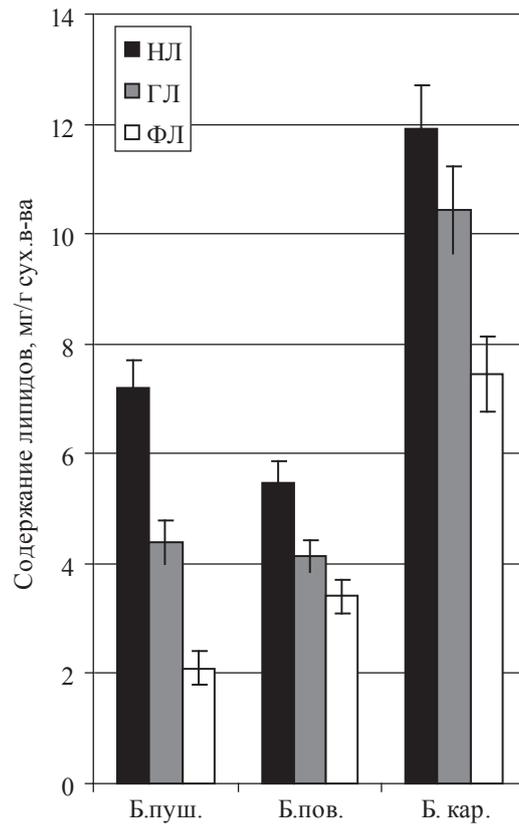


Рис. 3. Содержание фракций липидов в древесине стволиков 1-летних сеянцев берез в июле 2008 года

Fig. 3. The content of lipid fractions in the timber of Stalks 1-year-old birch seedling stems in July 2008

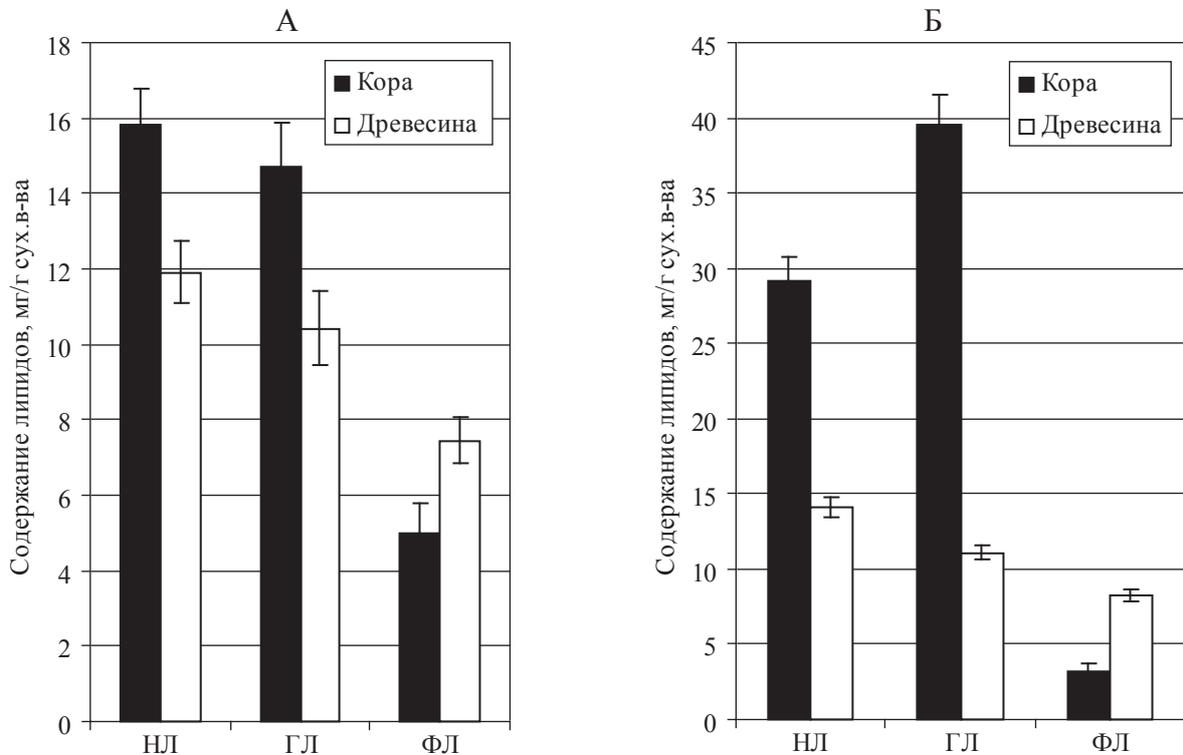


Рис. 4. Содержание фракций липидов в коре и древесине стволика 1-летних сеянцев карельской березы (А) и в узорчатой части ствола 7-летних деревьев карельской березы (Б)

Fig. 4. The content of lipid fractions in the bark and timber of the stems of 1-year-old seedlings of Karelian birch (А) and the patterned part of the stem of 7-year-old trees of Karelian birch (Б)

фосфолипиды лишь 6,7 %, то в древесине картина иная: гликолипиды – 10,4 %, а фосфолипиды – 38 % от общей суммы. Т. е. у карельской березы из мембранных липидов в коре выше доля гликолипидов, а в древесине – фосфолипидов. Кроме того, что кора у карельской березы имеет значительную толщину, она еще содержит большое количество нейтральных (запасных) липидов и гликолипидов (мембранных) в расчете на единицу сухой массы по сравнению с двумя другими березами.

Исследования тканей стволика однолетних сеянцев берез показали, что в период завершения роста листовых пластинок и активного оттока ассимилятов в ствол в конце июня в коре карельской березы накапливалось значительно больше суммарных липидов, чем у березы повислой и березы пушистой, в то же время в древесине сеянцев карельской березы отмечалось незначительное преимущество липидов по сравнению с березами двух видов (рис. 2). В середине июля, когда происходил активный рост стволиков в толщину, наблюдалось возрастание уровня липидов в древесине карельской березы при снижении их количества в коре. Именно карельская береза на раннем этапе онтогенеза показывала накопление суммарных липидов в начале (в июне) в коре, а потом в древесине (июль). Разделение суммарных липидов на фракции в июльских образцах древесины сеянцев показало преимущество карельской березы над двумя другими березами по содержанию всех трех фракций: нейтральных липидов, гликолипидов и фосфолипидов у нее было в 2 с лишним раза больше, чем у других объектов (рис. 3). Только в сеянцах карельской березы наблюдалось преобладание древесины над корой по содержанию фосфолипидов (рис. 4 А). Скорей всего, происходило перемещение сахарозы из коры в древесину и превращение ее там в липиды. В итоге на втором году жизни, когда еще не было видимого отличия в строении стволиков сеянцев березы разных видов и форм, происходили метаболические процессы в тканях стволика, приво-

дившие к накоплению липидов в древесине карельской березы.

Были проведены исследования 7-летних деревьев карельской березы с различной степенью узорчатости древесины по стволу: в верхней части ствола под кроной слабая узорчатость, в нижней части – хорошо выраженная, т. е. сверху вниз по стволу узорчатость древесины возрастала. Образцы древесины и коры проанализированы в июле, когда происходил активный рост ствола в толщину. С увеличением узорчатости древесины ствола наблюдался рост содержания нейтральных липидов (запасных) и мембранных липидов в ней [8]. Древесина нижней части ствола, где узорчатость была наивысшей, содержала больше нейтральных липидов в живых клетках, которыми являются паренхимные клетки. Именно в узорчатых частях ствола содержится больше паренхимных клеток, они и создают уникальный рисунок древесины карельской березы. Параллельно росту уровня нейтральных липидов в древесине сверху вниз по стволу происходило снижение количества запасных липидов в коре. Вероятно, сахароза накапливалась сразу под кроной дерева в коре, переходя в запасные формы липидов, а затем ниже по стволу перемещалась в большей степени в древесину и запасалась в ней в виде нейтральных липидов. На протяжении ствола возникало такое распределение запасных липидов: сразу под кроной их количество наибольшее в коре, а ниже – в древесине. Наблюдалось повышенное содержание мембранных липидов в узорчатой древесине по сравнению с безузорчатыми участками того же ствола деревьев карельской березы. В коре узорчатых участков отмечено возрастание содержания гликолипидов при снижении уровня фосфолипидов. Сравнение коры и древесины узорчатых участков ствола продемонстрировало преимущество коры по содержанию гликолипидов в 3,6 раза по сравнению с древесиной тех же участков и древесины над корой по содержанию фосфолипидов в 2,6 раза (рис. 4 Б). По аналогии со взрослыми деревьями, среди которых карельская береза отличалась повышенным содержанием гли-

колипидов в коре ствола, а фосфолипидов в древесине, 7-летние деревья карельской березы с формирующейся узорчатостью ствола показывали такое же распределение фракций липидов между участками с разной степенью узорчатости.

Таким образом, у взрослых сформированных растений карельской березы обнаружено накопление нейтральных липидов и гликолипидов в коре ствола, а также нейтральных липидов и фосфолипидов в древесине. Узорчатая древесина карельской березы содержит больше фосфолипидов на единицу массы, чем ее кора или кора и древесина березы повислой и березы пушистой, обладающих прямослойным строением. Кора карельской березы отличается высоким уровнем гликолипидов на единицу массы. Сравнение однолетних сеянцев второго года жизни тех же видов и форм, что и у взрослых растений, показало, что при отсутствии видимых различий в строении их стволиков есть особенности метаболизма в тканях, приводящие к накоплению суммарных липидов вначале в коре карельской березы, а затем в ее древесине. При этом в растениях карельской березы отмечено накопление гликолипидов в коре, а фосфолипидов в древесине по сравнению с двумя видами березы. Изучение состава липидов в тканях ствола 7-летних саженцев карельской березы в процессе развития узорчатости их древесины продемонстрировало те же закономерности распределения фракций липидов по тканям ствола, что и у взрослых растений: преобладание количества гликолипидов в коре и фосфолипидов в древесине узорчатой части ствола деревьев. Значит, метаболизм карельской березы с аномальным развитием ствола настроен таким образом, что происходит накопление гликолипидов в коре и фосфолипидов в древесине, причем эта особенность проявляется уже на ранних стадиях формирования ствола дерева, когда еще нет видимых отличий в его строении, но, вероятно, есть потенциальная способность к аномальному развитию. При создании оптимальных условий выращивания таких сеянцев можно получить желаемый результат, а

именно, стволы с узорчатой древесиной. Во всяком случае, в стволе карельской березы достоверно выше уровень мембранных липидов, чем у других объектов данного рода, что свидетельствует об особенностях строения клеточных мембран тканей, а это может быть связано с составом и активностью мембраносвязанных ферментов, с пропускной способностью мембран клеток для ионов и молекул веществ [9–11], что приводит к изменению программы развития тканей ствола и формированию красивой аномальной древесины. Велика роль мембран в восприятии сигналов из внешней среды и реакции на них, позволяющей клетке приводить характер и интенсивность метаболизма в соответствие с условиями среды [12].

Библиографический список

1. Коровин, В.В. Структурные аномалии стебля древесных растений / В.В. Коровин, Л.Л. Новицкая, Г.А. Курносов. – М.: МГУЛ, 2003. – 280 с.
2. Новицкая, Л.Л. Карельская береза: механизмы роста и развития структурных аномалий / Л.Л. Новицкая. – Петрозаводск: Verso, 2008. – 144 с.
3. Гамалей, Ю.В. Транспортная система сосудистых растений / Ю.В. Гамалей. – СПб.: С.-Петербургский университет, 2004. – 422 с.
4. Курсанов, А.Л. Транспорт ассимилятов в растениях / А.Л. Курсанов. – М.: Наука, 1976. – 646 с.
5. Барильская, Л.А. Структурный анализ узорчатой древесины карельской березы / Л.А. Барильская // Ботанический журнал. – 1978. – Т. 63. – № 6. – С. 805–811.
6. Folch, J. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues / J. Folch, M. Lees, G.H. Stanley // J. Biol. Chem. – 1957. – V. 226. – N 1. – P. 497–509.
7. Simola, L.K. Comparison of Glycolipids and Plastids in Callus Cells and Leaves of *Alnus* and *Betula* / L.K. Simola, K. Koskimies-Soininen // Plant and Cell Physiol. – 1984. – № 25 (8). – P. 1329–1340.
8. Шуляковская, Т.А. Липидный состав ствольной части и формирование узорчатой древесины *Betula pendula* var. *carelica* / Т.А. Шуляковская, М.К. Ильинова, Г.К. Канючкова // Ботанический журнал. – 2011. – Т. 96. – № 7. – С. 895–905.
9. Геннис, Р. Биомембраны: Молекулярная структура и функции / Р. Геннис. – М.: Мир, 1997. – 622 с.
10. Гринштейн, С.В. Структурно-функциональные особенности мембранных белков / С.В. Гринштейн, О.А. Кост // Успехи биологической химии. – 2001. – Т. 41. – С. 77–104.
11. Somerville, C. Plant Lipids: Metabolism, Mutants and Membranes / C. Somerville, J. Browse // Science. – 1991. – Vol. 252. – pp. 80–87.
12. Болдырев, А.А. Введение в биохимию мембран / А.А. Болдырев. – М.: Высшая школа, 1986. – 112 с.

LIPID DISTRIBUTION IN THE TRUNK OF *BETULA PENDULA*
ROTH AND *B. PUBESCENS* EHRH. TREES

Shulyakovskaya T.A., FRI KarRC RAS, Ph.D. (Biol.)⁽¹⁾; Ilyinova M.K., FRI KarRC RAS, Ph.D. (Biol.)⁽¹⁾

tashulyak@gmail.com

⁽¹⁾Forest Research Institute of Karelian Research Centre Russian Academy of Sciences (FRI KarRC RAS), Pushkinskaya st. 11, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia, 185910

The aim was to study the levels of total lipids and their fractions in the trunk of Karelian (curly) birch as compared to silver birch and downy birch, and to identify the distinctive features of the lipid composition of trunk tissues during figured wood formation. Figured wood of adult Karelian birch (40 years old) contains more phospholipids per unit of weight than its own bark or the bark and wood of straight-grained silver birch and downy birch. Karelian birch bark features has an elevated content of glycolipids per unit weight. An investigation of the lipid composition in trunk tissues of 7 year-old Karelian birch saplings during figured wood formation demonstrated the same patterns in the distribution of lipid fractions across trunk tissues as in adult plants. The metabolism in Karelian birch plants with abnormal trunk development is such that glycolipids are accumulated in bark and phospholipids are accumulated in wood, and this pattern appears already at early stages of trunk formation in the second-year seedlings, where no visible distinctions in trunk structure are yet discernible, but a potential capacity for abnormal development is probably present. If optimal growth conditions are generated for such seedlings, one can get the desirable outcome, i.e. trunks with figured grain. Anyhow, the level of membrane lipids in Karelian birch trunk is reliably higher than in other members of this genus, indicating a characteristic structure of cell membranes, which may be associated with the composition and activity of membrane-bound enzymes, the throughput capacity of cell membranes for ions and molecules of substances, generating a trunk tissues development pathway that results in the formation of abnormal wood.

Keywords: karelian birch, silver birch, downy birch, neutral lipids, phospholipids, glycolipids, bark, wood.

References

1. Korovin V.V., Novitskaya L.L., Kurnosov G.A. *Strukturnye anomalii steblya drevesnykh rasteniy* [Structural abnormalities of the stem in woody plants]. Moscow: MSFU, 2003, 280 p.
2. Novitskaya L.L. *Karel'skaya bereza: mekhanizmy rosta i razvitiya strukturnykh anomalii* [Karelian birch: mechanisms of growth and development of structural abnormalities]. Petrozavodsk: Verso Publ., 2008, 144 p.
3. Gamaley Yu.V. *Transportnaya sistema sosudistyykh rasteniy* [Transport system of vascular plants]. Saint-Petersburg: Izdatel'stvo S.-Peterburgskogo universiteta, 2004, 422 p.
4. Kursanov A.L. *Transport assimilyatov v rastenii* [Transport of assimilates in the plant]. Moscow: Nauka Publ., 1976, 646 p.
5. Baril'skaya L.A. Strukturnyi analiz uzorchatoy drevesiny karel'skoy berezy [Structural analysis of patterned wood of Karelian birch]. Botanical magazine. 1978, V. 63, N 6, pp. 805-811.
6. Folch J., Lees M., Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem., 1957, V. 226, N 1, P. 497-509.
7. Simola L.K., Koskimies-Soininen K. Comparison of Glycolipids and Plastids in Callus Cells and Leaves of *Alnus* and *Betula*. Plant and Cell Physiol. 1984, № 25 (8), pp. 1329-1340.
8. Shulyakovskaya T.A., Ilyinova M.K., Kanyuchkova G.K. *Lipidnyi sostav stvolovoy chasti i formirovanie uzorchatoy drevesiny Betula pendula var. carelica* [Lipid composition of the trunk and formation of patterned wood in *Betula pendula var. carelica*]. Botanical magazine. 2011, V. 96, N 7, pp. 895-905.
9. Gennis R. *Biomembrany: Molekulyarnaya struktura i funktsii* [Biomembranes: molecular structure and functions]. Moscow: Mir Publ., 1997, 622 p.
10. Grinshteyn S.V., Kost O.A. *Strukturno-funktsional'nye osobennosti membrannykh belkov* [Structural and functional features of membrane proteins]. Advances in biological chemistry. 2001, V.41, pp. 77-104.
11. Somerville C., Browse J. Plant Lipids: Metabolism, Mutants and Membranes. Science. 1991, Vol. 252, pp. 80-87.
12. Boldyrev A.A. *Vvedenie v biokhimiyu membran* [Introduction to membrane biochemistry]. Moscow: Vysshaya shkola, 1986, 112 p.

РОСТ И РАЗВИТИЕ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

М.М. АНДРОНОВА, доц., ВИПЭ ФСИН России, канд. техн. наук⁽¹⁾,
С.А. КОРЧАГОВ, проф., ВГМХА им. Н.В. Верещагина, д-р с.-х. наук⁽²⁾

kafedra214@mail.ru, kors45@yandex.ru

- ⁽¹⁾ ФКОУ ВПО «Вологодский институт права и экономики Федеральной службы исполнения наказаний»,
160002, г. Вологда, ул. Щетинина, 2
⁽²⁾ ФГБОУ ВПО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»,
160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Панкратова, д. 9-а, к. 7

Сосна кедровая сибирская – один из видов-интродуцентов, успешно культивируемых на территории Вологодской области. Цель исследований – изучение кедров сибирского в условиях урбанизированной среды малых городов региона. Изучены посадки в г.Грязовец, Кадникове, парке «Чугла» Верховажского района Вологодской области (всего на шести участках). Исследованиями выявлено различие в параметрических показателях стволов деревьев: наименьший средний диаметр составляет $16,6 \pm 0,4$ см для самых старых посадок, расположенных в условиях наибольшего антропогенного воздействия. По средней высоте деревьев существенных различий не выявлено. Также проведены исследования морфометрических признаков репродуктивных органов и ассимиляционного аппарата деревьев. Для изучения особенностей экотипов кедров сибирского отобраны образцы хвои как наиболее чувствительного органа, реагирующего на изменение условий окружающей среды. Установлен факт отклонения от нормы количества хвоинок на укороченном побеге на четырех участках. На самом северном участке число 2,3 и 4 хвоинок на укороченном побеге является наибольшим. Результаты, характеризующие параметры хвои, также указывают на уменьшение длины, площади поперечного сечения и массы хвоинок при продвижении на север области. Количество устьиц также уменьшается при продвижении на север, однако размеры их поперечного сечения при этом увеличиваются. Таким образом, в результате проведенных исследований получены некоторые результаты, характеризующие параметрические показатели стволов и морфометрические признаки репродуктивных органов сосны кедровой сибирской в условиях Вологодской области.

Ключевые слова: интродукция, сосна кедровая сибирская, урбанизированная среда, брахибласты, репродуктивные органы, ассимиляционный аппарат

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) является одним из видов-интродуцентов, успешно культивируемых на территории Вологодской области, т.е. за пределами своего ареала. О положительном опыте интродукции кедров сибирского в регионе писали П.И. Белозеров (1950), Л.Ф. Ипатов (2007), Е.Ф. Лялина (2004), И.И. Дроздов (2003), Н.А. Бабич, Р.С. Хамитов и С.М. Хамитова (2014), Р.С. Хамитов (2015) и другие. Наиболее изученными посадками кедров в регионе являются рощи Катаевская и Петряевская в Великоустюгском и Чагринская в Грязовецком районах. Посадки удалены от мест антропогенного воздействия и находятся в благоприятных с точки зрения загрязнения окружающей среды условиях.

Задачей наших исследований является изучение показателей роста и развития сосны кедровой сибирской в условиях урбанизированной среды малых городов Вологодской области. Изучены посадки кедров в городах Грязовец (уч. 1–4), Кадников

(уч. 5), а также в дендропарке «Чугла» в Верховажском районе (уч. 6). Город Грязовец находится на юге Вологодской области и относится к подзоне южной тайги, г. Кадников расположен в 40 км к северу от областного центра и также в подзоне южной тайги, с. Верховажье – на севере Вологодской области (220 км от г. Вологды) в подзоне средней тайги. Из всех исследованных посадок кедров наибольшему антропогенному воздействию подвержен участок 1 в Грязовце, расположенный в зоне влияния автотранспорта, в 100 м от проезжей части автодороги (южная часть города). Участки 2–4 – в северном (уч. 2) и западном (уч. 3, 4) районах Грязовца. Участок 5 находится в 120 м от автодороги, но в отличие от участка 1 защищен посадками древесно-кустарниковой растительности частных приусадебных участков. Парк «Чугла» (уч. 6) удален от с. Верховажье на 47 км и не испытывает воздействия со стороны хозяйственной деятельности человека. Расположением участков определяется комплекс экологи-

Параметрические показатели стволов сосны кедровой сибирской
Parametric indicators of Siberian stone pine trunks

Показатели	Номер участка					
	1	2	3	4	5	6
Год посадки Год учета	1966 2013	1969 2013	1969 2013	1969 2013	1984 2014	1984 2014
Диаметр ствола на высоте 1,3 м, см	16,6±0,4	24,0±0,5	27,0±0,9	23,7±2,6	18,2±1,5	15,5±0,7
Средний годовой прирост по диаметру ствола, см	0,35	0,54	0,61	0,54	0,61	0,52
Высота ствола, м	9,1±0,3	9,6±0,4	7,8±1,0	9,2±0,4	9,5±0,7	8,3±0,3
Средний годовой прирост по высоте ствола, м	0,20	0,22	0,18	0,21	0,32	0,28

**Морфометрические признаки репродуктивных
органов сосны кедровой сибирской**
Morphometric characteristics of the reproductive organs of Siberian stone pine

Показатели	Номер участка		
	1	2	5
Масса шишки, г	18,10±1,47	31,68±1,38	24,15±1,51
Длина шишки, мм	50,95±1,34	61,20±5,50	54,00±2,18
Диаметр шишки в самом широком месте, мм	42,12±0,86	48,58±3,21	43,13±1,30
Длина семени, мм	10,97±0,03	11,79±0,05	10,44±0,03
Диаметр семени в самом широком месте, мм	7,40±0,02	7,65±0,05	7,64±0,04
Масса семени, г	0,16±0,002	0,18±0,007	0,22±0,002
Масса 1000 штук семян, г	162	187	222,0
Грунтовая всхожесть, %	35	45	*

* Результаты исследований будут получены в 2015 г.

ческих и антропогенных факторов, оказывающих влияние на рост сосны кедровой сибирской.

Результаты проведенных исследований позволяют судить о некоторых различиях в параметрических показателях стволов сосны кедровой сибирской на участках (табл. 1).

Средний диаметр стволов сосны кедровой сибирской в самых старых из исследуемых посадок (уч. 1) составляет 16,6±0,4 см и является наименьшим среди участков с антропогенным воздействием. В посадках 1969 г. (уч. 2–4) средний диаметр стволов кедр составляет в среднем 24,9±0,5 см, что больше в 1,5 раза, чем в

посадках 1966 г. Меньший средний диаметр стволов на участке 1 можно объяснить наличием значительного числа многовершинных тонкомерных деревьев. Кроме того, наличие застойных явлений от выхода воды из городской сети водоснабжения со стороны северной части участка способствуют изреживанию деревьев и препятствуют их нормальному росту.

Влияние автомобильного транспорта существенно не отразилось на росте по диаметру сосны кедровой сибирской (уч. 5). Диаметр стволов здесь на 14,8% превышает аналогичный показатель для одновозрастного участка 6, где отсутствует влияние автотранспорта.

Число хвоинок на укороченном побеге в исследованных вариантах
The number of needles on the short shoots in the examined variants

Показатели	Номер участка			
	1	2	5	6
Количество исследованной хвои, шт.	604	418	562	638
из них				
5-хвойные	81,0%	79,4%	83,0%	69,5%
4-хвойные	15,2%	16,3%	13,3%	22,5%
3-хвойные	2,5%	4,3%	2,9%	5,0%
2-хвойные	1,3%	-	0,8%	3,0%

Средние параметры хвои сосны кедровой сибирской
Average parameters of the needles of Siberian stone pine

Показатели	Номер участка			
	1	2	5	6
Количество устьиц на 1 мм ²	49,08±1,46	–	44,67±1,34	39,25±1,34
Площадь поперечного сечения устьица, мм ²	0,0015±7,39 × 10 ⁻⁵	–	0,0021±7,41 × 10 ⁻⁵	0,0027±8,7 × 10 ⁻⁵
Длина хвои, мм				
Среднее значение	113,45±2,93	109,89±0,56	110,78±0,76	87,35±0,55
для 5-хвойных	114,29±3,77	111,35±0,73	111,24±0,86	88,65±0,66
для 4-хвойных	111,32±1,79	106,17±1,16	109,74±1,80	83,83±1,03
для 3-хвойных	108,41±0,97	106,89±1,01	108,40±2,03	85,91±3,05
для 2-хвойных	112,12±3,82	–	88,61±2,79	85,83±2,68
Площадь поперечного сечения хвои, мм ²				
Среднее значение	0,358±0,004	0,294±0,002	0,335±0,005	0,273±0,004
для 5-хвойных	0,360±0,005	0,282±0,004	0,352±0,008	0,280±0,003
для 4-хвойных	0,348±0,010	0,301±0,007	0,332±0,006	0,274±0,012
для 3-хвойных	0,343±0,020	0,289±0,012	0,314±0,013	0,206±0,029
для 2-хвойных	0,385±0,010	–	0,298±0,017	0,280±0,010
Масса хвоинки, мг				
Среднее значение	43,88±0,50	36,05±2,16	38,37±0,61	20,34±0,28
для 5-хвойных	44,75±0,59	44,36±2,92	38,89±0,64	21,05±0,31
для 4-хвойных	43,17±0,93	34,23±0,86	37,19±1,58	19,21±0,50
для 3-хвойных	40,67±2,28	33,35±0,81	36,60±0,001	21,76±2,28
для 2-хвойных	45,00±0,001	–	31,00±0,001	20,00±0,74

Анализируя средний годичный прирост по диаметру ствола сосны кедровой, следует отметить, что наибольший показатель отмечен на участках 3 и 5. Это, по всей видимости, является следствием высокой энергии роста в относительно молодых посадках.

Средняя высота сосны кедровой в посадках, независимо от их возраста, составляет около 8–9 м. Существенных различий по средней высоте деревьев в настоящее время не выявлено ни на одном из уровней доверительного интервала

($t_{\text{факт.}} \leq 1,7$ при $t_{0,95} = 1,96$). Значительной энергией роста по высоте отличаются посадки 1984 г. (участок 5), где средний ежегодный прирост по высоте является наибольшим и составляет 32 см.

Наряду с изучением параметрических характеристик стволов проводилось исследование морфометрических признаков репродуктивных органов и ассимиляционного аппарата сосны кедровой (С.М. Хамитова и Р.С. Хамитов, 2010, С.М. Хамитова, 2012). Следует отметить, что 2012–2014 гг. были малоурожайными на семена сосны кедровой сибирской, в связи с чем исследования проведены лишь для участков 1, 2 и 5 (табл. 2).

Наибольшие значения морфометрических показателей репродуктивных органов отмечены для сосны кедровой на участке 2. Так, преимущество по массе, длине и диаметру шишки составляет соответственно 42,9 %, 16,7 % и 13,3 % по сравнению с участком 1; 23,8 %, 11,8 % и 11,2 % по сравнению с участком 5. Некоторое преимущество, хотя и незначительное, отмечено на участке 2 и по характеристикам семян.

Для изучения особенностей экотипов сосны кедровой сибирской отобраны образцы хвои как наиболее чувствительного органа, реагирующего на изменение условий окружающей среды. В ходе исследований установлен факт отклонения от нормы количества хвоинок на укороченном побеге на участках 1, 2, 5 и 6 (табл. 3), на что указывали Ирошников А.И., Свинцова В.С., Спесивцева В.И., Твеленев М.В.

Данные табл. 3 указывают на то, что на уч. 6, расположенном севернее относительно других участков, число 2, 3, 4 хвоинок на укороченном побеге является наибольшим.

Результаты, характеризующие параметры хвои (табл. 4), также указывают на уменьшение длины, площади поперечного сечения и массы хвоинок при продвижении на север области (уч. 6). Это согласуется с мнением ряда авторов, которые отмечали, что в северных широтах хвоя короче, чем в

южных широтах и низменностях (Т.И. Рудник, А.П. Зотикова, О.Г. Бендер, 2007).

Количество устьиц также уменьшается при продвижении на север, однако размеры поперечного сечения устьиц при этом увеличиваются.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены некоторые результаты, характеризующие параметрические показатели стволов и морфометрические признаки репродуктивных органов сосны кедровой сибирской в Вологодской области. Дальнейшие исследования в этом направлении позволят сделать научно обоснованные выводы о влиянии антропогенных и экологических факторов на рост и развитие вида в условиях интродукции.

Библиографический список

1. Белозеров, П.И. Кедровая роща под Вологдой / П.И. Белозеров // Ботанический журнал, 1950. – Т. 35. – № 3. – С. 292–294.
2. Ипатов, Л.Ф. Кедр на Вологодской земле / Л.Ф. Ипатов. – Архангельск: Соломбальская типография, 2007. – 64 с.
3. Бабич, Н.А. Селекция и семенная репродукция кедра сибирского : монография / Н.А. Бабич, Р.С. Хамитов, С.М. Хамитова. – Вологда-Молочное: ВГМХА, 2014. – 154 с.
4. Лялина, Е.Ф. Сибирский кедр на Вологодчине / Е.Ф. Лялина. – Грязовец, 2004. – 31 с.
5. Дроздов, И.И. Лесная интродукция / И.И. Дроздов, Ю.И. Дроздов. – М.: МГУЛ, 2003. – 135 с.
6. Хамитов, Р.С. Интродукция сосны кедровой сибирской на генетико-селекционной основе в таежную зону Восточно-Европейской равнины : автореф. дис. ... д-ра сельскохоз. наук : 06.03.01 / Р.С. Хамитов. – Вологда, 2015. – 41 с.
7. Ирошников, А.И. Уникальные генотипы кедра сибирского из Алтае-Саянских популяций в экспериментальных объектах Дмитровского лесхоза Московской области / А.И. Ирошников, В.С. Свинцова, В.И. Спесивцева, М.В. Твеленев. – http://www-sbras.nsc.ru/ws/cfgrs2009/tezisy_1/3/7.htm.
8. Рудник, Т.И. Морфоанатомические особенности хвои экотипов кедра сибирского в условиях юга Томской области / Т.И. Рудник, А.П. Зотикова, О.Г. Бендер // Вестник Томского государственного университета. – 2007. – № 300-2. – С. 228–230.
9. Хамитова, С.М. Особенности репродукции сосны кедровой сибирской в условиях интродукции (на примере Вологодской области): дисс. ... канд. с.-х. наук : 06.03.01 / С.М. Хамитова. – Архангельск, 2012. – 19 с.
10. Хамитова, С.М. Влияние типа апофиза шишек сосны кедровой сибирской на формирование в них семян / С.М. Хамитова, Р.С. Хамитов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – №3. – С. 134–135.

THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SIBERIAN STONE PINE IN THE VOLOGDA REGION

Andronova M.M., Assoc. Prof. Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penal Service of Russia, PhD (Tech.)⁽¹⁾; **Korchagov S.A.**, Prof. Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Dr. Sci. (Agricultural)⁽²⁾

kafedra214@mail.ru, kors45@yandex.ru

⁽¹⁾Vologda Institute of Law and Economics of the Federal Penal Service of Russia, Shchetinin st., 2, Vologda, 160002

⁽²⁾Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Shmidta st. 2, Vologda, Molochnoe, Russia, 160555

Siberian stone pine is one of the introduced species which is successfully cultivated in the Vologda region. The purpose of the current research is to study the Siberian cedar in the urban environment of the small towns in the region. The plantations at such places as Gryazovets, Kadnikov, park "Chugla" in the Verkhovazhsky district of the Vologda region have already been studied (six sites in total). The studies have revealed a difference in the parametric indicators of tree trunks: the smallest average diameter is 16,6±0,4 cm and it refers to the oldest plantations located in the conditions with high anthropogenic impact. As for the average height of trees there have been no significant differences. The morphometric characteristics of reproductive organs and the assimilation apparatus of the trees have also been studied. To study the characteristics of ecotypes of the Siberian stone pine the samples of the needles were chosen as they are the most sensitive organ that reacts to the changes in the environmental conditions. At four sites the fact of abnormal amount of needles on short shoots is proven. In the northern sector the number of 2, 3 and 4 needles on short shoots is the largest one. The results characterizing the parameters of needles also indicate a decrease in the length, in the cross-sectional area and in the mass of needles when moving further to the north. The number of stomata is also decreasing when moving further to the north, but the size of their cross-section is increasing. Thus, the research has shown certain results that characterize the parametric characteristics of trunks and morphometric characteristics of reproductive organs of the Siberian stone pine in the conditions of the Vologda region.

Keywords: introduction, Siberian stone pine, urbanized environment, brachyblasts, reproductive organs, assimilation apparatus

References

1. Belozеров P.I. *Kedrovaya roshcha pod Vologdoy* [A cedar grove near Vologda]. *Botanicheskiy zhurnal*, 1950. V. 35. № 3. pp. 292-294.
2. Ipatov L.F. *Kedr na Vologodskoy zemle* [Cedar on Vologda earth]. Arkhangel'sk: Solombal'skaya printing-house, 2007. 64 p.
3. Babich N.A., Khamitov R.S., Khamitova S.M. *Selektsiya i semennaya reproduktsiya kedra sibirskogo* [Selection and seminal reproduction of cedar Siberian]. Vologda-Molochnoe: VGMKhA Publ., 2014. 154 p.
4. Lyalina E.F. *Sibirskiy kedr na Vologodchine* [Siberian cedar in Vologda region]. Gryazovets, 2004. 31 p.
5. Drozdov I.I., Drozdov Yu.I. *Lesnaya introduktsiya* [Forest introduction]. Moscow: MGUL Publ., 2003. 135 p.
6. Khamitov R.S. *Introduktsiya sosny kedrovoy sibirskoy na genetiko-selektsionnoy osnove v taezhnyu zonu Vostochno-Evropeyskoy ravniny* [Introduction Siberian stone pine in the genetic-selection basis in the taiga zone of the East European Plain]. Diss. Dr. agricultural. Sciences: 06.03.01. Vologda. 2015. 41 p.
7. Iroshnikov A.I., Svintsova V.S., Spesivtseva V.I., Tvelenev M.V. *Unikal'nye genotipy kedra sibirskogo iz Altae-Sayanskikh populyatsiy v eksperimental'nykh ob'ektakh Dmitrovskogo leskhoza Moskovskoy oblasti* [Unique genotypes of a cedar Siberian from Altai-Sayansk populations in experimental objects of Dmitrovsky forestry of the Moscow region]: http://www-sbras.nsc.ru/ws/cfgrs2009/tezisy_1/3/7.htm (Date of the address 17.06.2014).
8. Rudnik T.I., Zotikova A.P., Bender O.G. *Morfoanatomicheskie osobennosti khvoi ekotipov kedra sibirskogo v usloviyakh yuga Tomskoy oblasti* [Morfoanatomicheskiye of feature of needles of ecotypes of a cedar Siberian in the conditions of the South of the Tomsk region]. *Bulletin of Tomsk state university*. 2007. No. 300-2. pp. 228-230.
9. Khamitova S.M. *Osobennosti reproduksii sosny kedrovoy sibirskoy v usloviyakh introduktsii (na primere Vologodskoy oblasti)* [Feature reproductions of Siberian stone pine in the conditions of introduction (by the example of the Vologda region)] Diss. cand. agricultural. Sciences: 06.03.01. Arkhangel'sk, 2012. 19 p.
10. Khamitova S.M., Khamitov R.S. *Vliyaniye tipa apofiza shishek sosny kedrovoy sibirskoy na formirovaniye v nikh semyan* [Influence of the type apophysis Siberian stone pine cones to form in them the seeds]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*. 2010. № 3. pp. 134–135.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, УДОБРЕНИЙ И ГИДРОГЕЛЯ НА ПРИЖИВАЕМОСТЬ И РОСТ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ПЕСЧАНЫХ ОТВАЛАХ

А.И. СМИРНОВ, ООО «Разносервис»⁽¹⁾,
Ф.С. ОРЛОВ, ООО «Разносервис»⁽¹⁾,
И.И. ДРОЗДОВ, проф., МГУЛ, д-р с.-х. наук⁽²⁾,
С.Б. ВАСИЛЬЕВ, доц., МГУЛ, канд. с.-х. наук⁽²⁾

ap-6@yandex.ru, svasilyev@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ООО «Разносервис», Лихов пер. д.10, г. Москва, Россия, 127051

⁽²⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Представленная работа отражает результаты изучения влияния технологии ПОСЭП (предпосевная обработка семян электромагнитным полем), физического метода воздействия на посевной материал и сеянцы низкочастотным электромагнитным полем, микробиологического удобрения «Экстрасол» и гидрогеля на приживаемость 2-летних сеянцев сосны обыкновенной, посаженных в грунт, подлежащий рекультивации, и ранее посаженных 5-летних культур кедра сибирского и 4-летних культур сосны обыкновенной. Результаты поставленных полевых опытов свидетельствуют о том, что комплексная обработка 2-летних сеянцев сосны обыкновенной способствовала значительному повышению их приживаемости по отношению к контролю и составила 267%, т.е. более чем в 2 раза. Стимулирующий эффект набухшего в воде гидрогеля, внесенного под корневые системы 5-летних культур кедра сибирского, проявился также в ростовых процессах. Длина корней опытных растений была больше по сравнению с контролем на 43%, высота увеличилась на 39%. При этом масса опытных растений была больше по сравнению с контролем на 50%. Обработка низкочастотным электромагнитным полем по технологии ПОСЭП ранее посаженных 4-летних культур сосны положительно повлияла не только на их линейные размеры (от 67% до 82%), но и на увеличение массы надземной части (60%), корней (34%). В представленной работе сделан вывод о том, что все использовавшиеся в поставленных опытах варианты обработки 2-летних сеянцев сосны обыкновенной, 5-летних культур кедра сибирского и 4-летних культур сосны обыкновенной в целом оказали положительное влияние не только на их приживаемость в грунте, подлежащем рекультивации, но и на их линейные показатели и массу.

Ключевые слова: приживаемость, технология ПОСЭП, рекультивация, микробиологическое удобрение «Экстрасол», кедр сибирский, гидрогель, сосна обыкновенная, саженцы, культуры

На сегодняшний день основным способом восстановления лесов является посадка [1] и эффективность этого способа напрямую зависит от качества посадочного материала. Поэтому выращиванию сеянцев в лесных питомниках уделяется большое внимание. К передовым и эффективным методам выращивания сеянцев относят применение химических стимуляторов роста [2], новых микробиологических препаратов, подавляющих патогенную микрофлору и способствующих стабильному развитию сеянцев [3]. Известно, что штаммы некоторых видов бактерий оказывают стимулирующее воздействие на рост и развитие растений, продуцируя биологически активные вещества и ингибируя фитопатогенные микроорганизмы [5], физические методы воздействия на семена и сеянцы, в частности, использование электромагнитных полей

(ЭМП) искусственного происхождения, которым исследователи уделяют все больше внимания. Доказано, что обработка семян низкочастотным ЭМП повышает их всхожесть, положительно влияет на рост всходов и сеянцев [5–7]. Следует отметить, что эти исследования ранее велись в основном применительно к сельскохозяйственным культурам [8, 9].

В современной практике ведения лесного хозяйства при облесении вырубок в различных лесных зонах часто не все стандартные и качественные сеянцы полноценно приживаются, а тем более в районах с засушливым климатом. Для нашего исследования особый интерес представляет нахождение эффективных способов и методов повышения приживаемости и ускоренного роста лесных культур на рекультивируемых почвах.

Приживаемость 2-летних сеянцев сосны обыкновенной в Виноградовском лесничестве
The survival rate of 2-year seedlings of Scots pine in the Vynogradov forest district

Показатели	Варианты обработки					
	1	2	3	4	5	6
	ПОСЭП	10 % раствор экстрасол	ПОСЭП+ гидрогель набухший	Гидрогель набухший	Гидрогель сухой	Контроль
Зона воздействия	на все растение	на корни	на все растение+ корни	на корни	в посадочное место	–
Приживаемость,	70±4,5	69±4,2	80±5,2	75±4.8	51±3.9	30±2.8
% к контролю	233	230	267	250	170	100
Критерий Стьюдента	7,5	7,5	8	8	4,4	–

Приживаемость посадочного материала – это один из основных показателей агротехники лесовосстановления.

Учитывая и анализируя различные методы, применяемые в лесовосстановительных работах, мы решили пойти путем синтеза и выбрали сочетание различных приемов воздействия на приживаемость и ускорение роста лесных культур.

На кафедре искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ в течение четырех лет мы проводим исследования влияния низкочастотного электромагнитного поля на развитие сеянцев сосны и ели на разных этапах: от прорастания семян до роста сеянцев. И результаты исследований показывают эффективность этого метода для получения качественного посадочного материала.

В данном исследовании изучалось влияние низкочастотного электромагнитного поля, микробиологического удобрения «Экстрасол» и гидрогеля на приживаемость 2-летних сеянцев сосны обыкновенной, посаженных в грунт, подлежащий рекультивации, а также 5-летних культур кедра сибирского и 4-летних культур сосны обыкновенной. С этой целью кафедрой искусственного лесовыращивания и механизации лесохозяйственных работ МГУЛ были поставлены 3 полевых опыта на территории Виноградовского лесничества Московской области на песчаных отвалах после добычи фосфоритов.

Опыт 1. Изучение влияния различных способов предпосадочной обработки 2-летних сеянцев сосны обыкновенной на их приживаемость в лесных рекультивационных культурах.

Почвы, отведенные под посадки, песчаные, свежие. Обработка почвы была проведена плугом ПКЛ-70, посадка сеянцев в дно борозды. Перед посадкой 100 шт. сеянцев обработаны низкочастотным электромагнитным полем (ЭМП) по технологии ПОСЭП, 100 шт. – 10 % водным раствором микробиологического удобрения Экстрасол, (корни сеянцев погружали в раствор и выдерживали 30 мин), 100 шт., корни которых погружали в заранее подготовленный набухший в воде гидрогель, 100 шт. посажены вместе с сухим гидрогелем (2 гр. на один сеянец, гранулы высыпали на дно лунки) 100 шт. сеянцев, обработанных (ЭМП) по технологии ПОСЭП, корни которых погружали в заранее подготовленный набухший в воде гидрогель и 100 шт. контрольных сеянцев. Посадка сеянцев осуществлялась вручную в подготовленные борозды по 25 шт. в 4-кратной повторности.

Для постановки опыта 2 набухший в воде гидрогель вносился под корневые системы ранее посаженных, ныне 5-летних культур кедра сибирского.

Для постановки опыта 3 в полевых условиях проведена обработка ранее посаженных 4-летних культур сосны низкочастотным электромагнитным полем по технологии ПОСЭП.



Рис. 1. Посадка 2-летних сеянцев сосны обыкновенной: обработка ПОСЭП и корни погружали в заранее подготовленный набухший в воде гидрогель Опыт. Вариант № 3. Виноградовское лесничество

Fig. 1. The planting of 2-year-old Scots pine seedlings with posed treatment and roots immersed in a prepared water-swollen hydrogel. An experiment. Option № 3. The Vinogradov Forestry



Рис. 2. Посадка 2-летних сеянцев сосны обыкновенной с внесением сухого гидрогеля в посадочное место. Опыт. Вариант № 5. Виноградовское лесничество

Fig. 2. The planting of 2-year-old Scots pine seedlings with the introduction of dry hidrogel into the seat. An experiment . Option № 5. The Vinogradov Forestry



Рис. 3. 2-летние сеянцы сосны обыкновенной в Виноградовском лесничестве: слева контроль, вариант № 6; справа опыт, вариант № 3

Fig. 3. 2-year-old Scots pine seedlings in the Vynohradov Forestry district: to the Left is a control row, option № 6; to the right – the experiment, option № 3

Линейные показатели 5-летних культур кедра сибирского в Виноградовском лесничестве
Linear indicators of 5-year Siberian cedar plantations in the Vynogradov forestry

Вариант опыта	Высота, см	Диаметр прикорневых шеек, мм	Длина корня, см	Сухая масса, г	
				надземной части	корней, г
Контроль	10,7±0,34	2,9±0,07	16±0,06	1,4±0,07	0,42±0,02
ЭМП	14,9±0,56	5,8±0,3	22,2±0,9	2,0±0,04	0,74±0,05
% к контролю	139	200	143	143	176
Критерий Стьюдента	9,1	10	9,3	3,4	6,4

Статистические характеристики саженцев 5-летних культур кедра сибирского в Виноградовском лесничестве
Statistical characteristics of 5-year Siberian cedar seedlings on the plantations in the Vynogradov forestry

Показатели	Контроль	ЭМП
Высота, см		
Кол-во измерений, <i>n</i>	40	40
Среднее арифметическое, <i>M</i>	10,7	14,9
% к контролю	100	139
Стандартное отклонение, σ	1,28	1,65
Коэффициент вариации, <i>V</i>	5,5	11
Ошибка выборочной средней, <i>m</i>	0,34	0,44
Точность опыта, <i>p</i>	1,4	2,9
Критерий Стьюдента, <i>t</i>	–	9,1
Диаметр прикорневых шеек, мм		
Среднее арифметическое, <i>M</i>	2,9	5,8
% к контролю	100	200
Стандартное отклонение, σ	0,27	1,1
Коэффициент вариации, <i>V</i>	9,3	17
Ошибка выборочной средней, <i>m</i>	0,07	0,28
Точность опыта, <i>p</i>	2,4	4,9
Критерий Стьюдента, <i>t</i>	–	10
Длина корней, см		
Среднее арифметическое, <i>M</i>	16	22,9
% к контролю	100	143
Стандартное отклонение, σ	2,3	3,4
Коэффициент вариации, <i>V</i>	14	15
Ошибка выборочной средней, <i>m</i>	0,6	0,9
Точность опыта, <i>p</i>	3,8	3,8
Критерий Стьюдента, <i>t</i>	–	9,3
Сухая масса надземной части, г		
Среднее арифметическое, <i>M</i>	1,4	2,0
% к контролю	100	143
Стандартное отклонение, σ	0,24	0,15
Коэффициент вариации, <i>V</i>	17	8
Ошибка выборочной средней, <i>m</i>	0,07	0,04
Точность опыта, <i>p</i>	5	2
Критерий Стьюдента, <i>t</i>	–	3,4
Сухая масса корней, г		
Среднее арифметическое, <i>M</i>	0,42	0,74
% к контролю	100	176
Стандартное отклонение σ	0,08	0,18
Коэффициент вариации, <i>V</i>	19	24,3
Ошибка выборочной средней, <i>m</i>	0,02	0,05
Точность опыта, <i>p</i>	4,8	6,0
Критерий Стьюдента, <i>t</i>	–	6,4

**Линейные показатели 4-летних культур сосны обыкновенной
в Виноградовском лесничестве**
Linear indicators of 4-year plantations of Scots pine in the Vynohradov Forestry

Вариант опыта	Высота, см	Диаметр, мм	Длина корня, см	Сухая масса, г	
				надземной части	корней
Контроль	21±0,85	2,9±0,13	11±0,65	5,14±0,21	1,3±0,1
ЭМП	35,2±1,6	5±0,25	20±0,93	8,2±0,37	1,7±0,1
% к контролю	167	172	182	160	134
Критерий Стьюдента	7,8	6,6	8,0	7,4	3,1

**Статистические характеристики 4-летних культур сосны обыкновенной
в Виноградовском лесничестве**
Statistical characteristics of the 4-year-old cultures of Scots pine in the Vynohradov Forestry

Показатели	Контроль	ЭМП
Высота, см		
Кол-во измерений, <i>n</i>	40	40
Среднее арифметическое, <i>M</i>	21,0	35,2
% к контролю	100	167
Стандартное отклонение, σ	3,5	5,68
Коэффициент вариации, <i>V</i>	17	17
Ошибка выборочной средней, <i>m</i>	0,85	1,6
Точность опыта, <i>p</i>	4,0	4,6
Критерий Стьюдента, <i>t</i>	–	7,8
Диаметр прикорневых шеек, мм		
Среднее арифметическое, <i>M</i>	2,9	5,0
% к контролю	100	172
Стандартное отклонение, σ	0,5	0,95
Коэффициент вариации, <i>V</i>	17,2	18,9
Ошибка выборочной средней, <i>m</i>	0,13	0,25
Точность опыта, <i>p</i>	4,5	5,1
Критерий Стьюдента, <i>t</i>	–	6,6
Длина корней, см		
Среднее арифметическое, <i>M</i>	11	20
% к контролю	100	182
Стандартное отклонение, σ	2,5	3,48
Коэффициент вариации, <i>V</i>	22,7	17,4
Ошибка выборочной средней, <i>m</i>	0,65	0,93
Точность опыта, <i>p</i>	5,9	4,4
Критерий Стьюдента, <i>t</i>	–	8,0
Сухая масса надземной части, г		
Среднее арифметическое, <i>M</i>	5,14	8,21
% к контролю	100	160
Стандартное отклонение, σ	0,77	1,37
Коэффициент вариации, <i>V</i>	15,0	16,7
Ошибка выборочной средней, <i>m</i>	0,21	0,37
Точность опыта, <i>p</i>	4,08	4,4
Критерий Стьюдента, <i>t</i>	–	7,4
Сухая масса корней, г		
Среднее арифметическое, <i>M</i>	1,3	1,74
% к контролю	0,36	0,36
Стандартное отклонение σ	100	134
Коэффициент вариации, <i>V</i>	27	21,1
Ошибка выборочной средней, <i>m</i>	0,1	0,1
Точность опыта, <i>p</i>	8,0	5,7
Критерий Стьюдента, <i>t</i>	–	3,1

Следует отметить, что в течение вегетационного сезона 2014 г. на исследуемых посадках агротехнические уходы не проводились.

В сентябре 2014 г. произведены учеты и обмеры саженцев на опытных и контрольных участках посадок. Схема опыта 1 и результаты представлены в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют о высоком уровне положительного влияния всех вариантов обработки на приживаемость сосны обыкновенной, которая была вдвое выше контрольного варианта. Наиболее высокие показатели в варианте сочетания ЭМП и набухшего в воде гидрогеля 267 % к контролю не случайны, поскольку гидрогель способствует накоплению и удержанию влаги в зоне расположения корневых систем сеянцев, что весьма важно в условиях дефицита влаги на песчаных отвалах рекультивируемых земель, а низкочастотное ЭМП оказало стимулирующее влияние на их приживаемость.

Внешний вид опытных и контрольных посадок сосны приведен на рис. 3 (сентябрь 2014 г.). Данные исследования 5-летних культур кедра сибирского после обработки их в 4-летнем возрасте низкочастотным электромагнитным полем представлены в табл. 2, 3.

Данные табл. 2, 3 показывают, что внесение гидрогеля под корневые системы 5-летних культур кедра сибирского оказало заметное положительное влияние на линейные размеры (от 39 % до 100 %) и на массу надземной части (43 %) и корней (76 %).

Данные исследования 4-летних культур сосны обыкновенной после обработки их низкочастотным электромагнитным полем представлены в табл. 4 и 5.

Из полученных результатов следует, что линейные размеры и масса 4-летних культур сосны обыкновенной, обработанных в полевых условиях низкочастотным электромагнитным полем по технологии ПОСЭП, были выше контроля: высота на 67 %, масса надземной части на 60 %, корней на 34 %.

Проведенные исследования показали, что обработку сеянцев низкочастотным электромагнитным полем можно эффективно сочетать с использованием влагонабухающих полимеров, в частности гидрогелей, которые на всех этапах приживания 2-летних сеянцев сосны выполняют роль влагонакопителя и позволяют корневой системе сеянцев быстрее адаптироваться и укрепиться, особенно это важно в условиях дефицита влаги на песчаных землях при их рекультивации. Проведенные исследования также показали, что все использовавшиеся в поставленных опытах варианты обработки 2-летних сеянцев сосны обыкновенной, 5-летних культур кедра сибирского и 4-летних культур сосны обыкновенной в целом оказали положительное влияние не только на их приживаемость в грунте, подлежащем рекультивации, но и на их линейные показатели и массу.

Библиографический список

1. Родин, А.Р. Интенсификация выращивания лесопосадочного материала / А.Р. Родин. – М.: Агропромиздат, 1989. – 78 с.
2. Пентелькина, Н.В. Проблемы выращивания посадочного материала в лесных питомниках и пути их решения / Н.В. Пентелькина // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Вып. 31. – Брянск: БГИТА, 2012. – С. 189–193.
3. Жигунов, А.В. Применение биотехнологий в лесном хозяйстве России / А.В. Жигунов // ИВУЗ «Лесной журнал». – 2013. – № 2. – С. 1.
4. Масленникова, С.Н. Эндобитные бактерии хвойных растений: последние исследования и перспективы применения / С.Н. Масленникова, А.И. Шургин, В.К. Чеботарь и др. // Вестник Казанского технологического университета. – Вып. 23. – 2013. – С. 139–142.
5. Голдаев, В.К. Электрическое поле и урожай / В.К. Голдаев // Сельское хозяйство. – 1980. – № 4. – С. 30–31.
6. Комиссаров, Г.Г. Влияние флуктуирующего электромагнитного поля на ранние стадии развития растений / Г.Г. Комиссаров // Докл. АН. – 2006. – Т. 406. – № 1. С. 108–110.
7. Смирнов, А.И. Влияние электромагнитных полей низкой частоты на рост сеянцев сосны обыкновенной / А.И. Смирнов // Вестник МГУЛ – Лесной Вестник. – 2014. – № 4. – С. 54.
8. Барышев, М.Г. Электромагнитная обработка сырья растительного и животного происхождения / М.Г. Барышев, Г.И. Касьянов. – Краснодар, 2002. – 220 с.
9. Барышев, М.Г. Влияние низкочастотного электромагнитного поля на биологические системы / М.Г. Барышев, Н.Н. Куликова, Н.С. Васильев и др. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – 288 с.

THE INFLUENCE OF LOW FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS,
FERTILIZERS AND HYDROGEL ON THE ESTABLISHMENT AND GROWTH
OF FOREST CULTURES ON RECULTIVATED SAND DUMPS

Smirnov A.I., ⁽¹⁾; Orlov F.S., ⁽¹⁾; Drozdov I.I., ⁽²⁾; Vasilev S.B. ⁽²⁾

ap-6@yandex.ru, svasilyev@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Society with limited liability «Raznoservis», Likhov lane D. 10, Moscow, Russia, 127051

⁽²⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya street, 1, 141005, Mytischki, Moscow region, Russia

The present work reflects the results of the impact of POSEP Technology (presowing treatment of seeds electromagnetic field), a method of physical effects on seeds and seedlings of a low-frequency electromagnetic field, microbiological fertilizer “Ekstrasol” and the hydrogel on the survival rate of 2-year-old seedlings of Scots pine planted in the soil subject to remediation and previously planted 5-year-old crops of Siberian pine and 4-year-old ones of pine plantation. The results of a set of field experiments indicate that the complex processing of the 2-year-old seedlings of Scots pine had significantly increased their survival compared to the one under control and amounted to 267%, i.e. more than by 2 times. The stimulating effect of the water swollen hydrogen made under the root system of 5-year cultures of the Siberian cedar was also reflected in the growth processes. The root length of the experimental plants was more by 43% compared to controls, the height has increased by 39%. The mass of experimental plants was 50% more compared to the one under control. Processing of low-frequency electromagnetic field technology POSEP on the previously planted 4 years old plantations of pines had a positive impact not only on their linear dimensions (from 67% to 82%), but also on the increase of the weight of the aerial part (60%), roots (34%). In the present work it is concluded that all variants used in the experiments over 2 year old seedlings of Scotch pine, 5-year-old crops of Siberian pine and 4-year-old ones of pine plantation in General had a positive impact not only on their survival in soil subjected to reclamation, but also for their linear indices and mass.

Keywords: survival, POSEP Technology, reclamation, microbiological fertilizer “Ekstrasol” Siberian cedar, hydrogel sosnaobyknovennaya, seedlings, culture

References

1. Rodin A.R. *Intensifikatsiya vyrashchivaniya lesoposadochnogo materiala* [Intensification of growing forest planting material]. Moscow: Agropromizdat. 1989. p. 78.
2. Pentelkina N.V. *Problemy vyrashchivaniya posadochnogo materiala v lesnykh pitomnikakh i puti ikh resheniya* [Problems growing planting material in forest nurseries and their solutions]. Sb. nauch. tr. V. 31. Bryansk-BGITA. 2012. pp. 189-193.
3. Zhigunov A.V. *Primenenie biotekhnologiy v lesnom khozyaystve Rossii* [The application of biotechnology in forestry Russia]. Lesnoy zhurnal. 2013. № 2. p. 1.
4. Maslennikova S.N., Shurgin A.I., Chebotar' V.K., Shcherbakov A.V., Kanarskiy A.V. *Endofitnye bakterii khvoynykh rasteniy: poslednie issledovaniya i perspektivy primeneniya* [Endophytic bacteria coniferous plants: recent research and future application]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. V. 23. 2013. pp. 139-142.
5. Goldaev V.K. *Elektricheskoe pole i urozhay* [Electric field and harvest]. Sel'skoe khozyaystvo. № 4. 1980. pp. 30-31.
6. Komissarov G.G. *Vliyaniye fluktuiruyushchego elektromagnitnogo polya na rannye stadii razvitiya rastenii* [Influence fluktuiruyushchem electromagnetic field at an early stage of plant development]. Doklad AN. 2006. T. 406. № 1. pp. 108-110.
7. Smirnov A.I. *Vliyaniye elektromagnitnykh poley nizkoy chastoty na rost seyantsev sosny obyknovennoy* [The influence of electromagnetic pour on low frequency to an increase in the seedlings of the pine tree of usual]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2014. № 4. p 54.
8. Baryshev M.G., Kas'yanov G.I. *Elektromagnitnaya obrabotka syr'ya rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya* [Electromagnetic processing of raw materials of vegetable and animal origin]. Krasnodar, 2002. p 220.
9. Baryshev M.G., Kulikova N.N., Vasil'ev N.S., Dzhimak S.S. *Vliyaniye nizkochastotnogo elektromagnitnogo polya na biologicheskie sistemy* [The influence of low-frequency electromagnetic fields on biological systems]. Rostov-na-Donu: YuNTs RAN, 2008. p 288.

**БИОМАССА ТОПОЛЕЙ ПОДРОДА *EUROPULUS DODE*
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОЭНЕРГИИ**

А.П. ЦАРЕВ, проф., ПетрГУ; гл. науч. сотр. «ВНИИЛГИСбиотех», д-р с.-х. наук^(1, 2),
В.А. ЦАРЕВ, доц., «ВНИИЛГИСбиотех», канд. с.-х. наук⁽²⁾

antsa_55@yahoo.com; tsarev@psu.karelia.ru, tsarevvadim2013@gmail.com

⁽¹⁾Петрозаводский государственный университет,
185910 г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33, Карелия, Россия,

⁽²⁾Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, 394087, г. Воронеж, ул. Ломоносова, 105

Представлен сравнительный анализ теплотворной способности, энергетического потенциала, количества необходимого сырья для выработки 1 ГДж энергии, стоимости одной тонны сырья и примерной оценки стоимости сырья (угля, мазута, сырой нефти и дровяной древесины), необходимого для выработки 1 ГДж энергии. Показано, что наиболее дешевым источником тепловой энергии является древесина. На основании фактической продуктивности стволовой древесины у 25-летних деревьев разных морфолого-систематических групп (МСГ) тополей, выращенных в сортоиспытательных насаждениях Центрального Черноземья, рассчитаны величины производства биомассы и потенциальные уровни тепла и энергии, выделяемые при сгорании. В зависимости от генетической ценности сортов и клонов тополей разных МСГ усредненные величины по группам колебались для запаса от 220 до 630 м³/га, биомассы стволовой древесины – от 100 до 280 т/га, количества тепла, выделяемого при сгорании – от 320 до 940 Гкал/га, энергетического потенциала – от 1390 до 4030 ГДж/га. Наибольший потенциал установлен у евро-американских гибридов черных тополей (среднее значение для 8 разных сортов этой МСГ составило 4030 ГДж/га). Однако в пределах данной МСГ выделены сорта, которые существенно превышают и эту величину. В целом, изучение продуктивности насаждений и количества производимой биомассы тополей различных морфолого-систематических групп, а также расчеты их энергетического потенциала показали их высокую перспективность для культивирования в качестве возобновляемого источника биоэнергии.

Ключевые слова: тополя, биомасса, биоэнергия, возобновляемые источники энергии

В последние десятилетия в мировом масштабе ведутся активные исследования и осуществляются, как в пилотном, так и в реальном эксплуатационном режиме производства энергии, практические действия по замене ископаемых источников энергии возобновляемыми ресурсами. Считается, что это вызвано энергетическим кризисом 1970-х годов. Среди возобновляемых источников энергии одно из первостепенных мест занимает использование древесной биомассы. Первоначально такие исследования велись в отдельных странах. Затем в 1978 г. было создано Международное энергетическое агентство (International Energy Agency–IEA). В настоящее время оно объединяет 20 стран. Мировыми лидерами по использованию биоэнергии являются США, Германия, Китай, Бразилия, Индия [5, 12, 13, 18].

Научные исследования по использованию биомассы для получения биоэнергии особенно активно проводятся в Европе. Так, по данным Европейского статистического агентства Eurostat [17], доля возобновляемой энергии в странах Европейского Союза в 2011 г. была равна 10 %, или 7,077 петаджо-

улей от всей потребляемой там энергии. Наиболее значимым источником возобновляемой энергии является древесное сырье, доля которого среди возобновляемых источников составляла 48 %, или 3,378 петаджоулей.

Для производства биомассы в мире создаются специальные плантации. К настоящему времени 15–20 % мирового древесного топлива получают на этих плантациях. Всего в мире создано 8,6 млн га плантационных лесов энергетического назначения. Они представлены большей частью быстрорастущими видами древесных пород (*Populus*, *Salix*, *Eucalyptus* и *Acacia*) [14].

В России также принимаются некоторые меры по увеличению объемов использования биотоплива, источником которого является биомасса [5, 11].

В регионах умеренного климата среди источников древесины для производства биоэнергии особый интерес вызывают тополя как самые быстрорастущие там деревья [5, 15, 16].

В данном сообщении приводятся результаты, полученные при исследовании в подроде настоящих тополей (*Europulus*

Dode), в Центральном Черноземье Европейской России.

Целью работы является исследование возможностей производства биомассы тополями, принадлежащими к разным морфолого-систематическим группам, и расчет их потенциальной биоэнергетической ценности.

Материалы и методы

Материалы для исследования получены на многолетнем опытном объекте – популетуме – в Семилукском питомнике Воронежской области. Почва – обыкновенный чернозем. Размещение растений 5×4 м. Схема опыта включала 4 повторения. В каждом повторении изучалось по 80 клонов и сортов. Размер делянок каждого клона в повторении составлял 120 м², или 480 м² на один генотип в опыте, в целом. Клоны и сорта были сгруппированы в морфолого-систематические группы (МСГ) в зависимости от их систематической принадлежности и формы кроны. Размещение клонов и сортов в МГС и МГС в пределах повторений – рандомизированное [10].

Запас определялся в возрасте количественной спелости (около 25 лет). Для расчета биомассы использовались имеющиеся данные по плотности древесины тополей. В целом, плотность воздушно-сухой древесины тополя колеблется от 300 кг/м³ (для итальянского клона ‘I-214’) до 550 кг/м³ (для евро-американского гибрида черных тополей ‘Robusta’). Кроме того, даже в пределах одного ствола колебания в плотности древесины могут составлять до 200 кг/м³ [12]. Учитывая, что плотность воздушно-сухой древесины тополя обладает столь высокой изменчивостью, для расчета была принята величина, представленная в работе В.А. Усольцева, составляющая 450 кг/м³ [9].

Для оценки энергетического потенциала тополевой древесины и сравнительных показателей по другим источникам энергии использовался анализ литературных и электронных интернет-ресурсов. Из этих же источников брались и различные необходимые переводные коэффициенты. В частности, величина теплотворной способности угля,

мазута и сырой нефти взята из электронного ресурса [2], а дровяной древесины – из [7]. Стоимость 1 т сырья – из [8] (для угля), [6] (для мазута), [3] (для дровяной древесины) и [4] (для сырой нефти).

Результаты и их обсуждение

Как уже отмечено, среди различных возобновляемых источников биоэнергии (гидроэнергия, энергия ветра, геотермальная и солнечная энергия, биомасса), наиболее распространенным ресурсом является древесная биомасса. В принципе, в том, что древесина является лидером среди возобновляемых источников энергии, ничего удивительного нет, хотя бы потому, что это наиболее привычный ресурс.

Кроме того, сравнение стоимости производства энергии, получаемой при сжигании различных материалов, показывает значительную экономическую эффективность при использовании древесного сырья (табл. 1).

Данные табл. 1 показывают, что из всех сравниваемых видов сырья, используемых для получения энергии, дровяная древесина оказывается самым дешевым. С другой стороны, известно, что использование древесины для производства энергии значительно уступает другим видам топлива. Возможно, сказывается тот фактор, что затраты на добычу, доставку, логистику, удобство использования и другие параметры для угля, мазута и нефти могут быть предпочтительнее дров.

Однако новые технологии могут значительно улучшить освоение древесного сырья. В частности, если использовать для производства биоэнергии специально подготовленные материалы, например пеллеты, чипсы, этанол и др. [5, 12].

Кроме всего прочего, у древесного сырья есть еще одно неоспоримое преимущество перед другими видами топлива – его регулируемая возобновляемость. И это является одним из основных положений его перспективности.

В возрасте количественной спелости средний запас стволовой древесины насаждений тополей в зависимости от их морфолого-

Некоторые показатели потенциального энергопроизводства из различных видов сырья
Certain indicators of potential energy production from various raw materials

Виды сырья	Теплотворная способность, Ккал/кг	Энергетический потенциал, МДж/кг	Количество сырья, необходимого для выработки 1 ГДж, кг	Стоимость 1 т сырья, руб.	Примерная стоимость сырья, необходимого для выработки 1 ГДж энергии, руб.
Уголь	7000	29,3	34	3650	124
Мазут	9750	40,9	24	15000	360
Дровяная древесина	3300	14,2	70	890	62
Нефть сырая (Brent)	10000	41,9	24	23642	567

Средние величины биомассы и ее биоэнергии у разных МСГ настоящих тополей в Центральном Черноземье, возраст 25 лет
The average values of biomass and its biological energy in various 25-year poplar MSG in the Central Chernozem region

Морфолого-систематические группы тополей	Запас стволовой древесины, м ³ /га	Биомасса стволовой древесины, т/га	Примерное количество тепла, выделяемое при сгорании, Гкал/га	Энергетический потенциал тополей, ГДж/га
Черные тополя с пирамидальной кроной	237	107	353	1519
Европейские черные тополя с раскидистой кроной (осокорь)	218	98	323	1392
Евро-американские гибриды черных тополей	632	284	937	4033
Бальзамические тополя и их гибриды	376	169	558	2400
Межсекционные гибриды настоящих тополей	466	210	693	2982

систематической группы на Семилукском полуострове колебался от 217 до 632 м³/га [10].

С учетом плотности в 0,45 г/см³ биомасса стволовой древесины у разных МСГ тополей варьировала от 98 до 284 т/га (табл. 2).

Средняя теплотворная способность древесины составляет около 3300 Ккал/кг. Из 1 кг воздушно сухой древесины может выделиться по разным данным от 13,8 [3] до 14,6 МДж энергии [1]. То есть, среднее значение этой величины может составлять около 14,2 МДж. В более поздних литературных источниках приводятся и более высокие значения низшей теплоты сгорания. Так, по данным, приведенным в работе Матросова и др. [5], конкретно для тополей она может составлять 18 МДж/кг. С учетом разброса данных в настоящей работе использовались более скромные показатели в размере 14,2 МДж/кг. Следовательно, из имеющейся на 1 га биомассы стволовой древесины тополей в зависимости от сорта возможно получить около 323–937 Гкал тепла или от 1392 до 4033 ГДж энергии.

Как видно из данных табл. 2, наибольшим энергетическим потенциалом обладает группа евро-американских гибридов черных тополей с раскидистой кроной. К сожалению, их неустойчивая зимостойкость не позволяет продвигать их далеко на север. Из более зимостойких тополей на второе место выдвинулись межсекционные гибриды черных и бальзамических тополей. Затем идут еще более зимостойкие бальзамические тополя. Черные европейские тополя оказались в данном испытании на последних местах, возможно, из-за их низкой сохранности, как показали более ранние исследования [10].

Еще более внушительные результаты по производству стволовой биомассы и количеству производимой из нее энергии показали наиболее перспективные культивары в каждой группе тополей (табл. 3).

Как показано в табл. 3, наиболее продуктивные культивары оказались в секции евро-американских тополей. Так, стволовая

**Характеристика продуктивности перспективных для ЦЧР клонов
и сортов тополей в 25-летнем возрасте**

**The productivity characteristics of 25-year poplar species and clones which
have good chances to grow in the Central Chernozem region**

Наименование тополя	Инв. №	Запас стволочной древесины, м ³ /га	Биомасса стволочной древесины, т/га	Примерное количество тепла, выделяемое при сгорании, Гкал/га	Энергетический потенциал тополей, ГДж/га
Черные тополя с пирамидальной кроной					
Пионер	42	410	185	611	2627
Черные тополя с раскидистой кроной					
Брабантика-175	158	512	210	693	2982
Вернирубенс	54	612	251	828	3564
Гельрика	80	824	338	1115	4800
Мариландика-239	34	624	256	845	3635
Регенерата	78	1151	472	1558	6702
Регенерата	79	976	400	1320	5680
Робуста-236	156	414	170	561	2414
Серотина	19	572	235	776	3337
Бальзамические тополя					
Волосистоплодный	83	428	175	578	2485
Китайский	133	423	173	571	2457
Межсекционные гибриды настоящих тополей					
Воронежский гигант	94	569	233	769	3309
Берлинский	130	570	234	772	3323
Гибрид – 10	106	442	181	597	2570
Гибрид – 300	49	445	182	601	2584
Контроль					
Осокорь	131	218	89	294	1264

биомасса клонов культивара тополя Регенерата составила 400–470 т/га. Лучшие показатели по запасу, количеству стволочной биомассы, а следовательно, и энергетическому потенциалу среди отечественных гибридов были у гибрида М.М. Вересина «Воронежский гигант».

Выводы

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Производство биоэнергии из биомассы вызывает интерес мирового сообщества как запасной вариант при истощении ископаемых источников энергии.

2. При использовании биомассы наибольшая ее часть получается из древесного сырья.

3. Одним из перспективных источников древесного сырья может стать плантационное выращивание быстрорастущих пород и

среди них для регионов умеренного климата, в первую очередь тополей.

4. Изучение продуктивности насаждений и количества производимой биомассы тополей показало, что в условиях Центрального Черноземья в зависимости от генетической ценности сортов производство стволочной биомассы к возрасту количественной спелости может колебаться от 90 до 470 т/га.

5. В зависимости от объема биомассы различных клонов и сортов тополей их энергетический потенциал может варьировать в этом возрасте от 1260 до 6700 ГДж/га.

6. В целом, изучение продуктивности насаждений и количества производимой биомассы тополей различных морфолого-систематических групп, а также расчеты энергетического потенциала показали их высокую перспективность для культивирования в качестве возобновляемого источника биоэнергии.

Библиографический список

1. Бондарев, В.Я. Особенности подготовки сырья для пиролиза древесины / В.Я. Бондарев, Л.М. Гусева // Лесное хозяйство, 2013. Актуальные проблемы и пути их решения: Междунар. науч.-практич. интернет-конференция НГСХА. – Нижний Новгород – 6 декабря 2013 – 6 января 2014 г. – С. 92–96.
2. Виды топлива и его характеристика. – www.gazovik-gaz.ru (дата обращения 14.07.2014).
3. Дрова березы и осины оптом ООО «Лес» 16.06.2014. «Дрова» ООО компани. – www.lesonline.ru (дата обращения 23.07.2014).
4. Информация дня: цена нефти марки Brent = 106,91 USD/баррель (159 л); курс американского долл. – 35,16 руб. [электронный ресурс]. – www.yandex.ru (дата обращения 23.07.2014).
5. Матросов, А.В. Технологические процессы и оборудование производства древесного биотоплива / А.В. Матросов, Е.Н. Щербаков, М.А. Быковский и др. – М.: МГУЛ, 2015. – 296 с.
6. Прайс-лист на нефтепродукты компании ООО «Строй-объем». Цены актуальные на 11.04.2014. – www.stroi-m3.k4. (дата обращения 23.07.2014).
7. Среднее значение теплотворной способности (теплоты сгорания) различных видов топлива. – www.gazovik-gaz.ru (дата обращения 14.07.2014).
8. Уголь для отопления. – www.ruddon.ru/каталог (дата обращения 14.07.2014).
9. Усольцев, В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: нормативы и элементы географии / В.А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 762 с.
10. Царев, А.П. Динамика сохранности и продуктивности настоящих тополей при испытании в условиях умеренного климата / А.П. Царев, Р.П. Царева, В.А. Царев // Информационный вестник ВОГиС. – 2010. – Т. 14. – № 2. – С. 255–264.
11. Шегельман, И.Р. Место биоэнергетики в топливно-энергетическом балансе лесопромышленного региона / И.Р. Шегельман, П.О. Шукин, М.Н. Морозов // Наука и бизнес: пути развития. – 2011. – № 6. – С. 151–154.
12. Balatinez J., Mertens P., De Boever L., Yukun H., Jin J., Acker J. Properties, Processing and Utilization // Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment / Edited by J.G. Isebrands and J. Richardson. Rome, FAO: published jointly by CAB International and FAO, 2014. p. 527-561.
13. Isebrands J.G., Karnosky F. Environmental benefits of poplar culture // Poplar culture in North America / Edited by Dickmann D.I., Isebrand J.G., Eckenwalder J.E., Richardson J. – Ottawa: NRC-CNRC, NRC Research Press, 2001. p. 207-218.
14. Kollert W., Carle J., Rosengren L. Poplars and Willows for Rural Livelihoods and Sustainable Development // Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment / Edited by J.G. Isebrands and J. Richardson. Rome, FAO: published jointly by CAB International and FAO, 2014. p. 577-602.
15. Stanton B.J., Serapiglia M.J., Smart L.B. The domestication and Conservation of *Populus* and *Salix* Genetic Resources // Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment / Edited by J.G. Isebrands and J. Richardson. Rome, FAO: published jointly by CAB International and FAO, 2014. p. 124-199.
16. Wuehlisch G. Status of short-rotation coppices (SRC) with poplar and willow in Germany // Improving lives with poplars and willows. International poplar commission, 24th Session. Dehradun, India, 30 October-2 November 2012. Abstracts of Submitted Papers. – Working Paper IPC/11, FAO, Rome, Italy. p. 112.
17. Ylitalo E. Consumption of renewable energy and wood fuels in the European union / Ylitalo E., Mustonen M. // Forest Bioenergy for Europe, 2014. No 4. p. 17-22.
18. Zsuffa L., Giordano E., Pryor L.D., Stettler R.F. Trends in poplar culture: some global and regional perspectives // Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation / Edited by Stettler R.F., Bradshaw, Jr. H.D., Heilman P.E., Yinckley T.M. – Ottawa: NRC-CNRC, NRC Research Press, 1996. p. 515-539.

BIOMASS OF POPLARS OF EUPOPULUS DODE FOR BIOENERGY PRODUCTION

Tsarev A.P., Prof., Dr. Sci. (Agriculture); Petrozavodsk State University, All Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology^(1, 2); **Tsarev V.A.**, Assoc. Prof., PhD (Agriculture) All Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology⁽²⁾

antsa_55@yahoo.com; tsarev@psu.karelia.ru, tsarevvadim2013@gmail.com

⁽¹⁾Petrozavodsk State University professor; 33 Lenin av., Petrozavodsk 185910, Karelia, Russia

⁽²⁾All Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology senior scientist; 105 Lomonosov str., Voronezh 394087, Russia

The comparative analysis of the calorific ability, energy potential, quantity of necessary raw materials to produce 1 GJ of energy, cost of one ton of raw materials and the approximate cost of such raw materials as coal, fuel oil, crude oil and wood necessary to produce 1 GJ of energy is presented. It is observed that the cheapest source of thermal energy is wood. On the basis of the actual efficiency of stem wood of 25-year trees of different morphological and systematic poplar groups (MSG) which have been grown at the testing plantations in the Central Chernozem region, the volume of the biomass production and the potential levels of heat and energy emitted at combustion have been calculated. Depending on the genetic value of poplar species and clones of different MSG, the average figures fluctuated from 220 to 630 m³/hectare (reserves), from 100 to 280 t/hectare (biomass of stem wood), from 320 to 940 Gcal/hectares (amount of heat emitted at combustion), from 1390 to 4030 GJ/hectare (energy potential). The highest potential have the Euro-American hybrids of black poplars (the average value for 8 different species of this MSG was 4030 GJ/hectare). However, within this MSG there were the species which significantly exceed this value. In general, the study of planting productivity and of the amount of the produced poplar biomass in various morphological and systematic groups and the calculations of their energy potential have revealed good opportunities for cultivation as a renewable source of bioenergy.

Keywords: poplars, biomass, bioenergy, renewables

References

1. Bondarev V.Ya., Guseva L.M. *Osobennosti podgotovki syr'ya dlya piroliza drevesiny . Lesnoe khozyaystvo–2013. Aktual'nye problemy i puti ikh resheniya. Mezhdunar. Nauch.-praktich. internet-konferentsiya fakul'teta lesnogo khozyaystva Nizhegorodskoy gos. s.-kh. akademii* [Particularities of raw materials preparation for wood. Forestry–2013. Actual problems and ways of their decision. International Science & practical Internet conference of forestry faculty of Nizhny Novgorod State Agriculture Academy]. Nizhny Novgorod, December 6, 2013–January 6, 2014. Nizhny Novgorod, 2014. pp. 92-96. (In Russian).
2. *Vidy topliva i ego kharakteristika* [Types of fuel and its characteristic]. Available at: www.gazovik-gaz.ru (accessed 14 July 2014). (In Russian).
3. *Drova berezy i osiny optom – tsena 400 rub/m³– OOO «Les» 16.06.2014. «Drova» – tsena 200 rub – OOO kompani* [Firewood of a birch and an aspen wholesale – the price is 400 rub/m³– JSC Les 16.06.2014. «Firewood» – the price of 200 rub – open company]. Available at: www.lesonline.ru (accessed 23 July 2014). (In Russian).
4. *Informatsiya dnya: tsena nefii marki Brent = 106.91 USD/barrel' (159 l); kurs USD – 35.16 rub.* [Information of day: Brent oil price = 106.91 USD/barrel (159 l); US dollar exchange rate – 35.16 rub.]. Available at: www.yandex.ru (accessed 23 July 2014). (In Russian).
5. Matrosov A.V., Shcherbakov E.N., Bykovskiy M.A., Laptev A.V., Karpachev S.P. *Tekhnologicheskie protsessy i oborudovanie proizvodstva drevesnogo biotopliva: ucheb. posobie* [Technological processes and equipment of wood biofuel production: educational aid]. Moscow: Moscow State Forest University Edition, 2015. 296 p. (In Russian).
6. *Prays-list na nefteprodukty kompanii OOO «Stroy-ob»em». Tseny aktual'nye na 11.04.2014* [The price list on oil products of the JSC “Stroy-ob” company. Prices actual on 11.04.2014]. Available at: www.stroi-m3.k4. (accessed 23 July 2014). (In Russian).
7. *Srednee znachenie teplotvornoy sposobnosti (teploty sgoraniya) razlichnykh vidov topliva* [Average value of calorific ability (warmth of combustion) of different types of fuel]. Available at: www.gazovik-gaz.ru (accessed 14 July 2014). (In Russian).
8. *Ugol' dlya otopleniya* [Coal for heating]. Available at: www.ruddon.ru/katalog (accessed 14 July 2014). (In Russian).
9. Usol'tsev V. A. *Fitomassa lesov Severnoy Evrazii: normativy i elementy geografii* [Phytomass of the Northern Eurasia forests: standards and elements of geography]. Ekaterinburg: Ural Branch of Russian Academy of Sciences, 2002. 762 p. (In Russian).
10. Tsarev, A.P., Tsareva, R.P., Tsarev, V.A., *Dinamika sokhrannosti i produktivnosti nastoyashchikh topoley pri ispytanii v usloviyakh umernogo klimata / pod obshch. red. A.P. Tsareva* [Dynamics of safety and efficiency of the eupopulus at test in the conditions of a temperate climate / under a general edition of A. P. Tsarev]. *Informatsionnyy vestnik VOGiS* [Information bulletin of Vavilov Society of Genetics and Breeders], 2010, V. 14, № 2, pp. 255-264. (In Russian).
11. Shegel'man I.R., Shchukin P.O., Morozov M.N. *Mesto bioenergetiki v toplivno-energeticheskoy balanse lesopromyshlennogo regiona* [Place of bio-energetics in fuel and energy balance of the timber industry region]. *Nauka i biznes: puti razvitiya*. [Science and business: ways of development]. 2011, № 6. pp. 151-154. (In Russian).
12. Balatinecz J., Mertens P., De Boever L., Yukun H., Jin J., Acker J. Properties, Processing and Utilization. Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment. Edited by J.G. Isebrands and J. Richardson. Rome, FAO: published jointly by CAB International and FAO, 2014. pp. 527-561. (In English).
13. Isebrands J.G., Karnosky F. Environmental benefits of poplar culture. Poplar culture in North America. Edited by Dickmann D.I., Isebrand J.G., Eckenwalder J.E., Richardson J. Ottawa: NRC-CNRC, NRC Research Press, 2001. pp. 207-218. (In English).
14. Kollert W., Carle J., Rosengren L. Poplars and Willows for Rural Livelihoods and Sustainable Development. Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment / Edited by J.G. Isebrands and J. Richardson. Rome, FAO: published jointly by CAB International and FAO, 2014. pp. 577-602. (In English).
15. Stanton B.J., Serapiglia M.J., Smart L.B. The domestication and Conservation of Populus and Salix Genetic Resources. Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment. Edited by J.G. Isebrands and J. Richardson. Rome, FAO: published jointly by CAB International and FAO, 2014. pp. 124-199. (In English).
16. Wuehlisch G. Status of short-rotation coppices (SRC) with poplar and willow in Germany. Improving lives with poplars and willows. International poplar commission, 24th Session. Dehradun, India, 30 October-2 November 2012. Abstracts of Submitted Papers. Rome: Working Paper IPC/11, FAO. pp. 112. (In English).
17. Ylitalo E., Mustonen M. Consumption of renewable energy and wood fuels in the European union. *Forest Bioenergy for Europe*, 2014, No 4. pp. 17-22. (In English).
18. Zsuffa L., Giordano E., Pryor L.D., Stettler R.F. Trends in poplar culture: some global and regional perspectives. *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation* / Edited by Stettler R.F., Bradshaw, Jr. H.D., Heilman P.E., Yinckley T.M. Ottawa: NRC-CNRC, NRC Research Press, 1996. pp. 515-539. (In English).

ПОИСКИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЛЯ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ РАЗВИТИЯ ДРЕВОСТОЕВ

М.В. РОГОЗИН, *проф., ПермГНИУ, д-р биол. наук*⁽¹⁾,
Г.С. РАЗИН, *ПермГНИУ*⁽¹⁾

rog-mikhail@yandex.ru

⁽¹⁾Естественнонаучный институт ГОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (ЕНИ ПГНИУ), 614990, Пермский край, Пермь, ул. Генкеля, 4

Отмечается, что таблицы хода роста, разработанные на основе однократных измерений, не отражают фактический ход роста древостоев. Поэтому нужен поиск факторов, реально влияющих на развитие древостоев. Частично вопрос решен для молодняков с открытием «рангового закона роста деревьев в древостое» Е.Л. Маслакова, но далее неясно, почему в древостоях появляются разные типы их роста. Одни авторы (А.М. Голиков) объясняют их наличие правыми и левыми формами, которые адаптивно противоположны: левые светолюбивы и любят сухие условия, а правые предпочитают влажность и конкуренцию. Другие авторы выдвигают концепцию биоритмов (Л.М. Битков) и гипотезу биополя (И.С. Марченко). Например, биополе ценоза предложено считать ведущим фактором естественного изреживания, для которого должны быть найдены константы, связанные с площадью клеток, излучающих это биополе. Одна из них, обнаруженная И.С. Марченко – это объем ветвей в 1 м³ полога. Мы проверили ее на 7 моделях роста древостоев ели по вариантам начальной густоты в диапазоне от 1,0 до 14,0 тыс. шт./га. Результаты расчетов в возрасте от 10 до 120 лет показали, что в древостоях с начальной густотой 1,0 и 1,3 тыс. шт./га, начиная с 45 лет, объемы крон изменялись, соответственно, в пределах 50,6–52 и 46,4–47,5 тыс. м³/га с колебаниями от среднего $\pm 1,4\%$, то есть оказались «индивидуальной константой» для этих моделей. Обнаружены критические точки (периоды) в развитии у ели: возраст 25 лет в густых (начальная густота более 5 тыс. шт./га) и 35–40 лет – в редких древостоях (начальная густота менее 1,6 тыс. шт./га) и невозможность улучшения типа развития ценоза после этого периода. Для нахождения критических точек в развитии древостоя нужно выяснить динамику суммы объемов крон и текущий прирост по запасу в период от 20 до 50–60 лет.

Ключевые слова: древостой, модели, густота, кроны, константы, критические точки, биополе, селекция

В результате длительных исследований в целях выяснения динамики состояний и управления протекающими в древостоях процессами в последние годы появились работы весьма широкого плана – «хронолесоводство» [5], «плантационное лесоводство» [48] и даже «нетрадиционное лесоводство» [26], где их авторами приведены аргументы в обоснование множества новых концепций и идей. Их анализ мы провели в монографиях [38, 40], поэтому здесь кратко рассмотрим лишь минимальное количество работ, важных для понимания предстоящих путей разработки будущей теории развития древостоев, и покажем результаты наших исследований в этом направлении.

При изучении закономерностей строения древостоев обнаружилось, что концепции постоянства и единства в их строении, выдвинутые А.В. Тюриным и Н.В. Третьяковым в 1927–1931 гг., не являются универсальными и поэтому оказались нужны дифференцированные по регионам нормативно-справочные материалы для таксации. Началась их интенсивная разработка. При этом динамика древостоев рассматривалась через призму таксационных показателей и за-

вершалась таблицами хода роста (ТХР) нормальных и модальных насаждений, составлять которые предписывалось в основном по классам бонитета [45]. Сейчас общее их число достигло нескольких сотен [53]. Цели их составления были многогранны, и самая первая – привести в известность производительность древостоев по классам возраста по регионам. Нормируемая полнота и продуктивность древостоев искусственного происхождения оказались намного выше естественных лесов, особенно до 50–60 лет, и для них А.Н. Поляковым, Л.Ф. Ипатовым и В.В. Успенским были составлены эскизы ТХР для европейской части России [31]. Ф.В. Кишенков и Г.В. Брылева [18] представили модели роста сосново-еловых двухъярусных насаждений с предложением разделять структуру формируемого древостоя на части (целевую, фоновую, угнетенную) и постоянно регулировать число деревьев в каждой, не дожидаясь естественного отпада растений.

Однако еще в 1970-е годы, на основе анализа динамики показателей структуры и продуктивности насаждений, были высказаны сомнения в адекватности ТХР, составля-

емых по классам бонитета; отмечалось при этом, что используемые в исследованиях методы подбора экспериментального материала для их составления не гарантируют принадлежности древостоев к одному естественно-гомогенному ряду их развития [21, 23, 32, 33, 50]. Поэтому, как отмечал В.В. Кузьмичев [22], они не могут быть моделями насаждений, к формированию которых нужно стремиться при лесохозяйственной деятельности.

Сейчас отмечается уже более уверенно [7, 30, 35, 36, 46], что рост древостоев происходит по иным закономерностям, чем это отражено в ТХР. Составленные на материале однократных измерений в статике, они не отражают фактического хода роста древостоев. Об этом свидетельствуют и данные длительного анализа хода роста опытных культур [15, 40, 41, 43, 44].

Отсутствие прогнозных моделей развития древостоев вынуждало лесные науки десятилетиями искать эмпирические пути решений для регламента той или иной технологии выращивания лесов и ухода за ними. Так, идея плантационного выращивания леса, выдвинутая в 1969 г. Б.И. Гавриловым, только недавно была реализована в технологиях со строгими параметрами [48]. Разработаны также модели оптимизации густоты древостоев на основе сложных расчетов, основанных на площади питания деревьев в разном возрасте с ориентацией на максимальный прирост и максимальную массу хвои [30].

Однако пока нет работ теоретического плана, объясняющих развитие древостоя в терминах, понятных лесоводам. Частично вопрос решен для молодняков с открытием «рангового закона роста деревьев в древостое» [27]. Но далее неясно, как и почему меняются ранги роста древостоя в целом (а не деревьев в отдельности) к возрасту спелости. По существу, только до 30–40 лет прослежено изменение рангов роста древостоев в опытных культурах [4, 13, 20]. Причем, до сих пор непонятно, *какие причины* вызывают появление у ценоза и у деревьев в нем разных типов роста. Вариация и тренды годовых приростов показывают большое разнообразие типов, и их можно считать отражением в опре-

деленной мере генетических типов развития дерева, но только в условиях свободного роста, например на семенных участках [14]. В древостоях считать в какой-то мере генетическим тип роста дерева нельзя до тех пор, пока не будет выделена доля влияния факторов среды (например, густоты микроценоза вблизи дерева). Поэтому если для отдельных деревьев концепция о типах роста имеет под собой некоторые генетические основания, то для древостоев пока только предположительно можно считать «генетическими» наблюдаемые у них типы роста, на что иногда ссылаются таксаторы-лесоводы [3].

В раскрытии механизмов гомеостаза популяций особенно интересно явление дисимметрии. Любая популяция сосны и ели оказалась двойственной и состоящей из левых и правых изопопуляций [8, 9]. Левые и правые формы деревьев адаптивно неравноценны и различаются отношением к основополагающим факторам среды: свету, влаге, температуре. Левые формы отличаются светолюбием и ксерофитностью, а правые, наоборот, требовательны к влаге и толерантны к конкуренции. На дренированных и сухих почвах чаще встречаются и лучше растут левые, тогда как на влажных почвах, наоборот, преобладают и быстрее растут правые формы. Этот аспект новых знаний объясняет генетические и фитоценотические причины, по которым культуры сосны в сухих условиях, создаваемые традиционно более густыми, оказались достоверно менее продуктивными, чем естественные сосняки в Среднем Поволжье, где в сравнительный анализ были вовлечены свыше тысячи выделов [39, 42].

Оптимальные по влажности условия (ТУМ В2, С2) оказываются благоприятны для обеих форм, здесь они растут одинаково успешно и эти условия – некий рубеж, разделитель: если условия суше – лучше для левых, если влажнее – лучше для правых форм. Следует отметить, что во множестве изученных популяций частоты *изопопуляций* в них ни разу не снижались до нуля. Их колебания стремились к соотношению 0,38/0,62 [8, 9], близкому к «Золотому сечению», в котором проявляются универсальные законы Вселенной [52].

В сложных ельниках Калужской области в онтогенезе ели европейской Л.М. Битков [5] выявил две стратегии жизненного состояния (фазы, циклы биоритма): активную и пассивную, отличающиеся интенсивностью метаболизма продолжительностью в несколько десятилетий, обуславливающих реакцию ели на прореживания и проходные рубки, с резистентностью к корневой губке и вредителям в фазе высокой скорости роста и с успешной колонизацией местообитаний, с повторяемостью урожаяев через 4,4 лет в активной и через 8,3 лет – в пассивной фазе. Автор отмечает, что соотношение фаз роста является предсказуемой квази-инвариантной величиной, близкой к «Золотому сечению» (1,619), с отклонением от нее полученных данных на 12 %. Хронобиологическая концепция является основой для выстраивания новой теории – хронолесоводства [5].

Дерево и древостой – сложные структуры, образующие единое целое. По аналогии со значением слов *геотектоника* (развитие структур земной коры) и *архитектоника* (гармоничное соединение частей) Н.Н. Черновым предложен термин «биотектоника» [52]. Новый термин нужен для понимания отличий в моделировании процессов развития форм живой природы на основе ее фундаментальных закономерностей, которыми проверяются эмпирические модели. Так, для древостоя возможно применение Закона спирально-логарифмического кумулятивного роста, Золотого сечения и других. Они являются основой организации материи на всех уровнях, к которым, как к пределу или константе, она стремится и гармонизирует свое развитие [54]. В связи с этим появляются четкие ориентиры для проверки самых разных вариантов аппроксимации опытных данных и поиск отражения фундаментальных закономерностей в структуре и в развитии деревьев и древостоев.

Общие закономерности в развитии биосистем для лесоводства особенно важны. Причем, для древостоев наиболее важными являются два момента: прогноз их развития и состояния с наивысшими показателями прироста. Разработанные в 1970–1980 гг. модели прогноза прироста и ТХР имели лаг прогноза

всего в 5 лет при точности $\pm 5-8\%$ с вероятностью 68 % [2]. Они используются до сих пор и вполне удовлетворяют практику [3]. Но если для актуализации данных учета лесов этого достаточно, то для выращивания леса нужен прогноз на десятилетия. На Всероссийской конференции «Научные основы устойчивого управления лесами» 21–23 октября 2014 г. во вступительном слове академик А.С. Исаев показал, что эпоха экстенсивного лесопользования в России закончилась, и мы неизбежно перейдем на иные модели, в которых устойчивое управление лесами будет главным условием снижения рисков их деградации. Сейчас рассматриваются энергетические [1], конкурентные [11], а также общие модели развития древостоев и лесных экосистем [19, 29]. В этом плане ТХР на бонитетной основе, на наш взгляд, выглядят как уже давно пройденный этап моделирования. Из них можно взять только максимальные конечные результаты выращивания леса в том или ином классе возраста, и ответа на важнейший вопрос о том, при каких *начальных параметрах* ценоза можно вырастить такие максимально продуктивные леса, они не содержат.

Для новых моделей развития древостоев, помимо отмеченных выше новых концепций, важно понять еще и причины существования устойчивой неравномерности горизонтальной структуры насаждений, представленной множеством биогрупп, в которых сосредоточено до 28–50 % деревьев в насаждениях самых разных пород и возрастов [16]. Они должны обязательно учитываться при уходе за древостоями, а также в современном моделировании структуры и моделях выращивания фитоценозов [6]. Плотные биогруппы, состоящие из деревьев одной породы, на наш взгляд, можно отнести в определенном смысле к атрибуту простого древостоя. Вопрос о динамике биогрупп, как и вопрос о типах роста, нуждается в отдельном обзоре; пока же отметим, что сейчас принято считать, что «ранги деревьев и древостоев меняются» и точные причины этих изменений неизвестны. Селекционеры и генетики выясняют их [4, 13, 20, 38, 39] и пока только учитывают как «неизбежное зло», отодвигая

именно из-за них сроки оценки элитности к возрасту спелости [51]. Ученые-таксаторы первыми изучали типы роста [12, 24], но так и не смогли объяснить причины их появления и поэтому было принято решение разрабатывать в 1970-е гг. более простые ТХР по классам бонитета [45]. Их неадекватность мы уже отмечали, а появление «типов роста» вполне объяснилось действием фактора начальной густоты при условии, если моделировать ход роста древостоев на основе выявления естественных рядов их развития, разделяя пробные площади по начальной густоте ценозов и типам условий местопроизрастания (ТУМам), а не по классам бонитета [41].

Сложность моделей динамики с их длительностью, простирающейся за пределы жизни двух–трех поколений ученых, вынуждало изучать развитие древостоя по его частям, поэтому общий ряд его развития получить трудно. Но для самых простых древостоев нами все-таки были разработаны 5 законов динамики [40, 41], а также **всеобщий закон развития чистых и смешанных однопоросных древостоев**, который в кратком изложении выглядит следующим образом: пределы развития древостоев определяет их начальная густота; при ее изменчивости примерно от 0,5–0,7 до 200 тыс. шт./га, чем она больше, тем раньше древостой достигает свои пределы по показателям сомкнутости и суммам объемов крон, полноте, запасу, производительности, устойчивости, долговечности по сравнению с древостаями с меньшей начальной густотой; но чем она меньше, тем позднее древостой лидирует по ним и дольше сохраняет лидерство в сравнении с древостаями с большей начальной густотой [41].

Подтверждение данного закона можно обнаружить в работе З.Я. Нагимова [30] и в ходе роста древостоев опытных культур [15, 40, 41, 43, 44]. Так, З.Я. Нагимов при изучении закономерностей формирования фитомассы в сосняках на Урале пришел к выводу, что из ценологических факторов наиболее важным и информативным, определяющим степень заполнения пространства деревьями и интенсивность конкуренции, является густота древостоев. Им были установлены ее оптимальные

параметры, а также важные закономерности в сопряженной динамике массы хвои и текущего прироста, причем максимум запаса хвои совпадал и, вероятно, определял кульминацию текущего прироста по запасу [30]. Вполне очевидно, что фотосинтезирующий аппарат древостоя (хвоя, листья) через клетки камбия производит продукцию (древесину) и мы изучаем именно его результаты работы. Следует ожидать, что вопросы, правильно «заданные» этому аппарату, могут дать и ответы с высоким познавательным потенциалом, хотя окажутся и сложны в исполнении.

Известная концепция конкуренции на основе пространственного взаимодействия растений не может объяснить все эффекты их отношений внутри ценоза. В основе взаимоотношения растений со средой и между собой лежит материально-энергетический обмен, который чрезвычайно разнообразен – от обмена метаболитами и перераспределения элементов питания до взаимодействия электрических полей, генерируемых растениями. Взаимодействие природных электромагнитных полей с полями растений имеет значение в информационных связях растений со средой и между растениями: «...в сообществе растений, как и во всякой другой системе осцилляторов, при достижении ими равновесного состояния неизбежно появление единой колебательной системы в результате настройки осцилляции отдельных растений на колебательный режим процессов обмена со средой, характерный для большинства взаимодействующих растений» [49].

Несколько иная настройка зафиксирована в 180-летних древостоях при изучении динамики образования годичного слоя древесины у ели и пихты на Урале, где деревья с разной динамикой прироста по диаметру образовывали биогруппы, а деревья с близким типом прироста росли на значительном расстоянии [10]. Можно предположить в последнем явлении настройку деревьев друг на друга внутренними эпигенетическими регуляторами роста, а также отбором в эти группы правых и левых форм: левые формы предпочитают прямой свет и слабую конкуренцию, а правые – рассеянный и толерантны к ней [8].

Используемые в физике методы обнаруживают сверхслабые излучения растений, но в полевых условиях они неприменимы. Но можно фиксировать реакцию растений на эти сигналы, в интерпретации И.С. Марченко [25] «...по движению растений» (ветвей дерева) и «растеканию растений в системе» (развитию полога древостоя); при этом малая величина излучения стимулирует, а большая – тормозит заполнение экосистемы растениями. Концепцию биополя ввел в биологию А.Г. Гурвич в 1945 г., который ранее открыл митогенетическое излучение биообъектов; оно объясняет отворачивание побегов и растений друг от друга, колебания прироста в зависимости от сомкнутости, динамику изреживания, постоянство объема ветвей в пологе древостоя и множество других явлений, не объясняемых физиологией и лесоводством с позиций известных физических и химических взаимодействий [25].

Наличие предельных состояний в сомкнутости крон и полога [33, 40, 41], а также совпадение максимумов прироста с запасами хвои [30] подтверждает действие основных законов экологии при заполнении пространства экосистемы растениями [37]. Эти законы обусловлены действием физических, химических и энергетических взаимодействий между растениями (часть которых мы знаем как конкурентные). Поэтому нет никаких противоречащих фактов и теорий для принятия гипотезы о том, что механизмом саморегуляции в сообществе растений могут быть их биополя, излучающие сигналы самой различной природы, еще не изученные и во многом неизвестные.

Концепция биополя активно обсуждалась в 1970-е гг., и для древостоев были обнаружены доказательства его сильнейшего воздействия на прирост еловых культур еще до смыкания крон [17]. Воздействие выражалось в заблаговременном, за 2–3 года до смыкания крон, резком снижении в 2 раза прироста ветвей кроны, начавшееся еще при расстоянии между кронами в 0,4 м; далее, после прорастания крон друг в друга, прирост плавно увеличивался в 1,6 раза относительно достигнутого минимума. Причины таких колебаний и

само это необычное явление, обнаруженное в опытных культурах с разной плотностью, сами авторы объяснили «сменой внутривидовой конкуренции на взаимную толерантность» [17]. Но такое объяснение причин явления не вскрывает.

Если механизмом саморегуляции структуры древостоя является его биополе, выступающее как ведущий фактор естественного изреживания, то должны быть и соответствующие ему постоянные величины (константы), связанные с площадью клеток, излучающих это биополе. Первая из них, обнаруженная И.С. Марченко [25] – это объем ветвей в 1 м³ полога (насыщенность сучьями). Она мало зависит от бонитета и в сомкнутых насаждениях есть величина постоянная; в живой части крон в сосняках 1 бонитета эта величина от 30 до 90 лет изменялась в узких пределах от 793 до 815 см³/м³.

Вторая из обнаруженных данным автором постоянных величин – это насыщение полога клетками камбия, измеряемая по связанной с ней ближе всего площади поверхности листьев в единице объема полога древостоя (см²/м³). В молодняках сосны, осины, березы эта площадь стремится к пределу у каждой древесной породы. Поэтому «...каждая порода создает древесный полог с определенной напряженностью биологического поля» [25]. Перечисленные константы не проверялись другими исследователями, и мы попытались выяснить их наличие в моделях динамики роста древостоев.

Для этого мы провели анализ 7 моделей роста древостоев ели по вариантам начальной густоты в диапазоне от 1,0 до 14,0 тыс. шт./га, по данным нашей работы [34]. Выясняли наличие константных величин для полога древостоя, в частности, показателя суммы объемов крон. Результаты расчетов в возрасте от 10 до 120 лет показали, что в самых редких смолоду древостоях, с начальной густотой 1,0 и 1,3 тыс. шт./га, начиная с 45 лет объемы крон изменялись соответственно в пределах 50,6–52 и 46,4–47,5 тыс. м³/га, с колебаниями от среднего ±1,4 %, то есть оказались «индивидуальной константой» для этих моделей. В более густых моделях объем крон

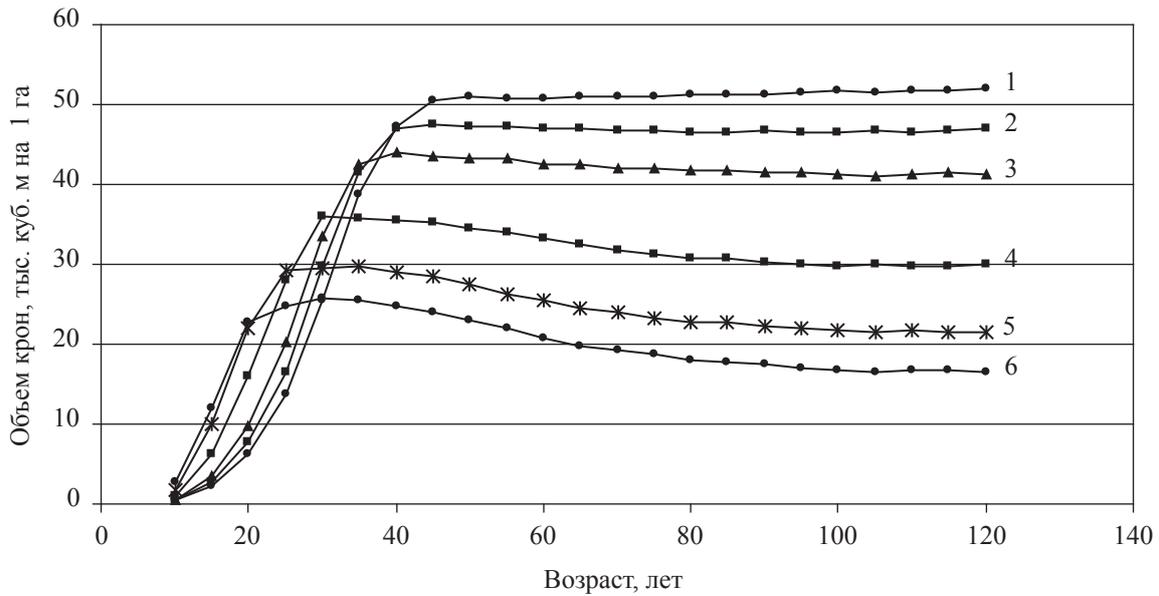


Рис. 1. Динамика объема крон в еловых древостоях с начальной плотностью в 10 лет: 1 – 1,0; 2 – 1,3; 3 – 1,6; 4 – 2,9; 5 – 5,1; 6 – 7,9 тыс. шт./га

Fig. 1. Dynamics of crone volume in fir stands with the initial 10 year density: 1 – 1,0; 2 – 1,3; 3 – 1,6; 4 – 2,9; 5 – 5,1; 6 – 7,9 thousand. pcs. / ha

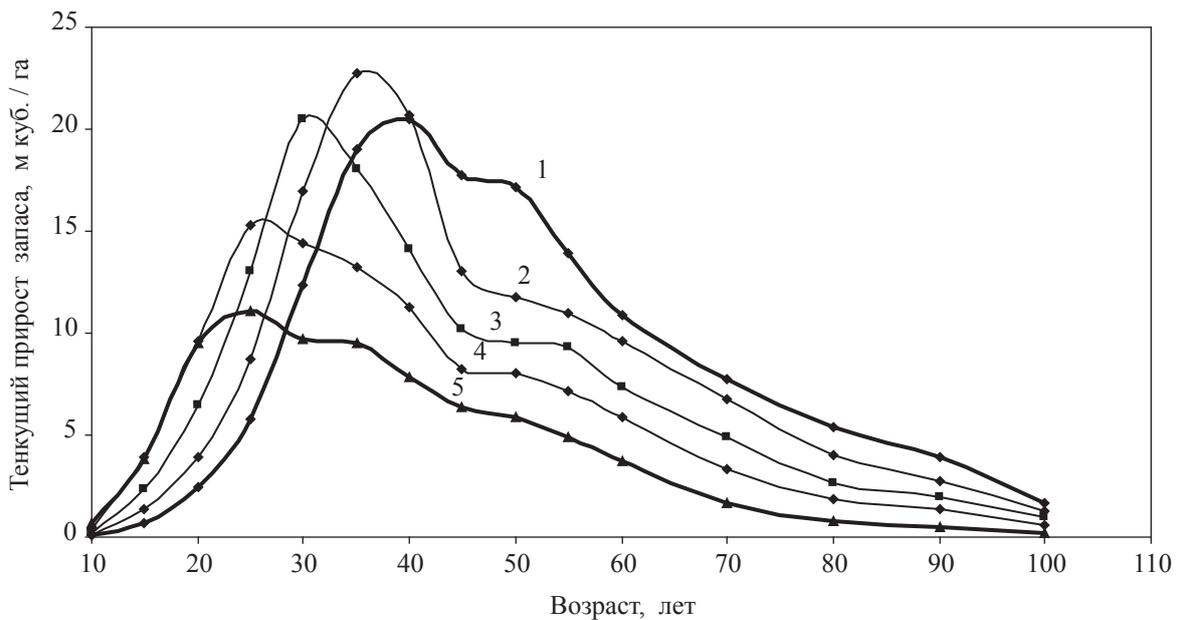


Рис. 2. Текущий прирост по запасу в моделях еловых древостоев в типах условий местопроизрастания C_2-C_3 с начальной плотностью: 1 – 1,0; 2 – 1,65; 3 – 2,9; 4 – 5,1; 5 – 14 тыс. шт./га

Fig. 2. Current increase in the stock in fir stands models in the conditions of C_2-C_3 with the initial density: 1 – 1,0; 2 – 1,65; 3 – 2,9; 4 – 5,1; 5 – 14 thousand pcs. / ha

уже не был постоянным на указанном отрезке возраста и после максимума плавно снижался (рис. 1).

Обнаруженная константа имеет ясный биологический смысл как предел, больше которого полог уже не может заполняться биомассой и сохраняет ее на фоне изменения буквально всех таксационных показателей [40].

Следует отметить, что мы изучили динамику показателя суммы объемов живых крон, а он отличается от изученных И.С. Марченко объема ветвей и площади поверхности листьев в 1 м³ полога. Эти показатели мы не могли проверить, но гипотеза И.С.Марченко о существовании их в виде постоянных величин [25] находит подтверждение в нашем

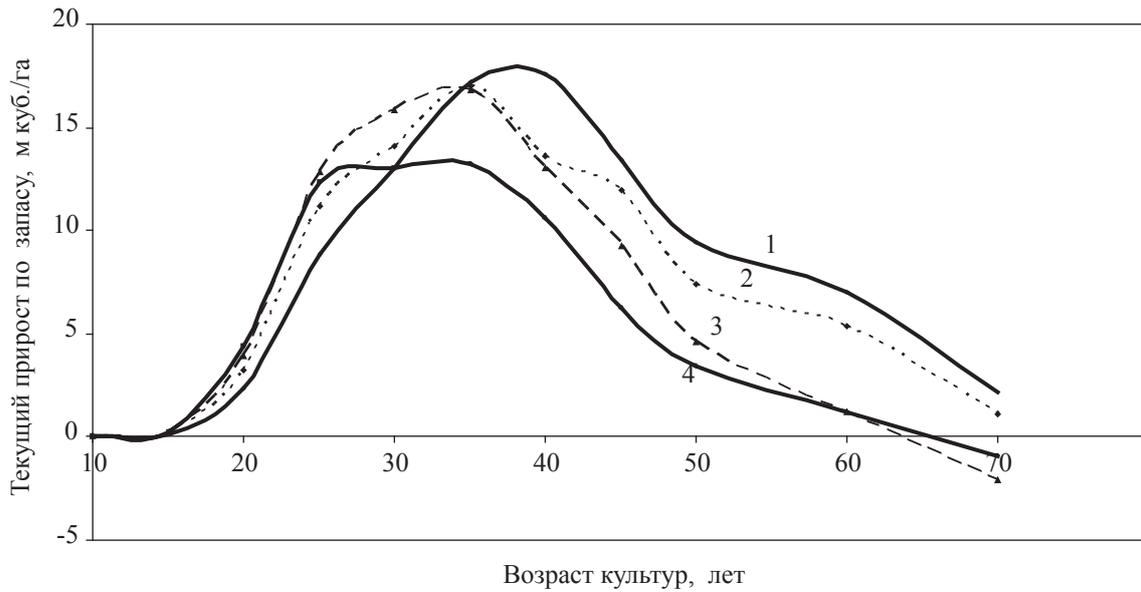


Рис. 3. Текущий прирост по запасу в моделях еловых культур в типах условий местопроизрастания B_3-C_3 с начальной плотностью в 10 лет: 1 – 3,6; 2 – 4,8; 3 – 6,0; 4 – 8,5 тыс. шт./га
 Fig. 3. Current increase in the stock in the models of fir stands in the conditions of B_3-C_3 with the 10 year initial density: 1 – 3,6; 2 – 4,8; 3 – 6,0; 4 – 8,5 thousand pcs. / ha

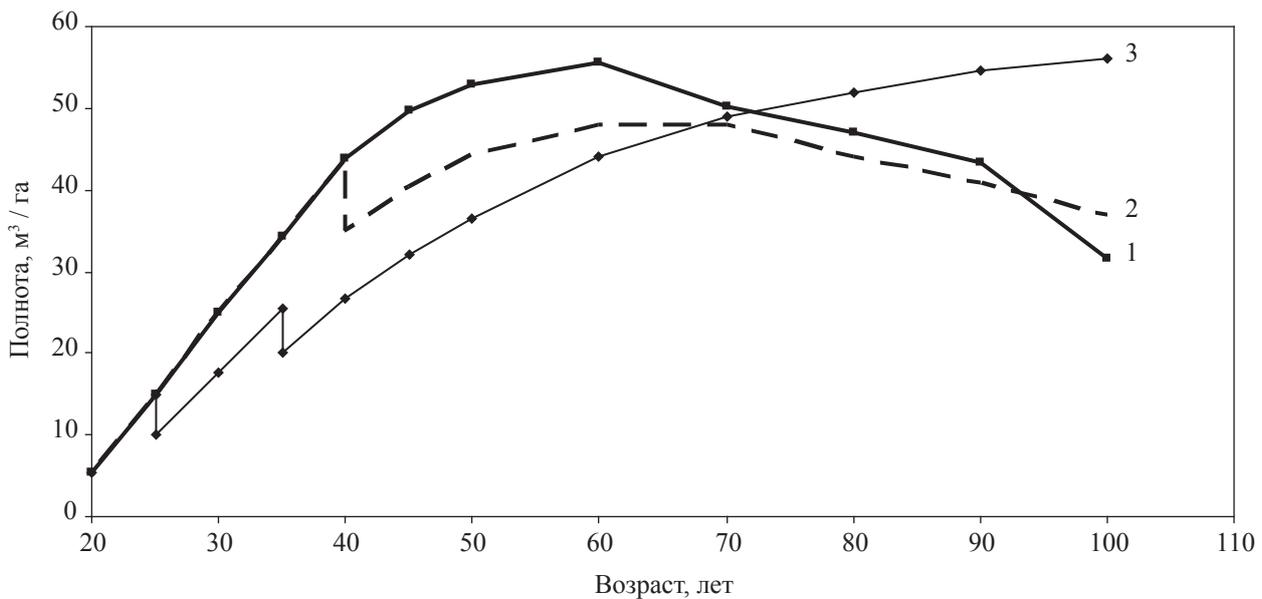


Рис. 4. Динамика полноты в моделях выращивания еловых культур в типах условий B_3-C_3 с начальной плотностью в 10 лет 3,6 тыс. шт. / га: 1 – без рубок ухода; 2 – рубки в 40 лет; 3 – рубки в 25 и 35 лет (прогнозная модель)
 Fig. 4. Stoutness dynamics in the models of fir growing in the conditions of B_3-C_3 with the initial 10 year density of 3,6 thousand pcs. / ha: 1 – without sanitation cuttings; 2 – cutting once in 40 years; 3 – cuttings once in 25 and 35 years (prognostic model)

случае в динамике суммы объемов крон в редких по начальной густоте моделях роста древостоев.

Нечто подобное константе для массы хвой обнаружено в сосняках III класса бонитета на Урале З.Я. Нагимовым. Проведенный им анализ 960 моделей на 108 пробных пло-

щадях показал [30], что выравненные максимальные значения массы хвой возрастают с 20 до 40 лет от 10,8 до 12,8 т/га, а далее остаются практически на одном уровне, отклоняясь от среднего значения (13,1 т/га) в период 50–120 лет на 1,4–1,7 %, что нельзя признать существенным, так как ошибки опыта были

близки к этим отклонениям. На наш взгляд, эти максимумы вполне можно считать неким биологическим пределом, больше которого в данных условиях и при полноте древостоев, близкой к 1,0, масса хвои подняться уже не может и поддерживает его уровень с момента достижения максимума прироста.

Кульминацию развития насаждения обычно связывают с максимумом текущего прироста по запасу. В наших моделях хода роста естественных [34] и искусственных [40] еловых древостоев текущие приросты выглядят как серия пересекающихся кривых и каждая из них имеет максимум. Так, в естественных древостоях с малой начальной густотой (в моделях 1–3) максимумы наблюдаются в 30–40, а в густых – уже в 25 лет (рис. 2).

В культурах у моделей с относительно малой начальной густотой в 3,6 тыс. шт./га максимум прироста приходится на 35 лет, а в более густых моделях (8,5 тыс. шт./га) – в 25 лет (рис. 3).

Таким образом, пики развития естественных и искусственных древостоев практически совпадают, если начальные густоты их были одного порядка (редкие или густые).

Кульминация прироста обусловлена сочетанием множества причин, включая генетические, о которых мы говорили выше. Представляется обоснованным утверждение, что если социальные ранги деревьев определились в результате действия этих многих причин, то изменить и «переместить» развитие древостоя на более производительную линию (модель роста) после кульминации прироста вмешательством разреживанием трудно или почти невозможно. Деревья имеют инерцию развития по множеству признаков, определяющих их ранги. Распределение по рангам отражает адаптацию сообщества именно для этой линии (модели) развития, и адаптация эта, скорее всего, завершается на пике прироста по запасу.

Рекомендации по ускоренному выращиванию леса как раз и ориентированы на разреживание в самом раннем возрасте [28, 48]. Период во время и после пика сомкнутости полога и кульминации прироста уже неэффективен для изменения динамики в по-

ложительную сторону. В это время в господствующую часть древостоя происходит отбор конкурентно выносливых генотипов и это свойство у них не всегда сочетается с крупными размерами, из-за чего и происходит потеря производительности. По-видимому, именно в эти периоды С.Н. Сенновым и были проведены рубки ухода на большом количестве опытных участков и получено парадоксальное заключение о «невозможности повышения производительности средневозрастных древостоев регулированием их густоты» [47]. Но дело еще и в том, что если пик сомкнутости уже наступил и произошла адаптация растений к дефициту питания путем формирования малообъемных крон, то древостой освобождается от предельной сомкнутости всегда с ущербом для производительности, и поэтому чем позднее рубка оставших растений, тем слабее она меняет линии развития полноты (рис. 4).

Из полученных нами закономерностей следует ряд правил, позволяющих использовать их с нужным эффектом. Укажем только основные. Так, при выращивании леса активное регулирование густоты рубками должно быть завершено *до кульминации* текущего прироста по запасу. Для ельников это будет возраст до 25 лет в относительно густых (начальная густота 5 тыс. шт./га и более) и до 30–35 лет – в изначально редких древостоях (начальная густота около 2,9 тыс. шт./га и менее).

Важные правила появляются и для лесной селекции.

История насаждений разнообразна и порождает отличающиеся типы их развития с разным набором генотипов. Желательный для лесных плантаций генофонд формируют древостои с пониженной начальной густотой и поэтому плохой очищаемостью от сучьев, где плюсовые деревья, как правило, не отбирались. Поэтому неудачи плюсовой селекции в том числе объяснимы и отбором родителей в насаждениях с другой историей развития, а именно с высокой густотой в молодом и среднем возрасте. В результате формируется генофонд, более подходящий для выращивания в густом стоянии и непригодный для плантационного выращивания, что доказано наши-

ми 21-летними опытами выращивания потомства 224 деревьев ели из старых культур четырех участков с разной густотой на двух участках испытательных культур, также отличающихся по густоте. Оказалось, что как отдельные матери, так и популяции (древостои) передают потомству свою приверженность к лучшему росту в совершенно определенных условиях конкуренции – слабой или сильной [40]. Поэтому в интересах плантационного выращивания в критерии отбора плюсовых насаждений и деревьев необходимо включить не только историю их густоты, но и возраст не более 50–55 лет. Имеющийся же исходный материал, задействованный в конце 20 века в селекции хвойных, более подходит по своей истории формирования, а также возрасту оценки фенотипа матерей к генофонду для выращивания густых насаждений до возраста 90–120 лет и более.

В биологии существует миф о саморегуляции густоты в чистых древостоях. Однако растения не планируют будущее, а стремятся к заполнению пространства биомассой до предела, после чего начинается регресс, принимаемый за «саморегуляцию»; при этом социум стремится как можно дольше сохранять максимум числа деревьев, с ущербом для их размеров. Укоренившийся миф искажает стратегическое мышление и приводит к заблуждениям, мешающим принятию правильных решений при выращивании лесов.

Таковы в кратком изложении некоторые биологические закономерности, модели развития древостоев, гипотезы и концепции, а также следующие из них правила выращивания леса и правила для селекции лесных пород, рассмотренные на примере ели сибирской и сосны обыкновенной. Для детализации их действия для конкретных пород и условий необходим поиск биологических констант, связанных с развитием ассимиляционного аппарата и поиск критических периодов в развитии древостоев.

Работа выполнена при финансовой поддержке задания 2014/153 государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России № ГР 01201461915.

Библиографический список

1. Алексеев, А.С. Энергетическая модель хода роста запаса древостоев и возможности ее применения для решения задач устойчивого управления лесами / А.С. Алексеев // Научные основы устойчивого управления лесами. – М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. – С. 10–13.
2. Антанайтис, В.В. Прирост леса / В.В. Антанайтис, В.В. Загребев. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 200 с.
3. Багинский, В.Ф. Ход роста древостоев и его отражение в таблицах и математических моделях / В.Ф. Багинский // Лесное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 40–42.
4. Бузыкин, А.И. Анализ пространственной структуры разновозрастных древостоев / А.И. Бузыкин, В.А. Охонин, О.П. Секретенко и др. // Структурно-функциональные взаимосвязи и продуктивность фитоценозов. – Красноярск, 1983. – С. 5–12.
5. Битков, Л.М. Хронобиологическая концепция лесоводственных мероприятий в сложных ельниках на юго-западе района хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации (Калужская область): дисс. ... д-ра с.-х. наук / Л.М. Битков. – Брянск: БГИТА, 2009. – 304 с.
6. Вайс, А.А. Динамика морфологических и пространственных показателей деревьев в Среднеобских борах / А.А. Вайс, В.В. Кузьмичев. – Красноярск: СибГТУ, 2007. – 122 с.
7. Верхунов, П.М. Таксация леса / П.М. Верхунов, В.Л. Черных. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 395 с.
8. Голиков, А.М. Эколого-диссимметричный и изоферментный анализ структуры модельных популяций сосны обыкновенной / А.М. Голиков // Лесоведение. – 2011. – № 5. – С. 46–51.
9. Голиков, А.М. Эколого-диссимметрический подход в генетике и селекции видов хвойных / А.М. Голиков // LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2014. – 162 с.
10. Горячев, В.М. Влияние пространственного размещения деревьев в сообществе на формирование годичного слоя древесины хвойных в южнотаежных лесах Урала / В.М. Горячев // Экология. – 1999. – № 1. – С. 9–19.
11. Грабарник, П.Я. Моделирование пространственно-временной структуры древостоя с учетом механизмов конкуренции между деревьями / П.Я. Грабарник, А. Женет, О.П. Секретенко и др. // Научные основы устойчивого управления лесами: Материалы Всероссийской научной конференции «Научные основы устойчивого управления лесами». – М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. – С. 100.
12. Давидов, М.В. К вопросу об установлении типов роста древостоев в природе / М.В. Давидов // Лесной журнал. – 1977. – № 6. – С. 11–16.
13. Ефимов, В.М. Применение методов многомерной статистики для ранней диагностики лучших по росту популяций сосны в географических культурах / В.М. Ефимов, В.В. Тараканов, Р.В. Роговцев // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – № 1–2. – С. 58–62.
14. Исаков, Ю.Н. Эколого-генетическая изменчивость и селекция сосны обыкновенной: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Ю.Н. Исаков. – С-Пб, 1999. – 36 с.
15. Итоги экспериментальных работ в лесной опытной даче ТСХА за 1862–1962 гг. – М.: МСХА, 1964. – 562 с.
16. Ипатов, В.С. Количественный анализ ценологических эффектов в размещении деревьев по территории / В.С. Ипатов, Т.Н. Тархова // Ботанический журнал. – 1975. – № 9. – С. 1237–1250.
17. Кайрюкшгис, Л.В. Явление смены характера взаимоотношений между индивидами внутри вида / Л.В. Кайрюкшгис, А.И. Юодвалькис // Лесоведение и лесное хозяйство. – Вып. II. – Минск: Вышэйшая школа, 1976. – С. 16–24.
18. Кишенков, Ф.В. Таксационная структура сложных смешанных древостоев / Ф.В. Кишенков, Г.В. Брылева // Аграрная наука. – 2007. – № 12. – С. 9–11.

19. Комаров, А.С. Имитационное моделирование круговоротов углерода и азота в лесных экосистемах бореальной зоны / А.С. Комаров, В.Н. Шанин // Научные основы устойчивого управления лесами: Матер. Всеросс. научной конф. «Научные основы устойчивого управления лесами». – М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. – С. 168–169.
20. Кузьмина, Н.А. Отбор перспективных климатипов сосны обыкновенной в географических культурах в Красноярском Приангарье / Н.А. Кузьмина, С.Р. Кузьмин // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – № 1–2. – С. 115–117.
21. Кузьмичев, В.В. Закономерности роста древостоев / В.В. Кузьмичев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 160 с.
22. Кузьмичев, В.В. Эколого-ценотические закономерности роста одновозрастных сосновых древостоев: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Кузьмичев. – Красноярск, 1980. – 31 с.
23. Лебков, В.Ф. Метод составления таблиц хода роста и определения оптимальной густоты насаждений / В.Ф. Лебков // Лесное хозяйство. – 1965. – № 2. – С. 19–23.
24. Лебков, В.Ф. Типы строения древостоев / В.Ф. Лебков // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 12–20.
25. Марченко, И.С. Биополе лесных экосистем / И.С. Марченко. – Брянск: БГИТА, 1995. – 188 с.
26. Марченко, И.С. Нетрадиционное лесоводство: Авторский курс / И.С. Марченко, С.И. Марченко; ред. Е.С. Мурахтанов. – Брянск: БГИТА, 1998. – 419 с.
27. Маслаков, Е.Л. Об особенностях роста и дифференциации деревьев в молодняках сосны / Е.Л. Маслаков // Восстановление и мелиорация лесов Северо-Запада РСФСР. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1980. – С. 53–61.
28. Мерзленко, М.Д. Теория и практика искусственного лесовосстановления: учебное пособие / М.Д. Мерзленко, Н.А. Бабич. – Архангельск, 2011. – 239 с.
29. Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах / отв. ред. В.Н. Кудеяров. – М.: Наука, 2007. – 380 с.
30. Нагимов, З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев: дисс. ... д-ра с/х. наук / З.Я. Нагимов. – Екатеринбург: УГЛА, 2000. – 409 с.
31. Поляков, А.Н. Продуктивность лесных культур / А.Н. Поляков, Л.Ф. Ипагов, В.В. Успенский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 240 с.
32. Разин, Г.С. Изучение и моделирование хода роста древостоев различной густоты (на примере ельников Пермской области): методические рекомендации / Г.С. Разин. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. – 43 с.
33. Разин, Г.С. Динамика сомкнутости одноярусных древостоев / Г.С. Разин // Лесоведение. – 1979. – № 1. – С. 23–25.
34. Разин, Г.С. О ходе роста древостоев. Догматизм в лесной таксации / Г.С. Разин, М.В. Рогозин // Вестник Пермского университета. Серия Биология. – 2009. – № 10 (36). – С. 9–38.
35. Разин, Г.С. О методических подходах построения эскизов таблиц хода роста / Г.С. Разин, М.В. Рогозин // Лесная таксация и лесостроительство. – 2011. – № 1–2. С. 48–57.
36. Разин, Г.С. О таблицах хода роста нормальных (сомкнутых, полных) древостоев (о догматизме в лесных науках) / Г.С. Разин, М.В. Рогозин // Лесная таксация и лесостроительство. – 2012. – № 2 (48). – С. 10–16.
37. Реймерс, Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
38. Рогозин, М. В. Селекция сосны обыкновенной для плантационного выращивания. – Пермь: ПГНИУ, 2013. – 200 с. <http://www.elibrary.ru>
39. Рогозин, М.В. О выращивании леса на сухих почвах: теоретические подходы / М.В. Рогозин, А.М. Голиков, Г.С. Разин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 3 (23). – С. 5–17.
40. Рогозин, М.В. Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели / М.В. Рогозин, Г.С. Разин. – Пермь: ПГНИУ, 2012. – 210 с. <http://www.elibrary.ru>
41. Рогозин, М.В. Вопросы онтогенеза и динамики древостоев / М.В. Рогозин, Г.С. Разин // Лесная таксация и лесостроительство. – 2013. – № 2(50). – С. 23–32.
42. Романов, Е.М. Искусственное лесовосстановление в Среднем Поволжье: состояние и задачи по совершенствованию / Е.М. Романов, Т.В. Нуреева, Н.В. Еремин // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 3. – С. 5–14.
43. Рябоконт, А.П. Продуктивность сосновых насаждений и качество древесины в них при ускоренном выращивании на пиловочник и балансы / А.П. Рябоконт // Лесной журнал. – 1990. – № 6. – С. 19–24.
44. Савич, Ю.М. Рост и продуктивность сосновых культур / Ю.М. Савич // Науч. тр. Укр. Академ. с.-х. наук. – Киев, 1960. – Т. 13. – С. 48–53.
45. Свалов, Н.Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования / Н.Н. Свалов. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 216 с.
46. Семечкин, И.В. О применении таблиц хода роста и о ландшафтном определении границ таксационных участков при лесостроительстве / И.В. Семечкин, Р.А. Зиганшин // Лесная таксация и лесостроительство. – 2008. – № 1 (39). – С. 73–82.
47. Сенов, С.Н. Уход за лесом: экологические основы / С.Н. Сенов. – М.: Лесная пром-ть, 1984. – 127 с.
48. Титов, Е.В. Платационное лесоводство / Е.В. Титов. – Воронеж: ВГЛТА, 2012. – 101 с.
49. Титов, Ю.В. Эффект группы у растений / Ю.В. Титов. – Л.: Наука, 1978. – 151 с.
50. Тябера, А.П. Моделирование производительности и товарности сосновых древостоев разной густоты в условиях Литовской ССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.П. Тябера. – Брянск, 1980. – 20 с.
51. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. – М.: Федер. служба лесного хозяйства России, 2000. – 197 с.
52. Чернов, Н.Н. Биотектоника – методологическая основа изучения форм в живой природе / Н.Н. Чернов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. – 137 с.
53. Швиденко, А.З. Таблицы и модели хода роста и продуктивности основных лесобразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы) / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепаченко, С. Нильсон и др. – М., 2008. – 886 с.
54. Шевелев, И.Ш. Метаязык живой природы / И.Ш. Шевелев. – М.: Воскресенье, 2000. – 352 с.

SEARCHING REGULARITIES FOR THE GENERAL THEORY OF FOREST STAND DEVELOPMENT

Rogozin M.V., Candidate of Sciences, Assoc. Prof. Perm state national research university, Ph.D. (Agricultural) ⁽¹⁾; **Razin G.S.**, Perm state national research university

rog-mikhail@yandex.ru

⁽¹⁾Perm state national research university, 614990, Perm, Genkel st. 4

It should be noted that the tables of the course of growth based on single and static measurements do not reflect the actual course of stands' growth. Therefore, we should look for the factors that can actually influence the development of forest stands. As for the young trees, the issue has been partially resolved with the discovery of E.L. Maslakov's «rank law of tree growth in the stand», but it is unclear why there appear different types of their growth in the stands. Certain authors (A.M. Golikov) explain it by right and left tree forms, which are adaptively opposite: the left ones are light-requiring and like

dry conditions, and the right ones prefer humidity and competition. Other authors have put forward the concept of biorhythms (L.M. Bitkov) and biofield hypothesis (I.S. Marchenko). For example, the biological cenosis field is supposed to be a leading factor of the natural thinning for which the constants connected with the area of cells that produce this biofield are to be found. One of them has been found by I.S. Marchenko – it is the volume of branches of 1 m³. We checked it on the 7 models of growth of fir stands, which differed in the initial density from 1.0 to 14.0 thousand pcs. / ha. The calculation results for the trees from 10 to 120 years have shown that in the stands with the initial density of 1.0 and 1.3 thousand pcs. / ha, beginning from 45 years, the crown volumes have changed for about 50.6–52 and 46.4–47.5 thousand m³/ha with fluctuations ± 1.4 %, that is, they were an «individual constant» for these models. The critical points (periods) in the development of fir have been found: the age of 25 years in dense stands (initial density is more than 5 thousand pcs. / ha) and 35–40 years in rare stands (initial density is less than 1.6 thousand pcs. / ha) as well as the inability to improve the type of cenosis development after this period. To find out the critical points in the development of a stand it is necessary to figure out the dynamics of the sum of the crown volumes and the current increase in the stock in the period from 20 to 60 years

Keywords: forest stand, models, density, crowns, constants, critical points, biofield, breeding

References

1. Alekseev A.P. *Energeticheskaya model' khoda rosta zapasa drevostoev i vozmozhnosti ee primeneniya dlya resheniya zadach ustoychivogo upravleniya lesami* [Energy model of growth progress of the growing stock and the possibility of its application for solving problems of sustainable forest management]. *Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami* [Scientific basis for sustainable forest management]. Moscow: TsEPL RAN, 2014. pp. 10-13.
2. Antanaytis V.V., Zagreev V.V. *Prirost lesa*. [Growth forests]. Moscow: Lesnaya prom-st', 1981. 200 p.
3. Baginskiy V.F. *Khod rosta drevostoev i ego otrazhenie v tablitsakh i matematicheskikh modelyakh* [The course of growth stands and its reflection in the tables and mathematical models]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2011, № 2. pp. 40-42.
4. Buzykin A.I., Okhonin V.A., Sekretenko O.P. i dr. *Analiz prostranstvennoy struktury odnovozrastnykh drevostoev* [Analysis of the spatial structure of even-aged stand] *Strukturno-funktsional'nye vzaimosvyazi i produktivnost' fitotsenozov* [Structural and functional relationships and productivity phytocenoses]. Krasnoyarsk, 1983. pp. 5-12.
5. Bitkov L.M. *Khronobiologicheskaya kontseptsiya lesovodstvennykh meropriyatiy v slozhnykh el'nikakh na yugo-zapade rayona khvoynno-shirokolistvennykh (smeshannykh) lesov evropeyskoy chasti Rossiyskoy federatsii (Kaluzhskaya oblast')* [Chronobiological concept of silviculture in spruce complex in the southwest area of coniferous and broad-leaved (mixed) forests in the European part of the Russian Federation (Kaluga region): Dis. ... Dr. agric.]. Bryansk: BGITA, 2009. 304 p.
6. Vays A.A. Kuz'michev V.V. *Dinamika morfologicheskikh i prostranstvennykh pokazateley derev'ev v Sredneobskikh borakh* [Dynamics of morphological and spatial parameters of trees in Sredneobskaya elections]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2007. 122 p.
7. Verkhunov P.M., Chernykh V.L. *Taksatsiya lesa* [Forest taxation]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2007. 395 p.
8. Golikov A. M. *Ekologo-dissimmetriynyy i izofermentnyy analiz struktury model'nykh populyatsiy sosny obyknovnoy* [Ecological-dissimmetriynyy and isozyme analysis of the structure model populations of Scots pine]. *Lesovedenie* [Silvics], 2011. № 5. pp. 46-51.
9. Golikov A.M. *Ekologo-dissimmetricheskyy podkhod v genetike i selektsii vidov khvoynykh*. [Ecological-dissymmetric approach to genetics and breeding species of conifers. LAP LAMBERT Academic Publishing]. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 162 p.
10. Goryachev V.M. *Vliyaniye prostranstvennogo razmeshcheniya derev'ev v soobshchestve na formirovaniye godichnogo sloya drevesiny khvoynykh v yuzhnootaichnykh lesakh Urala* [The influence of the spatial distribution of trees in the community on the formation of the annual ring in the southern taiga coniferous forests of the Urals]. *Ecologies* [Ecology], 1999. № 1. pp. 9-19.
11. Grabarnik P.Ya., Zhenet A. Sekretenko O.P., Bezrukova M.G. *Modelirovaniye prostranstvenno-vremennoy struktury drevostoya s uchetom mekhanizmov konkurentsii mezhdu derev'yami* [Modeling spatial and temporal structure of the stand with regard to the mechanisms of competition between trees]. *Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami: Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. «Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami»* [Scientific basis for sustainable forest management: Proceedings of the Scientific Conference. The scientific basis for sustainable forest management]. Moscow: TsEPL RAN, 2014. P. 100.
12. Davidov M.V. *K voprosu ob ustanovlenii tipov rosta drevostoev v nature* [On the question of establishing a type of growth stands in nature]. *Lesnoy zhurnal* [Forest journal], 1977. № 6. pp. 11-16.
13. Efimov V.M., Tarakanov V.V., Rogovtsev R.V. *Primeneniye metodov mnogomernoy statistiki dlya ranney diagnostiki luchshikh po rostu populyatsiy sosny v geograficheskikh kul'turakh* [The use of multivariate statistical methods for early diagnosis of the best on the growth of pine populations in geographical cultures]. *Khvoynnye boreal'noy zony* [Coniferous of boreal zone], XXVII, № 1–2, 2010. pp. 58-62.
14. Isakov Yu.N. *Ekologo-geneticheskaya izmenchivost' i selektsiya sosny obyknovnoy*: Avtoref. ... dokt. biol. nauk. [Ecological and genetic variability and selection of Scots pine: Dr. biol. sci. diss.]. S-Pb, 1999. 36 p.
15. *Izgi eksperimental'nykh rabot v lesnoy opytnoy dache TSKhA za 1862-1962 gg.* [Results of experimental studies in experimental forest dacha TSHA for the 1862-1962 years]. Moscow: Minsel'khoz SSSR, MSKhA im. K.A. Timiryazeva, 1964. 562 p.
16. Ipatov V.P., Tarkhova T.N. *Kolichestvennyy analiz tsenoticheskikh effektov v razmeshchenii derev'ev po territorii* [Quantitative analysis cenotic effects in the placement of trees on the territory]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanic journal], 1975. № 9. pp. 1237-1250.
17. Kayryukshtis L. V., Yuodval'kis A. I. *Yavlenie smeny kharaktera vzaimootnosheniy mezhdu individami vnutri vida* [Taxation structure of complex mixed stands]. *Lesovedenie i lesnoe khozyaystvo* [Wood and forestry]. Vyp. II. Minsk: Vysheyshaya shkola, 1976. pp. 16-24.
18. Kishenkov F.V., Bryleva G.V. *Taksatsionnaya struktura slozhnykh smeshannykh drevostoev* [Taxation structure of complex mixed stands]. *Agrarnaya nauka* [Agricultural science], 2007. № 12. pp. 9-11.
19. Komarov A.P., Shanin V.N. *Imitatsionnoye modelirovaniye krugovorotov ugleroda i azota v lesnykh ekosistemakh boreal'noy zony* [Simulation modeling of carbon and nitrogen cycles in forest ecosystems of the boreal zone]. *Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami: Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. «Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami»* [Scientific basis for sustainable forest management: Proceedings of the Scientific Conference «The scientific basis for sustainable forest management»]. Moscow: TsEPL RAN, 2014. pp. 168-169.
20. Kuz'mina N.A., Kuz'min P.R. *Otbor perspektivnykh klimatipov sosny obyknovnoy v geograficheskikh kul'turakh v krasnoyarskom Priangar'e* [Selection of promising climatypes Scots pine in provenance in Krasnoyarsk Priangare]. *Khvoynnye boreal'noy zony* [Coniferous of boreal zone], 2010. № 1 – 2. pp. 115-117.
21. Kuz'michev V.V. *Zakonornosti rosta drevostoev* [Regularities of growth stands]. Novosibirsk: Nauka, 1977. 160 p.
22. Kuz'michev V.V. *Ekologo-tsenoticheskie zakonornosti rosta odno- vozrastnykh sosnykh drevostoev* [Ecological-coenotic of growth of even-aged pine stands: Dr. biol. sci. diss.]. Krasnoyarsk, 1980. 31 p.

23. Lebkov V.F. *Metod sostavleniya tablits khoda rosta i opredeleniya optimal'noy gustoty nasazhdeniy* [The method of compiling tables of growth and determine the optimum planting density]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1965. № 2. pp. 19-23.
24. Lebkov V. F. *Tipy stroeniya drevostoev* [Types of buildings stands]. *Lesovedenie* [Silvics], 1989. № 4. pp. 12-20.
25. Marchenko I.P. *Biopole lesnykh ekosistem* [Biofield forest ecosystems]. Bryansk: BGITA, 1995. 188 p.
26. Marchenko I.P., Marchenko P.I. *Netraditsionnoe lesovodstvo: Avtorskiy kurs/Red. E.P.Murakhtanov* [Unconventional forestry: Original course]. Bryansk: BGITA, 1998. 419 p.
27. Maslakov E. L. *Ob osobennosti rosta i differentsiatsii derev'ev v molodnyakakh sosny* [On the features of growth and differentiation in young pine trees]. *Vosstanovlenie i melioratsiya lesov Severo-Zapada RSFSR* [Restoration and reclamation of forests of the Northwest RSFSR]. Leningrad: LenNIILKh, 1980. pp. 53-61
28. Merzlenko M.D., Babich N.A. *Teoriya i praktika iskusstvennogo lesovosstanovleniya: uchebnoe posobie* [and practice of artificial regeneration: a tutorial]. Arkhangel'sk, 2011. 239 p.
29. *Modelirovanie dinamiki organicheskogo veshchestva v lesnykh ekosistemakh* [Modelirovanie Dynamics of organic matter in forest ecosystems]. Moscow: Nauka, 2007. 380 p.
30. Nagimov Z.Ya. *Zakonomernosti rosta i formirovaniya nadzemnoy fitomassy sosnovykh drevostoev* [Regularities of growth and the formation of above-ground biomass of pine stands: Dr. agric. sci. diss.]. Ekaterinburg: UGLA, 2000. 409 p.
31. Polyakov A.N., Ipatov L.F., Uspenskiy V.V. *Produktivnost' lesnykh kul'tur* [Productivity of forest crops]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 240 p.
32. Razin G.P. *Izuchenie i modelirovanie khoda rosta drevostoev razlichnoy gustoty (na primere el'nikov Permskoy oblasti): Metodicheskie rekomendatsii* [Study and modeling of the course of growth stands varying density (for example, spruce stands of the Perm region): Methodical recommendations]. Leningrad: LenNIILKh, 1977. 43 p.
33. Razin G.P. *Dinamika somknotosti odnoyarusnykh drevostoev* [Dynamics of crown density one-tier stands]. *Lesovedenie* [Silvics], 1979. № 1. pp. 23-25.
34. Razin G.P., Rogozin M.V. *O khode rosta drevostoev. Dogmatizm v lesnoy taksatsii* [Progress growth stands. Dogmatism in forest inventory]. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya Biologiya* [Bulletin of the University of Perm. Biology series], 2009. № 10 (36). pp. 9-38.
35. Razin G.P., Rogozin M.V. *O metodicheskikh podkhodakh postroeniya eskizov tablits khoda rosta* [About the methodical approaches of sketching tables of growth]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo* [Forest inventory and forest management], № 1-2, 2011. pp. 48-57.
36. Razin G.P. Rogozin M.V. *O tablitsakh khoda rosta normal'nykh (somknutykh, polnykh) drevostoev (o dogmatizme v lesnykh naukakh)* [On the tables of the growth of normal (closed, full) stands (dogmatism in forest sciences)]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo* [Forest inventory and forest management], 2012. № 2. pp. 10-16.
37. Reymers N.F. *Ekologiya (teorii, zakony, pravila, printsipy i gipotezy)* [Ecology (theories, laws, rules, principles and hypotheses)]. Moscow: Rossiya molodaya, 1994. 367 p.
38. Rogozin M. V. *Seleksiya sosny obyknovennoy dlya plantatsionnogo vyrashchivaniya* [Selectia of Scots pine with a view to of cultivation on plantations]. Perm': PGNIU, 2013. 200 p. <http://www.elibrary.ru>
39. Rogozin M.V., Golikov A.M., Razin G.P. *O vyrashchivanii lesa na sukhikh pochvakh: teoreticheskie podkhody* [On the cultivation of forests on dry soils: theoretical approaches]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. natural resources], 2014. № 3 (23). pp. 5-17.
40. Rogozin M.V., Razin G.P. *Lesnye kul'tury Teploukhovykh v imenii Stroganovykh na Urale: istoriya, zakony razvitiya, seleksiya eli* [Forest cultures Teploukhova in the estate Stroganoff in the Urals: history, laws of development, selection of spruce]. Perm': PGNIU, 2012. 210 p. <http://www.elibrary.ru>
41. Rogozin M.V., Razin G.P. *Voprosy ontogeneza i dinamiki drevostoev* [Questions ontogeny and dynamics of forest stands]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo* [Forest inventory and forest management], 2013. Vyp. 2(50). pp. 23-32.
42. Romanov E.M., Nureeva T.V., Eremin N.V. *Iskusstvennoe lesovosstanovlenie v Srednem Povolzh'e: sostoyanie i zadachi po sovershenstvovaniyu* [Artificial regeneration in the Middle Volga: status and tasks on improvement]. *Vestnik PGTU. Seriya: Lep. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. natural resources], 2013. № 3. pp. 5-14.
43. Ryabokon' A.P. *Produktivnost' sosnovykh nasazhdeniy i kachestvo drevesiny v nikh pri uskorennom vyrashchivanii na pilovochnik i balansy* [Productivity of pine plantations and wood quality in them at an accelerated growing for sawlogs and pulpwood]. *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal], 1990. № 6. pp. 19- 24.
44. Savich Yu.M. *Rost i produktivnost' sosnovykh kul'tur* [Growth and productivity of pine crops]. *Nauch. tr. Ukr. Akadem. s.-kh. nauk* [Sci. works of Ukr. Academy of agric. Sciences]. Kiev, t.13, 1960. pp. 48-53.
45. Svalov N.N. *Modelirovanie proizvoditel'nosti drevostoev i teoriya lesopol'zovaniya* [Modeling of performance stands and forest management theory]. Moscow: Lesnaya prom-st', 1979. 216 p.
46. Semechkin I.V., Ziganshin R.A. *O primeneni tablit khoda rosta i o landshaftnom opredelenii granits taksatsionnykh uchastkov pri lesoustroystve* [On the application of tables of growth and determining the boundaries of the landscape at forest taxation plots]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo*. V. 1 (39), 2008. pp. 73-82.
47. Sennov P.N. *Ukhod za lesom: ekologicheskie osnovy* [Forest care: ecological bases]. Moscow: Lesn. prom-t', 1984. 127 p.
48. Titov E.V. *Plantatsionnoe lesovodstvo* [Plantation forestry]. Voronezh: VGLTA, 2012. 101 p.
49. Titov Yu.V. *Effekt gruppy u rasteniy* [Group effect in plants]. Leningrad: Nauka, 1978. 151 p.
50. Tyabera A.P. *Modelirovanie proizvoditel'nosti i tovarnosti sosn* Modeling of performance and marketability of pine stands of different density under the Lithuanian SSR *ovykh drevostoev raznoy gustoty v usloviyakh Litovskoy SSR* [Modeling of performance and marketability of pine stands of different density under the Lithuanian SSR. Cand. agric. Sci. diss.]. Bryansk, 1980. 20 p.
51. *Ukazaniya po lesnomu semenovodstvu v Rossiyskoy Federatsii* [Instructions for forest seed in the Russian Federation]. Federal Forestry Service of Russia. Moscow, 2000. 197 p.
52. Chernov N.N. *Biotektonika – metodologicheskaya osnova izucheniya form v zhivoy prirode* [Biotektonika – methodological basis of the study of forms in living nature]. Ekaterinburg: UGLTU, 2013. 137 p.
53. Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G., Nil'son P., Buluy Yu.I. *Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Severnoy Evrazii* [Tables and model the course of growth and productivity of the main tree species in North Eurasia (normative reference materials)]. Moscow, 2008. 886 p.
54. Shevelev I.Sh. *Metazyk zhivoy prirody* [Metalanguage of living nature]. Moscow: Voskresen'e, 2000. 352 p.

ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЕ РЕГЛАМЕНТЫ

Г.А. ПРЕШКИН, *проф. УГЛТУ, канд. техн. наук*⁽¹⁾,
Н.В. ИВАНОВА, *асп. УГЛТУ*⁽¹⁾

hpreshkin@usfeu.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»,
Институт экономики и управления, 6200100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Авторы аргументируют необходимость обновления методик эколого-экономической оценки лесных ресурсов путем научного анализа причин негативного воздействия существующих ведомственных норм ресурсопользования на лесные отношения. Утверждается, что отсутствие социальных норм лесопользования с высшей формой внешней завершенности является основным источником появления социально-экономических предпосылок для возникновения конфликтных ситуаций и проявления деструктивных последствий их неадекватного разрешения. Недостаточная достоверность и точность информации о древесных ресурсах на лесных участках в рыночных условиях вызывает потребность у лесопользователей в более точной информации и лесном товаре в соответствии с действующим законодательством. Лесной участок или древесное насаждение как часть национального капитала представитель региональной власти по управлению государственным имуществом выставляет на аукцион, не зная его действительные потребительские свойства и, соответственно, их потребительскую стоимость. Лесоустроительная информация об объекте продажи лесных товаров изначально не предназначена для ее коммерческого использования, поэтому низкая стоимость российских древесных и недревесных ресурсов для зарубежных приобретателей исключительно привлекательна, что равносильно уничтожению стоимости национального лесного капитала. Этим аргументируется актуальность научно обоснованных нормативных документов – технических регламентов на различные виды лесных благ, упорядочивающих лесные отношения в лесных отраслях экономики, включая обязательное воспроизводство лесов, оценку стоимостей лесных товаров для внутреннего и зарубежных рынков. Отсутствие технических регламентов на лесные продукты вопреки закону способствуют развитию негативных процессов, связанных с массовым хищением лесных товаров, коррупцией и другими проявлениями слабости системы управления российскими лесными богатствами и отраслями экономики. Для решения данной проблемой нужны специалисты, способные профессионально оценить количество и качество лесобумажных продуктов и услуг. Авторы предлагают осуществлять системную подготовку дипломированных оценщиков лесных товаров и смежных прав, способных создавать проекты эффективных технических регламентов для их последующей юридической «обработки» для предоставления к утверждению Государственной Думой. Подготовка специалистов оценщиков лесобумажных товаров авторы предлагают осуществлять в рамках специальности «Экономика природопользования» по дисциплине «Ресурсоведение лесобумажных товаров».

Ключевые слова: техническое регулирование, ресурсоведение лесобумажных товаров, экономическая оценка

Неразвитость теории и практики оценки лесных насаждений как материальных объектов имущества обусловлена многими факторами, среди которых, по убеждению авторов, важнейшими являются недостаточное научное обоснование методик эколого-экономической оценки воздействия норм ресурсопользования на лесные отношения, формирующих в итоге поведение субъектов сделки «купля-продажа» насаждений на лесном участке (ЛУ) и норм регулирования лесных отношений. В настоящее время отсутствие социальных норм лесопользования с высшей формой внешней завершенности (технических регламентов) является основным источником появления социально-экономических предпосылок для возникновения конфликтных ситуаций и проявления деструктивных последствий их неадекватного разрешения в арбитражных судах. Многочисленные противоречия происходят при оценках количества и качества лесных ресурсов на лесных участках, прежде всего древесных ресурсов, в связи с тем, что

отсутствует достоверная таксационная информация о лесных ресурсах на землях лесного фонда и других категорий земель [1].

В частности, характерной причиной возникающих противоречий является недостаточная достоверность информации о количественных и качественных показателях, характеризующих объем и размерно-качественные данные о наличии древесных ресурсов на ЛУ в разрезе древесных пород. Состав и качество этих сведений о потребительских свойствах природного капитала продавец и покупатель понимают каждый по-своему. Так, для продавца лесоустроительная информация о составе и нормах точности вполне достаточна для исчисления стартовой стоимости предмета продажи на аукционе с применением действующих нормативов (ставок), поэтому она устраивает представителя собственника лесного имущества. Однако покупателю насаждения на ЛУ предоставляемый ему перечень таксационных показателей о товаре явно недостаточен по точности и достоверности для адекватной оценки

потенциального технологически доступного ресурса сортиментов, удовлетворяющих его коммерческим запросам [2]. Заметим, что собственник насаждений на ЛУ, в соответствии с п. 2 ст. 70 Лесного кодекса Российской Федерации (ЛК РФ), обязан размещать заказы на выполнение лесоустроительных работ для получения *актуальной и полной* информации о предмете аукциона, чтобы не вводить в заблуждение добросовестного приобретателя о потребительских свойствах продаваемого объекта сделки. Одновременно покупатель, получив на аукционе право на приобретение насаждения, может за свой счет привлечь любую лесоустроительную предпринимательскую структуру для выполнения услуг по таксации этих же насаждений в границах запроектированного ЛУ, чтобы в течение 10 дней (п. 6 ст. 80 ЛК РФ) снять возникшие сомнения об объемных и размерно-качественных параметрах приобретаемой древесины на корню. В случае существенных расхождений показателей экономической и таксационной оценки товара приобретатель вправе в судебном порядке предъявить монополисту-продавцу требование о компенсации понесенных издержек, связанных с выявлением несоответствия информации о проданном товаре на ЛУ, и корректировке суммы сделки по договору купли-продажи насаждения и стоимости затрат по контракту на осуществление мероприятий по выполнению минимума требований лесохозяйственного регламента. Достоверная информация об объекте сделки служит основой для исчисления как цены права приобретения товара, так и стоимости приобретаемых лесных ресурсов по договору купли-продажи. Кроме того, согласно п. 3 ст. 19 ЛК РФ между покупателем и продавцом заключается договор, в котором содержатся элементы государственного контракта на выполнение работ, включающий перечень и расчет затрат по лесохозяйственному регламенту, связанных со строительством транспортных путей к ЛУ, охране, защите, воспроизводству находящихся на нем лесных насаждений. Отсутствие такого договора между покупателем и продавцом при продаже насаждения на ЛУ о возмездном выполнении работ, предполагает осуществление названных работ за счет продавца.

Традиционно считается эколого-экономической областью знаний создание нормативов натурально-вещественной и стоимостной оценки технологически доступных лесных ресурсов, предназначенных для применения в лесопользовании. Недостаток таких знаний является одной из главных причин противоречий, поскольку существующий подход к оценке лесных ресурсов заключается в том, что объекты оценки в инвентаризационных целях подвергаются регламентированию согласно ведомственным нормам Методических указаний, прагматично предназначенных для таксации лесов на территории лесничеств (вместо лесного района) [3]. В них допустимые лесоустроительные нормы отклонений при глазомерном определении таксационных показателей запаса древесного сырья на 1 га при обычной таксации составляет +12 % ...+15 %, на пробной площади +10 %. В условиях рыночной экономики таксации лесных насаждений как объектов продажи такие допуски значений норм точности при определении запаса древесины и других показателей, с точки зрения покупателя, требуют существенного ужесточения, поскольку в них кроется одна из причин возникновения хозяйственных конфликтов. Это указывает на необходимость безотлагательного пересмотра лесоустроительных норм точности в рамках требований пока еще отсутствующего государственного технического регламента на информацию о лесах.

Поэтому попытки создания нормативов сортиментации насаждений на основе модельных деревьев в процессе выполнения лесоустроительных работ без учета особенностей технологий лесозаготовок в условиях массового производства круглых лесоматериалов всегда вводили в заблуждение лесопромышленников. Причина расхождений заключалась не только в недостаточной точности и достоверности исходной информации о насаждении на ЛУ, сколько в существенном различии методических основ оценки технологически доступных древесных ресурсов от их таксационной оценки, из-за чего систематически имели место значительные отклонения фактических результатов от лесотаксационных показателей. Таксаторы в различных регионах предпринимали многочисленные попытки создать свои нормативы – местные

сортиментные и товарные таблицы (Мошкалев, 1974; Верхунов, 1980; Загреев, 1972 и др.), но все их труды по указанной причине оказывались утилитарно-прикладными, по сути своей ошибочными для лесопользователей. В связи с этим объективно назрела актуальная необходимость формирования лесного ресурсоведения как дисциплины социальной, основу теории которой составляет совокупность лесотехнических, экологических, экономических, правовых и философских понятий.

В настоящее время в условиях новой экономики у специалистов, связанных с лесными отношениями и лесопользованием, есть различные взгляды на определение сущности ресурсоведения лесобумажных товаров. Одни придерживаются прежних утилитарно-техноцистических позиций, считают, что в рамках действующих инструкций и норм вполне допустимо продавать с аукционов лесные насаждения (государственное имущество) по действующим таксам, которые в более чем 10 раз меньше минимальных в странах ЕС. Другие считают, что стоимость полезных функций лесов России на порядок больше стоимости ее древесных ресурсов, а их социо-эколого-экономическая оценка – дело экономистов лесного профиля. По мнению авторов, в том и другом случаях подходы несовершенны по причине того, что изменилась институциональная и экономическая среда, и в условиях дефицита природных ресурсов следует коренным образом перестраивать основы оценки полезностей лесов как объектов рыночных отношений с использованием нормативных документов высшего уровня [4, 5]. Остается все еще не удовлетворенной социальная потребность в научно обоснованных нормативных документах – технических регламентах на различные виды лесных благ. Они регулируют упорядочивание лесных отношений в лесных отраслях экономики, включая обязательное воспроизводство лесов, оценку лесных товаров для внутреннего и зарубежных рынков, а также процедур, связанных с оценкой стоимости экспортных лесобумажных товаров (таможенные тарифы группы 44) [6].

Актуальность создания лесного ресурсоведения заключается в том, что вопросы теории этой дисциплины выдвигаются тем настоятель-

нее, чем глубже и основательнее разработаны технические, экологические, экономические и правовые положения лесных отношений. Ожидается их большее воздействие на экономическую отдачу от эффективного управления возобновляемым национальным капиталом, стоимость которого многократно превышает стоимость всего минерально-сырьевого потенциала страны [7]. Сейчас отсутствие технических регламентов на лесные продукты (вопреки закону) способствует развитию негативных процессов, связанных с массовым хищением лесных товаров, коррупцией и другими проявлениями слабости системы управления российскими лесными богатствами и отраслями экономики [10]. Здесь мы сталкиваемся с проблемой подготовки специалистов высшей квалификации, способных профессионально оценивать количество и стоимость лесобумажных товаров и услуг, точнее – с полным отсутствием системной подготовки дипломированных оценщиков товаров и смежных прав, создавать проекты эффективных технических регламентов для их подготовки к юридической «обработке» и утверждению Государственной Думой, чтобы впоследствии руководствоваться ими во всех отраслях лесного сектора российской экономики и деятельности таможенной службы [6].

Сегодняшний недостаточно содержательный уровень изучения основ лесного товароведения вполне объясним: учебно-методического комплекса нет, отсутствует современная учебная литература по теоретическим основам дисциплины, пособия для выполнения лабораторно-практических работ оторваны от запросов практики. В практике обучения студентов основам лесного товароведения сложилось такое положение, что преимущество отдается решению рутинных задач древесиноведения. К сожалению, фундаментальные исследования проблем формирования экономических нормативов оценки лесных благ на основе потребительной стоимости не востребованы, разработка проектов технических регламентов на лесные товары не ведется. Авторы считают, что рыночная стоимость определяет различие в ценах товаров с равной полезностью, поскольку затраты труда выполняют корректирующую функцию. Применительно к природным ресурсам, в том

числе лесным, категория «потребительная стоимость» остается наименее изученной. Можно предугадать, что существующий «беспредел» в формировании основ лесных отношений, вызывающих ущерб от неэффективного управления стоимостями лесных ресурсов, скоро закончится, поскольку страна недополучает в бюджет внушительные суммы лесного дохода.

Возникает вопрос: как организовать подготовку ресурсосведов – оценщиков высшей и средней квалификации для лесного бизнеса в условиях лесотехнического университета? Отсутствие учебных пособий и учебников по лесному ресурсосведению объясняется, на наш взгляд, именно неразвитостью теории оценивания имущества, лесных отношений на предприятиях лесных отраслей экономики и услуг леса в рыночных условиях. Для примера, в составе университета штата Айдахо (США) имеется факультет лесных ресурсов (Forest Resources Dept.), который на протяжении десятилетий выпускает бакалавров и магистров оценщиков – ресурсосведов для отраслей лесного бизнеса.

Лесное ресурсосведение воспринимается сегодня в условиях новой экономики как деятельность по производству новых знаний и использованию знаний, добытых другими науками применительно к лесным отраслям. Здесь четко просматривается два аспекта. Во-первых, в свете требований закона о техническом регулировании необходима разработка новых норм и понятий как научных средств по упорядочению социальной действительности (домашних хозяйств) и процедур по их внедрению в практику лесных отраслей экономики, поскольку ранее существовавшие государственные технические стандарты на лесные товары приобрели размытый статус, близкий к необязательности. В технических регламентах активно востребованы новые знания о природе товара (технические и экологические нормы), их полезности (экономическая оценка стоимости) и об обществе (правовые нормы регулирования). Причем, социальное нормирование осуществляется как на базовых знаниях других наук, так и на информации об объектах оценки, получаемой в процессе выполнения целевых научно-исследовательских работ (грантов) в сфере нормотворчества.

Во-вторых, лесное ресурсосведение выработывает принципы и методы установления норм и понятий, форм их функционирования в различных сферах повторяющихся явлений (объектов) материального производства в лесных отраслях экономики, рекреационных, образовательных и других видах услуг, удовлетворяющих востребованный интерес потребителей полезных функций лесов.

Теория лесного ресурсосведения, базирующаяся на практике упорядочения норм и правил изъятия ресурсов из лесных экосистем, нормированного использования их полезных функций, указывает на новые пути достижения гармоничного, неистощительного и устойчивого управления лесами. Это создает у практиков уверенность в устойчивости их экономических действий, что позволяет им компетентно на системной основе находить рациональные формы и способы успешной предпринимательской деятельности в согласии с природой и действующим законодательством.

Установление места лесного ресурсосведения в классификационном ряду научных дисциплин имеет не столько теоретическое, сколько практическое значение. Лесное товароведение относили к прикладным техническим дисциплинам, изучавшим технические объекты без выхода на экономические оценки потребительной стоимости товаров, и сомнения в такой ее ограниченной роли высказывались немногими. Сейчас, когда непосредственными объектами оценки в дополнение к техническим и имущественным стали лесные отношения и процессы стоимостной оценки ресурсов лесопользования, начался уверенный выход лесного ресурсосведения в экономическую сферу. В частности, как дисциплина в таком аспекте она воспринимается сегодня как область инновационной сферы деятельности в развитии учебного процесса колледжей и университетов лесотехнического профиля, в оказании методических и образовательных услуг дополнительного высшего образования специалистам лесоперерабатывающих и древесинопотребляющих предприятий всех организационно-правовых форм. Следовательно, востребованность этой более содержательной экономической дисциплины следует рассматривать и с обществоведческих позиций.

Лесные экосистемы – национальное богатство, достояние всех граждан страны, и интерес обществоведов к оценке его социально-экономической значимости вполне понятен. У обществоведов, академической и вузовской научной общественности наблюдается активный интерес к научному осмыслению проблем ресурсопользования. Более того, в философской, социологической, экономической науке появились научные труды как отечественных, так и зарубежных авторов по вопросам экономики природопользования [Реймерс, 1994; Яндыганов, 2000; Костанза, 2000; Игнатъева, 1993; Моткин, 1996; Колесников, 2005; Пахомова, Рихтер, 1999; Львов, 2002; Пищулов, 2010 и др.]. Установление места лесного ресурсоведения в классификационном ряду научных дисциплин, специфичных своей многопрофильностью, осложняется тем, что эта дисциплина системно включает элементы ряда других дисциплин и формируется на стыке естественных, технических, экономических и гуманитарных отраслей знаний, совершенствуется как на их, так и на собственной основе. Обзорный анализ влияния различных наук на структуру и содержание теории лесного ресурсоведения представляет собой отдельную тему для обсуждения.

Формируясь на стыке естественных и гуманитарных наук, лесное ресурсоведение является связующим звеном между ними. В такой роли, как известно, выступают технические науки. По-видимому, это обстоятельство стало одной из причин традиционной трактовки лесного товароведения как прикладной технической дисциплины. Природные ресурсы ограничены и поэтому дефицитны на фоне роста населения Земли, норм потребления энергии, товаров и природных благ, поэтому наши исследования подтверждают принадлежность лесного ресурсоведения к обществоведению. Рациональное использование ресурсов выражается в общественном производстве через установление норм и понятий, которые регламентируют и формализуют производственные отношения, отражают динамику развития производительных сил. Производительные силы и производственные отношения выступают предметом экономи-

ческих наук. Таким образом, лесное ресурсоведение как дисциплина подтверждает объективную необходимость целенаправленного упорядочения ресурсопользования с экономическими законами развития общества. В теории и практике лесного ресурсоведения применяются и другие экономические категории, такие как пропорциональность изъятия и воспроизводства природных ресурсов экосистем, плановость снижения норм ресурсоемкости производства, устойчивое управление и экологизация процессов производственной деятельности с целью оздоровления среды обитания человека. Эколого-экономический критерий является одним из основных критериев выбора объектов лесного ресурсоведения и включения в технический регламент на лесной товар или процесс.

Научные исследования в области экономики лесопользования в настоящее время стали самостоятельным разделом в учебниках по экономике природопользования (Бобылев, Ходжаев, 2004; Яндыганов, 2005; Лукъянчиков, Потравный, 2007; Игнатъева, 2009; Попенов, 2010 и др.). Интегративность основных принципов упорядочения настолько очевидна и глубока, что лесное ресурсоведение, ввиду комплексности использования и воспроизводимости лесных ресурсов, можно квалифицировать как особую отрасль новых знаний в экономике.

Лесное ресурсоведение как деятельность по установлению и применению норм и понятий в сферах повторяющихся объектов и природных явлений – деятельность правового характера, поскольку она является прямым выражением воли государства в обеспечении бережного и эффективного использования лесных ресурсов и полезных функций лесов как национального природного капитала. Эффективность государственного руководства в сферах содержания, использования, воспроизводства, защиты и охраны лесов во многом обусловлено определенными организационно-правовыми формами управления стоимостью лесных богатств, в том числе развитием теоретических основ лесного менеджмента. Немногочисленные труды по правовым вопросам лесного менеджмента, ресурсоведения

и динамического управления стоимостями лесных ресурсов свидетельствует о том, что формирование теории лесного ресурсоведения проходит вяло, без должного внимания государства к фактам и причинам неисполнения собственных лесных законодательных актов, без тесной связи с правоведением и другими юридическими дисциплинами. Лесное ресурсоведение поставит правоведам примеры практических решений конкретных задач путем создания проектов технических регламентов на лесные товары. Они послужат основой для «юридической» обработки и доведения их до стадии проектов, подлежащих утверждению Государственной Думой как нормативных документов, имеющих юридическую силу. Наличие таких научно обоснованных нормативных документов не только обогатит спектр теоретических разработок правовых проблем, но и окажет помощь арбитражным судам в практическом разрешении процессуальных вопросов при разрешении по существу хозяйственных споров.

Многогранны и сложны взаимосвязи лесного ресурсоведения и правового регулирования в вопросах применения норм лесопользования и воспроизводства лесных благ. Эти два вида упорядочивающей деятельности не случайно поставлены авторами рядом, так как они не должны обходиться друг без друга, и разработка их теорий тесно переплетается, зачастую сливаясь в единый научный процесс.

В последние годы наблюдается интенсивное развитие общей теории социальных норм, под которой подразумеваются знания об общих закономерностях системного бытия норм. Исследования и разработка теории в этой области знаний ведется философами, социологами, правоведами, но они не исследуют проблемы лесной ресурсологии в сфере разработки технических норм и норм лесных общественных отношений, которые оказывают заметное влияние на использование и воспроизводство всех остальных видов социальных норм. Стоит заметить, что ими меньше всего занимаются обществоведы, экономисты в сфере регулирования и оценки социально-экономических нормативов пользования лесными благами.

Исследование предмета, социальной сущности лесного ресурсоведения в контексте общей теории норм позволяет сделать вывод о том, что эта дисциплина вполне обоснованно может квалифицироваться как самостоятельное направление общей теории норм. Ее наиболее существенная часть может выступать рабочим инструментом, с помощью которого общая теория норм может находить практический выход в сферу материального производства, услуг, в общественную практику управления ресурсопользованием, превращая абстрактное в практическое.

Итак, даже краткий анализ взаимосвязей лесного ресурсоведения с другими дисциплинами свидетельствует об ее системности, комплексности, граничности между естественными, техническими и гуманитарными науками. Междисциплинарность лесного ресурсоведения позволяет в рамках этой дисциплины решать практические задачи в лесных отраслях экономики, которые обуславливаются законом: «наличие или возможность вариантов для повторяющихся ситуаций требует узаконения оптимального». В свою очередь, этот закон пробуждает интегративные процессы в развитии ресурсоведения – теоретических основ создания нормативов лесобумажных товаров для формирования технических регламентов на них, поскольку повторение объектов оценки (полезных функций, вещей, благ) характерно для всех отраслей лесного сектора экономики, и не только.

Вторым фактором, стимулирующим интегративный процесс в экономике природопользования, является социологизация и экологизация теории и практики лесного ресурсоведения в сфере оценки невесомых функций леса, его теснейшей связи с эколого-экономическими и правовыми проблемами в сферах становления политики устойчивого управления лесными ресурсами, включая их воспроизводство.

Предмет и социально-экономический характер лесного ресурсоведения позволяет сделать вывод о том, что становление этой общенаучной дисциплины как составной части экономики природопользования имеет актуальную практическую востребованность в

формировании теоретических основ методологии регулирования социально-экономических лесных отношений.

Библиографический список

1. Красногорова, И. Время коллективных решений / И. Красногорова // Леспротинформ. – 2007. – № 7(47). – С.14–20.
2. О правилах проведения лесоустройства: – Постановление правительства РФ от 18.06.2007 г. № 377.
3. Ромашов, Ю.М. Методологические вопросы разработки лесных планов субъектов Российской Федерации / Ю.М. Ромашов // Лесной журнал 2011. – № 1. – С.122–130.
4. Об оценочной деятельности в Российской Федерации: Федер. закон от 29.07.1996, № 135-ФЗ (в ред. от 18.07.2009 № 181-ФЗ).
5. О техническом регулировании: Федер. закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ // Российская газета. – 2003. – 12 февр. – С. 9.
6. Таможенные нормативы внешнеэкономической деятельности РФ / 4403 (Лесоматериалы необработанные), 4407 (лесоматериалы, распиленные и расколотые). – М.: Изд-во Минэкономразвития РФ, 2009. – 79 с.
7. Кондратьев, К.Я. Баланс углерода в мире и России / К.Я. Кондратьев и др. // Известия РАН. Сер. географ. – 2002. – № 4. – С. 7–17.
8. Прешкин, Г.А. Об экономическом и правовом регулировании статуса лесов / Г.А. Прешкин // Демография – общество – человек в условиях формирования новой экономики: Матер. Всерос. науч.-практ. конф.: в 2-х ч. / отв. за выпуск В.П. Иваницкий. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та. – 2007. – Ч. 1. – С. 74–76.
9. Прешкин, Г.А. О подготовке оценщиков лесобумажных товаров / Г.А. Прешкин, Н.В. Иванова // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. науч. тр. (редкол.: М.Н. Игнатъева (отв. ред.) и др. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. горн. ун-та 2012. – С. 68–75.

TECHNICAL REGULATIONS IN FORESTRY

Preshkin H.A., Prof. Ural State Forest Engineering University, PhD. (Technical)⁽¹⁾; **Ivanova N.V.**, pg. Ural State Forest Engineering University⁽¹⁾

hpreshkin@usfeu.ru

⁽¹⁾Ural State Forest Engineering University, Institute of Economics & Management, 6200100, Yekaterinburg, Sibirsky Trakt, 37

The authors adduce an argument for the necessity of renovation of techniques of an ecological and economic estimation of wood resources by means of scientific analysis of the reasons of negative influence of the existing norms of resource-using on wood relations. They affirm that the absence of social resource-using directives with the higher form of external completeness is the key reason of occurrence of social and economic preconditions for the emerging conflict situations and destructive consequences of their inadequate solutions. Insufficient credible and accurate information about wood resources in the market conditions provides a need for more exact information and for wood goods which correspond to the requirements of the current legislation. It is noted that the representatives of the regional authorities can sell forest plots or wood plantings at auctions as a part of the national capital, without even knowing its valid consumer properties and, accordingly, its cost. The information about the wood goods initially is not intended for the commercial use; therefore the cost of Russian wood and unwooded resources is exclusively attractive for foreign purchasers, which is similar to the destruction of the cost of national wood capital. That is why there is a strong necessity of scientifically based technical regulations concerning forests, which clear out wood issues in the field of economy, including the obligatory reproduction of woods and the estimation of forest good costs both for internal and foreign markets. The absence of technical regulations in forestry causes (contrary to the law) the development of the negative processes connected with mass plunder of wood goods, corruption and other cases which show the weakness of a forestry management system. Therefore, here comes the time when the specialists who can professionally estimate the quantity and quality of wood goods and services are required to solve the problem. The system of professional appraisers training, suggested by the authors, is aimed to produce specialists who will be able to make drafts of effective technical regulations for their further legal «handling» before presenting it to the State Duma. The specialist training is suggested to be implemented within the “Environmental Economics” specialty and within the “Forest products estimation” course.

Keywords: technical regulations, appraisers of forest products, economical evaluation

References

1. Krasnogorova I. *Vremya kollektivnykh resheniy* [Time collective decision]. Lesprominform. 2007. № 7 (47). pp. 14–20.
2. *O pravilakh provedeniya lesoustroystva* [On the rules of forest management]. Government Decree of 18.06.2007, № 377.
3. Romashov Yu.M. *Metodologicheskie voprosy razrabotki lesnykh planov sub"ektov Rossiyskoy Federatsii* [Methodological issues of development of forest plans of the subjects of the Russian Federation]. Forest Magazine, 2011. № 1. pp. 122–130.
4. *Ob otsenochnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy federatsii: feder. zakon ot 29.07.1996, № 135-FZ* [On Valuation Activities in the Russian Federation: Feder. Law of 29.07.1996, № 135-FZ] (in red. from 18.07.2009 № 181-FZ).
5. *O tekhnicheskoy regulirovaniy: feder. zakon ot 27 dekabrya 2002 g. № 184-FZ* [On technical regulation: Federal. Law of December 27, 2002 № 184-FZ]. Russian newspaper. 2003. pp. 9.
6. *Tamozhennyye normativy vneshneekonomicheskoy deyatel'nosti RF* [The customs regulations of foreign economic activity of the Russian Federation / 4403 (Wood in the rough), 4407 (wood, sawn and chopped)]. Moscow: Publishing House of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation, 2009. 79 p.
7. Kondrat'ev K.Ya. *Balans ugleroda v mire i Rossii* [The carbon balance in the world and Russia]. Proceedings of the Academy of Sciences. Ser. geographer. 2002. № 4. pp 7–17.
8. Preshkin G.A. *Ob ekonomicheskoy i pravovom regulirovaniy statusa lesov* [On economic and legal regulation of the status of forest]. Demographics – society – people in the formation of the new economy: mater. Scientific and practical. conf. Ekaterinburg: Publishing House of the Ural Mountains. state. ehkon. Univ. 2007. Part 1. pp. 74–76.
9. Preshkin G.A. *O podgotovke otsenshchikov lesobumazhnykh tovarov* [On the preparation of wood and paper products appraisers]. Actual problems of Economics and Management: Sat. scientific. tr. (Editorial Board.: MN Ignatieff (Rep. Ed.), and others. Ekaterinburg: Publishing House of the Ural Mountains. State. Horn. University Press, 2012. pp. 68–75.

РАЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА – ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ АГРОЛЕСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИИ

Н.И. КОЖУХОВ, *проф. МГУЛ, д-р экон. наук, академик РАН*⁽¹⁾

kozhukov@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Региональное экономическое пространство как субъектов РФ, так и целых регионов России, требует рациональной организации. Под пространственной организацией в данном случае понимается деятельность по обустройству и упорядочению регионального пространства. Анализ пространственной организации отдельных регионов РФ свидетельствует о слабой сбалансированности размещения и темпов развития отраслей лесного сектора, отраслей агропромышленного комплекса, отраслей инфраструктуры и сферы услуг. В процессе исследования уровня упорядочения регионального пространства целесообразно учитывать ограничивающие факторы пространственного порядка, которые оказывают значительное влияние на темпы социально-экономического развития территории региона. Развиваемый научной школой МГУЛ ресурсно-пространственный подход к размещению бизнес-структур и их производственных мощностей в процессе многоцелевого лесопользования позволяет сбалансировать интересы государства, бизнеса и территорий с проживающим на них населением. Рациональная перегруппировка ключевых элементов регионального пространства, формирование новых структур (инфраструктурных кластеров, инновационной инфрасистемы региона и др.), развитие природосберегающих и энергосберегающих технологий, – далеко не полный перечень тех действий, которые необходимо осуществлять для ускорения темпов социально-экономического развития лесных и сельских территорий – агролесных ландшафтов.

Ключевые слова: экономическое пространство, агролесной потенциал, пространственная организация, инфраструктура, кластеры инфраструктуры, устойчивое развитие, критерии и индикаторы

Начальный этап функционирования ЕАЭС, который дает новый импульс в развитии Евразийского экономического пространства, создал уникальную возможность осуществления пространственного анализа реально формирующихся механизмов пространственной организации.

Программа формирования механизмов упорядочения и развития процессов саморегулирования на этапе перехода к будущему состоянию, «подтягиванию» отдельных субъектов ЕАЭС к уровню социально-экономического развития лидеров этого союза опирается на стратегию консолидации равноправно взаимодействующих партнеров в процессе использования пространства как мощного ресурса. Поскольку категории «пространство» и «время» неразрывны, оптимизация регионального экономического пространства позволяет рационально регулировать пространственные параметры территориальных социально-экономических систем за счет сбалансированного изменения скорости их развития.

Исходя из того, что 69 % территории России представлено землями лесного

фонда, при оптимизации и рациональной организации регионального экономического пространства в большинстве случаев для определения «точек роста» и «зон развития» необходимо исследовать агролесные ландшафты. Наиболее полно такое положение соответствует регионам РФ, среднеобеспеченным лесными ресурсами. Конечно, и в многолесной, а также в малолесной зонах России, при разработке стратегических направлений социально-экономического развития регионов, невозможно исключить из пространственного анализа взаимодействия и взаимозависимости между пространственными элементами и структурами лесного и аграрного секторов экономики [2, 4].

Эффективность освоения агролесного потенциала с позиций рационального размещения конкретных хозяйственных объектов в региональном экономическом пространстве во многом определяется уровнем пространственной организации.

В данном случае под пространственной организацией понимается деятельность по обустройству и упорядочению регионального пространства [2]. Анализ простран-

твенной организации отдельных регионов РФ свидетельствует о слабой сбалансированности размещения и темпов развития отраслей лесного сектора, отраслей агропромышленного комплекса (АПК), отраслей инфраструктуры и сферы услуг [1, 5]. В процессе изучения уровня упорядочения регионально-пространства необходимо учитывать ограничивающие факторы пространственного порядка, которые оказывают значительное влияние на темпы социально-экономического развития территории.

В работе немецкого экономиста Августа Леша [9], посвященной теории размещения производительных сил, доказано, что предприятия обычно находятся в пределах определенного экономического ландшафта и тяготеют к его центру. Это обстоятельство оказывает заметное влияние на волнообразное изменение цен на продукцию предприятий. Для условий РФ, где огромные расстояния перевозки сырья, продуктов питания, готовой продукции и другие факторы производства влияют как на издержки производства, так и на цены конечного потребления товаров, особенности пространственного порядка имеют существенное значение.

В исследованиях, посвященных устойчивому развитию лесного сектора экономики России, отмечается необходимость сбалансирования темпов и пропорций развития и размещения производственных мощностей по воспроизводству и использованию лесных ресурсов [3, 6, 10].

Развиваемый научной школой МГУЛ ресурсно-пространственный подход к размещению бизнес-структур и их производственных мощностей в процессе многоцелевого лесопользования позволяет сбалансировать интересы государства, бизнеса и территорий с проживающим в них населением [3–6].

Ландшафт территорий, находящихся в многолесной зоне РФ, представлен, как правило, мозаикой из участков лесного фонда и сельхозугодий [1, 4, 7, 8]. Городские и сельские поселения, промышленные предприятия и фермерские хозяйства, реки, озера и водохранилища, разнообразные объекты инфраструктуры таких территорий наполня-

ют их экономической компонентой. Следует отметить, что в экономическом пространстве субъектов РФ, расположенных в малолесной зоне или в среднеобеспеченных лесными ресурсами регионах, потенциально меньше возможностей диверсификации производства продукции лесопромышленных предприятий и услуг лесного хозяйства.

Однако имеется ряд примеров, когда рекреационные и защитные услуги лесного хозяйства, недревесная продукция леса в малолесной зоне РФ за счет эффективной организации процессов использования и воспроизводства лесных ресурсов, создавали базу устойчивого развития регионального лесного сектора [4–6]. В экономическом ландшафте таких территорий доля продукции и услуг лесного сектора может быть достаточно заметной как за счет расширения сферы деятельности лесных отраслей и углубленной переработки разнообразного лесного сырья, так и за счет использования привозного сырья.

Идеи А. Леша [9] о целесообразности системного анализа экономического пространства привели к развитию региональной экономики в институциональном направлении. Региональная экономика постепенно трансформируется в пространственную экономику [10].

Необходимость комплексного развития регионального хозяйства в системе разнотраслевых производств и сфер деятельности, сбалансированных по важнейшим параметрам, реализуется через пространственный анализ как методологию моделирования взаимосвязей внутрирегиональных и межрегиональных экономических систем. На этой основе можно эффективно осуществлять стратегическое планирование и управление социально-экономическим развитием регионов страны.

Формирование территориально-отраслевых (межотраслевых), а также, в определенных условиях, внутритерриториальных кластеров в сочетании с реорганизацией экономического пространства региона – прямой путь к достижению целей устойчивого развития агролесного сектора.

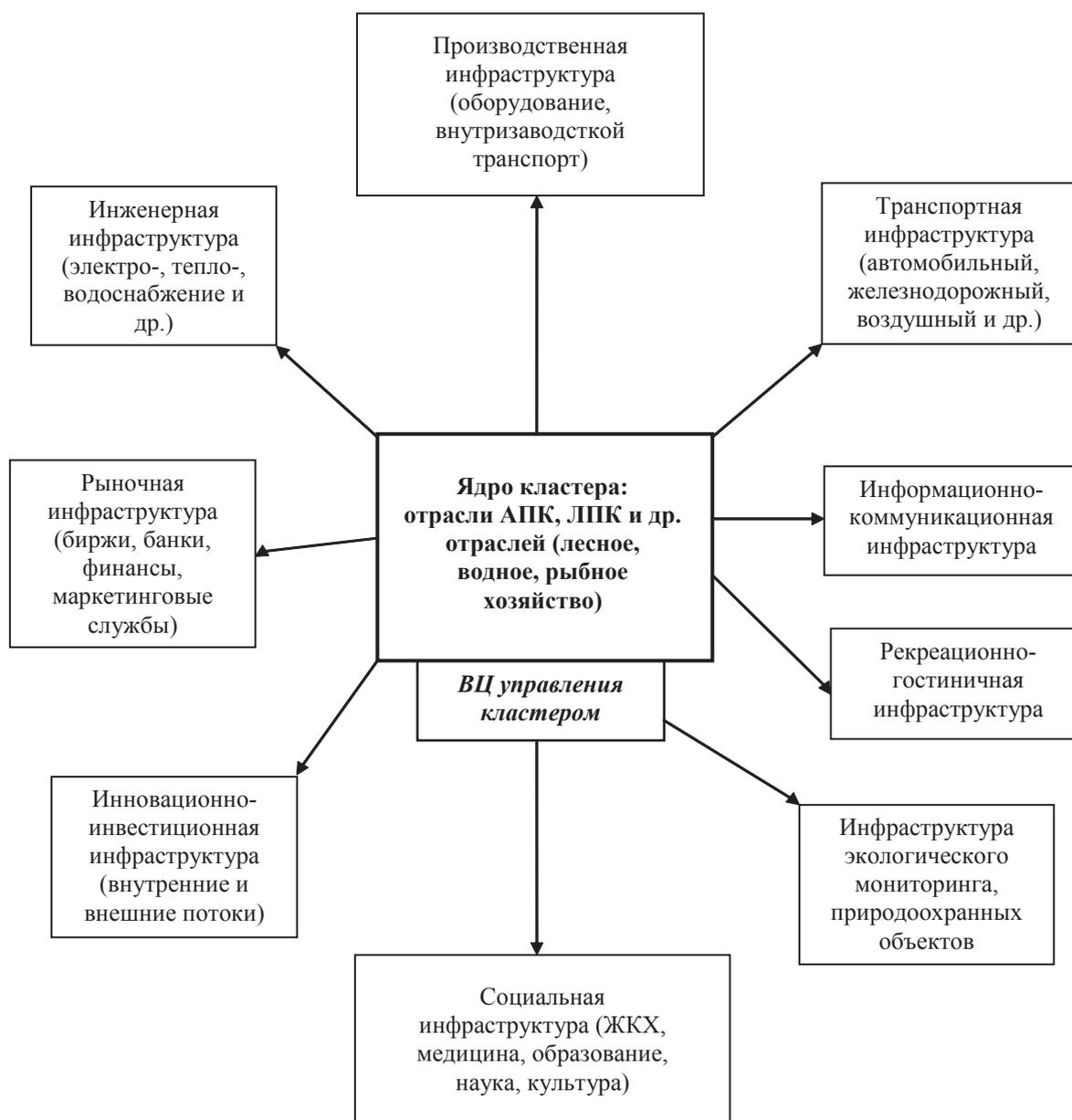


Рисунок. Инфраструктурная оболочка промышленно-производственного кластера
Fig. Infrastructure in the industrial and manufacturing clusters

Значительный агролесной потенциал большинства субъектов РФ в сочетании с потенциалом многоотраслевых промышленных производств являются, как правило, зонами развития и роста социально-экономических результатов деятельности в системе регионального экономического пространства.

Рациональная перегруппировка ключевых элементов регионального пространства, формирование новых структур (инфраструктурных кластеров, инновационной инфрасистемы региона и др.), развитие природосберегающих и энергосберегающих

технологий – далеко не полный перечень тех действий, которые необходимо осуществлять для ускорения темпов социально-экономического развития лесных и сельских территорий.

Используя «точки роста» таких территорий в составе лесного и аграрного секторов экономики в интересах социально-экономического развития, необходимо осуществлять постоянный мониторинг индикаторов устойчивого развития агролесного комплекса. Системный подход к формированию критериев и индикаторов устойчивого развития лесного хозяйства и сельских территорий представ-

лен в работах [3, 6] и позволяет построить региональную информационную службу для объективного мониторинга в этой сфере.

Службы такого рода являются важнейшим элементом инфраструктурного обеспечения эффективной деятельности всех производственно-хозяйственных структур экономики региона. Ресурсно-пространственная концепция природопользования позволяет, при оптимизации процессов формирования региональной инфрасистемы, решать задачи эффективного хозяйственного освоения экономического ландшафта в формате лесного и аграрного секторов [3–5].

Уровень пространственной организации и хозяйственного освоения регионального экономического пространства самым тесным образом увязан с развитием комплексной инфрасистемы региона, которая призвана обеспечивать жизнедеятельность населения, административно-управленческую и производственную активность. Оптимизируя параметры социально-экономического развития региона, при соблюдении экологических ограничений и баланса интересов населения, бизнеса и органов управления территорией, можно добиться устойчивого развития всех без исключения отраслей сферы производства товаров и услуг.

Совершенствуя пространственную организацию за счет ее рациональной реструктуризации, наиболее развитые страны (Швейцария, ФРГ, Франция, Финляндия и др.) ключевым звеном избрали инфраструктурное обустройство территорий. Другого пути повышения эффективности производства и комфортности жизни населения российских регионов просто не существует.

Нередко представление об элементах инфраструктуры сводится лишь к производственной, транспортной и социальной инфраструктуре. Но в современном мире появляется большое количество новых и крайне необходимых для эффективной и комфортной жизнедеятельности человека объектов инфраструктуры.

Вокруг промышленно-производственных центров (узлов) необходимо создавать инфраструктурные оболочки в виде целост-

ной сбалансированной по темпам формирования и развития инфрасистемы (рисунок).

Рационально сформированная (упорядоченная) инфрасистема регионально-экономического пространства позволит обеспечить благоприятные условия для развития малого и среднего бизнеса, крупных бизнес-структур, повысить уровень занятости и доходов населения. В приведенном на рис. 1 межотраслевом кластере агролесного сектора экономики региона, включая отрасли агропромышленного и лесопромышленного комплексов, других смежных отраслей, для управления комплексом инфраструктурных отраслей (объектов) предлагается создавать виртуальные центры (ВЦ) управления. В настоящее время имеется множество примеров функционирования подобных центров, создание которых не требует значительных капитальных вложений, так как они оснащаются в основном средствами телекоммуникаций.

Библиографический список

1. Войтюк, М.М. Формирование региональной стратегии развития инфраструктуры сельских территорий / М.М. Войтюк. – М.: Росинформагротех, 2011. – 268 с.
2. Гранберг, А.Г. Становление в России научного направления «Пространственная экономика» / А.Г. Гранберг // Вестник университета ГУУ. – 2009. – № 2. – С. 18–24.
3. Кожухов, Л.И. Индикаторы устойчивого развития лесного хозяйства и сельских территорий РФ для объективного мониторинга социально-экономического развития регионов / Л.И. Кожухов, Р.О. Беспаленко // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2011. – № 6. – С. 125–131.
4. Кожухов, Н.И. Формирование инфраструктурных кластеров в лесных регионах – путь к устойчивому развитию лесного сектора и смежных отраслей / Н.И. Кожухов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 2. – С. 5–10.
5. Кожухов, Н.И. Общемировые процессы и механизмы устойчивого развития в системе ресурсно-пространственного размещения бизнес-структур многоцелевого лесопользования / Н.И. Кожухов, А. Бемманн // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2013. – № 4. – С. 68–71.
6. Крупинин, Н.Я. Мониторинг развития лесного хозяйства на интенсивно осваиваемых территориях / Н.Я. Крупинин. – М.: МГУЛ, 2009. – 236 с.
7. Лесной кодекс РФ. Комментарии. – М.: ВНИИЛМ, 2007. – 852 с.
8. Лесной фонд России. – М.: ВНИИЛМ, 2003. – 637 с.
9. Леш, А. Географическое размещение хозяйства / А. Леш. – М.: Иностранная литература, 1959. – 455 с.
10. Макара, С.В. Устойчивость развития лесного потенциала регионов России как оценка эффективности стратегий его реализации / С.В. Макара // Региональная экономика. – 2012. – № 2. – С. 9–19.

RATIONAL ORGANIZATION OF A REGIONAL ECONOMIC AREA, AS A WAY TO ENHANCE THE EFFECTIVENESS OF USING THE POTENTIAL AGRO-FOREST TERRITORY

Kozhuhov N.A., Prof. of Department. the world economy at MSFU, Acad. of Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics⁽¹⁾

kozuhov@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya street, 1, 141005, Mytishi, Moscow region, Russia

Regional economic areas of both the subjects of the Russian Federation and of the entire regions of Russia require rational organization. The spatial organization in this case is the complex of activities concerning the streamlining and arrangement of the regional area. The analysis of the spatial organization in the individual regions of the Russian Federation has revealed weak placement equilibrium and low rate of development of forest sector, agro-industries, infrastructure and services. When studying the streamlining levels of the regional space, it is reasonable to take into account the limiting factors of spatial order, which have a significant impact on the pace of socio-economic development of the region. The resource-spatial approach developed by MSFU scientific school can be applied to the placement of business structures and their production capacities (in the process of multi-purposeful forest management), and it also allows to balance the interests of government, business, and population that lives on the certain territories. The rational rearrangement of the key elements of the regional space, the formation of new structures (infrastructure clusters, innovational regional infrastructure and others), the development of environmentally friendly technologies and energy-saving technologies, is not a complete list of those actions that should be undertaken to accelerate the pace of socio-economic development of forest and rural areas – agronomic and forests landscapes.

Keywords: economic space, agronomic and forests potential, spatial organization, infrastructure, infrastructure clusters, sustainable development, criteria and indicators

References

1. Voitiuk M.M. *Formirovanie regional'noi strategii razvitiia infrastruktury sel'skikh territorii* [Formation of a regional strategy for infrastructure development in rural areas], Moscow: Rosinformagrotekh, 2011. 268 p.
2. Granberg A.G. *Stanovlenie v Rossii nauchnogo napravleniia «Prostranstvennaia ekonomika»* [Formation of «Spatial Economics» scientific direction in Russia], Vestnik universiteta GUU [Messenger of the University of SUM], 2009, no. 2, pp. 18-24.
3. Kozhukhova L.I., Bespalenko R.O. *Indikatoriy ustoichivogo razvitiia lesnogo khoziaistva i sel'skikh territorii RF dlia ob'ektivnogo monitoringa cotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia regionov* [Indicators of Russian Federation forestry and rural areas sustainable development to socio-economic development of regions objectively. monitoring]. Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoi Vestnik, 2011, no.6, pp. 125-131.
4. Kozhukhov N.I. *Formirovanie infrastrukturykh klasterov v lesnykh regionakh – put' k ustoichivomu razvitiuu lesnogo sektora i smezhnykh otraslei* [Formation of infrastructure clusters in forest regions – the way to forest sector and related industries sustainable development], Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoi Vestnik, 2010, no. 2, pp. 5-10.
5. Kozhukhov N.I., Bemmann A. *Obshchemirovnye protsessy i mekhanizmy ustoichivogo razvitiia v sisteme resursno-prostranstvennogo razmeshcheniia biznes-struktur mnogotsel'evogo lesopol'zovaniia* [Global processes and mechanisms for sustainable development in the resource-spatial distribution of multipurpose forest use businesses]. Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoi Vestnik, 2013, no. 4, pp. 68-71.
6. Krupinin N.Ia. *Monitoring razvitiia lesnogo khoziaistva na intensivno osvaivaemykh territoriiakh* [Monitoring of forestry development on highly developed territories]. Moscow: MSFU, 2009. 236 p.
7. *Lesnoi kodeks RF. Kommentarii* [The Forest Code of the Russian Federation. Comments]. Moscow: VNIILM, 2007. 856 p.
8. *Lesnoi fond Rossii* [The forest fund of Russia]. Moscow: VNIILM, 2003. 637 p.
9. Lesh A. *Geograficheskoe razmeshchenie khoziaistva* [Geographic location of the economy]. Moscow, Foreign Literature, 1959. 455 p.
10. Makar S.V. *Ustoichivost' razvitiia lesnogo potentsiala regionov Rossii kak otsenka effektivnosti strategii ego realizatsii* [Sustainable development of Russian regions forest potential as estimation of strategies efficiency for its implementation]. Regional'naia ekonomika [Regional Economy]. 2012, no. 2, pp. 9-19.

МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИАЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ КОЛЕСА ЛЕСНОЙ МАШИНЫ С УЧЕТОМ ДЕФОРМАЦИИ ПОЧВОГРУНТА

Е.Г. ХИТРОВ, *асп. СПбГЛТУ*⁽¹⁾,

И.В. ГРИГОРЬЕВ, *проф., СПбГЛТУ, д-р техн. наук*⁽¹⁾,

В.А. МАКУЕВ, *проф., МГУЛ, д-р техн. наук*⁽²⁾,

А.М. ХАХИНА, *асс., СПбГПУ, канд. техн. наук*⁽³⁾,

С.Ю. КАЛИНИН, *ст., преподаватель МГУЛ*⁽²⁾

yegorkhitrov@gmail.com, silver73@inbox.ru, ipsop@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5

⁽²⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса» 141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

⁽³⁾Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29

Вопрос учета эластичности движителей в рамках моделей, описывающих воздействие лесных машин на почвогрунты лесосек (что имеет место при работе колесной лесозаготовительной техники), нуждается в дальнейшей проработке. В технике зачастую используются односложные формулы, не позволяющие проанализировать влияние свойств поверхности движения на деформации движителя. Предлагаемая статья посвящена составлению модели, позволяющей учесть эластичность колеса лесозаготовительной машины при составлении уточненных математических моделей взаимодействия движителей колесной техники с почвогрунтами. В качестве базовых формул при расчетах приняты зависимости, полученные в рамках теории движения машин по бездорожью, а также результаты, полученные ранее для случая взаимодействия колесных движителей лесных машин с жесткой поверхностью движения. Расчеты проведены в широком диапазоне исходных данных (в качестве которых использован диаметр колеса, ширина шины, внутреннее давление в камере шины, приведенная нагрузка на колесо) при варьировании осадки почвогрунта под воздействием движителя. Результаты расчетов аппроксимированы при помощи метода наименьших квадратов, в результате чего получена многопараметрическая функция, связывающая диаметр колеса, ширину шины, внутреннее давление в камере шины, приведенную нагрузку на колесо, вертикальную деформацию (осадку) почвогрунта и радиальную деформацию шины. Полученная многопараметрическая модель качественно согласуется с физической картиной деформации колеса на деформируемом грунте: при увеличении жесткости основания (при снижении осадки) расчетные значения деформации колеса возрастают, напротив, с увеличением податливости основания (при увеличении осадки) при прочих равных условиях деформации колеса снижаются. В заключении приводятся представляющие практический интерес направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: радиальная деформация шины, колесная техника, лесной почвогрунт, деформируемое основание

Вопросам повышения эффективности лесозаготовительного производства традиционно уделяется большое внимание [1; 2]. При этом эффективность лесозаготовительных работ во многом определяется показателями процесса трелевки, в частности взаимодействия движителей лесных машин с почвогрунтами лесосек [3; 4; 5]. Модели, описывающие это взаимодействие, традиционно строятся с использованием решений класса задач о вдавлении штампа в полупространство [6; 7]. В случае колесной трелевочной техники, штамп, заменяющий в моделях движитель машины, является эластичным. Вопрос учета эластичности штампа-движителя нуждается в дальнейшей проработке.

В технике зачастую используются односложные формулы для оценки радиальной деформации шины [8]. Например, известна формула Хейдекеля для расчета радиальной деформации при движении по грунту [8]

$$h_z = \frac{G_w}{\pi D p_w}, \quad (1)$$

где p_w – внутреннее давление в шине;

G_w – приведенная нагрузка на колесо;

D – диаметр колеса.

Формула (1) не учитывает свойства поверхности движения. Вместе с тем, ясно, что при одинаковых значениях G_w , D и p_w деформации колеса h_z на прочных и слабых грунтах будут отличаться.

Обратимся к теории движения вездеходных транспортных средств. Осредненное значение давления по пятну контакта принято определять по приближенной формуле [9]

$$P = \frac{p_w + p_0}{2} \cdot \frac{\pi h_z}{B} \cdot \left(\frac{B}{H_T} + \frac{3H_T}{B} \right) \cdot \left(1 - \frac{h_z}{B} \right), \quad (2)$$

где p_0 – среднее давление по пятну контакта колеса с недеформируемой поверхностью;

B – ширина колеса;

H_T – высота покрышки.

Величину давления p_0 рассчитаем по площади пятна контакта колеса с недеформируемой поверхностью F_0 и значению нагрузки на колесо G_w

$$p_0 = \frac{G_w}{F_0}. \quad (3)$$

Площадь пятна контакта можно оценить по формуле [4]

$$F = K_{II}bl, \quad (4)$$

где K_{II} – коэффициент учета формы пятна контакта ($K_{II} = 1$ для пятна контакта, близкого к прямоугольному);

b – осредненное значение ширины пятна контакта;

l – осредненное значение длины пятна контакта.

В работе [9] предложена следующая формула для определения ширины b

$$b = B + \frac{10h \cdot h_z}{1 - h + H_T - h_z}, \quad (5)$$

где h – вертикальная деформация грунта (осадка), соответствующая глубине образующейся колеи.

С учетом радиальной деформации колеса h_z для длины l можем записать [4]

$$l = 2\sqrt{Dh_z - h_z^2} + \sqrt{D \cdot (h_z + h) - (h_z - h)^2}. \quad (6)$$

Для расчета F_0 используем формулы (4) – (6), полагая $h = 0$ и $h_z = h_{z0}$

$$F_0 = K_{II}b_0l_0 = K_{II}B\sqrt{Dh_{z0} - h_{z0}^2}, \quad (7)$$

где h_{z0} – деформация колеса при контакте с недеформируемой поверхностью.

Тогда после подстановки в формулу (2) зависимостей (3), (7) и выражая давление P через нагрузку G_w и площадь пятна контакта, получим уравнение

$$\frac{G_w}{K_{II}bl} = \frac{1}{2} \cdot \left(p_w + \frac{G_w}{K_{II}B\sqrt{Dh_{z0} - h_{z0}^2}} \right) \times \frac{\pi h_z}{B} \cdot \left(\frac{B}{H_T} + \frac{3H_T}{B} \right) \cdot \left(1 - \frac{h_z}{B} \right) \quad (8)$$

Значение h_{z0} для колес лесных машин, с учетом специфики их конструкции, определяется по величинам нагрузки на колесо G_w и внутреннего давления в камере шины p_w по эмпирической зависимости [10]

$$h_{z0} = 0,0008 + 0,001 \cdot \left(0,000365 + \frac{170}{p_w} \right) \cdot G_w. \quad (9)$$

Проанализируем выражение (8). Можно заключить, что после подстановки в уравнение (8) формул для расчета b , l , h_{z0} – выражения (5), (6), (9) соответственно – уравнение (8) будет связывать между собой величины h , h_z , D , H_T , B , p_w , G_w , K_{II}

При этом уравнение (8) не имеет аналитического решения относительно h_z , в связи с этим реализуем его численное решение, результаты которого обработаем при помощи метода наименьших квадратов.

Исходные данные для расчетов примем по таблице.

Значение H_T принято равным $0,75B$ в соответствии с рекомендациями [9], $K_{II} = 1$.

Вычисления проведены в прикладном пакете *Maple* (образовательная версия).

По результатам обработки полученных значений h_z при помощи метода наименьших квадратов получена следующая зависимость ($R^2 = 0,9775$)

$$h_z = X \cdot h^Y; \\ X = 0,0715 \cdot G_w^{0,691} B^{0,305} p_w^{-0,677} D^{-0,394}; \\ Y = -0,0891 \cdot G_w^{-0,201} B^{-0,057} p_w^{0,193} D^{0,558}. \quad (9)$$

На рис. 1 представлен пример графической интерпретации уравнения (9) для трех значений глубины колеи h при варьировании нагрузки на колесо, график на рис. 2 показывает зависимость радиальной деформации колеса от глубины колеи (при прочих равных условиях).

Графики на рис. 1, 2 показывают, что полученная формула (9) качественно согласуется с физической картиной деформации колеса на деформируемом грунте: при увеличении жесткости основания (при снижении осадки h) деформации колеса возрастают,

Т а б л и ц а

Исходные данные к численному решению уравнения (8)

Initial data for the numerical solution of the equation (8)

Переменная	Минимальное значение	Максимальное значение	Интервал варьирования
B , м	0,5	0,9	0,2
p_w , Па	100000	700000	100000
D , м	1,2	1,8	0,1
G_w , Н	15000	75000	15000
h , м	0,01	0,75	0,01

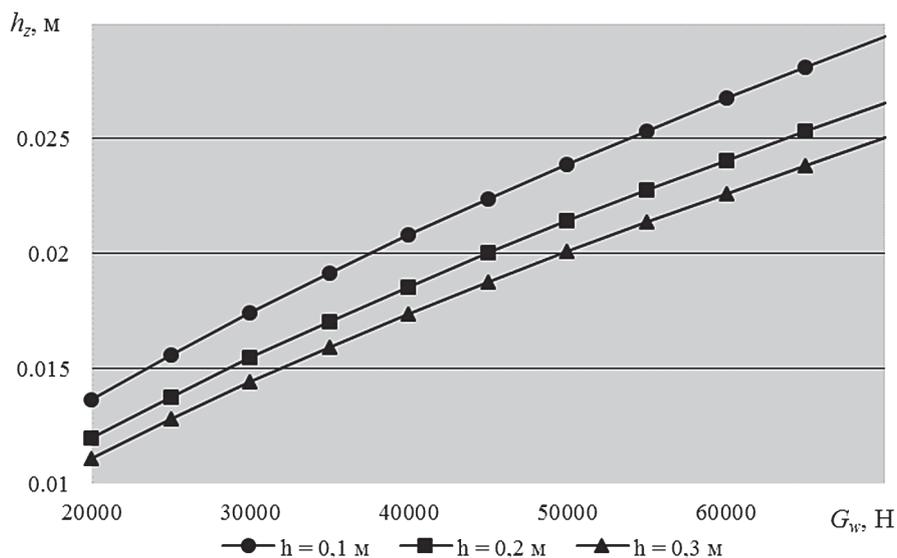


Рис. 1. Зависимость радиальной деформации колеса от приведенной нагрузки ($D = 1,6$ м, $B = 0,7$ м, $p_w = 350000$ Па)

Fig. 1. The dependence of the radial deformation of the wheel on the reduced load ($D = 1,6$ м, $B = 0.7$ м, $p_w = 350000$ Па)

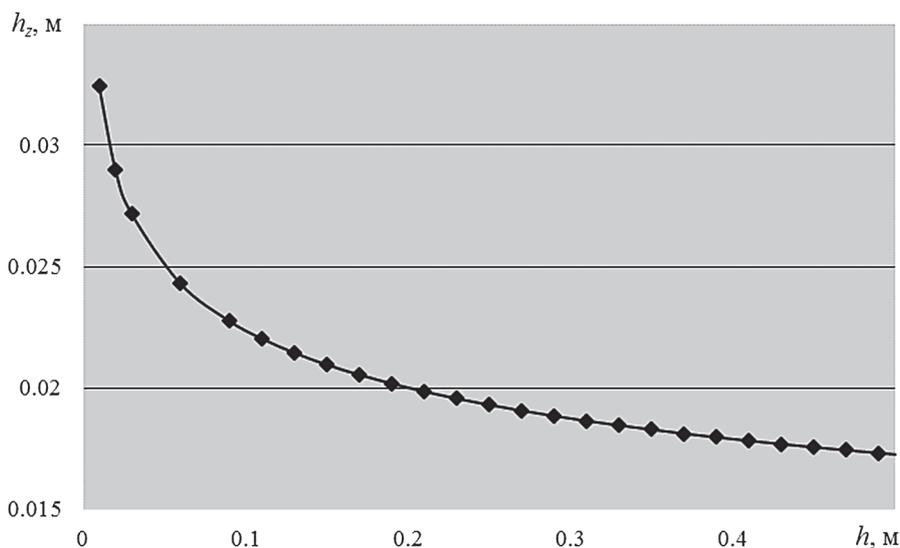


Рис. 2. Зависимость радиальной деформации колеса от деформации почвогрунта ($D = 1,6$ м, $B = 0,7$ м, $p_w = 350000$ Па, $G_w = 45000$ Н)

Fig. 2. The dependence of the radial deformation of the wheel from the deformation of soil-ground wheel ($D = 1,6$ м, $B = 0.7$ м, $p_w = 350000$ Па, $G_w = 45000$ Н)

напротив, с увеличением податливости основания (при увеличении осадки h) при прочих равных условиях деформации колеса h_z снижаются.

Представляется перспективной разработка экспериментальной методики для проверки составленной модели, а также интеграция модели (9) в методику оценки затрат мощности при качении колеса, составленную на базе результатов работы [9].

Библиографический список

1. Григорьев, И.В. Обоснование методики оценки экологической эффективности лесопользования / И.В. Григорьев, А.И. Никифорова, О.И. Григорьева, О.А. Куницкая // Вестник КрасГАУ, 2012. – № 6. – С. 72–77.
2. Анисимов, Г.М. Экологическая эффективность трелевочных тракторов / Г.М. Анисимов, И. В. Григорьев, А. И. Жукова. – СПб.: СПбГЛТА, 2006. – 352 с.
3. Григорьев, И.В. Расчет показателей процесса уплотнения почвогрунта при трелевке пачки хлыстов / И.В. Григорьев, В.А. Макуев, В.Я. Шапиро, М.Е. Рудов, А.И. Никифорова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2014. – № 2(94). – С. 112–118.

4. Григорьев, И.В. Исследование коэффициента сопротивления передвижению колесных лесных машин / И.В. Григорьев, В.А. Макуев, А.И. Никифорова, Е.Г. Хитров, В.В. Устинов, С.Ю. Калинин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2014. – № 2'S. – С. 36–41.
5. Григорьев, И.В. Снижение отрицательного воздействия на почву колесных трелевочных тракторов обоснованием режимов их движения и технологического оборудования / И.В. Григорьев. – СПб.: СПбГЛТА. 2006. – 236 с.
6. Шапиро, В.Я. Моделирование уплотнения почвогрунта в боковых полосах трелевочного волока с учетом изменчивости трассы движения / В.Я. Шапиро, И.В. Григорьев, Д.В. Лепилин, А.И. Жукова // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. Естес. и техн. науки, 2010. – № 6. – С. 61–64.
7. Хитров, Е.Г. Расчет конусного индекса по величине модуля деформации лесного почвогрунта / Е.Г. Хитров, Г.В. Григорьев, И.Н. Дмитриева, Д.А. Ильющенко // Системы. Методы. Технологии, 2014. – № 4 (24). – С. 127–131.
8. Гуськов, В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов / В.В. Гуськов. – М.: Машиностроение, 1966. – 195 с.
9. Агейкин, Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители: теория и расчет / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
10. Saarihahti, M. Development of a protocol for ecoefficient wood harvesting on sensitive sites (Ecowood). Evaluation of the WES-method in assessing the trafficability of terrain and the mobility of forest tractors. University of Helsinki, Department of Forest Resource Management. 2002. 28 p.

MODEL FOR ESTIMATING TYRE DEFLECTION OF FOREST MACHINES
WHEELS REGARDING FOREST SOIL SINKAGE

Khitrov E.G., pg. SPbSFTU⁽¹⁾; **Grigorev I.V.**, Prof. SPbSFTU, Dr. Sci. (Tech.)⁽¹⁾; **Makuev V.A.** Prof. MSFU, Dr. Sci. (Tech.)⁽²⁾; **Khakhina A.M.**, SPbSPU, Ph.D. (Tech.)⁽³⁾; **Kalinin S.Y.**, MSFU⁽²⁾

yegorkhitrov@gmail.com, silver73@inbox.ru, ipsop@mgul.ac.ru

⁽¹⁾St Petersburg State Forest Technical University S.M. Kirov, 194021, Institutskiy per. 5, Saint-Petersburg, Russia

⁽²⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya street, 1, 141005, Mytischki, Moscow region, Russia

⁽³⁾Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Russia, 195251, St.Petersburg, Polytechnicheskaya, 29

The problem of accounting movers' elasticity in models which describe the impact of forest machinery on soils (which is the case when using the wheel logging machinery) needs to be further described. Monosyllabic formulas, which are often used, do not allow analyzing relationship between wheel's elasticity and the ground strains. Present article is devoted to working out models taking into account elasticity of forest machine's wheel, which is required for a refined mathematical model of wheeled vehicles and forest soil interaction. As the basic formulas for calculations, relationships obtained in the framework of the theory of off-the-road locomotion, as well as results obtained previously for the case of interaction of forest machines with a rigid ground are used. Calculations were carried out in a wide range of input data (the inputs are: diameter of the wheel, tyre width, tyre's inner pressure, related wheel load) regarding soil strain (sinkage). The calculation results are approximated using the least squares method, whereby obtained multi-parameter function describing relationship of the wheel diameter, tyre width, tyre's inner pressure, wheel load, soil's sinkage and radial tyre deflection. The resulting multi-parameter model is nearly consistent with physics of elastic wheel rolling on strained ground: an increase in the stiffness of the ground (with a decrease in sinkage) increases the calculated numeric of tyre's deflection, while a decrease in the stiffness of the ground (with an increase in sinkage) decreases the calculated numeric of tyre's deflection.

Keywords: tyre deflection, wheeled machinery, forest soil, strained ground

References

1. Grigor'ev I.V., Nikiforova A.I., Grigor'eva O.I., Kunitskaya O.A. *Obosnovanie metodiki otsenki ekologicheskoy effektivnosti lesopol'zovaniya* [Justification of methodology for assessing the environmental efficiency of forest management]. Vestnik KrasGAU, 2012. № 6, pp. 72-77.
2. Anisimov G. M., Grigor'ev I. V., Zhukova A. I. *Ekologicheskaya effektivnost' trelevochnykh traktorov* [Environmental efficiency skidders]. Saint Petersburg : SPbGLTA, 2006, 352 p.
3. Grigor'ev I.V., Makuev V.A., Shapiro V.Ya., Rudov M.E., Nikiforova A.I. *Raschet pokazateley protsessy uplotneniya pochvogrunta pri trelevke pachki khlystov* [Calculation of the densification process of soil-ground skidding bundles of stems]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2014. № 2(94). pp. 112-118.
4. Grigor'ev I.V. *Issledovanie koeffitsienta soprotivleniya peredvizheniyu kolesnykh lesnykh mashin* [A study of the drag coefficient mobility wheeled forestry machines] [Text]. Grigor'ev I.V., Makuev V.A., Nikiforova A.I., Khitrov E.G., Ustinov V.V., Kalinin S.Yu. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik. 2014. № 2-S. pp. 36-41.
5. Grigor'ev I.V. *Snizhenie otritsatel'nogo vozdeystviya na pochvu kolesnykh trelevochnykh traktorov obosnovaniem rezhimov ikh dvizheniya i tekhnologicheskogo oborudovaniya* [Reducing the negative impacts on soil wheeled skidders justification modes of movement and technological equipment]. Saint Petersburg: SPbGLTA. 2006, 236 p.
6. Shapiro V.Ya., Grigor'ev I.V., Lepilin D.V., Zhukova A.I. *Modelirovanie uplotneniya pochvogrunta v bokovykh polosakh trelevchnogo voloka s uchetom izmenchivosti trassy dvizheniya* [Modelling of soil-ground compaction in the sidebands skid trails with the line of movement variability]. Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2010. № 6, pp. 61-64.
7. Khitrov E.G., Grigor'ev G.V., Dmitrieva I.N., Il'yushenko D.A. *Raschet konusnogo indeksa po velichine modulya deformatsii lesnogo pochvogrunta* [Calculation of the index largest cone deformation modulus of the forest soil-ground]. Tekhnologii. 2014. № 4 (24). pp. 127-131.
8. Gus'kov V.V. *Optimal'nye parametry sel'skokhozyaystvennykh traktorov* [The optimal parameters of agricultural tractors]. Moscow: Mashinostroenie. 1966, 195 p.
9. Ageykin Ya.S. *Vezdekhodnye kolesnye i kombinirovannye dvizhiteli: teoriya i raschet* [ATV wheels and propellers combined theory and calculation]. Moscow: Mashinostroenie, 1972, 184 p.
10. Saarihahti M. Development of a protocol for ecoefficient wood harvesting on sensitive sites (Ecowood). Evaluation of the WES-method in assessing the trafficability of terrain and the mobility of forest tractors. M. Saarihahti. University of Helsinki, Department of Forest Resource Management. 2002, 28 p.

ВЛИЯНИЕ КОРРЕЛЯЦИИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ВОЗБУЖДЕНИЙ КОЛЕС ТРАКТОРА НА УРОВЕНЬ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ ОПЕРАТОРА

М.В. ПОДРУБАЛОВ, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾,

В.К. ПОДРУБАЛОВ, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾,

А.Н. НИКИТЕНКО, доц., РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, канд. техн. наук⁽²⁾

podrubalov@bk.ru, podrubalov@mgul.ac.ru, an-nikitenko@mail.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

⁽²⁾ Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 58

Решается актуальная задача создания более точных методов математического моделирования и расчета вибрационной активности мобильных машин в соответствии с международными и отечественными стандартами по безопасности труда. Для этого используется впервые разработанная обобщенная модель, описывающая стохастические стационарные пространственные колебания 12-массовой динамической системы колесной машины, имеющей 4 входа, 20 степеней свободы и 32 упруго-диссипативные связи. Подробно рассмотрена и сформирована матрица спектральных плотностей кинематических воздействий от профиля пути на машину, описывающая подсистему «воздействие». Реализован оригинальный алгоритм, позволяющий при расчетах по разработанной компьютерной программе легко переходить от пространственной модели (некоррелированные входы) к плоской и наоборот. Матрица также обеспечивает результаты расчетов, полученных для машины при ее движении по выбранному фону, корректно пересчитывать для любого другого. Исследования осуществлены в рамках изучения свойств системы виброзащиты трактора мощностью 110 кВт с колесной схемой 4К46. Многофакторная оценка средних квадратических значений пространственных ускорений в октавных диапазонах частот проведена при подаче на вход динамической системы коррелированного и некоррелированного возбуждений по левой и правой колеям искусственного трека ГОСТ 12.2.002. При этом подсистема «машина» варьировалась расположением сиденья, наличием или отсутствием у него подвески, введением или полным и частичным исключением из конструкции зависимых регулируемых подвесок передних и задних колес с оптимальными параметрами. Расчетами впервые показано, что в обеспечении уровня вибрации на сиденье в соответствии со стандартом фактор некоррелированности входов по колеям достаточно весом и составляет 1,3–1,54 раза. Наибольшие уровни ускорений получены для трактора без подвесок колес и частично поддресоренного. Стандарт не выполняется по всем направлениям при варьировании любыми другими факторами. Установлено, что подвеска всех колес с оптимальными параметрами обеспечивает выполнение всех нормативов по вибрации и снижает ее уровень до 6 раз. Полученные результаты позволили определить пространственную математическую модель в качестве основной для исследований вибронегруженности машин.

Ключевые слова: колесный трактор, спектр, возбуждение, математическая модель, эталонный фон, виброзащита

Создание конкурентоспособных машин, соответствующих требованиям международных стандартов, в настоящее время невозможно без проведения еще на стадии проектирования математического моделирования их работы. При этом найденные расчетными методами параметры должны обеспечивать заданные качества функционирования объекта. Одним из главных критериев здесь для широкого класса мобильных машин, занятых в лесном, сельскохозяйственном и дорожно-строительном производствах, являются условия и безопасность труда. В то же время исследования, раскрывающие указанную тематику с учетом пространственности динамических систем машин и воздействий от профиля пути, поступающих на колеса, т. е. с условиями, адекватными реальной эксплу-

атации, до сегодняшнего дня практически отсутствовали. Поэтому выявление влияния на вибрационные характеристики машины и сравнение значимости таких факторов, как корреляция воздействий по входам динамической системы (отображает свойства подсистемы «воздействие»), а также структуры и параметров системы виброзащиты (отображает свойства подсистемы «машина»), являются весьма актуальными.

Для решения этой задачи используется обобщенная математическая модель, описывающая стационарные пространственные колебания динамической системы колесной мобильной машины, включающей 12 твердых тел, соединенных 32 упруго-диссипативными связями, имеющей 4 входа и 20 степеней свободы (рис. 1). Сама модель и

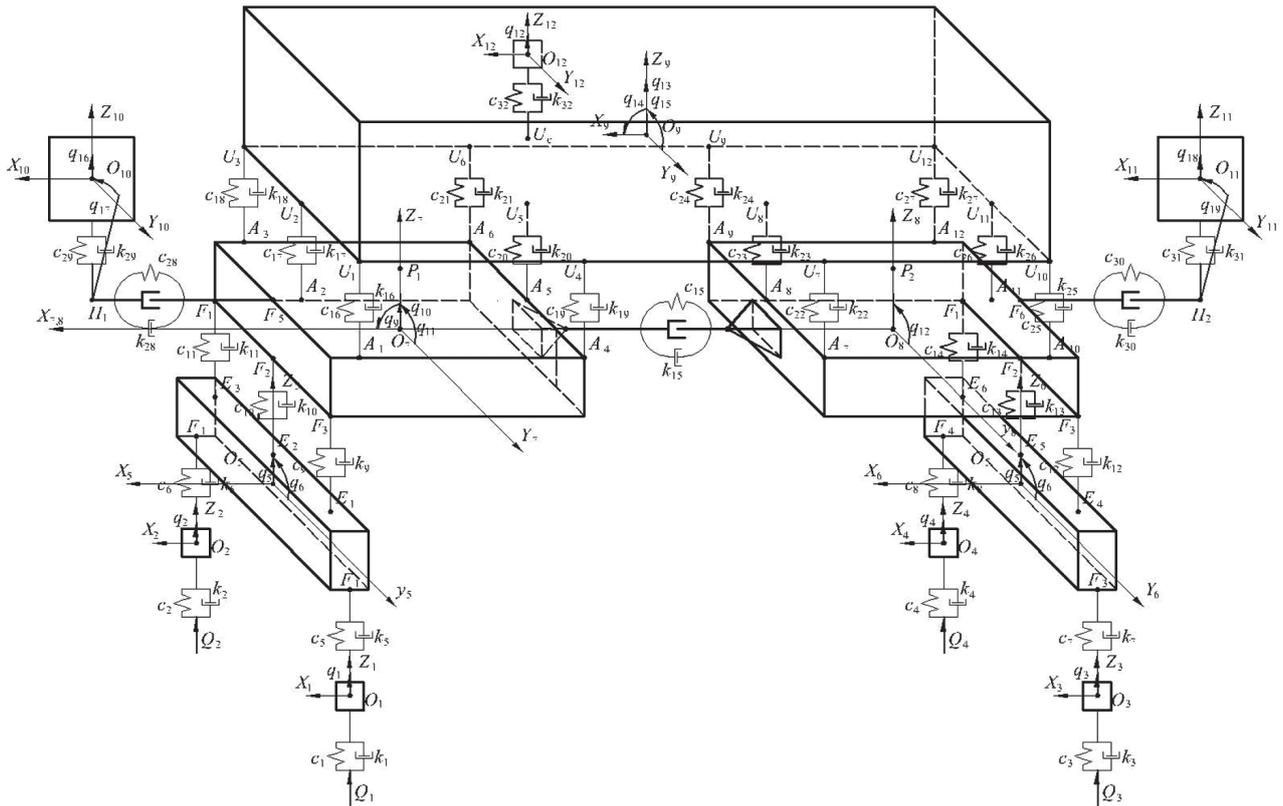


Рис. 1. Обобщенная расчетная схема динамической системы машины
 Fig.1 General calculation scheme of the dynamic system of the machine

результаты расчетов вибрационных характеристик и оптимальных параметров системы виброзащиты колесного трактора мощностью 110 кВт, для которого предполагается также лесная модификация, представлены в [1–3]. Однако в ракурсе поставленного вопроса в указанных работах исследования по ней не проводились.

Суть разработанного в [1–4] спектрального метода задания кинематических воздействий от случайного профиля пути на входы динамической системы машины заключается в следующем. Для теоретической количественной и качественной оценок выходных колебательных процессов масс динамической системы необходимо использовать спектральные характеристики компонент вектора обобщенных координат системы и их производных. В нашем случае для трактора (рис. 1) матрица спектральных плотностей n -ой производной компонент вектора обобщенных координат динамической системы размерностью 19×19 вычисляется по формуле

$$S_q(j\omega) = (-j\omega)^n \cdot \bar{W}(j\omega) \cdot S_Q(j\omega) \cdot W^T(j\omega) \cdot (j\omega)^n, \quad (1)$$

где: $\bar{W}(j\omega), W^T(j\omega)$ – сопряженная и транспонированная матрицы от матрицы частотных характеристик динамической системы $W(j\omega)$ размерностью 19×4 ;
 $S_Q(j\omega)$ – матрица спектральных плотностей компонент вектора Q кинематических воздействий размерностью 4×4 .
 $(i = \overline{1,4})$ – кинематические возбуждения;
 $q_i (i = \overline{1,20})$ – обобщенные координаты;
 $m_i (i = \overline{1,12})$ – массы твердых тел системы;
 $c_i (i = \overline{1,32})$ – жесткости упругих элементов;
 $k_i (i = \overline{1,32})$ – коэффициенты диссипации;
 $O_i (i = \overline{1,12})$ – центр инерции масс за исключением $i=7$ и $i=8$;
 P_1 – центр инерции массы m_7 ;
 P_2 – центр инерции массы m_8 ;
 A_i и $U_i (i = \overline{1,12})$ – точки крепления подвесок к остоу и кабине;
 $R_i (i = \overline{1,4})$ – точки крепления подвесок колес к мостам;
 E_i и $F_i (i = \overline{1,6})$ – точки крепления подвесок и навесок к мостам и остову;

H_i ($i = \overline{1,2}$) – проекция центра масс навесного агрегата на горизонтальное плечо рычага;

U_c – точка крепления сиденья оператора;

O_p, X_p, Y_p, Z_i – система координат масс m_i .

Последняя при решении задач анализа стационарных детерминистических многомерных динамических систем спектральным методом (как в нашем случае) является характеристикой, описывающей подсистему воздействие [5]. Эта матрица Эрмитова и для 4-колесной ходовой системы (рис. 2) имеет вид

$$S_{\bar{Q}}(j\omega) = \begin{vmatrix} S_{Q_{11}} & S_{Q_{12}} & S_{Q_{13}} & S_{Q_{14}} \\ S_{Q_{21}} & S_{Q_{22}} & S_{Q_{23}} & S_{Q_{24}} \\ S_{Q_{31}} & S_{Q_{32}} & S_{Q_{33}} & S_{Q_{34}} \\ S_{Q_{41}} & S_{Q_{42}} & S_{Q_{43}} & S_{Q_{44}} \end{vmatrix} \quad (2)$$

В матрице (2) элементы, стоящие на главной диагонали, есть спектральные плотности кинематических воздействий, поступающих на каждый вход динамической подсистемы машина. Остальные элементы матрицы – взаимные спектральные плотности кинематических воздействий между различными входами системы, которые определяются, например, для входов 1 и 2 (рис. 2) как

$$S_{Q_{12}}(j\omega) = |S_{Q_{12}}(j\omega)| e^{-j\Theta(\omega)}, \quad (3)$$

где $|S_{Q_{12}}(j\omega)| = \sqrt{[\text{Re}S_{Q_{12}}(j\omega)]^2 + [\text{Im}S_{Q_{12}}(j\omega)]^2}$ – модуль (амплитудный спектр);

$$\Theta(\omega) = \text{arctg} \frac{\text{Im}S_{Q_{12}}(j\omega)}{\text{Re}S_{Q_{12}}(j\omega)}$$

– фазовый сдвиг (фазовый спектр).

Для того чтобы сформировать $S_{\bar{Q}}$, необходимо получить статистическую оценку ее элементов (3) в зависимости от скорости движения машины и размерной схемы опор ее движителей в плане (рис. 2).

Здесь экспериментально решенным является вопрос о равенстве параметров автоспектров колеи профиля пути, по которым происходит движение (имеется множество работ, например, [6, 7]). Теоретически выбор диагональных элементов матрицы (2), равных между собой, можно обосновать выполняемыми для исследуемых процессов

воздействий свойствами нормальности, стационарности, и, следовательно, эргодичности. Действительно, если процесс эргодический, то по его определению для одной реализации (колеи) должны выполняться равенства $S_{Q_{11}}(\omega) = S_{Q_{33}}(\omega)$, $S_{Q_{22}}(\omega) = S_{Q_{44}}(\omega)$, а для двух реализаций $S_{Q_{11}}(\omega) = S_{Q_{33}}(\omega) = S_{Q_{22}}(\omega) = S_{Q_{44}}(\omega)$. Для редко встречающегося варианта движения каждого колеса по своей колее это равенство не нарушается.

Исследование взаимосвязи между кинематическими воздействиями по входам динамической системы четырехопорной машины, по сведениям авторов, посвящены лишь две работы [7, 8]. В [8] анализ экспериментально полученных значений функции когерентности и квадратов корреляционных функций процессов воздействий от грунтовой дороги и стерни показал, что воздействия на передние и задние колеса по левой и правой колеям можно принимать как независимые. В другой [7], где анализировались только взаимно корреляционные функции ординат профилей двух эталонных треков СТ ИСО [9] без учета скорости машины, получен противоположный вывод (по нашему мнению неверный), на базе которого и были созданы отечественные искусственные треки грунтовой дороги и агрофона без сдвига ординат между правой или левой колеями [10]. Противоположность свойствам реальной местности здесь очевидна. Однако поскольку мы имеем данные по подсистеме «воздействие» в этой части весьма ограниченного объема, в разработанных алгоритмах будут использоваться оба подхода. Следует отметить, что публикаций по вышеуказанной тематике, учитывающих условия лесной местности, авторы не обнаружили.

Таким образом, матрицу спектральных плотностей кинематических воздействий от профиля пути на колесный трактор (рис. 1) для схемы, показанной на рис. 2, можно представить в виде

$$S_{\bar{Q}}(j\omega) = S_{Q_{11}}(\omega) \begin{vmatrix} 1 & B_{12} & L_{13} & B_{12}L_{13} \\ \bar{B}_{12} & 1 & \bar{B}_{12}L_{13} & L_{13} \\ \bar{L}_{13} & B_{12}\bar{L}_{13} & 1 & B_{12} \\ \bar{B}_{12}\bar{L}_{13} & \bar{L}_{13} & \bar{B}_{12} & 1 \end{vmatrix}, \quad (4)$$

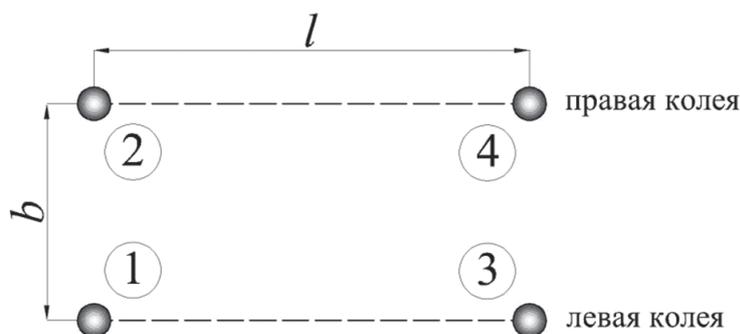


Рис. 2. Схема расположения опор движителей в плане
Fig. 2. The scheme of the location of propelling bearers in the plan

где $B_{12}(j\omega) = e^{-j\Theta(\omega)}$ – частотная характеристика оператора (фильтра) линейного преобразования воздействия от левой колеи в возбуждение, поступающее от правой колеи;

$L_{13}(j\omega) = e^{-j\omega\tau}$ – частотная характеристика оператора сдвига для воздействия от передних колес задним колесам;

$\bar{B}_{12}(j\omega), \bar{L}_{13}(j\omega)$ – комплексно-сопряженные частотные характеристики;

$\tau = l/v$ – запаздывание воздействия на задние колеса, с;

l – продольная база трактора, м;

v – скорость движения, м/с;

ω – частота, 1/с; $j = \sqrt{-1}$.

При независимых (некоррелированных) кинематических воздействиях на машину от правой и левой колеей фазовый сдвиг $\Theta = \pm\pi/2$, а $B_{12}(j\omega) = \pm j$. Когда координаты колеей совпадают (корреляционная связь равна единице) $\Theta = 0$ и $B_{12}(j\omega) = 1$. При $\Theta = \pi$ все гармонические составляющие спектров воздействия по колееям находятся в противофазе и $B_{12}(j\omega) = -1$. Поскольку последний вариант физически трудно осуществить, то он в дальнейшем не рассматривается.

Формула (1) и матрица (4) позволяют при уже проведенных расчетах оценок вибрационных характеристик машины с использованием параметров возбуждения от какого-либо эталонного или естественного профиля пути осуществить анализ уровня вибрации на любом другом фоне. Для этого необходимо знать СКЗ возбуждения по ускорению нового фона в рассматриваемых ОДЧ. Из выражения (4) ясно видно, что такая коррекция будет выполняться для вибрации по всем направлени-

ям. Коэффициенты перехода к новым фонам представлены в [12, табл. 2], где показана практическая идентичность с качественной и количественной сторон оценок воздействий эталонных треков и лесных фонов во втором и третьем ОДЧ.

Для решения поставленной задачи расчеты по обобщенной математической модели [1] и расчетной схеме (рис. 1) проводились с заданием спектральной плотности $S_{\dot{q}_1}(\omega)$ матрицы (4) эталонного агрофона по ГОСТ 12.2.002-91 [10] для установленной в нем скорости движения по треку $v = 2,5$ м/с. Ее параметры: $\sigma_q = 2,28 \cdot 10^{-4}$ м², $\alpha_v = 4,5$ 1/с, $\beta = 3,1$ 1/с. Применялись программа расчета и критерии оценки параметров пространственных колебаний, отработанные в [1–3, 11].

Расчеты проводились с нахождением оценок среднеквадратических значений (СКЗ) ускорений в первых трех октавных диапазонах частот (ОДЧ) 0,7–1,4, 1,4–2,8 и 2,8–5,6 Гц со среднегеометрическими частотами (СГЧ) 1, 2 и 4 Гц. Заметим, что нормы вибрации в ОДЧ с СГЧ 2 и 4 Гц являются наиболее трудновыполнимыми для колесных тракторов.

При исследовании пространственной вибрации использовался многофакторный анализ. СКЗ ускорений по всем направлениям на жестком (Z) и поддрессоренном (ZC) сиденьях оператора определялись при подаче на вход динамической системы трактора возбуждения от профиля пути со сдвигом ординат левой и правой колеей ($\Theta = \pi/2$) и без сдвига ($\Theta = 0$). Сиденье при этом помещалось над передним мостом ($x_U = 125$ см). Кроме того,

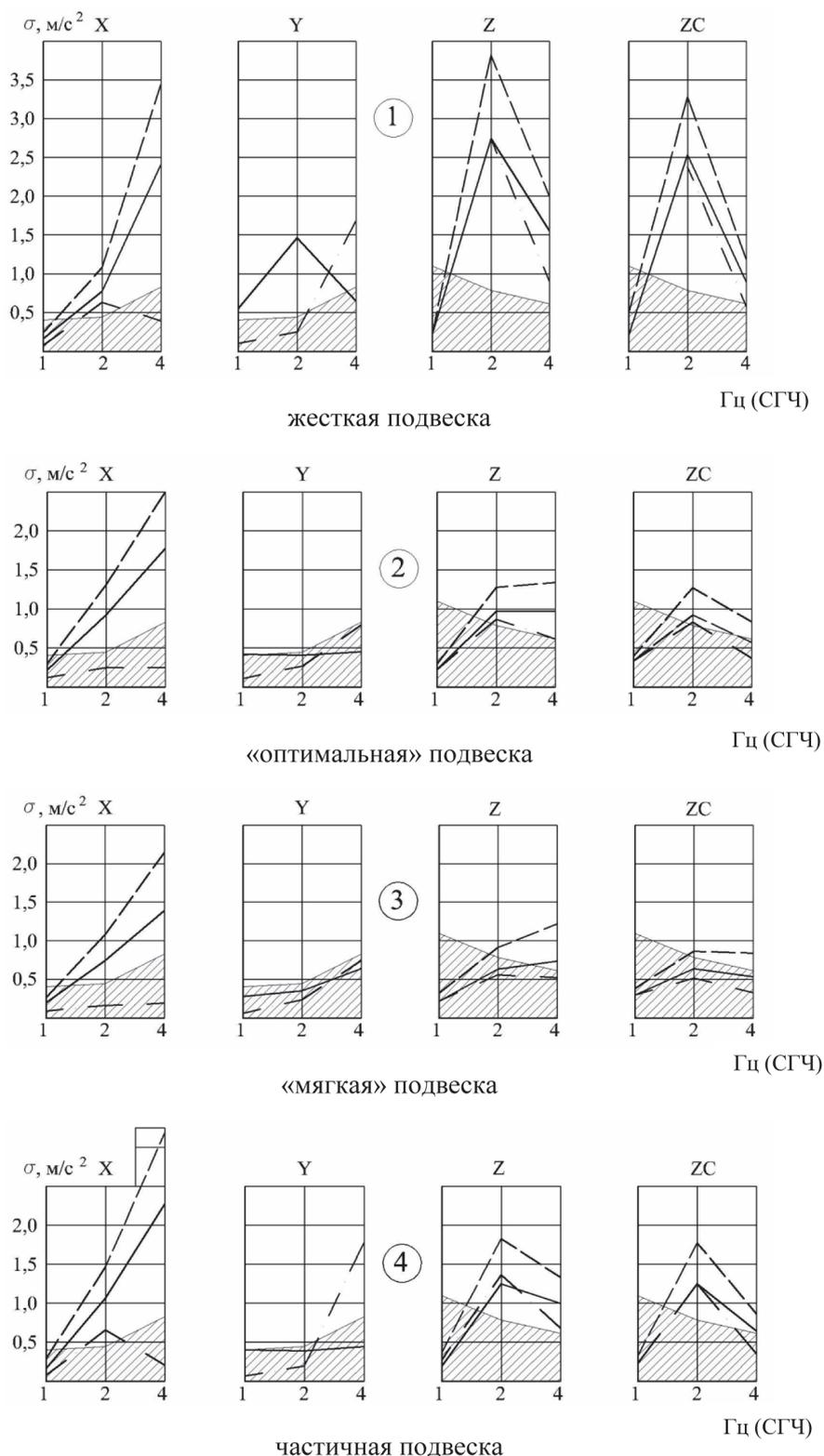


Рис. 3. СКЗ горизонтальных продольных X , поперечных Y и вертикальных ускорений на жестком Z и прорессоренном ZC сиденье оператора для различных вариантов подвесок колес и корреляции входных воздействий по левой и правой колеям: - - - - коррелированные ($\Theta = 0$), сиденье впереди; — — — — некоррелированные ($\Theta = \pi/2$), сиденье впереди; - · - · - · некоррелированные ($\Theta = \pi/2$), сиденье в середине

Fig. 3. SKZ of horizontal longitudinal X , crosscut Y and vertical accelerations on firm Z and sprung ZC operator seat for various variants of wheel suspensions and correlations of input influences on left and right tracks: - - - - uncorrelated ($\Theta = 0$), front seat; — — — — uncorrelated ($\Theta = \pi/2$), front seat; - · - · - · uncorrelated ($\Theta = \pi/2$), middle

для выявления влияния координат установки сиденья на оцениваемые показатели был рассчитан исходный вариант – со сдвигом колеи ($\Theta = \pi/2$) и расположением сиденья приблизительно посередине продольной базы трактора ($x_V = -13,5$ см) [2].

При принятии сдвига $\Theta = 0$ пространственная расчетная схема (рис. 1) превращается в плоскую и описывает только горизонтально-продольные (X) и вертикальные (Z , ZC) колебания масс. Расчеты показателей вибрации установили, что в этом случае СКЗ ускорений по направлению Y составляют величины 10^{-5} – 10^{-6} м/с², что обусловлено погрешностью численных методов вычисления оценок на компьютере. Этот результат сам по себе является тестом и говорит о правильности математической модели и программы расчетов.

Каждый из перечисленных вариантов включал расчеты показателей вибрации динамической системы для оценки эффективности регулируемой (по статическому прогибу) зависимой подвески колес. Сравнивались:

1. Жесткая подвеска. Подвеска колес отсутствует (заблокирована). Наиболее часто встречающийся и по сегодняшний день вариант исполнения ходовой системы колесных тракторов. Блокировка колес осуществлялась введением в программу жесткости $c_{9,11,12,14} = 10000$ кН/м.

2. «Оптимальная» по [2, 3] регулируемая подвеска с $c_{9,11} = 130$ кН/м, $c_{12,14} = 118$ кН/м, $k_{9,11,12,14} = 8$ кНс/м.

3. «Мягкая» подвеска с $c_{9,11} = 70$ кН/м, $c_{12,14} = 63$ кН/м, $k_{9,11,12,14} = 8$ кНс/м. Ее параметры являются близкими к оптимальным при расчете нормативной вертикальной вибрации по цепной расчетной схеме динамической системы трактора [12].

4. Частичное поддрессоривание (передних колес) $c_{9,11} = 130$ кН/м, $c_{12,14} = 10\,000$ кН/м, $k_{9,11} = 8$ кНс/м. Применяется на некоторых моделях тракторов (например Т-150К).

Жесткости и коэффициенты сопротивления в шинах, подвески кабины, сиденья, рамы не варьировались и составляли соответственно величины: $c_{1-4} = 336$ кН/м, $k_{1-4} = 3$ кНс/м; $c_{16,18,19,21} = 1700$ кН/м,

$k_{16,18,19,21} = 2,3$ кНс/м (резиновые амортизаторы); $c_{32} = 4,3$ кН/м, $k_{32} = 0,8$ кНс/м (сиденье АУ 31.00000); $c_{15} = 13 \cdot 10^6$ Нм/рад, $k_{15} = 2$ Нмс/рад.

Данные по СКЗ горизонтальных продольных X , поперечных Y , вертикальных Z , ZC ускорений на сиденье оператора, рассчитанные по разработанному выше плану, приведены на рис. 3. Область допустимых (рекомендуемых) СКЗ ускорений СТ ИСО 2631 [2, 11] для большей наглядности заштрихована. За меру значимости влияния изменяемых факторов на оцениваемые показатели вибрации приняты соответствующие значения отношений расчетных оценок СКЗ в ОДЧ. Для подсистемы «воздействие» они являются мерой учета математической моделью свойств местности, а для подсистемы «машина» – мерой эффективности рассматриваемого итога действий по оптимизации системы виброзащиты трактора.

Из графиков видно (рис. 3), что в выполнении главной задачи, для которой проводятся моделирование и расчеты, – обеспечения уровня вибрации на сиденье в соответствии со стандартом [11] – фактор учета наличия или отсутствия связи по левой и правой колеям достаточно весом и находится на уровне значений каждого из факторов при варьировании параметрами его динамической системы. Снижение СКЗ ускорений в ОДЧ с СГЧ 2 и 4 Гц на сиденье, находящемся над передним мостом, при подаче на вход системы воздействия со сдвигом ($\Theta = \pi/2$) по сравнению с расчетами при возбуждениях без сдвига ($\Theta = 0$) соответственно составляет величины: для горизонтально-продольного направления – 1,47; 1,42 (вариант 1) и 1,44; 1,41 (вариант 2); для вертикального направления (Z) – 1,36; 1,37 (1) и 1,37; 1,42 (2). Такой же диапазон отношений оценок СКЗ имеют и другие варианты (3, 4) поддрессоривания остова.

Анализ эффективности применения различных систем поддрессоривания по сравнению с жесткой подвеской колес трактора показывает, что выбор параметров задания возбуждения может также сыграть заметную роль в правильности принятия решения по выбору рациональной системы

виброзащиты. Расчетные данные подтверждают это.

С одной стороны, из рис. 3 видно, что уменьшение СКЗ ускорений при сравнении в тех же ОДЧ и для тех же вариантов (1 и 2) составляет по X – 0,8; 1,4 ($\Theta = 0$) и 0,94; 1,37 ($\Theta = \pi/2$), а по Z – 3; 1,53 ($\Theta = 0$) и 2,89; 1,57 ($\Theta = \pi/2$). Т. е. влияния на уровень эффективности «оптимальной» подвески выбор типа воздействия практически не оказывает. Здесь необходимо только отметить, что подвеска (2) несколько увеличивает СКЗ горизонтально-продольных ускорений (отношения меньше единицы) в ОДЧ с СГЧ 2 Гц и немного снижает вертикальную вибрацию (Z , ZC), доводя ее практически до нормативной даже при расположении сиденья над передним мостом. Вар. 3 и 4 имеют аналогичные свойства.

С другой стороны, из анализа оценок вибрационных характеристик в вертикальном направлении на сдвинутом вперед поддрессоренном сиденье для «оптимальной» и «мягкой» подвесок следует, что их уменьшение у базового варианта ($\Theta = \pi/2$) по сравнению с вариантом задания возбуждений по колеям без сдвига ($\Theta = 0$) весьма значительно и равно в ОДЧ с СГЧ 2 и 4 Гц соответственно 1,39; 130 и 1,4; 154 раза. При этом трактор с такими системами виброзащиты полностью или практически выполняет нормативы стандартов как с поддрессоренным (ZC), так и с жестким (Z) сиденьями. Напротив, для варианта при $\Theta = 0$ рекомендации стандартов не достигаются и при оптимизации потребуется еще большее снижение жесткости регулируемых подвесок колес или сиденья, что с конструктивной и эргономической точек зрения вряд ли оправдано.

Анализ расчетных вибрационных характеристик по подсистеме «машина» выявил существенную роль перемещения сиденья в середину продольной базы трактора (рис. 3). Положительное влияние присутствует у всех характеристик для горизонтально-продольного и вертикального (Z , ZC) направлений для всех вариантов системы поддрессоривания острова. Наибольшее значение эффективности наблюдается для продольных ускорений (6–9

раз в ОДЧ с СГЧ 4 Гц!), которые этим мероприятием приводятся к значениям ниже нормативных. Поперечные СКЗ ускорений при этом возрастают и в указанном выше ОДЧ для жесткой и частичной подвесок острова в два раза превосходят допускаемые по стандарту. Такой рост у вар. 4 объясняется увеличением уровня колебаний острова при отсутствии задней подвески.

Графики показывают, что самые большие абсолютные СКЗ ускорений для всех вариантов виброзащиты получены для неподдрессоренного трактора (1) и при частичном поддрессоривании (4). У этих вариантов стандарт не выполняется для всех направлений вибрации при любых входных воздействиях и расположении сиденья.

Напротив, введение в конструкцию трактора регулируемой подвески колес с оптимальными параметрами (2) обеспечивает выполнение всех нормативов. Причем для вертикальной вибрации можно практически достичь их уровня и для варианта трактора без подвески сиденья (Z) при его расположении в центре продольной базы и некоррелированном возбуждении по колеям фона. При этом эффект от некоррелируемости входов превышает в 1,41 раза эффект от введения подвески сиденья (рис. 3 ZC для вар. 2). Т. е. в этом случае можно ориентироваться на применение сиденья автомобильного типа, что удешевит трактор с улучшением его качества за счет повышения эргономических показателей из-за исключения относительных перемещений оператора и органов управления. Все это справедливо и для варианта с «мягкой» подвеской (3). Однако видно, что в этом случае почти двукратное снижение жесткости передних и задних подвесок колес приводит лишь к едва заметному снижению СКЗ ускорений по отношению к варианту с «оптимальной» подвеской. Учитывая также потребуемое возрастание габаритов «мягкой» подвески [3], ее применение на тракторе вряд ли целесообразно.

Таким образом, проведенная расчетная оценка вибрации по разработанной пространственной 12-массовой расчетной схе-

ме и математической модели, описывающей случайные колебания динамической системы колесного трактора при его движении по эталонному треку, позволила выявить существенное влияние отсутствия корреляции возбуждений по входам системы на снижение уровня вибрационных характеристик и определить пространственную математическую модель в качестве основной для проводимых исследований по виброн нагруженности мобильных машин.

Установлены картины изменения выходных параметров пространственной вибрации и ее соответствие нормам отечественного и международного стандартов в зависимости от структуры и параметров системы виброзащиты трактора. Показано, что при применении на тракторе регулируемой зависимой подвески передних и задних колес с оптимальными параметрами можно использовать сиденье без подвески (автомобильного типа).

Библиографический список

1. Подрубалов, В.К. Моделирование пространственной виброн нагруженности мобильной машины при случайном кинематическом возбуждении. Часть 1. Обобщенная математическая модель. / В.К. Подрубалов, А.Н. Никитенко, М.В. Подрубалов. – М.: Известия МГМУ (МАМИ), 2013. – № 2 (16). Том 1.
2. Подрубалов, В.К. Моделирование пространственной виброн нагруженности мобильной машины при случайном кинематическом возбуждении. Часть 2. Оптимизация системы виброзащиты оператора / В.К. Подрубалов, А.Н. Никитенко, М.В. Подрубалов. – М.: Известия МГМУ (МАМИ), 2013. – № 2(16). – Том 1.
3. Подрубалов, В.К. Моделирование пространственной виброн нагруженности мобильной машины при случайном кинематическом возбуждении. Часть 3. Исследование нагруженности трактора / В.К. Подрубалов, А.Н. Никитенко, М.В. Подрубалов. – М.: Известия МГМУ (МАМИ), 2013. – № 2 (16). – Том 1.
4. Подрубалов, М.В. Математическая модель пространственных колебаний масс динамической системы транспортного агрегата мотоблока при стационарном кинематическом воздействии / М.В. Подрубалов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. –2007. – № 6(48). – С. 142–146.
5. Болотин, В.В. Случайные колебания упругих систем / В.В. Болотин. – М.: Наука, 1979. – 335 с.
6. Дмитриченко, С.С. Методы оценки и повышения долговечности несущих систем тракторов и других машин: дисс. ... д-ра техн. наук / С.С. Дмитриченко. – М.: НАТИ, 1971. – 36 с.
7. Арутюнян, В.С. Обоснование параметров и разработка конструкции типового трека для испытания колесных сельскохозяйственных тракторов по оценке вибрации: дисс. ... к-та техн. наук / В.С. Арутюнян. – Ереван, 1983. – 212 с.
8. Подрубалов, В.К. Оценка корреляции кинематических воздействий от профиля пути по входам динамической системы сельскохозяйственного трактора / В.К. Подрубалов, А.Н. Никитенко // Труды НПО НАТИ. Повышение функциональных качеств систем поддресоривания гусеничных тракторов. – М.: ГОНТИ, 1985. – С. 72–81.
9. ГОСТ 31323-2006 (ИСО 5008:2002) Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Тракторы сельскохозяйственные колесные и машины для полевых работ. – М.: Стандартинформ. –2012. –19 с.
10. ГОСТ 12.2.002-91. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности. –М.: Изд-во стандартов, 1991. –17 с.
11. ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997). Межгосударственный стандарт. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования. –М.: Стандартинформ, 2008. –37 с.
12. Подрубалов, М.В. Оценка вертикальной вибрации колесного трактора при движении по случайному профилю пути / М.В. Подрубалов, В.К. Подрубалов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2014. – № 4. – С. 154–161.

THE INFLUENCE OF THE CORRELATION OF THE KINEMATIC EXCITATION OF WHEELS ON THE LEVEL OF SPATIAL VIBRATION OF THE OPERATOR

Podrubalov M.V., Assoc. Prof., MSFU, Ph.D. (Tech.) ⁽¹⁾; **Podrubalov V.K.**, Assoc. Prof., MSFU, Ph.D. (Tech.) ⁽¹⁾; **Nikitenko A.N.**, Assoc. Prof., RSAU – TMAA named after K.A. Timiryazev, PhD. tehn. Sciences ⁽²⁾

podrubalov@bk.ru, podrubalov@mgul.ac.ru, an-nikitenko@mail.ru

⁽¹⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya street, 1, 141005, Mytischki, Moscow region, Russia

⁽²⁾Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Timiryazevskaya st., 58, Moscow, 127550, Russia

There is a topical task solved to create more exact methods of mathematical modeling and calculation of vibrational activity of mobile machines in accordance with the international and domestic standards of labor safety. To do it a newly introduced generalized model, describing the stochastic stationary spatial fluctuations of 12 mass dynamic system of a wheeled machine with 4 inputs, 20 degrees of freedom and 32 elastic-dissipative communications, is used. The matrix of spectral density of kinematic impacts of a way profile on machines, describing a subsystem “impact” is considered and formed in detail. The original algorithm, allowing to easily transit from the spatial model (uncorrelated inputs) to the flat one and vice versa (during the calculations) has been implemented. The matrix also provides correct countings for the results of the calculations obtained for the machine as it moves on the selected background. The research have been carried out within the studies of characteristics

of vibroprotection system of a tractor with a power of 110 kW with the wheel scheme 4K46. Multivariate evaluation of the average square values of the spatial accelerations in octave ranges has been carried out during the feeding of correlated and uncorrelated excitations to the input of the dynamic system. The feeding went on the left and right tracks of the artificial State Standard track 12.2.002. During the process, the “machine” subsystem varied due to the position of the seat, the presence or absence of car suspension, due to the introduction or full or partial exclusion of dependent adjustable front and rear wheels suspensions from the construction. The calculations have demonstrated that when ensuring the level of vibration on the seat according to the standard, the factor of noncorrelatedness of entrances on the tracks is considerable and is 1,3–1,54. The highest acceleration levels have been obtained for the partially sprung tractor with no wheel suspensions. The standard is not applied to all the directions when varying any other factor. It is proved, that the suspension of all the wheels with optimal parameters ensures the implementation of all vibration standards and reduces vibration level up to 6 times. The obtained results have allowed to make the spatial mathematical model the basis for the studies of machine vibro-loading.

Keywords: wheel tractor, range, excitation, mathematical model, the selected background, vibroprotection

References

1. Podrubalov V.K., Nikitenko A.N., Podrubalov M.V. *Obobshchennaya matematicheskaya model' vibronagruzhennosti mobil'noy mashiny pri sluchaynom kinematicheskoy vozbuzhdenii* [Generalized mathematical model of the vibration of the mobile machine at random kinematic excitation]. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2013. № 2(16). Vol. 1. pp. 203-212.
2. Podrubalov V.K., Nikitenko A.N., Podrubalov M.V. *Optimizatsiya sistemy vibrozashchity operatora mobil'noy mashiny pri sluchaynom kinematicheskoy vozbuzhdenii* [Optimization of vibration protection systems of mobile machines at random kinematic excitation]. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2013. № 2(16). vol. 1. pp. 212-221.
3. Podrubalov V.K., Nikitenko A.N., Podrubalov M.V. *Vibronagruzhennost' traktora pri sluchaynom kinematicheskoy vozbuzhdenii* [The vibration load of the tractor at random kinematic excitation]. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2013. № 2(16). vol. 1. pp. 221-226.
4. Podrubalov, M.V. *Matematicheskaya model' prostranstvennykh kolebaniy mass dinamicheskoy sistemy transportnogo agregata motobloka pri statsionarnom kinematicheskoy vozbuzhdenii* [A mathematical model of the spatial oscillations of the mass of the dynamic system of the transport unit of tillers when stationary kinematic effects]. *Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoy Vestnik*. 2007. № 6 (48). pp. 142-146.
5. Bolotin V.V. *Sluchaynye kolebaniya uprugikh sistem* [Random vibrations of elastic systems]. Moscow, Nauka, 1979. 335 p.
6. Dmitrichenko S.S. *Metody otsenki i povysheniya dolgovechnosti nesushchikh sistem traktorov i drugikh mashin* [Assessment methods and increase the durability of the bearing systems of tractors and other machines]. Diss. ... Dr. tech. Sciences. Moscow, NATI. 1971, 36 p.
7. Arutyunyan V.S. *Obosnovanie parametrov razrabotki konstruktsii tipovogo trekadlya ispytaniya kolesnykh sel'skokhozyaystvennykh traktorov po otsenke vibratsii* [Substantiation of the parameters and design of typical track for testing of wheeled agricultural tractors evaluation of vibration]. The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences. Erevan, 1983. 212 p.
8. Podrubalov V.K., Nikitenko A.N. *Otsenka korrelyatsii kinematicheskikh vozbuzhdeniy ot profilya puti po vkhodam dinamicheskoy sistemy sel'skokhozyaystvennogo traktora* [Assessment of the correlation of kinematic effects from the profile path to the inputs of the dynamic system of the agricultural tractor]. *Trudy NPO NATI. Povyshenie funktsionalnykh kachestv sistem podressorivaniya gusenichnykh traktorov* [Increasing the functional qualities of the suspension systems of caterpillar tractors]. Moscow, GONTI. -1985. pp. 72-81.
9. State Standard 31323-2006 (ISO 5008:2002) Vibration. Determination of the parameters of the vibration characteristics of self-propelled machines. The agricultural wheeled tractors and machinery for field work. Moscow, Standartinform Publ., 2012. 19 p. (In Russian)
10. State Standard 12.2.002-91. Tech agriculture. Methods of safety assessment. Moscow, Standartinform Publ., 1991. 42 p. (In Russian)
11. State Standard 31191.1-2004 (ISO 2631-1:1997). Vibration and shock. The total measurement of vibration and evaluation of its effects on humans. Part 1. General requirements. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 437 p. (In Russian)
12. Podrubalov M.V., Podrubalov V.K. *Otsenka vertikal'noy vibratsii kolesnogo traktora pri dvizhenii po sluchaynomu profilyu puti* [Evaluation of vertical vibration of the wheel of the tractor when driving on a random profile path]. *Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoy Vestnik*. 2014. № 4. vol. 18. pp. 154–161.

ВЛИЯНИЕ ВАКУУМНОЙ ПРОПИТКИ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ НА ПРОЧНОСТЬ АНТИКОРРОЗИОННОЙ БУМАГИ

В.В. БЫКОВ, *проф., МГУЛ, д-р. техн. наук*⁽¹⁾,
М.И. ГОЛУБЕВ, *доц., МГУЛ, канд. техн. наук*⁽¹⁾,
И.В. ГЛЕБОВ, *асп., МГУЛ*⁽¹⁾

bykov@mgul.ac.ru, golubev@mgul.ac.ru, glebov@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Эффективность использования лесохозяйственной и лесозаготовительной техники во многом зависит от ее эксплуатационной надежности. Из-за отказов повышаются непроизводительные простои, увеличиваются затраты на ремонт машин. Каждый год ремонту подвергается до 60 % парка машин и при этом до 80 % расходов тратится на запасные части. При хранении в результате воздействия влаги и перепадов температуры запасные части подвергаются коррозионным повреждениям. Для их упаковывания применяют бумагу, обработанную антикоррозионными материалами – маслом, битумом, парафином, церезином и другими. В статье предлагается для получения антикоррозионной бумаги вместо рекомендуемых ГОСТ пропитывающих составов использовать отходы производства растительных масел. Представлены результаты исследований прочности антикоррозионной бумаги, пропитанной отходами производства рапсового масла, и показано влияние вакуумной пропитки на прочность антикоррозионной бумаги. Одним из основных требований к упаковочной бумаге является исключение возможности механического повреждения деталей при хранении, которое определяется прочностью бумаги. Оценкой прочности пропитанной антикоррозионными материалами бумаги служит усилие на разрыв. Для сравнения проводили испытания полосок бумаги в сухом и во влажном состоянии. Проведенные исследования показывают, что применение вакуумной камеры для пропитки упаковочной бумаги антикоррозионными материалами позволяет более чем в 2 раза повысить прочность бумаги. У бумаги, пропитанной в вакуумной камере, усилие разрыва сухого образца выше в 2,04 раза, чем у бумаги, пропитанной обычным способом, усилие разрыва влажного образца – выше в 2,16 раза.

Ключевые слова: лесохозяйственные машины, запасные части, коррозия, антикоррозионная бумага, отходы производства растительных масел, отработанные минеральные масла

Эффективность использования лесохозяйственной и лесозаготовительной техники во многом зависит от ее эксплуатационной надежности. Из-за отказов повышаются непроизводительные простои, увеличиваются затраты на ремонт машин. По данным ФГБНУ ГОСНИТИ каждый год ремонту подвергается до 60 % парка машин и при этом до 80 % расходов тратится на запасные части. При хранении в результате воздействия влаги и перепадов температуры запасные части подвергаются коррозионным повреждениям [1]. Для их упаковывания применяют бумагу, обработанную антикоррозионными материалами – маслом, битумом, парафином, церезином и другими [2–4].

Нами предложено для получения антикоррозионной бумаги вместо рекомендуемых ГОСТ пропитывающих составов на основе ингибиторов, парафина и индустриального масла использовать отходы производства растительных масел [5, 6]. Консервационные составы на основе отходов производства

растительных масел обладают высокой коррозионной стойкостью и могут эффективно использоваться для защиты от коррозии [7, 8]. Бумагу для испытаний пропитывали отходами производства рапсового масла в вакуумной камере на универсальном лабораторном стенде на кафедре материаловедения и технологии конструкционных материалов МГУЛ при давлении в 100 Мбар, температуре в камере и температуре состава 20° С. Работа стенда основана на процессе вакуумной инфузии с фильтрацией состава через пропитываемый образец [9, 10].

Стенд для пропитки (рис. 1) состоит из вакуумной камеры с крышкой со смотровым окном и мановакуумметром, кассеты для пропитки заготовок и подключенных к вакуумной камере систем подачи раствора и распределения [11].

Система подачи раствора состоит из заливочной емкости с указателем уровня жидкости и трубопровода, соединяющего заливочную емкость и пропиточную кассету,



Рис. 1. Стенд для вакуумной пропитки
Fig. 1. Stand for vacuum impregnation



Рис. 2. Разрывная машина МРБ-100
Fig. 2. Tensile-testing machine МРБ-100

находящуюся в вакуумной камере. Вакуум в камере создается при помощи вакуумного насоса. Установленный в камере нагреватель поддерживает заданную температуру в течение процесса пропитки.

Одним из основных требований к упаковочной бумаге является исключение возможности механического повреждения деталей, определяемое прочностью бумаги. Оценкой прочности пропитанной маслами бумаги служит усилие на разрыв [12, 13]. Испытания прочности бумаги проводили на разрывной машине МРБ-100 (рис. 2) в ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги» (ОАО ЦНИИБ).

Машина состоит из следующих основных узлов: маятника силы, маятника удлинения, верхнего и нижнего зажимов, привода. Маятник силы, предназначенный для нагружения испытуемого образца и представляющий собой неравноплечий рычаг, подвешен на шарикоподшипниках в верхней части стойки. Подвеска верхнего зажима на цепочке обеспечивает постоянство величины короткого плеча маятника при его повороте. На длинном плече маятника установлены храповики, фиксирующие его положения в момент разрыва испытуемого образца, указатель для

отсчета значения силы, циферблат для отсчета удлинения образца и штырь для фиксирования маятника. Для отсчета значения силы, при которой происходит разрушение образца, машина снабжена двухпоясной шкалой на циферблате.

Для проведения испытаний из оберточной бумаги вырезали прямоугольные листы, взвешивали их, пропитывали и взвешивали для определения количества масел в пропитанной бумаге. Затем из пропитанных листов бумаги вырезали полоски (рис. 3).

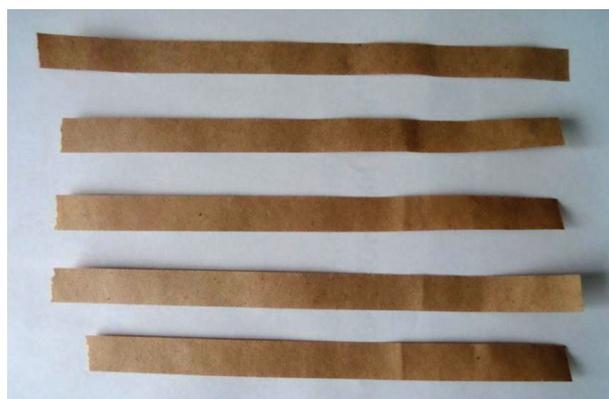


Рис. 3. Образцы пропитанной обработанными минеральными маслами бумаги для испытания на разрыв

Fig. 3. The samples of paper impregnated with mineral oil wastes which will undergo a tensile test

Результаты испытаний бумаги после вакуумной пропитки отходами производства рапсового масла (давление в камере 100 Мбар, температура в камере и температура состава 20 °С)

The results of a tensile test of paper after vacuum impregnation with vegetable oil waste (with the pressure in the chamber 100 Mbar, the temperature in the chamber and the temperature of material 20 °C)

Способ пропитки	Масса состава, г/м ²	Усилие разрыва бумаги, Н	
		сухая	влажная
Бумага-основа	–	47,8	4,3
Вакуумная пропитка	35,1	85,7	8,2
Обычная пропитка	42,0	42,0	3,8

Прочностные свойства оценивали по усилию разрыва полосок. Полоску закрепляли в зажимах разрывной машины, нагружение с растяжением полоски проводили до разрушения. Усилие разрушения бумаги определяли как среднее арифметическое значение измерений 10 полосок. Для сравнения проводили испытания полосок бумаги во влажном состоянии.

Результаты испытаний прочности бумаги представлены в таблице.

Проведенные исследования показывают, что применение вакуумной камеры для пропитки упаковочной бумаги антикоррозионными материалами позволяет более чем в 2 раза повысить прочность бумаги. У бумаги, пропитанной в вакуумной камере, усилие разрыва сухого образца выше в 2,04 раза, чем у бумаги, пропитанной обычным способом, усилие разрыва влажного образца – выше в 2,16 раза.

Библиографический список

1. Сохраняемость и противокоррозионная защита техники в сельском хозяйстве / В.И. Черноиванов и др. – М.: ГОСНИТИ, 2010. – 266 с.
2. Антропов, Л.И. Ингибиторы коррозии металлов / Л.И. Антропов, Е.М. Макушин, В.Ф. Панасенко. – Киев: Техника, 1981. – 183 с.
3. ГОСТ 9.014-78 ЕСЗКС. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2005 – 43 с.
4. ГОСТ 16295-93. Бумага противокоррозионная. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997 – 33 с.
5. Быков, В.В. Консервационные составы из отходов для защиты лесных машин от коррозии при хранении / В.В. Быков, М.И. Голубев // Труды ГОСНИТИ. – 2012. – № 110. – С. 44–46.
6. Голубев, И.Г. Консервационные составы на основе отходов растительных масел для защиты лесных машин от коррозии при хранении / И.Г. Голубев, В.В. Быков, М.И. Голубев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы международной научно-практической конференции (Минск, 19–20 окт. 2011 г.): в 3 т. Т. 3. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2011. – С. 130–132.
7. Быков, В.В. Сравнительная коррозионная стойкость консервационных составов на основе отходов производства растительных масел / В.В. Быков, М.И. Голубев // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2012. – № 7. – С. 46–48.
8. Голубев, М.И. Повышение эффективности защиты лесохозяйственных машин от коррозии при хранении / М.И. Голубев // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2014. – С. 38–41.
9. Sayre, J.R. Vacuum-Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) Model Development, Verification, and Process Analysis / J.R. Sayre // Dissertation of PhD in Material Engineering Science. – Blacksburg, Virginia, April 11, 2000 – 179 p.
10. Song, X. Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM): Model Development and Verification / X. Song // Dissertation of PhD in Engineering Mechanics. – Blacksburg, Virginia, April 14, 2003 – 161 p.
11. Глебов, И.В. Универсальный лабораторный стенд для исследования процессов пропитки связующим различных типов прошивных полотен / И.В. Глебов, В.Д. Котенко // Наука и образование XXI века: сборник статей международной научно-практической конференции. 31 мая 2013 г. в 5 ч. Ч. 2. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. – С. 115–118
12. ГОСТ 13525.1-79. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении. – М.: Стандартинформ, 2007 – 5 с.
13. Гурьев, А.В. Практикум по технологии бумаги: учеб. пособие / А.В. Гурьев, Я.В. Казаков, В.И. Комаров и др.; под ред. В.И. Комарова. – Архангельск: АГТУ, 2001. – 112 с.

**THE EFFECT OF VACUUM IMPREGNATION OF VEGETABLE OILS WASTE
ON THE STRENGTH OF ANTICORROSIVE PAPER**

Bykov V.V., Prof., MSFU, Dr. Sci. (Tech.)⁽¹⁾; **Golubev M.I.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾; **Glebov I.V.**, pg. MSFU⁽¹⁾

bykov@mgul.ac.ru, golubev@mgul.ac.ru, glebov@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya street, 1, 141005, Mytischki, Moscow region, Russia

The effectiveness of the use of forestry equipment is largely dependent on its operation reliability. Due to the faults, there are increases in unproductive downtimes, in costs to repair machines. Every year nearly 60 % of machines need repairing and 80% of costs are spent on spare parts. During the storing, the spare parts are subject to corrosion as a result of moisture and temperature fluctuations. For their packaging a special paper with anticorrosive materials (oil, bitumen, paraffin, ceresin and others) is used. To obtain anticorrosive paper the article proposes to use vegetable oil waste instead of the impregnating compositions recommended by the standard. The results of the research of strength of anticorrosive paper impregnated with rapeseed oil waste are presented, and the influence of vacuum impregnation on the strength of anticorrosive paper is demonstrated. One of the main requirements to the wrapping paper is the elimination of the possibility of mechanical damage of the spare parts during the storage, which is dependent on the strength of the paper. The evaluation of the strength of paper impregnated with anticorrosive materials is shown by a tensile test. For the comparison, dry and wet paper strips have been tested. The research has shown that the use of the vacuum chamber to impregnate the wrapping paper with anticorrosive materials allows to increase paper strength more in more than 2 times. The paper impregnated in the vacuum chamber had the result 2.04 times higher than the paper impregnated by a conventional method. The result in case of wet paper was 2.16 times higher.

Keywords: forestry machinery, spare parts, corrosion, anticorrosive paper, vegetable oil waste, used mineral oils

References

1. Chernouvanov V.I., Severnyy A.E., Zazulya A.N., Prokhorenkov V.D., Petrashev A.I., Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I. *Sokhranyaemost' i protivokorroziionnaya zashchita tekhniki v sel'skom khozyaystve* [Persistence and corrosion protection technology in agriculture]. Moscow, GOSNITI, 2010, 266 p.
2. Antropov L.I., Makushin E.M., Panasenko V.F. *Ingibitory korrozii metallov* [Corrosion inhibitors]. Kiev, Tekhnika, 1981, 183 p.
3. GOST 9.014-78. *ESZKS. Vremennaya protivokorroziionnaya zashchita izdeliy. Obshchie trebovaniya bezopasnosti* [State Standard 9.014-78. Uniform system of protection against corrosion and aging. Temporary corrosion protection products. General safety requirements]. Moscow, Standartinform Publ., 2005. 43 p.
4. GOST 16295-93. *Bumaga protivokorroziionnaya* [State Standard 16295-93. Anticorrosive paper]. Moscow, IPC Standards Publ., 1997. 33 p.
5. Bykov V.V., Golubev M.I. *Konservatsionnye sostavy iz otkhodov dlya zashchity lesnykh mashin ot korrozii pri khraneni* [Rust compounds from waste to protect forest machines from corrosion during storage]. *Trudy GOSNITI* [Proceedings GOSNITI], 2012, no 110, pp. 44-46.
6. Golubev I.G., Bykov V.V., Golubev M.I. *Konservatsionnye sostavy na osnove otkhodov rastitel'nykh masel dlya zashchity lesnykh mashin ot korrozii pri khraneni* [Rust structures on the basis of waste oils to protect the forest machines from corrosion during storage]. *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve : materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Minsk, 19-20 okt. 2011 g.)* [Scientific and technological progress in agriculture: International scientific-practical conference (Minsk, October 19-20. 2011)]. Minsk: RUE «SPC NAS of Belarus for agricultural mechanization», 2011. pp. 130-132.
7. Bykov V.V., Golubev M.I. *Sravnitel'naya korroziionnaya stoykost' konservatsionnykh sostavov na osnove otkhodov proizvodstva rastitel'nykh masel* [Comparative corrosion resistance conservation structures on the basis of waste vegetable oils]. *Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya* [Repair, restoration, modernization], 2012. no 7. pp. 46-48.
8. Golubev M.I. *Povyshenie effektivnosti zashchity lesokhozyaystvennykh mashin ot korrozii pri khraneni* [Improving the protection of forest machines from corrosion during storage]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika : sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy zaочноy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Recent research trends of the XXI century: Theory and Practice: Proceedings of the Materials International correspondence scientific-practical conference]. Voronezh, Voronezh State Academy of Forestry, 2014, pp. 38-41.
9. Sayre J.R. *Vacuum-Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) Model Development, Verification, and Process Analysis*. Dissertation of PhD in Material Engineering Science. Blacksburg, Virginia, April 11, 2000. 179 p.
10. Song X. *Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM): Model Development and Verification*. Dissertation of PhD in Engineering Mechanics. Blacksburg, Virginia, April 14, 2003. 161 p.
11. Glebov I.V., Kotenko V.D. *Universal'nyy laboratornyy stend dlya issledovaniya protsessov propitki svyazuyushchim razlichnykh tipov proshivnykh poloten* [Universal laboratory stand for research of processes of impregnation connecting different types of piercing blades]. *Nauka i obrazovanie XXI veka: sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 31 maya 2013 g.* [Science and Education of the XXI century: a collection of articles of the international scientific-practical conference. May 31, 2013]. Ufa, RITs BashGU, 2013, pp. 115-118.
12. GOST 13525.1-79. *Polufabrikaty voloknistye, bumaga i karton. Metody opredeleniya prochnosti na razryv i udlineniya pri rastyazhenii* [State Standard 13525.1-79. Semi-finished fiber, paper and cardboard. Methods for determination of tensile strength and tensile elongation]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 5 p.
13. Gur'ev A.V., Kazakov Ya.V., Komarov V.I., Khovanskiy V.V. *Praktikum po tekhnologii bumagi* [Workshop on Paper Technology]. Arkhangelsk, AGTU, 2001, 112 p.

ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫЕ ПЛИТЫ КАК КОНСТРУКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ КОРПУСНОЙ МЕБЕЛИ

Ю.Г. ЛАПШИН, проф., МГУЛ, д-р техн. наук⁽¹⁾,
 Д.В. ТУЛУЗАКОВ, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾,
 А.С. АРХИПОВ, инженер МГУЛ⁽¹⁾

caf-sopromat@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
 141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Древесно-стружечные плиты (ДСтП) – основной конструкционный материал, применяемый для изготовления корпусной мебели. Однако после 90-х годов количество исследований в России заметно сократилось. С тех пор значительно изменился ассортимент мебельных изделий, кроме того, в изделиях стали применять большое количество различного вида стяжек для разборных угловых соединений. Ужесточились требования к токсичности, что привело к снижению физико-механических показателей ДСтП. Поэтому настоящая работа продолжает изучение механики древесно-стружечных плит и рационального использования ДСтП в качестве конструкционного материала для изготовления корпусной мебели. Для анализа напряжений и внутренних усилий в мебельных конструкциях были проведены расчеты трех типовых изделий офисной мебели фирмы «Сторосс» методом конечных элементов в программе Solid Works (Cosmos Works). Из полученных результатов расчетов следует, что при уменьшении толщины плиты менее 20 мм для сохранения ее несущей способности требуется резкое увеличение прочности. Таким образом, наиболее употребляемый для корпусной мебели интервал толщин 14–20 мм рационально нормировать не одним интервалом, а разбить на два интервала 14–16 мм и 17–20 мм, а прочность более тонких плит увеличить на 20 %. Для горизонтальных элементов (полок) важным показателем является жесткость, определяемая величиной прогиба на единицу длины. Поэтому далее были определены оптимальные соотношения толщины плиты и ее плотности, расхода связующего при одновременном ограничении токсичности (содержание формальдегида) и выполнении условий прочности (предел прочности при изгибе) или жесткости (модуль упругости при изгибе). Для решения данной задачи многокритериальной оптимизации был использован метод Соболя-Статникова. За целевую функцию F_x принимается стоимость древесины и смолы на 1 м² плиты. В результате расчета на ЭВМ даны рекомендации (оптимальные соотношения параметров – плотности, толщины плиты и расхода связующего) для двух типов плит E1 и E2 и трех расчетных случаев: расчет корпуса из условия прочности; расчет мебельных полок длиной до 1 м на жесткость; расчет стеллажей до 2 м. Таким образом, подтверждается целесообразность увеличения номенклатуры плит с целью экономии сырья и материалов в зависимости от требуемых механических параметров прочности или жесткости. В работе представлены расчеты, которые позволяют оценить влияние размеров древесных частиц, жесткости связующего, а также способа осмоления на показатели прочности ДСтП. С использованием полученных результатов были проведены расчеты прочности угловых соединений для различных видов стяжек, а также экспериментальные исследования прочности соединения на данных стяжках. Сравнение расчетных и экспериментальных данных показывает, что прочность углового соединения зависит от прочности и плотности соединяемых плит. Качественная картина напряженного состояния, полученная расчетным путем, соответствует характеру разрушения углового соединения.

Ключевые слова: ДСтП, прочность, жесткость, древесные частицы, плотность, связующее, анизотропия, дизайн мебели, критерии прочности

Древесно-стружечные плиты (ДСтП) – основной конструкционный материал, применяемый для изготовления корпусной мебели.

В 60–80-е годы прошлого века наблюдалось быстрое развитие производства древесно-стружечных плит в мире и связанное с этим большое количество научно-исследовательских работ как у нас, так и за рубежом. Однако после 90-х годов количество исследований в России заметно сократилось. С тех пор изменился ассортимент мебельных изделий (появились, например шкафы-купе и др.), кроме того, в изделиях стали применять большое количество различного вида стяжек для разборных угловых соединений. Ужесточились требования к токсичности, что привело к снижению физико-механических показателей ДСтП.

В то же время значительно изменились технические возможности проведения исследований. Разработаны прикладные программы, позволяющие с высокой точностью проводить прочностные расчеты, предприятия-производители и исследовательские лаборатории оснастились современным оборудованием для проведения механических испытаний.

Все это позволяет сделать вывод о необходимости продолжения изучения механики древесно-стружечных плит и рационального использования их в качестве конструкционного материала.

Все это позволяет сделать вывод о необходимости продолжения изучения механики древесно-стружечных плит и рационального использования их в качестве конструкционного материала.

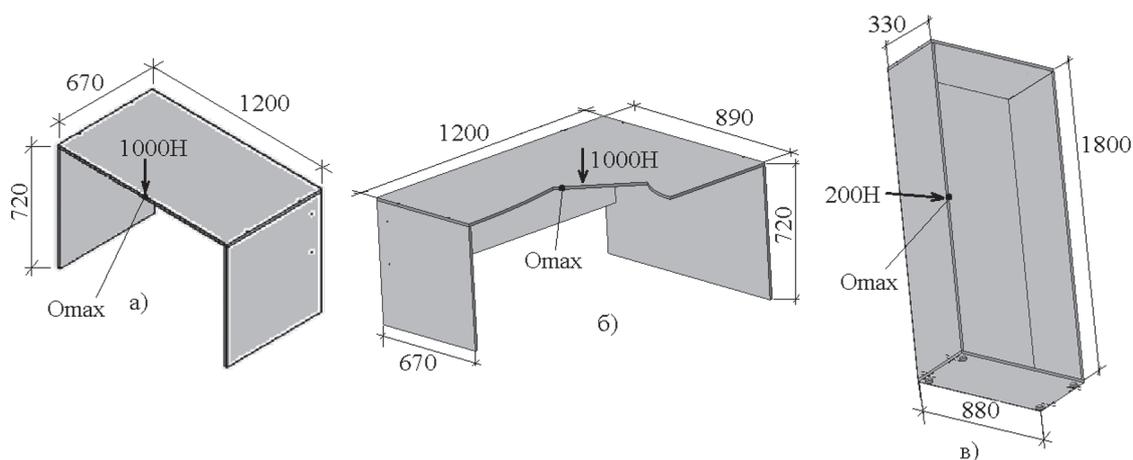


Рис. 1. Расчетные схемы исследуемых конструкций: а – письменный стол; б – компьютерный стол; в – бельевой шкаф

Fig. 1. Payment schemes of the studied structures: a – desk; b – computer desk; c – linen closet

струкционного материала для изготовления корпусной мебели.

В течение ряда лет на кафедре сопротивления материалов (технической механики) МГУЛ были проведены исследования:

- по совершенствованию контроля качества физико-механических свойств ДСтП и установлению их механических характеристик с учетом неоднородности структуры и анизотропии материала;

- по определению расчетными методами (МКЭ) внутренних усилий в типовых конструкциях мебели и внесению предложений по изменению нормирования диапазонов прочности и толщины древесно-стружечных плит;

- проведен структурно-механический анализ и установлена связь между микро- и макронапряжениями в ДСтП, возникающими при их деформировании;

- определены оптимальные расходные параметры сырьевых компонентов для ДСтП в различных элементах конструкций мебели;

- экспериментально и теоретически исследована прочность угловых соединений корпусной мебели из ДСтП с крепежными элементами (стяжками) различных конструкций.

Принимаемая в ГОСТе [1] процедура статистического контроля прочности ДСтП предполагает усреднение этих показателей прочности по плите, а затем по средним показателям получают приемочную постоянную.

Таким образом, искусственно снижается разброс данных для всего объема материала в партии. Это не дает возможности объективно оценить прочность деталей мебельных конструкций, размеры которых существенно меньше размеров плиты, а предложенная методика отбора образцов и статистической обработки результатов на основании ГОСТов [2–8] по статистическому контролю позволяет повысить их достоверность и сократить материальные расходы при проведении контроля качества ДСтП.

Для анализа напряжений и внутренних усилий в мебельных конструкциях были проведены расчеты трех типовых изделий офисной мебели фирмы «Сторосс» методом конечных элементов в программе Solid Works (Cosmos Works) [9, 10]. Для расчетов были выбраны письменный стол, компьютерный стол, двухстворчатый бельевой шкаф. На рис. 1 показаны расчетные схемы исследуемых конструкций.

Наибольшие напряжения возникают в столешнице компьютерного стола и равны 16 МПа. Поскольку при изгибе (на единицу ширины материала) предел прочности при изгибе равен $\sigma = |M| 6/h^2$, то зависимость предела прочности при изгибе и толщины плиты при одинаковой несущей способности имеет вид, представленный на рис. 2.

Из приведенных данных следует, что при уменьшении толщины плиты менее 20 мм для сохранения несущей способнос-

ти требуется резкое увеличение прочности. Таким образом, наиболее употребляемый для корпусной мебели интервал толщин 14–20 мм рационально нормировать не одним интервалом, а разбить на два интервала 14–16 мм и 17–20 мм, а прочность более тонких плит увеличить на 20 %.

Для горизонтальных элементов (полок) важным показателем является жесткость, определяемая величиной прогиба на единицу длины. Поэтому далее нами были определены оптимальные соотношения толщины плиты и ее плотности, расхода связующего при одновременном ограничении токсичности (содержание формальдегида), и выполнении условий прочности (предел прочности при изгибе) или жесткости (модуль упругости при изгибе).

Для решения данной задачи многокритериальной оптимизации был использован метод Соболя-Статникова [11, 12]. За целевую функцию F_x принимается стоимость древесины и смолы на 1 м² плиты

$$F_x = h \times p \times (0,2 + 0,01 \times p) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Токсичность при условии соблюдения всех технологических параметров зависит от количества связующего. Эта зависимость может быть представлена согласно С.П. Тришину [13] в виде

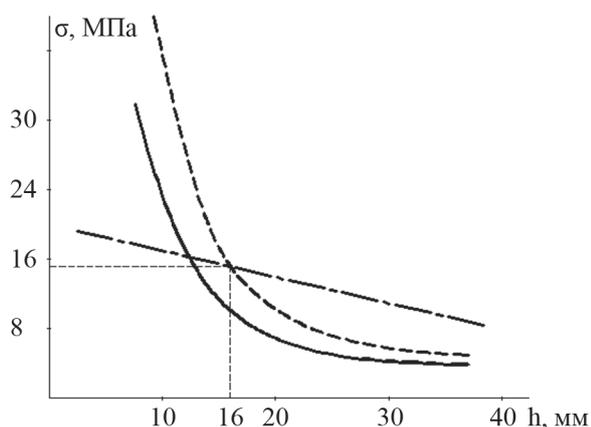


Рис. 2. График зависимости требуемой прочности древесно-стружечных плит от толщины при изгибе: — расчетные значения прочности; - - с учетом запаса прочности $k = 1,5$; - · - · требования ГОСТ

Fig. 2. A graph of the required strength of wood chipboard thickness at a bend: — calculated values of strength; - - taking into account the safety factor $k = 1,5$; - · - · the requirements of GOST

$$T = 1,5 \times p - 2. \quad (2)$$

Отсюда следуют ограничения на расход связующего для плит класса токсичности E1 ($p < 8$) и для плит класса E2 ($p < 28$).

Поэтому в качестве одного из варьируемых параметров был принят расход связующего p . В качестве остальных параметров решаемой задачи принимались толщина заготовки h и плотность ρ . Параметрические ограничения для плит класса E1 выглядели следующим образом

$$600 \leq \rho \leq 800 \text{ (кг/м}^3\text{)}, 5 \leq p \leq 7,5 \text{ (\%)}, \quad 1 \leq h \leq 3 \text{ (см)}. \quad (3)$$

Зависимость прочности (предел прочности при изгибе) и жесткости (модуль упругости при изгибе) плит в зависимости от расхода связующего аппроксимируем зависимостями [14]

$$\sigma = 0,2 \times \rho + 10 \times p - 80, \quad (4)$$

$$E = 20 \times \rho + 3000 \times p - 20000. \quad (5)$$

Используя известные формулы сопротивления материалов, можем получить критерий прочности для плит, предназначенных для изготовления корпусных изделий и для полок пролетом до 1 м

$$F_1 = h^2 - \frac{6 \times |M|}{0,2 \times \rho + 10 \times p - 80} \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$F_2 = h^2 - \frac{9 \times |M|}{0,2 \times \rho + 10 \times p - 80} \rightarrow \min. \quad (7)$$

Критериальные ограничения $F_1^* = 0$, $F_2^* = 0$.

Критерий по жесткости выглядит как $F_2 = (20 \times \rho + 3000 \times p - 20000) \times h^3 \leq 4 \times 10^4$. (8)

С учетом запаса прочности, увеличенного в 1,5 раза, уравнение выглядит следующим образом

$$F_2 = (20 \times \rho + 3000 \times p - 20000) \times h^3 \leq 6 \times 10^4. \quad (9)$$

В формулах 1–9 используются значения:

T – содержание формальдегида мг/100 г плиты;

p – содержание связующего в % к массе абсолютно сухой стружки;

ρ – плотность, кг/м³;

h – толщина плиты, см;

σ – предел прочности при изгибе, кг/см²;

E – модуль упругости при изгибе, кг/см²

Результаты расчетов плит с токсичностью E1 и E2
The calculation results with toxicity plates E1 and E2

Параметры	Плита E1			Плита E2		
	Корпус, из учета прочности на изгиб	Полки, из учета их жесткости (до 1 м)	Стеллажи, из учета их жесткости (до 2 м)	Корпус, из учета прочности на изгиб	Полки, из учета их жесткости (до 1 м)	Стеллажи, из учета их жесткости (до 2 м)
ρ , кг/м ³	680	740	700	660	700	635
p , %	7,4	7	7,8	10	9	9
h , см	1,5	2,2	2,3	1,2	1,8	2,1

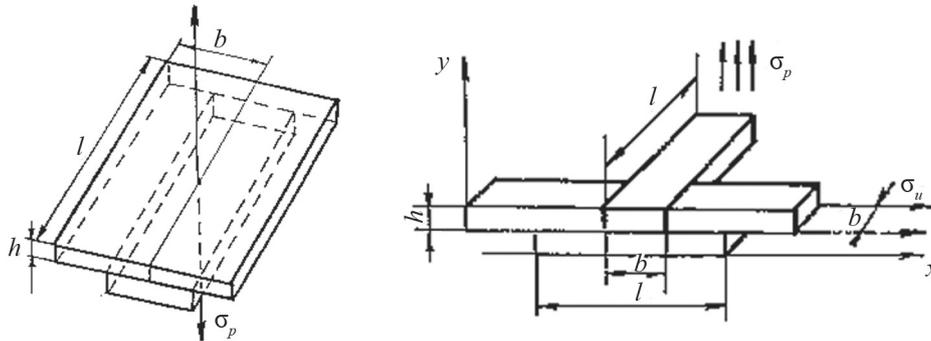


Рис. 3. Простейшие структурные модели
Fig. 3. Simple structural models

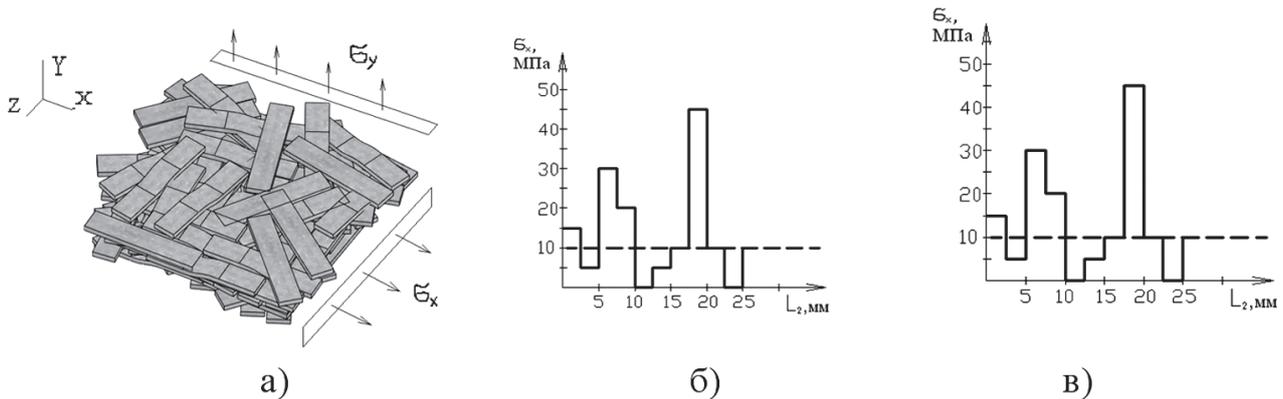


Рис. 4. а) структурная модель ДСтП; б) эпюра нормальных напряжений σ_y поперек пласти; в) эпюра нормальных напряжений σ_x параллельно пласти плиты
Fig. 4. a) The structural model of a particle board; b) a diagram of normal stresses σ_y across the layer; c) diagram of normal stresses σ_x parallel plates

В результате расчета на ЭВМ для двух типов плит E1 и E2 и трех расчетных случаев: расчет корпуса из условия прочности; расчет мебельных полок длиной до 1 м на жесткость; расчет стеллажей до 2 м – получены следующие результаты (табл. 1).

Таким образом, целесообразно увеличить номенклатуру плит с целью экономии сырья и материалов в зависимости от требуемых механических параметров прочности или жесткости.

Ранее [14, 15] для анализа прочности ДСтП использовали упрощенные структурные модели (рис. 3 а, б). Благодаря методу конечных элементов стало возможным проводить анализ трехмерной модели и в качестве результатов расчетов получать значения микронапряжений, распределенных по длине плиты (рис. 4).

Проведенные расчеты позволяют оценить влияние размеров древесных частиц, жесткости связующего, а также способа осмоления на показатели прочности ДСтП.

Показатели прочности для анизотропных плит ДСтП
Indicators of the strength for anisotropic chipboard

Наружный слой	Внутренний слой
$\sigma_{1н}^+ = \sigma_{и}$	$\sigma_{1в}^+ = 12,5\sigma_p$
$\sigma_{2н}^+ = \sigma_{отр} = 0,081\sigma_{и}$	$\sigma_{2в}^+ = \sigma_p$
$\sigma_{1н}^- = 20\sigma_{отр} = 15,6\sigma_{и}$	$\sigma_{1в}^- = 10\sigma_p$
$\sigma_{2н}^- = 23\sigma_{отр} = 19,6\sigma_{и}$	$\sigma_{2в}^- = 23\sigma_p$
$\tau_{н}^0 = 2,2\sigma_{отр} = 0,2\sigma_{и}$	$\tau_{в}^0 = 2,2\sigma_p$
$\tau_{н45}^+ = 10\sigma_{отр} = 0,81\sigma_{и}$	$\tau_{в45}^+ = 10\sigma_p$
$\tau_{н45}^- = \sigma_{отр} = 0,081\sigma_{и}$	$\tau_{в45}^- = \sigma_p$

Примечания: σ, τ – нормальные и касательные напряжения; «+», «-» – растяжение, сжатие; «в, н» – внутренний, наружный слой; «и, р, отр» – изгиб, растяжение, отрыв наружного слоя; «1, 2, 45» – направление к главным осям анизотропии

Результаты испытаний угловых соединений
Test results of corner joints

№ образца	№ опыта, разрушающее усилие (кг)					
	I	II	III	IV	V	VI
Показатель точности	2,79	4,41	4,57	3,99	4,86	4,03
I – соединение конфирматом ($\rho = 700 \text{ кг/м}^3, \sigma_{и} = 17,8 \text{ МПа}$); II – соединение конфирматом ($\rho = 760 \text{ кг/м}^3, \sigma_{и} = 19,2 \text{ МПа}$); III – соединение стяжкой с упругим элементом ($\rho = 700 \text{ кг/м}^3$); IV – соединение стяжкой с упругим элементом и шкантом ($\rho = 700 \text{ кг/м}^3$); V – соединение эксцентриковой стяжкой ($\rho = 700 \text{ кг/м}^3$); VI – соединение двумя шкантами без стяжки ($\rho = 700 \text{ кг/м}^3$)						

Поскольку плита является ортотропным и неоднородным по толщине материалом, стандартные испытания не дают достаточной информации для проведения расчетов прочности угловых соединений корпусной мебели на стяжках. Для этого необходимо знать значения прочности в главных направлениях анизотропии, а также показатели прочности при сдвиге под углом 45° к главным осям в наружном и среднем слоях плиты. Для определения прочности при чистом сдвиге была использована методика В.В. Тулузакова [16], было изготовлено приспособление для испытаний на чистый сдвиг (рис. 5) и выполнены экспериментальные исследования искомым величин прочности плит.

Были проведены стандартные и нестандартные испытания для определения показателей прочности для наружного и внутреннего слоев ДСтП.

Используя полученные результаты, провели расчеты прочности угловых соеди-

нений для различных видов стяжек, а также экспериментальные исследования прочности соединения на данных стяжках.

Расчет на прочность проводился с использованием критерия Гольденблатта-Капнова [17]

$$\begin{aligned}
 & \Pi_{11}\sigma_y + \Pi_{22}\sigma_z + \\
 & + \sqrt{\Pi_{1111}\sigma_y^2 + \Pi_{2222}\sigma_z^2 + \Pi_{1122}\sigma_y\sigma_z + 4\Pi_{1212}\tau_{xy}^2} \leq 1, \quad (10)
 \end{aligned}$$

где постоянные Π_{ij} , Π_{ijmn} зависят от прочностных характеристик материала и являются ковариантными по отношению к изменению системы координат. Коэффициенты вычисляются по формулам

$$\Pi_{11} = \frac{1}{\sigma_{\epsilon 1}^+} - \frac{1}{\sigma_{\epsilon 1}^-}; \quad \Pi_{22} = \frac{1}{\sigma_{\epsilon 2}^+} - \frac{1}{\sigma_{\epsilon 2}^-};$$

$$\Pi_{1111} = \left(\frac{1}{\sigma_{\epsilon 1}^+} + \frac{1}{\sigma_{\epsilon 1}^-} \right)^2; \quad \Pi_{2222} = \left(\frac{1}{\sigma_{\epsilon 2}^+} + \frac{1}{\sigma_{\epsilon 2}^-} \right)^2;$$

$$\Pi_{1122} = \Pi_{1111} + \Pi_{2222} - \left(\frac{1}{\tau_{\epsilon 45}^+} + \frac{1}{\tau_{\epsilon 45}^-} \right)^2; \quad \Pi_{1212} = \frac{1}{4\tau_{\epsilon 40}^2}.$$

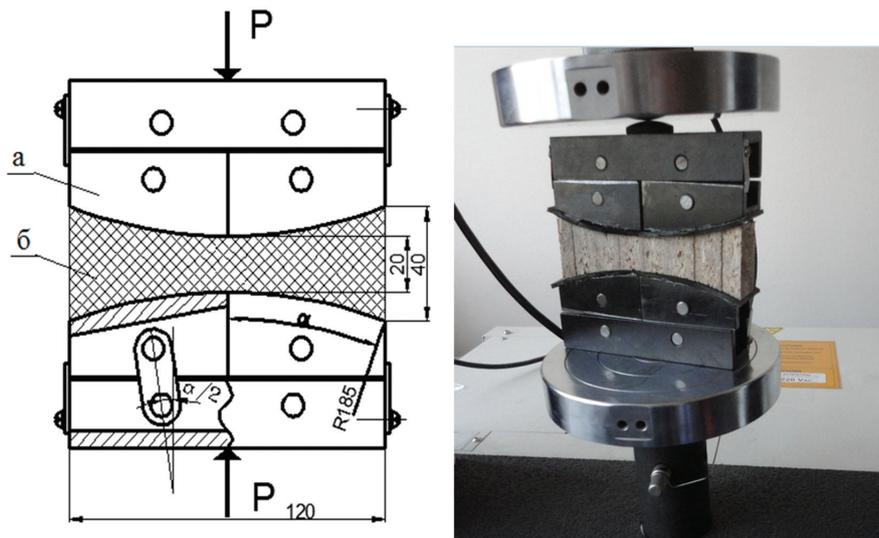


Рис. 5. а) схема приспособления испытаний на сдвиг; б) фото образца испытаний на чистый сдвиг
 Fig. 5. a) The circuit device for a shear test; b) testing the sample photo at pure shear

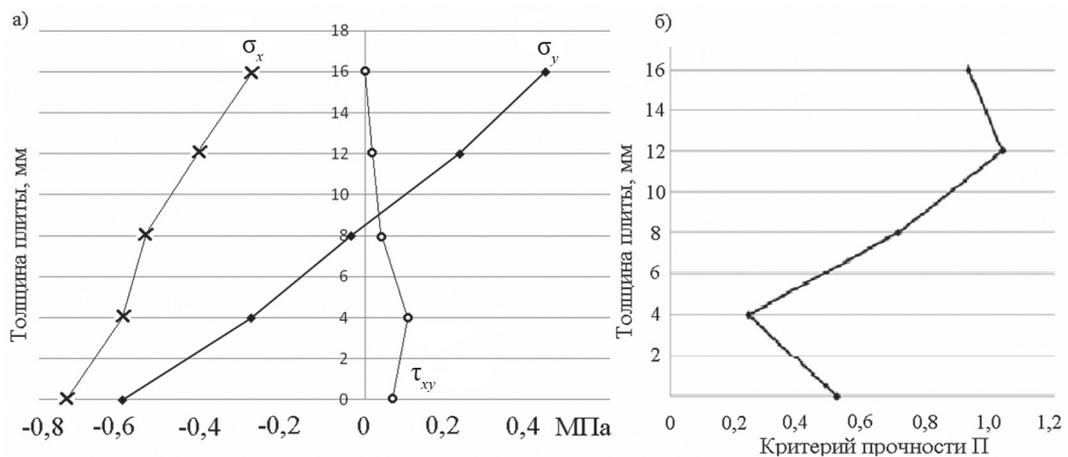


Рис. 6. Эпюра распределение напряжений по толщине в месте разрушения углового соединения конфирматом (а), график распределения значений критерия прочности по толщине плиты (б)
 Fig. 6. The diagram of stress distribution across the thickness at the site of fracture angular Confirmates compound (a), a graph of strength criterion of value distribution of plate thickness (b)



Рис. 7. Образец, закрепленный в испытательной машине, и характер разрушения углового соединения
 Fig. 7. The sample was mounted in the testing machine, and the nature of the destruction of the angular connection

На рис. 6 показаны эпюры напряжений в плоскости разрушения углового соединения конфирматом.

Моменты проведения экспериментальных испытаний угловых соединений отображены на рис. 7. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Сравнение расчетных и экспериментальных данных показывает, что прочность углового соединения зависит от прочности и плотности соединяемых плит. Качественная картина напряженного состояния, полученная расчетным путем, соответствует характеру разрушения углового соединения. Шкант диаметром 8 мм увеличивает несущую способность углового соединения на величину момента, равную 15 кГ·см. Несущая способность угловых соединений на конфирматах существенно выше несущей способности соединений на конической и эксцентриковой стяжках.

Библиографический список

1. ГОСТ 10632-14 Плиты древесно-стружечные.
2. ГОСТ 10633 Плиты древесно-стружечные. Общие правила подготовки и проведения физико-механических испытаний.
3. ГОСТ 10635 Плиты древесно-стружечные. Методы определения предела прочности и модуля упругости при изгибе.
4. ГОСТ 18321 Статический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции.
5. ГОСТ Р 50779.30 Статические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования.
6. ГОСТ Р 50779.50 Статические методы. Приемочный контроль качества по количественному признаку. Общие требования.
7. ГОСТ Р 50779.53 Статические методы. Приемочный контроль качества по количественному признаку для нормального распределения. Часть 1. Стандартное отклонение известно.
8. ГОСТ Р 50779.21 Статические методы. Правила определения и методы расчета статических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.
9. Агапов, В.П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости пространственных тонкостенных подкрепленных конструкций / В.П. Агапов. – М.: АСВ, 2000. – 152 с.
10. Присекин, В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел / В.Л. Присекин, Г.И. Расторгуев. – НГТУ, 2010. – 238 с.
11. Соболев, И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И.М. Соболев, Р.Е. Статников. – М.: Наука, 1981. – 110 с.
12. Шимкович, Д.Г. Основы оптимального проектирования элементов конструкций лесных машин: учебное пособие / Д.Г. Шимкович. – М.: МГУЛ, 1990. – 68 с.
13. Тришин, С.П. Технология древесных плит / С.П. Тришин. – М.: МГУЛ, 2007. – 187с.
14. Поташов, О.Е. Механика древесных плит / О.Е. Поташов, Ю.Г. Лапшин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 112 с.
15. Гамов, В.В. Экспериментально-теоретическое исследование структурно-механического упрочнения древесно-стружечных плит: автореферат дис. ... канд. техн. наук / В.В. Гамов. – М., 1968. – 26 с.
16. Тулузаков, В.В. Исследование чистого сдвига древесин: дисс. ... канд. техн. наук / В.В. Тулузаков. – М., 1969.
17. Гольденблат, И.И. Критерии прочности анизотропных стеклопластиков / И.И. Гольденблат, В.А. Копнов // Строительная механика и расчет сооружений. – 1965. – № 5.

WOOD AND SHAVING BOARDS AS THE CONSTRUCTION MATERIAL FOR OFFICE FURNITURE

Lapshin Yu.G., Prof., MSFU, Dr. Sci. (Tech.)⁽¹⁾; **Tuluzakov D.V.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾; **Arkhipov A.S.** pg. MSFU⁽¹⁾

caf-sopromat@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya street, 1, 141005, Mytischki, Moscow region, Russia

Wood and shaving boards (WSB) is the main engineering material used for the construction of office furniture. However, after 90th the number of WSB researches was seriously decreased. Nowadays the furniture assortment has changed. Further, various clamps are now used in furniture for corner dismountable joints. Modern requirements for toxicological characteristics became more strict and that caused the WSB physical and mechanical indicators decrease. This article continues the study of WSB mechanics and rational use as the material for cabinetry engineering. Three typical office furniture products of Stoross company were used for internal forces and stresses calculations using a finite elements method worked out in Solid Works (Cosmos Works) software. If WSB thickness is less than 20 sm strength sharp increase is needed for its bearing capacity maintenance. Therefore, 14-20 sm thickness interval normally used for cabinetry design should be used not at once but to be split in to two of 14-16 and 17-20 sm together with increase of WSB strength up to 20 %. One of the main characteristics for horizontal elements (shelves) is stiffness determined as deflection to length ratio. Optimal balance of WPB thickness and density together with binder (formaldehyde) flow rate and toxicity restriction, strength (bending strength) and stiffness (flex modulus) conditions fulfillment were determined. Sobol-Statnikov approach was used for multicriteria optimization task solution. The cost of timber and resin to 1 sq.m ratio was taken as objective function. Due to computing results some recommendations (such as optimal density, WSB thickness and binder (formaldehyde) flow rate) for board types E1 and E2

were given for three controlling cases: body calculation by strength condition; furniture 1 m shelves calculation by rigidity condition; 2 m rack calculation. This proves the WSB nomenclature should be widened for raw and consumable materials saving depending on strength and stiffness parameters. Calculation results which show the influence of timber particles size, binder stiffness and gumming technology to WSB strength are presented in the article. Using these results, we had tested the corner joints strength for different types of clamps together with clamp joint efficiency examination. Comparison shows that corner joints strength depends on strength and density of WSB connected. Estimated stress condition matches the corner joints destruction character.

Keywords: chipboard, strength, stiffness, wood particles, the density, the binder, anisotropy, furniture design, strength criteria

References

1. GOST 10632-14 *Plity drevesno-struzhechnye* [Flake].
2. GOST 10633 *Plity drevesno-struzhechnye. Obshchie pravila podgotovki i provedeniya fiziko-mekhanicheskikh ispytaniy* [Flake. General rules for the preparation and conduct of physical and mechanical tests].
3. GOST 10635 *Plity drevesno-struzhechnye. Metody opredeleniya predela prochnosti i modulya uprugosti pri izgibe* [Flake. Methods for determination of tensile strength and flexural modulus].
4. GOST 18321 *Staticheskyy kontrol' kachestva. Metody sluchaynogo otbora vyborok shtuchnoy produktsii* [Static quality control. Randomly selected samples of boxed products].
5. GOST R 50779.30 *Staticheskie metody. Priemochnyy kontrol' kachestva. Obshchie trebovaniya* [Static methods. Acceptance quality control. General Requirements].
6. GOST R 50779.50 *Staticheskie metody. Priemochnyy kontrol' kachestva po kolichestvennomu priznaku. Obshchie trebovaniya* [Static methods. Acceptance inspection of quality by quantity. General Requirements].
7. GOST R 50779.53 *Staticheskie metody. Priemochnyy kontrol' kachestva po kolichestvennomu priznaku dlya normal'nogo raspredeleniya. Standartnoe otklonenie izvestno* [Static methods. Acceptance inspection of quality by quantity to the normal distribution. Part 1. The standard deviation is known].
8. GOST R 50779.21 *Staticheskie metody. Pravila opredeleniya i metody rascheta staticheskikh kharakteristik po vyborochnym dannym. Normal'noe raspredelenie* [Static methods. Terms of definitions and methods of calculation of static characteristics for the sample data. Part 1. Normal distribution].
9. Agapov V.P. *Metod konechnykh elementov v statike, dinamike i ustoychivosti prostranstvennykh tonkostennykh podkreplennykh konstruksiy* [The Finite Element Method in statics, dynamics and spatial stability of thin-walled reinforced constructions]. Moscow: ASV, 2000. 152 p.
10. Prisekin V.L., Rastorguev G.I. *Osnovy metoda konechnykh elementov v mekhanike deformiruemykh tel* [Fundamentals of the finite element method in mechanics of deformable bodies]. NGTU, 2010. 238 p.
11. Sobol', I.M., Statnikov R.E. *Vybor optimal'nykh parametrov v zadachakh so mnogimi kriteriyami* [The choice of optimal parameters in problems with many criteria]. Moscow: Nauka, 1981. 110 p.
12. Shimkovich D.G. *Osnovy optimal'nogo proektirovaniya elementov konstruksiy lesnykh mashin: uchebnoe posobie* [Fundamentals of optimal design of structural elements of forest machines]. Moscow: MGUL, 1990. 68 p.
13. Trishin S.P. *Tekhnologiya drevesnykh plit* [Technology wood stoves]. Moscow: MGUL, 2007. 187 p.
14. Potashov O.E., Lapshin Yu.G. *Mekhanika drevesnykh plit* [Mechanics of wood-based panels]. Moscow: Lesnaya prom-st', 1982. 112 p.
15. Gamov V.V. *Eksperimental'no-teoreticheskoe issledovanie strukturno-mekhanicheskogo uprochneniya drevesno-struzhechnykh plit: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Experimental and theoretical investigation of the structural and mechanical strength chipboard]. Moscow, 1968. 26 p.
16. Tuluzakov V.V. *Issledovanie chistogo sdviga drevesin: diss. ... kand. tekhn. nauk* [Investigation of pure shear Woods']. Moscow, 1969.
17. Gol'denblat I.I., Kopnov V.A. *Kriterii prochnosti anizotropnykh stekloplastikov* [Strength criteria anisotropic GRP]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy*. 1965. № 5.

БИОФЛАВОНОИДЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ АНТИОКСИДАНТЫ В ПРОЦЕССАХ МИКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Г.Н. КОНОНОВ, проф., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾,
А.Н. ВЕРЕВКИН, доц., МГУЛ, канд. хим. наук⁽¹⁾,
Н.Л. ГОРЯЧЕВ, асп., МГУЛ⁽¹⁾,
С.С. НИКИТИН, асп., МГУЛ⁽¹⁾

kononov@mgul.ac.ru, goryachev_nl@mail.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Древесина малоценных древесных пород иногда приобретает оригинальные окраски или специфические рисунки вследствие воздействия на нее окислительных ферментов, продуцируемых деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами, или природными окислителями, такими как кислород и озон. Так, например деревоокрашивающий гриб *Chlorosplenium aeruginosum* придает древесине березы интенсивно сине-зеленый цвет, грибы рода *Phellinus*, вызывающие белую гниль древесины многих пород, на ранних стадиях образуют черно-белый «мраморный» рисунок, а древесина сосны в результате воздействия внешних окислителей приобретает оранжево-красную ранневую окраску. При этом древесина практически не изменяет своих физико-механических свойств и может быть использована в качестве доступного, недорогого и очень декоративного материала для изготовления художественно-бытовых изделий, элементов мебели и предметов украшения интерьера в технике интарсии, резьбы, пьезотермического уплотнения и т. д. Однако процессы окисления компонентов древесины в дальнейшем могут привести к ухудшению ее эстетического вида и, что самое главное, к снижению ее физико-механических показателей. В данной работе предлагается стабилизировать эти показатели действием природных антиоксидантов, блокирующих окислительные процессы, катализируемые микроферментами. Дереворазрушающие грибы являются продуцентами ферментов, входящих в лигнинолитический комплекс, т. е. ферментов, участвующих в биодegradации лигнина, содержащегося в различных субстратах. В данный лигнинолитический комплекс ферментов наряду с фенолоксидазами, лигнинпероксидазами входит и пероксидаза. Пероксидаза грибов имеет ряд специфических свойств, резко отличающихся ее от пероксидаз, содержащихся в растениях. Предполагается, что у дереворазрушающих грибов функция пероксидазы заключается в разрушении лигнина путем его окисления и необходимый для этого процесса пероксид водорода образуется при окислении сахаров соответствующими оксидазами.

Ключевые слова: микологически разрушенная древесина, антиоксиданты

Древесина малоценных древесных пород иногда приобретает оригинальные окраски или специфические рисунки вследствие воздействия на нее окислительных ферментов, продуцируемых деревоокрашивающими и дереворазрушающими грибами, или природными окислителями, такими как кислород и озон [1].

Так, например деревоокрашивающий гриб *Chlorosplenium aeruginosum* придает древесине березы интенсивный сине-зеленый цвет, грибы рода *Phellinus*, вызывающие белую гниль древесины многих пород, на ранних стадиях образуют черно-белый «мраморный» рисунок, а древесина сосны в результате воздействия внешних окислителей приобретает оранжево-красную ранневую окраску. При этом древесина практически не изменяет физико-механических свойств и может быть использована в качестве доступного и недорогого и очень декоративного материала для изготовления художественно-бытовых изделий, элементов мебели и предметов украшения интерьера в технике интарсии, резьбы, пьезотермического уплотнения и т. д. [2]

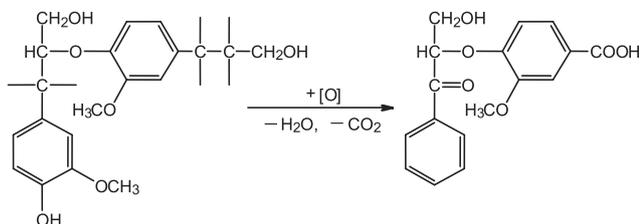
Однако процессы окисления компонентов древесины в дальнейшем могут привести к ухудшению эстетического вида и, что самое главное, к снижению ее физико-механических показателей [2, 3].

В данной работе предлагается стабилизировать эти показатели действием природных антиоксидантов, блокирующих окислительные процессы, катализируемые микроферментами.

Дереворазрушающие грибы являются продуцентами ферментов, входящих в лигнинолитический комплекс, т. е. ферментов, участвующих в биодegradации лигнина, содержащегося в различных субстратах. В данный лигнинолитический комплекс ферментов наряду с фенолоксидазами, лигнинпероксидазами входит и пероксидаза. Пероксидаза грибов имеет ряд специфических свойств, резко отличающихся ее от пероксидаз, содержащихся в растениях. Предполагается, что у дереворазрушающих грибов функция пероксидазы заключается в разрушении лигнина путем его окисления и необходимый для это-

го процесса пероксид водорода образуется при окислении сахаров соответствующими оксидазами [4, 5].

Известно, что при действии пероксидаз на лигнин происходит его окислительная фрагментация с образованием полифенольных продуктов.



Параллельно с этим идут процессы конденсации лигнина. Конденсированный лигнин, содержащий углерод–углерод дифенильные структуры, проявляет высокую устойчивость к действию ферментов, что приводит к образованию цепочек темных гранул, и это является причиной появления «мраморного» рисунка на древесине [6].

На начальном этапе была проведена работа по изучению влияния продуктов биодеградации лигнина на активность и стабильность пероксидазы, выделяемой грибами рода *Phellinus* на древесине березы.

Грибы *P. Igniarius* культивировали на измельченной древесине березы при 24°C в течение 14 суток в жидкой среде. Древесина прорастала мицелием за 10–12 суток. Затем мицелий обрабатывали 0,1М трис-НСl буфером с рН 6,0, инкубировали в течение часа при комнатной температуре для экстракции фермента. После этого пероксидазу выделяли по стандартной методике, описанной в работе [7, 8].

Было установлено, что наряду с выделением раствора пероксидазы из мицелия гриба *P. Igniarius* в раствор также переходили полифенольные пигменты из древесины. Скорость роста и накопления биомассы гриба *P. Igniarius* коррелировались с содержанием полифенольных пигментов и пероксидазы в культуральной жидкости. По-видимому, прорастание древесины мицелием дереворазрушающих грибов способствовало частичной биодеградации нерастворимого лигноуглеводного комплекса субстрата, что приводило к образованию растворимых полифенолов.

Разрушение лигноуглеводного комплекса древесины, а следовательно, и присутствие полифенольных компонентов в культуральной жидкости объясняется физиологической функцией пероксидазы. Выполнение ее предусматривает сорбцию на лигниновом субстрате и ингибирование продуктами деструкции матрицы лигнина для осуществления регуляции по типу обратной связи [9, 10]. Этот факт и наблюдается в действительности.

Присутствующие в культуральной жидкости полифенольные пигменты ингибировали активность пероксидазы. Удаление растворимых полифенолов из экстракта (хроматография и рехроматография на ДЭАЭ-целлюлозе) приводила к увеличению удельной активности фермента, что было связано с удалением ингибитора пероксидазы (таблица).

Дальнейшие исследования, проведенные методами УФ-спектроскопии в диапазоне 220–350 нм показали, что обратимость ингибирующего действия лигнинных полифенолов, адсорбированных лигнином, связана с разрушением их ароматических колец при дальнейшей окислительной деструкции под действием пероксидазы.

Исходя из результатов проведенных исследований было предложено использование в качестве антиоксидантов биофлавоноидов кверцетина и дигидрокверцетина, являющихся экстрактивными веществами древесины лиственницы сибирской, уже нашедшими широкое применение в фармацевтической и пищевой промышленности.

Т а б л и ц а

**Выделение пероксидазы из гриба *P. Igniarius*
Extraction of peroxidase from *P. Igniarius* fungi**

Стадия очистки	Общая активность, мкмоль/мин (субстрат АВТС)	Удельная активность, мкмоль/мин на мг белка фермента
Экстракция проросшей мицелием древесины березы	7500	1
ДЭАЭ-хроматография	9000	4
Диализ	4500	3
Рехроматография на ДЭАЭ-целлюлозе	2250	12

Предварительные эксперименты показали, что введение этих антиоксидантов в водный субстрат измельченной березовой древесины, зараженной культурой гриба *P. Igniarius* в концентрациях, не превышающих 0,02 %, приводит к резкому замедлению образования мицелия или полному прекращению его роста.

Библиографический список

1. Рабинович, М.Л. Теоретические основы биотехнологии древесных композитов. Кн. I. Древесина и разрушающие ее грибы / М.Л. Рабинович, А.В. Болобова, В.И. Кондращенко. – М.: Наука, 2001. – 264 с.
2. Рипачек, В. Биология дереворазрушающих грибов / В. Рипачек. – М.: Лесная пром-сть. – 1967. – 276 с.
3. Уголев, Б.Н. Древесиноведение и товароведение / Б.Н. Уголев. – М.: МЛТИ. – 1986. – 366 с.
4. Исследование энзиматически разрушенной древесины / М.Я. Екабсоне, З.Н. Крейцберг, В.Н. Сергеева и др. // Химия древесины. – 1978. – № 2. – С. 61–64.
5. Ферментные системы высших базидомицетов / Н.И. Даниляк и др. – Киев: Наук. Думка, 1989. – 278 с.
6. Изменение химического состава древесины под действием лигнинразрушающих грибов / В.А. Соловьев, О.Н. Малышева, И.Л. Малева и др. // Химия древесины. – 1985. – № 6. – С. 94–100.
7. Поиск грибов – продуцентов пероксидазы / И.А. Решетникова, И.Г. Газарян, А.Н. Веревкин и др. // Микология и фитопатология. – 1992. – № 5. – С. 383–387.
8. Peroxidaza гриба *Phellinus igniarius* 71-31 / И.Г. Газарян, И.А. Решетникова, А.Н. Веревкин и др. // Доклад РАН. – 1993. – т. 329. – № 5. – С. 663–665.
9. Решетникова, И.А. Воздействие ферментного препарата пероксидазы гриба *Phellinus igniarius* на лигноуглеводный комплекс березовой древесины / И.А. Решетникова, В.В. Елкин, И.Г. Газарян // Приклад. Биохим. Микробиол. – 1995. – Т.31. – № 2. – С. 204–206.
10. Kolattukudy, P.E. The biochemistry of plants // New York: Acad. Press – 1987. – Vol. 9, P. 291–314.

BIOFLAVONOID AS AN EFFECTIVE ANTIOXIDANT IN THE PROCESSES OF MYCOLOGIC WOOD DESTRUCTION

Kononov G.N., Prof. MGUL, Ph.D. (Tech.), ⁽¹⁾; Vervovkin A.N., Ph.D., Assoc. Prof. MGUL⁽¹⁾; Goryachev N.L., pg. MGUL⁽¹⁾; Nikitin S.S., pg. MGUL⁽¹⁾;

kononov@mgul.ac.ru, goryachev_nl@mail.ru

⁽¹⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya street, 1, 141005, Mytischki, Moscow region, Russia

The timber of low-value trees sometimes acquires original color or specific patterns as a result of oxidative ferment effect. These ferments are produced by wood-coloring and wood-destructing fungi or by natural oxidants such as oxygen and ozone. Thus, for example, a wood-coloring mushroom *Chlorosplenium aeruginosum* gives to birch wood intensely blue-green color, the *Phellinus* fungi, which causes the white rot of wood, forms a black-and-white «marble» pattern at the early stages, and pine wood as a result of external oxidant influence acquires orange-red color. At the same time, the wood does not really change its physical and mechanical characteristics and still can be used as an accessible and inexpensive decorative material for the production of artistic and household goods, pieces of furniture and interior decorations in the intarsia technique, carving, piezo-thermal consolidation, etc. However, in future, the oxidation of wood components can lead to the deterioration of its aesthetic appearance, and, which is even more important, it can degrade its physical and mechanical characteristics. In this paper we propose to stabilize these parameters by means of action of natural antioxidants which block oxidative processes catalyzed by myco-ferments. Wood-destroying fungi are ferment producers, which belong to the ligninolytic complex, e.g. ferments involved in lignin biodegradation. This ligninolytic ferment complex along with phenol oxidase also includes peroxidase. Fungi peroxidase has certain specific characteristics that greatly differ from the type of peroxidase, found in plants. It is assumed that the function of peroxidase in wood-destroying fungi consists in the destruction of lignin by its oxidation, and hydrogen peroxide, necessary for this process, is formed during the oxidation of sugar by corresponding oxidases.

Keywords: mycological destruction of wood, antioxidants

References

1. Rabinovich M.L., Bolobova A.V., Kondrashchenko V.I. *Teoreticheskie osnovy biotekhnologii drevesnykh kompozitov. Kn. I. Drevesina i razrushayushchie ee griby* [Theoretical foundations of biotechnology wood composites. The book I. Wood and destroy her mushrooms]. Moscow: Nauka, 2001, 264 p.
2. Ripachek V. *Biologiya derevorazrushayushchikh gribov* [Biologu of wood-destroying fungi]. Moscow: *Lesnaya promyshlennost'* [Forest industry], 1967, 276 p. (in Russian)
3. Ugolev B.N. *Drevesinovedenie i tovarovedenie* [Wood science and merchandising]. Moscow.: *MLTI* [MFTU], 1986, 366 p. (in Russian)
4. Ekabson M.Ya., Kreysberg Z.N., Sergeeva V.N. *Issledovanie enzimaticheski razrushennoy drevesiny* [Trials enzymatically shattered wood]. *Khimiya drevesiny* [Wood Chemistry], 1978, № 2, pp. 61–64. (in Russian)
5. Danilyak N.I. *Fermentnye sistemy vysshikh bazidomitsetov* [Enzyme systems of higher bazidomitsetov]. Kiev: Nauk. Dumka, 1989, 278 p. (in Russian)
6. Solov'ev V.A., Malysheva O.N., Maleva I.L. *Izmenenie khimicheskogo sostava drevesiny pod deystviem ligninrazrushayushchikh gribov* [Change of chemical composition of wood under the action of lignin-destroying fungi]. *Khimiya drevesiny* [Wood Chemistry], 1985, № 6, pp. 94–100.
7. Reshetnikova I.A., Gazaryan I.G., Verevkin A.N. *Poisk gribov – produktentov peroksidazy* [Search for fungi – producers of the peroxidase]. *Mikologiya i fitopatologiya* [Mycology and Phytopathology], 1992, № 5, pp. 383–387. (in Russian)
8. Gazaryan I.G., Reshetnikova I.A., Verevkin A.N. *Peroxidaza griba Phellinus igniarius 71-31* [Peroxidase of the fungus *Phellinus igniarius* 71-31]. *Doklad RAN* [report of the Russian Academy of Sciences], 1993, B. 329, № 5, pp. 663–665. (in Russian)
9. Reshetnikova I.A., Elkin V.V., Gazaryan I.G. *Vozdeystvie fermentnogo preparata peroksidazy griba Phellinus igniarius na lignouglevodnyy kompleks berezovoy drevesiny* [Impact of peroxidase enzyme preparation mushroom *Phellinus igniarius* on lignouglevodnyh complex birch wood]. *Priklad. Biokhim. Mikrobiol.* [Applied Biochemistry and Microbiology], 1995, B. 31, № 2, pp. 204–206. (in Russian)
10. Kolattukudy, P.E. The biochemistry of plants // New York: Acad. Press – 1987. – Vol. 9, P. 291–314.

ТЕРМОУПРУГОСТЬ ОПОР СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ ПРЕССОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

В.П. БЕЛОКУРОВ, *проф.*, ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, *д-р техн. наук*⁽¹⁾

opbd_yglta@mail.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»
394087, Воронежская обл., г. Воронеж ул. Тимирязева, д. 8, ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова

Проблема создания долговечных и надежных узлов трения из модифицированной древесины (ДМ) до настоящего времени решалась экспериментальным подбором и созданием различных конструктивных вариантов опор трения скольжения. Целенаправленное же решение этой проблемы невозможно без создания и использования надежных, удобных и проверенных методов расчета подшипников скольжения из ДМ. При решении этой задачи существенное значение имеет вопрос об определении напряженного состояния подшипников скольжения из ДМ от воздействия динамических нагрузок и температур, которые и определяют работоспособность опор скольжения. Напряженность, характеризующая работоспособность подшипников скольжения из ДМ, определяется величиной и характером распределения как контактных, так и температурных напряжений. Недооценка температурных и механических напряжений может привести как к интенсивному износу, так и к разрушению подшипников скольжения. Долговечность и износостойкость опор скольжения лесных машин при различных эксплуатационных режимах заслуживает глубокого теоретического исследования и требует особого подхода и решения. Поэтому основными задачами исследования в данной статье явились вопросы теоретического и экспериментального определения факторов, влияющих на работоспособность узлов трения лесных машин. Особое внимание уделяется разработке предложений и методов на их основе по снижению напряжений в результате температурных и динамических нагрузок в опорах скольжения лесных машин. Расчеты, предложенные в данной статье, должны быть учтены при принятии конструктивных и технологических решений и мероприятий по увеличению долговечности рассматриваемых узлов трения лесных машин, которые в результате эксплуатации подвержены интенсивной нагрузочно-скоростной и тепловой динамике трения.

Ключевые слова: модифицированная древесина, напряжение, температура, динамические нагрузки

Опоры скольжения лесных машин имеют сравнительно низкую работоспособность из-за работы, как правило, в абразивных (запыленных) и агрессивных средах, а также в условиях недостаточной смазки. Замена же опор скольжения (подшипников скольжения) из цветных металлов, в некоторых узлах лесных машин, на прессованной древесине при одновременной ее пропитке антифрикционными материалами позволяет повысить долговечность узлов трения лесных машин в 2–3 раза. В ГОСТе данный конструкционный материал из прессованной древесины получил название модифицированной древесины (ДМ). При этом следует отметить, что при использовании ДМ изнашивание вала уменьшается примерно в 10 раз, а расход цветных металлов заменяется более дешевым возобновляемым природным материалом – древесиной [1, 3, 5].

Расчет анизотропной опоры скольжения (подшипника скольжения) из ДМ рассмотрим в цилиндрической системе координат r, φ, z с учетом анизотропии дре-

весины (рисунок). При этом ось Z совместима с осью подшипника и анизотропии. Поперечное сечение, ограниченное двумя радиусами r_1 и r_2 , будет обладать цилиндрической анизотропией с трансверсальной изотропией относительно радиального направления (рисунок). Подшипник скольжения из ДМ, запрессованный в корпус, находится под действием внутреннего p и

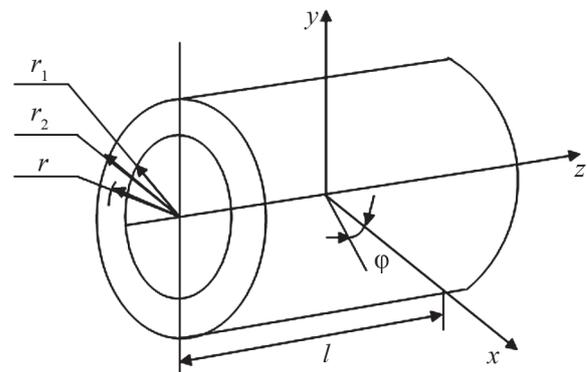


Рисунок. Общий вид подшипника скольжения из модифицированной древесины

Fig. General view of the bearing from modified wood

внешнего q давлений, а также радиального теплового потока, определяемого температурой в зоне трения, которая зависит от времени τ и относительного радиуса $\rho = r/r_1$, то есть $T = t(\rho, \tau)$. Вал, при опоре на подшипники скольжения, вращается с угловой скоростью ω .

При рассмотрении данной задачи принимаем, что внутреннее давление p , внешнее давление q и температура T не изменяются по длине подшипника [6, 7]. В этом случае компоненты касательных напряжений и тангенциального смещения обращаются в ноль, то есть $\tau_{r\varphi} = \tau_{rz} = \tau_{\varphi z} = 0$, а компоненты радиального напряжения σ_r , тангентального напряжения σ_φ и компонент радиального перемещения U_r не зависят от φ, z и являются функцией от r, τ .

Уравнения обобщенного закона Гука для подшипников скольжения из ДМ с цилиндрической анизотропией и трансверсальной изотропией относительно радиального направления примут вид [2, 4]

$$\sigma_r = E_r \frac{dU}{dr} - E_r \alpha_r T, \quad (1)$$

$$\sigma_\varphi = E_\varphi \frac{U}{r} - E_\varphi \alpha_\varphi T, \quad (2)$$

где E_r, E_φ – модули упругости ДМ в радиальном и тангенциальном направлениях, МПа;

α_r, α_φ – коэффициент температурного расширения в радиальном и тангенциальном направлениях, $1/^\circ\text{C}$.

Дифференциальное уравнение, описывающее напряженное состояние цилиндрического подшипника скольжения из ДМ плотностью $\bar{\rho}$ вращающегося вала с постоянной угловой скоростью ω , можно записать в виде [1, 10]

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_\varphi}{r} = -\bar{\rho}\omega^2 r. \quad (3)$$

Граничные условия на внутренней $r = r_1$ и внешней $r = r_2$ поверхностях подшипника скольжения будут

$$\sigma_r|_{r=r_1} = -P; \quad \sigma_r|_{r=r_2} = -q. \quad (4)$$

Подставив значения компонентов радиального и тангенциального напряжений (1) и (2) в уравнение (3), определим

$$\frac{d^2U}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dU}{dr} - k^2 \frac{U}{r} = (\alpha_r - k^2 \alpha_\varphi) \frac{T}{r} + \alpha_r \frac{dT}{dr} - \frac{\bar{\rho}\omega^2}{E_r} r, \quad (5)$$

где $k^2 = E_\varphi / E_r$ – коэффициент анизотропии материала ДМ.

Общий интеграл уравнения (5) имеет вид

$$U = C_1 r^k + C_2 r^{-k} + \frac{1}{2k} \left[\begin{aligned} & k(\alpha_r - k\alpha_\varphi) r^k \int_{r_1}^{r_2} T r^{-k} dr + \\ & + k(\alpha_r + k\alpha_\varphi) r^{-k} \int_{r_1}^{r_2} T r^k dr \end{aligned} \right] - \frac{\bar{\rho}\omega^2 r^3}{E_r(9-k^2)}. \quad (6)$$

Вычислим радиальное напряжение, подставив значения (6) в формулу (1)

$$\sigma_r = C_1 E_r k r^{k-1} - C_2 E_r k r^{-k-1} + \frac{E_r k}{2} \left[\begin{aligned} & (\alpha_r - k\alpha_\varphi) r^{k-1} \int_{r_1}^{r_2} T r^{-k} dr - \\ & - (\alpha_r + k\alpha_\varphi) r^{-k-1} \int_{r_1}^{r_2} T r^k dr \end{aligned} \right] - \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r^2}{(9-k^2)}. \quad (7)$$

Тангенциальное напряжение при подстановке (6) в формулу (2) соответственно запишется

$$\sigma_\varphi = C_1 E_\varphi r^{k-1} - C_2 E_\varphi r^{-k-1} + \frac{E_\varphi}{2} \left[\begin{aligned} & (\alpha_r - k\alpha_\varphi) r^{k-1} \int_{r_1}^{r_2} T r^{-k} dr - \\ & - (\alpha_r + k\alpha_\varphi) r^{-k-1} \int_{r_1}^{r_2} T r^k dr \end{aligned} \right] - \frac{k^2 \bar{\rho}\omega^2 r^2}{(9-k^2)}. \quad (8)$$

Постоянные величины C_1 и C_2 определим из граничных условий (4), которые затем подставим в уравнения (7) и (8). В результате получим распределение напряжений по сечению анизотропного подшипника скольжения из ДМ в точках $r_1 \leq r \leq r_2$.

$$\sigma_r = \frac{1}{1-\rho_1^{2k}} \left\{ \left[\left(P + \frac{r^{-k-1} E_\varphi}{2k} \left((\alpha_r - k\alpha_\varphi) \int_{r_1}^{r_2} T r^k dr + (\alpha_r + k\alpha_\varphi) \left(r_2^{2k} \int_{r_2}^r T r^{-k} dr - r_1^{2k} \int_{r_1}^r T r^{-k} dr \right) \right) \right] \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \rho_1^{k+1} - q + \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k+3}) \right] \rho^{k-1} - \right. \\ \left. - \left[\left(p - \frac{r^{k-1} E_\varphi}{2k} \left((\alpha_r - k\alpha_\varphi) \int_{r_1}^{r_2} T r^{-k} dr + (\alpha_r + k\alpha_\varphi) \times \right. \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. \left(r_2^{-2k} \int_{r_2}^r T r^k dr - r_1^{-2k} \int_{r_1}^r T r^k dr \right) \right) \right] \rho_1^{k+1} - \right. \\ \left. - q \rho_1^{2k} - \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k-3}) \rho_1^{k+3} \right] \rho^{-(k+1)} \right\} - \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r^2}{(9-k^2)}; \quad (9)$$

$$\sigma_{\varphi} = \frac{k}{1-\rho_1^{2k}} \left\{ \left[p + \frac{E_{\varphi} r^{k-1}}{2k} \left((\alpha_r - k\alpha_{\varphi}) \int_{r_1}^{r_2} Tr^k dr + (\alpha_r + k\alpha_{\varphi}) \left(r_2^{2k} \int_{r_2}^r Tr^{-k} dr - r_1^{2k} \int_{r_1}^r Tr^{-k} dr \right) \right) \right] \rho_1^{k+1} - \right. \\ \left. -q + \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k+3}) \right] \rho^{k-1} - \\ - \left[\left(p - \frac{E_{\varphi} r^{k-1}}{2k} \left((\alpha_r - k\alpha_{\varphi}) \int_{r_1}^{r_2} Tr^{-k} dr + (\alpha_r + k\alpha_{\varphi}) \times \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. \times \left(r_2^{-2k} \int_{r_2}^r Tr^k dr - r_1^{-2k} \int_{r_1}^r Tr^k dr \right) \right) \right) \right] \rho_1^{k+1} - q\rho_1^{2k} - \\ \left. - \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k-3}) \rho_1^{k+3} \right] \rho^{-(k+1)} \right\} - \frac{k^2 \bar{\rho}\omega^2 r^2}{(9-k^2)} - \alpha_{\varphi} E_{\varphi} T. \quad (10)$$

Зная радиальное и тангенциальное напряжения, которые могут быть определены по формулам (9) и (10), определим радиальное перемещение в подшипнике скольжения из ДМ при плоском осесимметричном поле температуры. Для этой цели используем выражение (2)

$$U_r = \frac{r_2}{1-\rho_1^{2k}} \left\{ \frac{1}{kE_r} \left[\left(p + \frac{E_{\varphi} r^{-(k+1)}}{2k} \left((\alpha_r - k\alpha_{\varphi}) \int_{r_1}^{r_2} Tr^k dr + (\alpha_r + k\alpha_{\varphi}) \times \left(r_2^{2k} \int_{r_2}^r Tr^{-k} dr - r_1^{2k} \int_{r_1}^r Tr^{-k} dr \right) \right) \right] \rho_1^{k+1} - \right. \right. \\ \left. -q + \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k+3}) \right] \rho^k + \frac{1}{kE_r} \times \\ \times \left[\left(p - \frac{r^{k-1} E_{\varphi}}{2k} \left((\alpha_r - k\alpha_{\varphi}) \int_{r_1}^{r_2} Tr^{-k} dr + (\alpha_r + k\alpha_{\varphi}) \times \left(r_2^{-2k} \int_{r_2}^r Tr^k dr - r_1^{-2k} \int_{r_1}^r Tr^k dr \right) \right) \right) \right] \rho_1^{k+1} - q\rho_1^{2k} - \\ \left. - \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k-3}) \rho_1^{k+3} \right] \rho^{-k} \right\} - \frac{\bar{\rho}\omega^2 r^3}{E_r (9-k^2)}. \quad (11)$$

При невысоком нагрузочно-скоростном режиме, при котором возникающая температура в подшипнике скольжения является незначительной и ею можно пренебречь, формулы (9), (10) и (11) примут вид

$$\sigma_r = \frac{1}{1-\rho_1^{2k}} \left\{ \left[p\rho_1^{k+1} - q + \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k+3}) \right] \rho^{k-1} - \right. \\ \left. - \left[p\rho_1^{k+1} - q\rho_1^{2k} - \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k-3}) \rho_1^{k+3} \right] \rho^{-(k+1)} \right\} \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r^2}{(9-k^2)}; \quad (12)$$

$$\sigma_{\varphi} = \frac{k}{1-\rho_1^{2k}} \left\{ \left[p\rho_1^{k+1} - q + \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k+3}) \right] \rho^{k-1} - \right. \\ \left. - \left[p\rho_1^{k+1} - q\rho_1^{2k} - \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k-3}) \rho_1^{k+3} \right] \rho^{-(k+1)} \right\} \frac{k^2 \bar{\rho}\omega^2 r^2}{(9-k^2)}; \quad (13)$$

$$U_r = \frac{r_2}{1-\rho_1^{2k}} \frac{1}{kE_r} \left\{ \left[p\rho_1^{k+1} - q + \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k+3}) \right] \rho^k + \right. \\ \left. + \left[p\rho_1^{k+1} - q\rho_1^{2k} - \frac{3\bar{\rho}\omega^2 r_2^2}{(9-k^2)} (1-\rho_1^{k-3}) \rho_1^{k+3} \right] \rho^{-k} \right\} \frac{\bar{\rho}\omega^2 r^3}{E_r (9-k^2)}. \quad (14)$$

В случае незначительной угловой скорости или при статических расчетах подшипников скольжения из ДМ, когда можно не учитывать угловую скорость, уравнения (12), (13) и (14) преобразуются и примут вид

$$\sigma_r = \frac{1}{1-\rho_1^{2k}} \left[(p\rho_1^{k+1} - q)\rho^{k-1} - (p\rho_1^{k+1} - q\rho_1^{2k})\rho^{-(k+1)} \right]; \quad (15)$$

$$\sigma_{\varphi} = \frac{k}{1-\rho_1^{2k}} \left[(p\rho_1^{k+1} - q)\rho^{k-1} - (p\rho_1^{k+1} - q\rho_1^{2k})\rho^{-(k+1)} \right]; \quad (16)$$

$$U_r = \frac{r_2}{1-\rho_1^{2k}} \frac{1}{kE_r} \left[(p\rho_1^{k+1} - q)\rho^k + (p\rho_1^{k+1} - q\rho_1^{2k})\rho^{-k} \right]. \quad (17)$$

Формулы (15), (16) и (17) после преобразования будут аналогичны формулам для плоского напряженного состояния [1, 8, 9].

В расчетах в формулах (9), (10) и (11) может быть использована любая расчетная температурная зависимость. Например, при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 1-го рода температурное поле в подшипнике скольжения из ДМ может быть описано формулой

$$T = t_2 + (t_1 - t_2) \ln p / \ln \rho_1. \quad (18)$$

Зависимость модуля упругости в радиальном E_r и тангенциальном E_{φ} направлениях от температуры может быть рассчитана согласно предложенным формулам [1], например

$$E_{\varphi} = 245800 T^{-2/3}. \quad (19)$$

При использовании данных $\alpha_{\varphi} = 44 \cdot 10^{-6}$ (1/°C), $\alpha_r = 24 \cdot 10^{-6}$ (1/°C); $k = 0,67$.

Расчеты показывают, что в подшипниках скольжения из ДМ при увеличении угловой скорости вала ω , внутреннего p и внешнего q давлений возникают значительные температурные напряжения и перемещения U_r , которые необходимо учитывать при определении оптимального зазора между валом и подшипником скольжения из ДМ, а также при определении оптимального натяга при запрессовке подшипника скольжения из ДМ в корпус.

Библиографический список

1. Белокуров, В.П. Температурный режим узлов лесных машин и их работоспособность: моногр. / В.П. Белокуров. – Воронеж: ВГУ, 1997.– 184 с.
2. Боли, Б. Теория температурных напряжений: моногр. / Б. Боли, Дж. Уэйнер. – М.: Мир, 1964.–517 с.
3. Лехницкий, С.Г. Теория упругости анизотропного тела: моногр. / С.Г. Лехницкий. – М.: Наука, 1977.– 416 с.
4. Новацкий, В. Вопросы термоупругости: моногр. / В. Новацкий. – М.: АН СССР, 1962. – 364 с.
5. Огарков, Б.И. Температурно-влажностные напряжения в анизотропном кольце с учетом зависимости модуля упругости материала от температуры и влажности / Б.И. Огарков // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 1966.– № 5.– С. 26–30.
6. Чернышов, Ю.Ф. Температурное давление во втулках из древесины лиственницы сибирской / Ю.Ф. Чернышов // Лесной журнал. – Архангельск, 1990. – № 5. – С. 66–70
7. Чернышов, Ю.Ф. Напряженное состояние ортотропного цилиндра переменной плотности / Ю.Ф. Чернышов // Лесной журнал. – Архангельск, 1990. – № 6. – С. 71–75.
8. Boley, B.A. Survey of receipt development in the fields of need conduction in solids and thermoelasticity / B.A. Boley.–New York: Nuclear Engineering and Design, 1972.– vol. 18.–№ 3.–pp.377–399.
9. Kalam, M.A. Modified Rayleigh – Ritz method in nonaximmetric thermoelastic analisis of an orthotropic cylinder/ M.A. Kalam.– Munchen: Journal of thermal stress. Jan., 1981.– vol. 4.– № 1 – pp. 31–38.
10. Tauchert, T.R. Thermal stresses in an orthotropic Cylinder with temperature – dependent elastic properties [Text] / T.R. Tauchert. – Munchen: Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 1976.– vol. 8.– pp. 201-212.

**THERMOELASTICITY OF PRESSURE-TREATED WOOD
SKID BASE AT TEMPERATURE AND DYNAMIC LOADS**

Belokurov V.P., Prof. VGTU after G. F. Morozov, Dr. Sci. (Tech.) ⁽¹⁾

opbd_vglta@mail.ru

⁽¹⁾Voronezh State Forest technical University named after G. F. Morozov (VGTU after G. F. Morozov),
Timiryazeva st.,8, 394087, Voronezh, Voronezh reg., Russia

The problem of creating durable and reliable friction units made of modified wood (DM) up to the present time was resolved by experimental selection and the creation of various design options of the skid base friction. A targeted solution to this problem is impossible without the creation and use of reliable, convenient and proven methods for the calculation of sliding bearings of DM. In the solution of the problem it is essential to define the stress state of the sliding bearings of DM, which is derived from the effects of dynamic loads and temperatures, which determine the efficiency of sliding. Tensions characterizing the performance of sliding bearings of DM is defined as the magnitude and the character of the distribution of the contact stresses and the temperature stresses. The underestimation of temperature and mechanical stress can lead to intensive wear and in some cases to the destruction of the bearings. From the foregoing it is obvious that the longevity and durability of sliding forestry machines under various operational modes deserves deep theoretical-economic research and requires a special approach and solutions. Therefore, the main objectives of the research in this article was the issue of the theoretical and experimental determination of the factors affecting the efficiency of the friction forestry machines. Special attention is paid to the development of proposals and methods based on them to reduce the stresses due to thermal and dynamic loads in the sliding bearings of forestry machines. Using the calculations proposed in this paper should be considered in making constructive and technological solutions and taking measures to increase the durability of the considered friction of the forest machines, which are subject to intense exploitation of the load-velocity and thermal dynamics of friction.

Keywords: Modified wood, voltage, temperature, dynamic economic load

References

1. Belokurov V.P. *Temperaturnyy rezhim uzlov lesnykh mashin i ikh rabotospo-sobnost'* [Temperature nodes forestry machines and their working-capacity]. Voronezh, Publishing house of Voronezh state University, 1997. 184 p.
2. Boli B., Ueyner Dzh. *Teoriya temperaturnykh napryazheniy* [Theory of thermal stresses]. Moscow: Mir, 1964, 517 p.
3. Lekhnitskiy S.G. *Teoriya uprugosti anizotropnogo tela* [Theory of elasticity of an anisotropic body]. M.: Nauka, 1977, 416 p.
4. Novatskiy V. *Voprosy termouprugosti* [The problems of thermoelasticity]. Moscow: AN SSSR, 1962, 364 p.
5. Ogarkov B.I. *Temperaturno-vlazhnostnye napryazheniya v anizotropnom kol'tse s uchetom zavisimosti modulya uprugosti materiala ot temperatury i vlazhnosti* [Temperature and humidity stresses in anisotropic ring considering the variation of the modulus of elasticity of the material from temperature and humidity]. Izvestiya vuzov. Engineering [Oil Industry], 1966, no. 11, pp. 26-30.
6. Chernyshov Yu.F. *Temperaturnoe davlenie vo vtulkakh iz drevesiny listven-nitsy sibirskoy* [Temperature the pressure in the barrels from wood of deciduous insomnia Siberian]. Forest magazine [Oil Industry], 1990. no. 5, pp. 66-70.
7. Chernyshov Yu.F. *Napryazhennoe sostoyanie ortotropnogo tsilindra peremennoy plotnosti* [Orthotropic Stress state of the cylinder of variable density]. Forest magazine. [Oil Industry], 1990, no. 6, pp. 71-75.
8. Boley B.A. Survey of receipt development in the fields of need conduction in solids and thermoelasticity. New York: Nuclear Engineering and Design, 1972, vol. 18, № 3, pp. 377-399.
9. Kalam, M.A. Modified Rayleigh – Ritz method in nonaximmetric thermoelastic analisis of an orthotropic cylinder. Munchen: Journal of thermal stress. Jan., 1981, vol. 4, № 1, pp. 31-38.
10. Tauchert, T.R. Thermal stresses in an orthotropic Cylinder with temperature – dependent elastic properties. Munchen: Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 1976, vol. 8, № 2, pp. 201-212.

ИМПУЛЬСНАЯ СУШКА ДУБОВЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ТОЛЩИНОЙ 50 ММ В КОНВЕКТИВНЫХ КАМЕРАХ

А.А. КОСАРИН, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾,
Г.Н. КУРЫШОВ, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾

kosarin@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Сделан обзор литературных источников по режимам и параметрам сушки дубовых пиломатериалов толщиной 50 мм. Приведены режимы сушки в зависимости от времени, представленные Соколовым П.В., режимы, зависящие от текущей влажности пиломатериалов, представленные в трудах Богданова Е.С., Расева А.И., Кречетова И.В., ГОСТ 19773-84 и Руководящих технических материалах по технологии камерной сушки пиломатериалов. Также приведена характеристика процесса сушки дуба толщиной 50 мм в конвективных сушильных камерах чешского производства. Представленные режимы отличаются начальной и конечной температурой агента сушки, степенью насыщенности на начальном и конечном этапах процесса сушки. Процесс сушки в разных источниках включает в себя от трех до восьми ступеней. Первые импульсные сушки дубовых пиломатериалов начались в 1992 г. на ДОК № 1, г. Москва. После чего был получен патент на импульсную сушку. В статье приведены режимы импульсной сушки от 90-х годов прошлого века, проводимых на ООО «ИНТАР», г. Москва, на модернизированной сушильной камере «Урал-72» с поперечно-горизонтальной циркуляцией. Также приведены параметры режима сушки в конвективных сушильных камерах УПМ МГУЛ с поперечно-вертикальной циркуляцией агента сушки. Контроль за влажностью древесины в процессе сушки осуществлялся методом контрольных образцов. А развитие сушильных напряжений – по силовым образцам. Начальная влажность древесины определялась в соответствии с ГОСТ 16588 – 91. В статье приводится усредненная зависимость изменения величины текущей влажности от продолжительности процесса сушки для двух представленных режимов. Применение импульсных режимов позволяет снизить потребление электроэнергии при сушке дуба до 60 %.

Ключевые слова: дубовый пиломатериал, импульсная сушка, режимы сушки

Дуб относится к роду листопадных или вечнозеленых деревьев, семейства буковых. Высотой до 30–40 м (изредка до 55 м), диаметром ствола от 1 до 1,5 м. Продолжительность жизни дуба – до 500 лет, однако некоторые дубы живут и до 1000 и более лет. В роде дубовых около 600 видов. Например, черешчатый, грузинский, восточный, каштанолистный и т.д. [1].

Одним из наиболее трудносохнущих материалов является древесина дуба черешчатого, произрастающего в Европейской России [2]. Плотность древесины дуба черешчатого, по данным А.М. Боровикова [3], в

зависимости от района произрастания колеблется в пределах от 663 до 703 кг/м³.

Несмотря на сложный период для рынка деревообрабатывающей продукции сухой дубовый пиломатериал пользуется устойчивым спросом. Цена на дубовый пиломатериал колеблется от 45 до 65 тыс. руб. за м³. Сушка дубовых пиломатериалов представляет определенные сложности вследствие повышенной склонности к растрескиванию. Имеющиеся в литературных источниках режимы сушки [4–6] предусматривают технологические операции начального прогрева, многоступенчатой сушки и влаготеплообработки (промежуточной и конечной).

Т а б л и ц а 1

Режимы сушки дуба [4]
Tumble dryer oak [4]

Текущая влажность пиломатериалов, %	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С	Степень насыщенности, %	Продолжительность, ч
Выше 40	44	2,0	90	–
40 – 35	46	2,5	87	48
35 – 30	48	3,5	81	60
30 – 25	50	4,5	76	66
25 – 20	52	6,5	69	84
20 – 15	55	9,0	60	108
15 – 10	57	13,0	47	150
Ниже 10	60	18,0	35	–

**Режимы сушки дуба [6]
Tumble dryer oak [6]**

Текущая влажность пиломатериалов, %	Вид обработки	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С	Степень насыщенности, %
Wн – 35	Сушка	45	2	88
35 – 25	Сушка	47	3	83
25	Влаготеплообработка	51	0	100
25 – 20	Сушка	51	4	79
20 – 15	Сушка	57	7	67
15 – Wк	сушка	65	18	37

**Режимы сушки дуба [7]
Tumble dryer oak [7]**

Влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С	Степень насыщенности, %	Равновесная влажность, %
>35	43	2	89	20
35 – 25	45	3	83	17
25 – 20	49	4	79	15
20 – 15	53	8	74	12,3
< 15	61	17	38	6,3

**Режимы сушки дуба [8, 9]
Tumble dryer oak [8, 9]**

Влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С	Степень насыщенности, %
>30	47	2	90
30 – 20	50	5	75
< 20	62	18	36

**Сводная таблица по режимам сушки
Summary table for tumble dryer**

Источник информации	Кол-во ступеней сушки, шт.	Температура агента сушки		Степень насыщенности	
		начальная, °С	конечная, °С	начальная, %	конечная, %
Соколов П.В. «Сушка древесины»	8	44	60	90	35
Богданов Е.С. «Справочник по сушке древесины»	5	45	65	88	37
Расев А.И. «Тепловая обработка и сушка древесины»	5	43	61	89	38
Кречетов И.В. «Сушка древесины», Руководящие технические материалы	3	47	62	90	36

П.В. Соколов [4] приводит режим сушки по времени дубовых пиломатериалов толщиной 50 мм состоящий из 8 ступеней с изменением температуры агента сушки от 44 °С и влажности 90 % до температуры 60 °С и влажности 35 %.

Режимы, разработанные Львовским лесотехническим институтом [6] предусматривают семиступенчатый режим сушки с промежуточной влаготеплообработкой (табл. 2).

А.И. Расев [7] приводит пятиступенчатый режим сушки дубовых пиломатери-

Параметры процесса сушки на ООО «ИНТАР», 1997 г.
The parameters of the drying process on the LLC «Intars», 1997

Время, сут.	Температура агента сушки, °С	Импульсный режим		Текущая влажность, %
		время работы, ч	время паузы, ч	
1	47	2	3	66,8
7	49	2	3	38
20	52	2	3	25,8
24	52	2	2,5	17,7
31	57	2	2	15
35	60	2	2	11,7
38	63	2	2	9,8
44	67	2,5	2	9
47	67	3	2	8,3
52	67	4	2	7,1

Параметры процесса сушки на ООО «ИНТАР», 2000 г.
The parameters of the drying process in the company «INTER», 2000

Время, сут.	Температура агента сушки, °С	Импульсный режим		Текущая влажность, %
		время работы, ч	время паузы, ч	
1	45	2	4	65,9
3	45	2	4	58,8
6	47	2	4	51,4
12	47	2	4	42
16	49	2	4	36
24	50	1,5	4	29
29	52	2	3,5	25,9
32	52	2	3	20
36	55	2	2,5	13,7
40	58	2	2,5	12,1
46	61	2	2,5	9,2
50	65	2	2,5	8,1
52	70	2	2,5	7,2
56	73	2	2,5	6,4

алов толщиной 50 мм (табл. 3). В Руководящих технических материалах [8] и работе И.В. Кречетова [9] приведены трехступенчатые режимы сушки для дуба толщиной от 50 до 60 мм (табл. 4)

В технологической инструкции к сушильным камерам, выпускаемым фирмой «KATRES» (Чехия), режимы сушки пиломатериалов из древесины дуба толщиной 50 мм подразделяются на три группы – мягкие, нормальные и твердые. Например, нормальный режим состоит из 10 ступеней, разброс температуры от 40 °С до 60 °С и степени насыщенности агента сушки от 98 % в начале процесса до 15 % в конце.

Из приведенных выше режимов видно (табл. 5), что имеются различия в параметрах сушки начальная: температура составляет от 43 до 47 °С, конечная температура от 60 до 65 °С, степень насыщенности на начальной стадии 88 – 90 %, при окончании сушки – 35 – 38 %. Сам процесс сушки состоит из ступеней от 3 до 8 шт. В трудах Соколова П.В. продолжительность процесса сушки [4] по ступеням привязана ко времени, что не всегда отражает реальную картину.

Первые импульсные сушки дубовых пиломатериалов толщиной 50 мм были проведены на ДОК №1 г. Москва в сушильной камере УЛ-2М в 1992 году. В 1995 г. на

Параметры процесса сушки в УПМ МГУЛ, 2010 г.
The parameters of the drying process in the UTM MSFU 2010

Время, сут.	Температура агента сушки °С	Импульсный режим		Текущая влажность, %
		время работы, ч	время паузы, ч	
0	48	2	4	77,7
1	48	2	4	72,3
3	48	2	4	64,4
4	48	2	4	62,2
5	48	2	4	59,2
6	48	2	4	57,1
7	48	2	4	54,8
8	48	2	4	53
10	48	2	4	49
12	48	2	4	44,9
14	48	2	4	41,9
16	48	2	4	40,2
19	52	2	4	35,9
22	52	2	4	31,6
24	52	2	4	29,4
26	54	2	4	27,3
29	56	2	4	24,5
31	56	2	4	22,4
33	62	2	4	20,9
35	62	2	4	19,2
38	62	2	4	17,4
40	62	2	4	15,7
42	62	2	3	15,3
43	62	2	3	14,5
47	62	2	2	12,7
49	62	2	2	12,1
52	62	2	2	11,5
54	62	2	2	10,8
56	62	2	2	9,9
58	62	2	2	9,1
59	62	2	2	8,9
61	62	2	2	8,2
63	62	3	2	7,8
64	62	3	2	7,4
65	62	3	2	7
66	62	3	2	6,7
68	62	3	2	6,3

импульсную сушку был получен патент РФ № 2027217 [10]. За последние десятилетия авторами в рамках исследований импульсной сушки на производственном предприятии «ИНТАР», г. Москва и в учебно-производственных мастерских (УПМ) МГУЛ были проведены ряд сушек пиломатериалов из древесины дуба толщиной 50 (53) мм. Режимы импульсной сушки за последние годы

внедрены на многих лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях [11]. Принципы импульсной сушки неоднократно публиковались в различной литературе, последняя публикация 2015 г. в журнале «Вестник МГУЛ – Лесной Вестник» [12].

На ООО «ИНТАР» сушки проводились в модернизированной сушильной камере «УРАЛ-72». Циркуляция сушильного агента

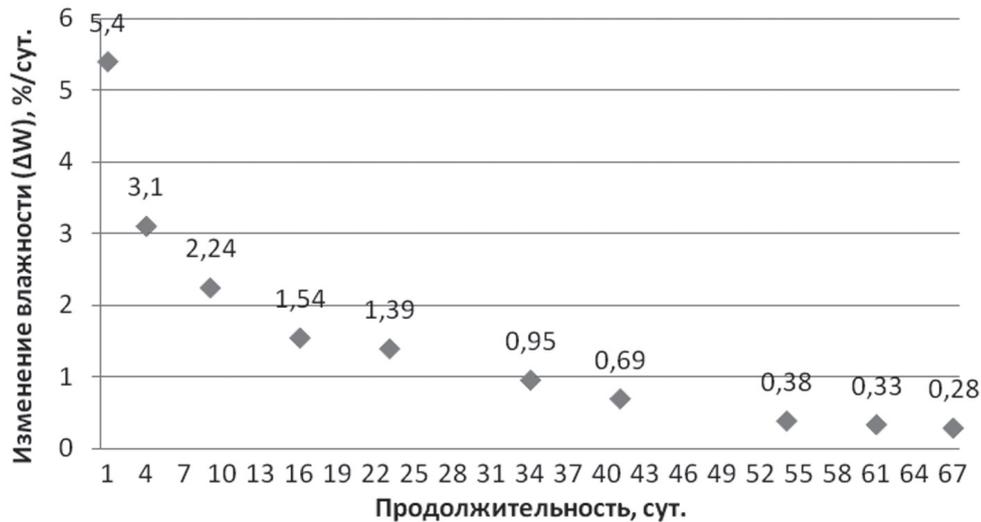


Рис. 1. Зависимость величины изменения влажности пиломатериала по времени процесса (по табл. 8)
 Fig. 1. The dependence of the moisture measurement of timber at the time of the process (from Table. 8)

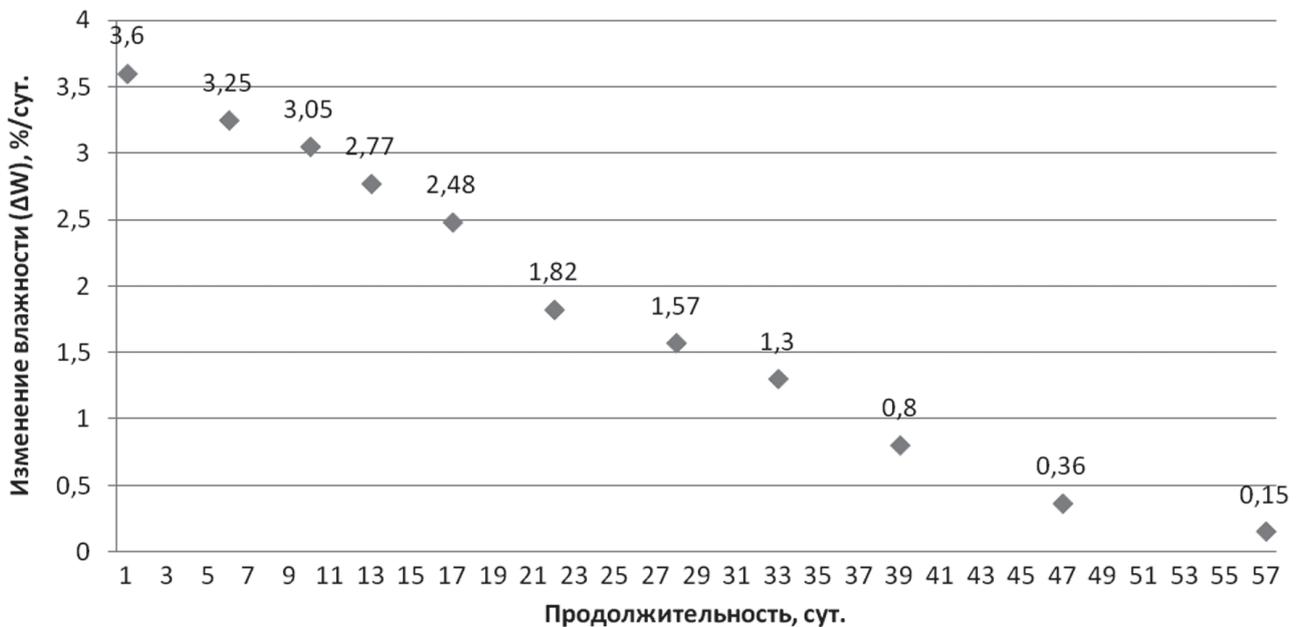


Рис. 2. Зависимость величины изменения влажности пиломатериала по времени процесса (по табл. 9)
 Fig. 2. Dependence of the moisture measurement of timber at the time of the process (from Table. 9)

осуществлялась в горизонтально-поперечной плоскости двумя осевыми вентиляторами с установленной мощностью – 3 кВт. Для нагрева агента сушки применялся блок ТЭНов мощностью 60 кВт. Вместимость камеры составляла – 10 м³.

Конвективные сушильные камеры УМП МГУЛ имеют вертикально – поперечную циркуляцию сушильного агента, осуществляемую осевыми вентиляторами. Вентиляторы снабжены высокотемпературными

электродвигателями. Общая электрическая мощность привода вентиляторов – 4,5 кВт. Вместимость каждой камеры – 12 м³. Теплоносителем являлась горячая вода с температурой до 80 °С, поступающая из водогрейного котла, работающего на древесных отходах.

Примеры параметров сушки дубовых пиломатериалов показаны в табл. 6–9.

Во всех сушках контроль за состоянием материала производился методом конт-

Параметры процесса сушки в УПМ МГУЛ, 2011 г.
The parameters of the drying process in the UTM MSFU, 2011

Время, сут.	Температура агента сушки, °С	Импульсный режим		Текущая влажность, %
		время работы, ч	время паузы, ч	
0	48	2	3	101,4
2	48	2	3	97,8
5	48	2	3	87
8	50	2	3	78,1
9	50	2	3	74,8
10	50	2	3	71,6
12	50	2	3	64,6
14	50	2	3	58,5
17	50	2	3	50,2
19	50	2	3	44,7
21	50	2	3	40,3
23	50	2	3	35,5
25	52	2	3	33,2
26	52	2	3	31,2
28	56	2	3	27,8
32	64	2	3	21,8
35	64	2	3	17,7
36	64	2	3	16,4
37	64	2	3	15,3
38	64	2	3	14,2
42	64	2	2	11,1
43	64	2	2	10,5
45	68	2	2	9,7
51	68	2	2	7,6
56	70	3	2	6,7
57	70	3	2	6,6
60	70	3	2	6,3
61	70	3	2	6,1

рольных образцов (РТМ) силовых и влажностных, заложенных в соответствующие зоны штабеля. Корректировка параметров режима сушки (температуры агента и времени «импульса» и «паузы») производилась с учетом развития полных внутренних напряжений [13] во время сушки. Высушенный пиломатериал во всех проведенных сушках соответствовал 1 – 2 категории качества.

Для наглядности приведем кинетику сушки для двух процессов, представленных табл. 8 и 9.

Кинетика сушки зависит от различных факторов и их сочетания (температуры агента сушки, продолжительности цикла

«импульс-пауза», техническим состоянием камеры и свойствами самой древесины). Применение импульсной сушки для дубовых пиломатериалов не только допустимо, но и предпочтительно, т. к. при одинаковой продолжительности процесса (в сравнении с традиционной сушкой) существенно экономятся энергозатраты на циркуляцию сушильного агента.

Библиографический список

1. Лесная энциклопедия в 2-х т. – М.: Сов. Энциклопедия, 1985. – 563 с.
2. Станко, Я.Н. Древесные породы и основные пороки древесины / Я.Н. Станко, Г.А. Горбачева. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2010. – 155 с.

3. Боровиков, А.М. Справочник по древесине / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с.
4. Соколов, П.В. Сушка древесины / П.В. Соколов. – Гослестехиздат, 1955. – 418 с.
5. ГОСТ 19773–84. Пиломатериалы хвойных и лиственных пород. Режимы сушки в камерах периодического действия / М.: Издательство стандартов 1990. – 446 с.
6. Богданов, Е.С. Справочник по сушке древесины / Е.С. Богданов, В.А. Козлов, В.Б. Кунтыш и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 304 с.
7. Расев, А.И. Тепловая обработка и сушка древесины / А.И. Расев. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 360 с.
8. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. – Архангельск: ЦНИИМОД, 2000. – 125 с.
9. Кречетов, И.В. Сушка древесины / И.В. Кречетов. – М.: Лесная пром-сть, 1972. – 440 с.
10. Пат. № 2027127 Российская Федерация. Способ сушки пиломатериалов / Расев А.И., Курышов Г.Н., Ляшенко С.В. // Оpubл. 20.01.1995.
11. Косарин, А.А. Технология импульсной сушки пиломатериалов: дисс. ... канд. тех. наук / А.А. Косарин. – М.: МГУЛ, 2012. – 164 с.
12. Косарин, А.А. Импульсная сушка соснового бруса / А.А. Косарин, Г.Н. Курышов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2015. – №2(19) – С. 103 – 107.
13. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для вузов, 5-е изд / Б.Н. Уголев. – М.: МГУЛ, 2007. – 351 с.

50 MM OAK TIMBER IMPULSE DRYING IN CONVECTIVE CHAMBERS

Kosarin A.A., Assoc. Prof. MGUL, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾; **Kuryshov G.N.**, Assoc. Prof. MGUL, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾

kosarin@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Moscow Forest State University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005 Mytishchi, Moscow reg., Russia

An overview of the literature on the modes and parameters of drying oak lumber with a thickness of 50 mm has been made. The drying conditions depending on time are presented by Sokolov P. V., the modes, dependent on the current moisture content of lumber, are presented in the works of Bogdanov E. S., Rasev I. A., Krechetov, I. V., GOST 19773-84 and Guiding technical materials of chamber drying technology of lumber. Also the characteristics of the oak of drying thickness of 50 mm in convective drying chambers of the Czech production. Shows the different initial and final temperature of drying agent degree of nasyshennosti on the initial and final stages of the drying process. Proceeds drying in various sources includes from three to eight steps. The first impulse drying oak lumber began in 1992 at DOCK No. 1, Moscow. After which a patent was obtained for pulse drying. The article presents the modes of pulse drying from the 90-ies of the last century conducted at LLC "INTER", Moscow modernizirovanniy on drying the camera "Ural-72" shear force-horizontal circulation. Also shows the parameters of the drying in convective drying chambers with UPM MSFU transverse vertical circulation of drying agent. Monitoring of wood moisture content during the drying process was carried out using control samples. The development of drying stress on strength samples. Initial wood moisture content was determined in accordance with GOST 16588 – 91. The article presents the dependence of the average changes in the magnitude of the current humidity on the duration of the drying process for the two modes. The use of pulse sequences allows to reduce the energy consumption when drying oak and 60 %.

Keywords: oak timber, impulse drying, the drying mode

References

1. *Lesnaya entsiklopediya* [Forest Encyclopedia 2 V.]. Moscow: Sov. Encyclopedia, 1985. 563 p.
2. Stanko Ya.N., Gorbacheva G.A. *Drevesnye porody i osnovnye poroki drevesiny* [Species and the main defects of wood]. Moscow: The World Wildlife Fund (WWF), 2010. 155 p.
3. Borovikov A.M., Ugolev B.N. *Spravochnik po drevesine* [Manual wood]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Forest industry], 1989. 296 p.
4. Sokolov P.V. *Sushka drevesiny* [Drying timber]. Goslестехиздат, 1955. 418 p.
5. GOST 19773-84. *GOST 19773–84. Pilomaterialy khvoynykh i listvennykh porod. Rezhimy sushki v kamerakh periodicheskogo deystviya* [Sawn softwood and hardwood. Modes drying chambers batch]. Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1990. 446 p.
6. Bogdanov E.S., Kozlov V.A., Kuntyshev V.B. i dr. *Spravochnik po sushke drevesiny* [Manual drying wood]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Forest industry], 1990. 304 p.
7. Rasev A.I. *Teplovaya obrabotka i sushka drevesiny* [The heat treatment and drying of wood]. Moscow: MSFU, 2009. 360 p.
8. *Rukovodyashchie tekhnicheskie materialy po tekhnologii kamernoy sushki drevesiny* [The governing technical materials technology wood drying chamber]. Arkhangel'sk: TsNIIMOD, 2000. 125 p.
9. Krechetov I.V. *Sushka drevesiny* [Drying timber]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Forest industry], 1972. 440 p.
10. Rasev A.I., Kuryshov G.N., Lyashenko S.V. Pat. № 2027127 RF. *Sposob sushki pilomaterialov* [The method of drying lumber]. Publ. 20.01.1995.
11. Kosarin A.A. *Tekhnologiya impul'snoy sushki pilomaterialov: diss. ... kand. tekh. nauk* [Technology impulse drying lumber: diss. ... Cand. Science]. Moscow: MSFU, 2012. 164 p.
12. Kosarin A.A., Kuryshov G.N. *Impul'snaya sushka sosnovogo brusa* [Impulse drying pine lumber] Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik. No. 2(2014). 2015. №2 (19). pp. 103-107.
13. Ugolev B.N. *Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedeniya* [Wood-forest with the basics of merchandising]. Moscow: MSFU, 2007. 351 p.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОТОКА НА РАЗДЕЛЕНИЕ РАСТВОРА NaCl В ОБРАТНООСМОТИЧЕСКОМ РУЛОННОМ ЭЛЕМЕНТЕ

Ю.Н. ЖИЛИН, доц., МГУЛ, канд. тех. наук⁽¹⁾

iouri-jiline@yandex.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Анализ влияния скорости на процесс обратноосмотического разделения проводился путем расчетов по специально разработанной математической модели. Модель рассматривает ламинарное движение потока раствора, движущегося под избыточным давлением в узком плоском мембранном канале. Она учитывает изменение концентрации пермеата и производительности мембраны в зависимости от величины концентрационной поляризации, меняющейся по длине канала. Суть расчета заключается в следующем: канал разбивается на несколько участков, на каждом из которых, начиная с первого, двумя путями вычисляется концентрация раствора. Первый путь предусматривает использование балансовых соотношений, второй – меняющуюся форму профиля концентрации по сечению канала. Величина концентрации, вычисленная двумя этими путями, должна укладываться в заданную погрешность расчета. Этого добиваются подбором значения концентрации у мембранной поверхности, используя метод итераций. В данной работе модель адаптирована к расчету процесса обессоливания раствора NaCl в рулонном обратноосмотическом элементе BW30-400 фирмы Filmtec, США. Величина скорости на входе в элемент варьировалась от 0,227 м/с (скорость в стандартных условиях работы) до 0,057 м/с. Расчеты показывают, что при заданном коэффициенте очистки пермеата (в работе выбран $K_{оч} = 21,8$) снижение скорости положительно сказывается на процессе разделения: сокращаются затраты в связи с уменьшением расхода исходного потока, экономится рабочая площадь мембран. Кроме того, снижается гидравлическое сопротивление напорного канала. Это положительно сказывается на движущей силе процесса и нивелирует «телескопический эффект» в элементе, сокращающий срок его службы. Полученный вывод справедлив для случая применения в элементе высокоселективных мембран, когда коэффициент очистки, рассчитанный для стандартных условий Коч ст, превышает задаваемую величину $K_{оч}$ (в работе $K_{оч ст} = 31,0 > K_{оч} = 21,8$).

Ключевые слова: полупроницаемые мембраны, обратный осмос, баромембранные процессы, рулонный мембранный модуль

Обратный осмос – это баромембранный процесс разделения растворов. Он используется в различных отраслях народного хозяйства, где необходима очистка водных растворов (технологические, сточные воды, опреснение), в основном от минеральных солей [1, 2]. Используется он и в лесопромышленном комплексе, особенно в целлюлозно-бумажной промышленности [3, 4]. Среди существующих конструкций (трубчатые, волоконные, плоскокамерные), благодаря компактности и относительной простоте, широко используются рулонные аппараты со спирально накрученными на пермеатотводящую трубку мембранными пакетами, их доля на рынке обратного осмоса достигает 90 % [5, 6]. Напорный канал в таких аппаратах можно представить в виде плоской щели со стенками из полупроницаемых мембран и поперечным отводом пермеата.

В процессе разделения у поверхности мембраны накапливается задерживаемое растворенное вещество – возникает концентрационная поляризация. Она ухудшает качество разделения. Для борьбы с этим отри-

цательным явлением предложены различные методы борьбы, в том числе перемешивание разделяемого раствора путем увеличения скорости потока в напорном канале [7, 8]. Однако это связано с ростом энергозатрат и, как следствие, удорожанием процесса. Перед технологом стоит проблема поиска минимальной скорости, при которой еще приемлемо качество разделения.

В настоящей работе предложена оценка влияния величины скорости потока на процесс разделения в рулонном обратноосмотическом элементе путем расчета величин потоков прошедшего через мембрану пермеата и задержанного ею ретанта (концентрата), а также содержания в них растворенных веществ с учетом концентрационной поляризации. Расчет базируется на использовании математической модели, описанной в работе [9]. В ее основу положены балансовые соотношения, а также скоростной и концентрационный профили, предложенные В.А.Смирновым и опубликованные в работе [10]. Основными расчетными величинами являются расход пермеата $V_{п}$ и массовая концентрация раство-

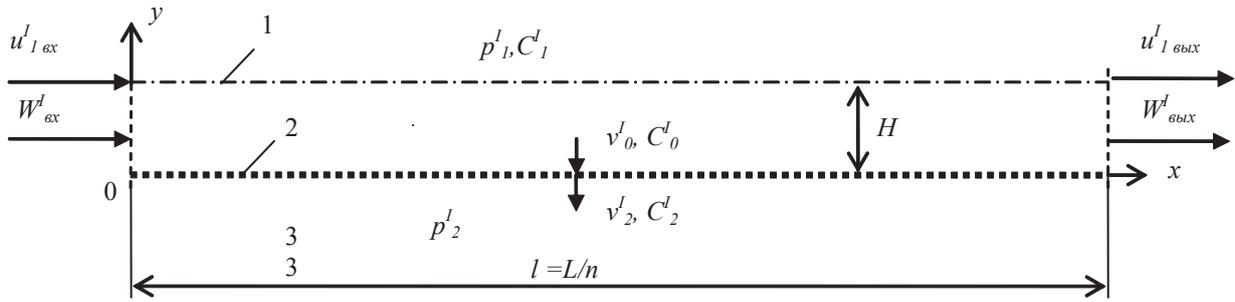


Рисунок. Потoki в плоском мембранном канале, первый участок разбиения: 1 – ось напорного канала, 2 – мембрана, 3 – дренажный канал

Fig. Flows in a flat membrane channel, a first portion of the partition: 1 – axis flow channel, 2 – membrane 3 – drain channel

ренного вещества в нем $C_{\text{н}}$. Суть расчета заключается в следующем.

Напорный канал полувысотой H и длиной L , в котором ламинарно движется разделяемый раствор, разбивается на n равных участков длиной l (рисунок).

Далее используется пошаговый итерационный метод. Расчет начинается с первого участка разбиения. На его входе рабочее давление p , концентрация C и средняя скорость W принимают свои начальные значения: $p_{\text{вх}} = p_{\text{нач}}; C_{1\text{вх}}^I = C_{\text{нач}}; W = W_{\text{вх}}^I$.

Узловой момент вычислений – определение концентрации у поверхности мембраны C_0^I . Для этого задается $C_0^I > C_{\text{нач}}$ и производится независимый расчет приведенной концентрации на выходе из участка по уравнениям (1) и (2)

$$\dot{C}_{\text{вых}} = \frac{\alpha_1}{W_{\text{вых}}^I} \left(\dot{C}_{\text{вх}}^I W_{\text{вх}}^I - \frac{C_2^I v_2^I l}{H} \right), \quad (1)$$

где

$$W_{\text{вых}}^I = W_{\text{вх}}^I - \frac{\rho_o^I v_o^I l}{\rho_{\text{вых}}^I H} \text{ при } \rho_{\text{вых}}^I = (\rho_1^I + \rho_2^I) / 2,$$

а плотность раствора NaCl определяется по полуэмпирическому выражению:

$$\rho = 1000 + 0,6C - 0,1t,$$

где t – температура разделяемого раствора, °C

$$\dot{C}_{\text{вых}} = C_0 \alpha_3 - (C_0 - C_1) \alpha_4 + C_1 (\alpha_1 - \alpha_3); \quad (2)$$

где в условиях гидродинамически установившегося потока

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \int_0^{\frac{1}{k}} u(\eta) d\eta = \int_0^{\frac{1}{k}} A e^{-a\eta} \sin(b\eta) d\eta = \\ &= \frac{A}{a^2 + b^2} [b - e^{-a} (a \cdot \sin b + b \cdot \cos b)]; \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \int_0^{\frac{1}{k}} u(\eta) [1 - C(\eta)] d\eta = \\ &= [b - e^{-a} (a \sin b + b \cos b)]; \quad (4) \end{aligned}$$

$$\alpha_3 = \frac{A}{a^2 + b^2} [b - e^{-\frac{a}{k}} (a \cdot \sin(\frac{b}{k}) + b \cdot \cos(\frac{b}{k}))] \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \alpha_4 &= \left(\frac{a(k+1)e^{-a(1+\frac{1}{k})} + b(k-1)\sin(b-\frac{b}{k}) -}{a^2(k+1)^2 + b^2(k-1)^2} - \right. \\ &\left. - \frac{ae^{a(1+\frac{1}{k})} + b\sin(b+\frac{b}{k}) - a\cos(b+\frac{b}{k})}{(k+1)(a^2 + b^2)} \right) \frac{A^2 e^{-a(1+\frac{1}{k})}}{2} \quad (6) \end{aligned}$$

$$A = 1,724(1 + 0,037Re_v); \quad (7)$$

$$a = 0,436(1 + 0,064Re_v); \quad (8)$$

$$b = 1,159(1 - 0,008Re_v); \quad (9)$$

Расхождение в результатах вычислений по этим двум уравнениям должно укладываться в заданную погрешность, например, $|\Delta \dot{C}_{\text{вых}}| < 5 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$. Но перед расчетом $\dot{C}_{\text{вых}}$ необходимо найти величины C_2^I, v_2^I, k^I и Re_v .

Концентрацию пермеата C_2^I определяют через истинную селективность мембраны $\phi_{\text{ист}}^I$ (она показывает качество разделения по отношению к концентрации раствора у поверхности мембраны C_0^I)

$$C_2^I = C_0^I (1 - \phi_{\text{ист}}^I), \quad (10)$$

$\phi_{\text{ист}}^I$ определяется по известной из опыта или литературных источников зависимости, куда входят селективность мембраны, измеренная в стандартных условиях, $\phi_{\text{ст}}$, концентрация C , рабочее давление p и температура T . В случае

разделения раствора $NaCl$ на полиамидной мембране обработка опытных данных дает (она отличается от приведенной в работе [9] уточненными коэффициентами)

$$\varphi_{ист} = \varphi_{ст} (1,0001 - 43,5 \cdot 10^{-6} C_0 - 22,3 \cdot 10^{-6} C_0^2 + 43 \cdot 10^{-9} C_0^3) \cdot (0,935 + 0,0026 t) (0,85343 + 0,0541 \ln \Delta p), \quad (11)$$

при условии: $C_{NaCl} < 100 \text{ кг/м}^3$; $4^\circ \leq t \leq 45^\circ$; $6 \text{ бар} \leq \Delta p \leq 23 \text{ бар}$; $\Delta p = p - p_2$.

Скорость отвода пермеата v_2^l соответствует удельной производительности мембраны G^l на этом участке и находится по основному уравнению массопередачи

$$v_2^l = G^l = K_{M6} \cdot \Delta = K_{M6} [(p^l - p_2^l) - (\pi_0^l - \pi_2^l)], \quad (12)$$

где K_{M6} – коэффициент скорости массопереноса через мембрану, м/(сПа);

Δ – движущая сила процесса, Па;

p^l, p_2^l – давление над мембраной и в пермеате, Па;

π_0^l, π_2^l – осмотическое давление у поверхности мембраны и в пермеате, Па.

Коэффициент K_{M6} рассчитывается как отношение удельной производительности G к движущей силе Δ в стандартных условиях и корректируется на рабочие концентрацию, давление и температуру. Он может быть определен опытным путем. Для полиамидной мембраны, например

$$K_{M6} = 10^{-(3,061+916/T)} \quad (13)$$

где T – абсолютная температура разделяемого раствора, К.

Величину осмотического давления берут из справочной литературы или рассчитывают по уравнению Вант-Гоффа

$$\Delta \pi = \pi_0^l - \pi_2^l = iRT(C_0^l - C_2^l) / M = 8,314 iTC_0^l \varphi_{ист}^l / M, \quad (14)$$

где i – изотонический коэффициент;

M – молярная масса растворенного вещества, г/моль.

Величину k определяют по уравнению (15)

$$k = \left(H v_2 \left(\frac{p_2}{p_0} - 1 + \phi_{ucm} \right) \right) / \left(AbD_0 \left(1 - \frac{C_1}{C_0} \right) \right). \quad (15)$$

Так как в зоне концентрационной стабилизации ($x \geq x_\Delta$) величина $k = 1$, то уравнение (15) может быть использовано и для определения C_1 на оси потока

$$C_1 = C_0 \left(1 - \frac{(p_2/p_0 - 1 + \phi_{ucm}) H \cdot v_2}{AbD_0} \right). \quad (15')$$

Входящие сюда коэффициент диффузии у поверхности мембраны D_0 и коэффициент динамической вязкости μ_0 определяют по полуэмпирическим выражениям (16) и (17)

$$D = T / \mu (8500 - 13,6T) 10^{-18} \quad (16)$$

$$\mu = (1 + 0,002C) 10^{(-5,94 + 862/T)}. \quad (17)$$

Наконец, вычисляют число Re_v для поперечного потока, возникающего вблизи поверхности мембраны

$$Re_v = \frac{v_0 H \rho_0}{\mu_0}, \quad (18)$$

где

$$v_0^l = \rho_2^l v_2^l / \rho_0^l. \quad (19)$$

Теперь становится возможным нахождение приведенной концентрации по уравнениям (1) и (2). Если расхождение $|\Delta C_{вых}|$ превышает заданное, то производится перерасчет приведенной концентрации итерированием значения C_0^l . При достижении желаемой точности расчета реализуется переход на вычисление следующих технологических параметров:

– Концентрация вещества в концентрате, C_k , после прохождения n участков разбиения

$$C_k = \frac{m_{нач} - \sum_1^n m^i}{V_{нач} - \sum_1^n V_n^i} = \frac{W_{нач} HC_{нач} - \sum_1^m v_2^i C_2^i l}{W_{нач} H - \sum_1^m v_2^i l}, \quad (20)$$

где $m_{нач}$, m^i – масса вещества на входе в канал и масса его, ушедшая в объем пермеата V_n^i на i -том участке разбиения;

$V_{нач}$, $W_{нач}$ – объемный расход и скорость потока на входе в канал.

– Концентрация вещества в пермеате, C_n , после прохождения n участков разбиения

$$C_n = \frac{\sum_1^n m^i}{\sum_1^n V_n^i} = \frac{\sum_1^n v_2^i C_2^i}{\sum_1^n v_2^i}. \quad (21)$$

– Коэффициент извлечения K_n , показывает долю исходного потока, перешедшую в пермеат после прохождения n участков разбиения

$$K_{и} = \frac{\sum_1^n V_n^i}{V_{нач}} = \frac{\sum_1^n v_2^i l}{W_{нач} H}. \quad (22)$$

– Коэффициент очистки $K_{оч}$, характеризует соотношение концентрации вещества в начальном растворе и пермеате после прохода n участков разбиения

$$K_{оч} = \frac{C_{нач}}{C_n} = \frac{C_{нач} \sum_1^n v_2^i}{\sum_1^n v_2^i C_2^i}. \quad (23)$$

Эффективность работы аппарата тем выше, чем ближе к единице величина $K_{и}$ при данном значении $K_{оч}$. Если в ходе расчетов величина k становится равной или меньше единицы, то реализуется переход на другой алгоритм: принимается $k = 1$ и по уравнению (15') вычисляется значение C_1^i .

На этом расчет первого участка завершается и происходит переход на следующий участок разбиения. Для этого выходные параметры предыдущего участка перезадаются как входные $C_1^i = C_1^{i-1}$; $C_0^i = C_0^{i-1}$; $p_{вх}^i = p_{вх}^{i-1}$ и т. д. Расчет заканчивается вычислениями на последнем, n -ном участке разбиения. В результате получаем окончательные значения $C_k, C_n, K_{и}, K_{оч}, p_{вых}$ на выходе из канала.

Используем данную математическую модель для расчета рулонного обратноосмотического элемента, считая его напорный канал плоским. Выберем для этого элемент модели BW30-400 фирмы *Filmtec*, США (табл. 1).

Воспользуемся расчетными данными, приведенными в работе [9] по разделению раствора *NaCl* в стандартных условиях с начальной скоростью потока $W_{нач} = 0,227$ м/с, что соответствует ламинарному режиму течения ($Re \sim 200$). С целью анализа влияния начальной скорости на параметры разделения повторим расчет в тех же условиях, вчетверо уменьшив ее величину $W_{нач} = 0,057$ м/с. Учтем при этом изменение перепада давления в канале, которое при ламинарном движении линейно зависит от скорости потока. В нашем случае уменьшение скорости от 0,227 до 0,057 м/с приведет к пропорциональному

снижению $\Delta p_{нап}$ от 0,7 до 0,18 бар. Результаты расчетов по разделению при указанных начальных скоростях объединены в табл. 2.

Данные табл. 2 подтверждают очевидную тенденцию ухудшения качества пермеата ($K_{оч}$ уменьшился почти в 1,5 раза), и увеличения его доли с ($K_{и}$ увеличился почти в 4 раза) с уменьшением $W_{нач}$ в 4 раза. Отметим важное обстоятельство: при уменьшении скорости потока ухудшение качества пермеата происходит медленнее, чем растет доля получаемого пермеата. То есть, в случае, когда не требуется достижение максимального коэффициента очистки, экономичнее проводить разделение на меньших скоростях потока.

Проверим это предположение, сравнив результаты разделения при упомянутых начальных скоростях потока, но для одинакового коэффициента очистки. Возьмем для удобства величину $K_{оч} = 21,8$, которая была получена для $W_{нач} = 0,057$ м/с. В случае $W_{нач} = 0,227$ м/с для достижения такой же величины $K_{оч}$ необходимо продолжить разделение, последовательно добавляя рулонные элементы. Расчеты показывают, что для достижения величины $K_{оч}$, близкой к 21,8, необходимо добавить еще два элемента. Результаты вычислений для каждого элемента приведены в табл. 3.

По данным табл. 3 рассчитаем величины общего коэффициента извлечения и общего коэффициента очистки пермеата со всех трех элементов

$$\sum_3^3 K_{и} = 0,149 + 0,138 + 0,127 = 0,414. \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \sum_3^3 K_{оч} &= \frac{C_{нач}}{\sum_3^3 C_n} = \frac{C_{нач} \sum_3^3 K_{и}}{\sum_3^3 C_n \cdot K_{и}} = \\ &= \frac{1,5 \cdot 0,414}{0,0485 \cdot 0,149 + 0,0624 \cdot 0,138 + 0,0803 \cdot 0,127} = \\ &= 23,8. \end{aligned} \quad (25)$$

Видим, что при практически одинаковой глубине очистки разделение при скорости 0,227 м/с требует втрое большей мембранной поверхности, чем при 0,057 м/с, а доля получаемого пермеата $K_{и}$ уменьшается более чем на треть: от 0,564 до 0,414.

Паспортные характеристики элемента модели BW30-400 фирмы Filmtec, США
Specifications of the model element BW30-400 of the company Filmtec, USA

Длина напорного канала (длина элемента) L	0,9 м
Высота напорного канала $2H$	0,5 мм
Ширина напорного канала (длина мембранного пакета) B	0,9 м
Число пакетов в элементе N	24
Стандартная селективность $\varphi_{ст}$	97,9 %
Стандартная производительность по пермеату $G_{ст}$	34 л / (м ² ч)
(Стандартные условия: концентрация исходного разделяемого раствора $NaCl$ $C_{NaClx} = 1,5$ г/л, избыточное давление раствора на входе в элемент $p_{вх} = 16$ бар, $K_{и} = 0,15$, $t = 25^{\circ}$)	
Перепад давления в напорном канале $\Delta p_{нап}$	0,70 бар
Перепад давления в дренажном канале $\Delta p_{др}$	1,0 бар

Т а б л и ц а 2

Параметры разделяемого раствора $NaCl$ на выходе из элемента при различных начальных скоростях потока
The parameters of a shared NaCl solution at the outlet of the element at different initial flow rates

$W_{нач}$, м/с	$W_{вых}$, м/с	$k_{вых}$	$C_{к}$, кг/м ³	$C_{п}$, кг/м ³	$K_{и}$	$K_{оч}$	$\Delta p_{нап}$, бар
0,227	0,195	1,80	1,75	0,0485	0,149	31,0	0,70
0,057	0,027	1,00	3,35	0,0688	0,564	21,8	0,18

Т а б л и ц а 3

Результаты расчета параметров на выходе из рулонных элементов
($C_{нач} = 1,5$ кг/м³; $p_{нач} = 17$ бар; $W_{нач} = 0,227$ м/с)
The results of the calculation of parameters at the output of the rolling elements
($C_{нач} = 1,5$ kg/m³; $p_{нач} = 17$ bar; $W_{нач} = 0,227$ m/s)

№ элемента	$W_{вых}$, м/с	k	$C_{к}$, кг/м ³	$C_{п}$, кг/м ³	$K_{и}$	$K_{оч}$	$\Delta p_{нап}$, бар	$p_{вых}$, бар
1	0,195	1,80	1,75	0,0485	0,149	31,0	0,70	16,30
2	0,165	1,68	2,07	0,0624	0,138	24,0	0,60	15,70
3	0,135	1,57	2,49	0,0803	0,127	18,7	0,51	15,19

Таким образом, приведенные расчеты подтверждают целесообразность снижения рабочей скорости для получения заданного качества пермеата. Во-первых, сокращаются экономические затраты в связи с уменьшением расхода исходного потока и требуемой рабочей площади мембран. Во-вторых, уменьшение скорости снижает гидравлическое сопротивление напорного канала. Это положительно сказывается не только на движущей силе процесса, но и нивелирует

проявление «телескопического эффекта», который провоцирует смещение слоев навитых мембранных пакетов под действием гидравлического сопротивления и сокращает тем самым срок службы элемента. Полученный вывод справедлив для случая применения в элементе высокоселективных мембран, когда коэффициент очистки, рассчитанный для стандартных условий $K_{оч ст}$ превышает по величине задаваемую величину $K_{оч}$. (В нашем случае $K_{оч ст} = 31,0 > K_{оч} = 21,8$).

Библиографический список / References

1. A.Bodalo-Santoyo, J.L.Gomez-Carrasco, E.Gomez-Gomez, M.F.Maximj-Martin, A.M.Hidalgo-Montesinos. Spiral-wound membrane reverse osmosis and the treatment of industrial effluents. *Desalination*, v.160, issues 2, t. 5, 15 January, 2004, pp. 151-158.
2. U. Kremser, G. Drescher, S. Otto, V. Recknagel. First operating experience with the treatment of 3,100 m³/h of Elbe River water by means of reverse osmosis to produce process water and demineralised water for use in the pulp industry. *Desalination*, V. 189, issues 1-3, 1 March 2006, pp. 1236-1243.
3. M.J. Simpson, G.R.Groves. Treatment of pulp/paper bleach effluents by reverse osmosis. *Desalination*, v.47, issues 1-3, 1 May 1983, pp. 327-338.
4. Simon Atkinson. Treatment system tackles water purification and reuse in the pulp and paper industry. *Membrane technology*, V. 2001, issue 136, August 2001, pp. 10-11.
5. Свитцов А.А. Введение в мембранные технологии / А.А. Свитцов. – М.: ДеЛи принт. – 2007. – 280 с. Svitsov A.A. *Vvedenie v membrannye tekhnologii* [Introduction to metmdrane technology]. Moscow: DeLi print. 2007, 280 p.
6. Polyakov V.S., Polyakov S.V. On the calculation of reverse osmosis plants with spiral-wound membrane elements. *Desalination*, V. 104, issue 3, May 1996, pp. 215-226.
7. S.S. Sablari, MFAGoosen, R. Al-Belushi, M. Wilf. Concentration polarization in ultrafiltration and reverse osmosis. *Desalination*, v 141, issue 3, 2001, pp. 269-289.
8. Shengwei Ma, Lianfa Song, Say Leong Ong, Wun Gern Ng. A 2-D streamline upwind Petrov/Galerkin finite element model for concentration polarization in spiral wound reverse osmosis modules. *Journal of membrane science*, V. 244, issues 1-2, 15 November, 2004, pp. 129-139.
9. Жилин, Ю.Н. Баромембранное разделение раствора в плоском щелевом канале. Математическое описание и пример расчета обратноосмотического рулонного элемента / Ю.Н. Жилин // *Химическая промышленность сегодня*. – № 4. – 2015. – С. 33-43. Zhilin Yu.N. *Baromembrannoe razdelenie rastvora v ploskom shtshelevom kanale. Matematicheskoe opisanie i primer raschyota obratnoosmoticheskogo rulonnogo elementa* [Baromembrane separation of solution in a flat slop channel. Mathematical description and calculation example of spiral wound reverse osmosis element]. *Chemical Industry Today*, 2015, № 4, pp. 33-43.
10. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия. 1986. – 272 с. Dytnerskiy Yu.I. *Baromembrannye protsessy. Teoria i raschet*. [Baromembrane processes. Theory and calculation]. Moscow: Khimiya [Chemistry]. 1986. 272 p.

THE EFFECT OF THE FLOW RATE ON SEPARATION OF NaCl SOLUTION IN A SPIRAL REVERSE OSMOSIS ELEMENT

Zhilin Yu. N., Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾

iouri-jiline@yandex.ru

⁽¹⁾Moscow Forest State University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005 Mytishchi, Moscow reg., Russia

An analysis of the influence of the flow rate on the reverse osmosis separation process has been held by calculations of a specially developed mathematical model. The model describes the laminar flow moving under excess pressure in a narrow flat membrane channel. It takes into account the change in the concentration of permeate and membrane permeability depending on the magnitude of the concentration polarization, changing along the length of the channel. The essence of calculation is as follows: the channel is divided into several sections. On each of them, starting with the first, the concentration of solution is computed in two ways. The first way involves balance sheet ratios, the second path uses the changing shape of the concentration profile in the section of the channel. Concentration, calculated by the two ways, should appear within the specified error of calculation. Iteration method is used to find the concentration at the membrane surface. In this article the model is used for the calculation of the effect of the flow rate on the desalination process of NaCl solution in a spiral reverse osmosis element BW30-400, Filmtec company, USA. Inlet flow rate has varied from 0,227 m/s (the flow rate at standard condinions) to 0,057 m/s. Calculations show that in the case of a fixed coefficient of purification of permeate (it was chosen as 32,3) rate reduction has a positive effect on the process of separation: reduced costs due to the reduction of feed flow saves the working area of membranes. In addition, hydraulic resistance of pressurized channel is reduced. This has a positive effect on the driving force and eliminates the “telescoping effect” that reduces the lifetime of an element. The resulting output is valid for use within the highly selective membranes when the coefficient of purification calculated for standard conditions (in our case, 47,6) is greater than the coefficient in working conditions (in our case, 32,3).

Keywords: semipermeable membranes, reverse osmosis, baromembrane processus, spiral wound membrane element

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ДРЕВЕСНОГО ПОЛИМЕР-ПЕСЧАНОГО КОМПОЗИТА НА ЕГО МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Т.Н. СТОРОДУБЦЕВА, *проф.*, ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, *д-р техн. наук*⁽¹⁾,
А.А. АКСОМИТНЫЙ, *асп.* ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова⁽¹⁾

tamara-tns@yandex.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»,
394087, Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8

На первом этапе развития отечественной лесопильной промышленности ставился вопрос не об использовании отходов лесопиления, а об их уничтожении, так как эти отходы загромождали территорию вокруг лесозаводов и увеличивали опасность пожара. К сожалению, примерно так же обстоят дела с отходами в настоящее время. Огромное число мелких и средних лесоперерабатывающих производств, которые были созданы и ликвидированы на российской территории в течение последних двадцати лет, окружены неиспользуемыми древесными отходами, объемы которых постоянно увеличиваются. Одним из возможных путей решения данной проблемы является создание новых древесных композитов. В настоящее время практически ни одна научная разработка не обходится без применения современных методов математического моделирования. Это позволяет снизить себестоимость исследования и ускорить получение желаемого результата. В данной статье описана методика моделирования древесного полимер-песчаного композита. Для решения системы дифференциальных и алгебраических уравнений разработана компьютерная программа «Программа для моделирования структуры и механических свойств древесного полимер-песчаного композита». Программа, разработанная в среде Borland Delphi 7.0 на языке программирования Object Pascal, предназначена для моделирования механического поведения древесного полимер-песчаного композита заданного состава. На данный момент программа реализует испытание образца древесного композита на изгиб, непрерывно выводит на экран компьютера изображение образца и изгибающих пуансонов, а также диаграмму напряжение–деформация. На основе математической модели структуры и механического поведения древесного полимер-песчаного композита изучено влияние состава на прочностные характеристики. Установлено, что вплоть до концентрации древесины 80 % (при одновременной концентрации 13 % полимера и 7 % песка) материал сохраняет высокую прочность и пластичность. При низкой концентрации древесины (40 %) должна быть высокой концентрация полимера (40 %), чтобы обеспечивать связность материала.

Ключевые слова: математическое моделирование, древесина, структура, состав, механические свойства

Проблема рационального и полного использования отходов лесопиления и деревообработки в качестве вторичного технологического сырья давно приобрела важнейшее значение и сохраняет свою актуальность до сих пор. Огромное число мелких и средних лесоперерабатывающих производств, которые создаются и ликвидируются на российской территории в течение последних двадцати лет, окружены неиспользуемыми древесными отходами, объемы которых постоянно увеличиваются. Эти отходы загромождают территорию вокруг лесозаводов и увеличивают опасность пожара. Существует несколько способов утилизации древесных отходов. Наиболее перспективным является использование их в качестве наполнителя в композиционных материалах.

В настоящее время практически ни одна научная разработка не обходится без применения современных методов математического моделирования. Это позволяет сни-

зить себестоимость исследования и ускорить получение желаемого результата. Для разработки нового древесного композита с заданными свойствами экспериментальным путем необходимо изготовить огромное количество образцов, что является долгим и дорогостоящим процессом. В данной статье описана методика моделирования древесного полимер-песчаного композита.

Структура и механические свойства композиционных материалов чрезвычайно сложны для моделирования из-за необходимости учитывать в модели несколько компонентов и все виды механической связи между ними, форму и взаимное расположение частиц компонентов в материале, распределенную в пространстве внешнюю нагрузку [1–4]. В настоящей работе поставлена задача разработать математическую модель структуры и механических свойств древесного полимер-песчаного композита (ДППК), позволяющую теоретически изучить зависимость прочност-

ных и демпфирующих свойств от параметров исходных компонентов, технологии получения и внешних воздействий. При построении модели используются принципы дискретизация объекта, высокого пространственного разрешения. Кроме того, используются в полной мере вычислительные возможности современных компьютеров [5].

Изложим только основные положения модели. Моделирование структуры и механического поведения ДППК производится методом динамики частиц, который в последние десятилетия все чаще применяется в различных отраслях науки и техники [2–6]. Для того, чтобы модель обладала высоким пространственным разрешением, моделируемый образец ДППК разбивается на множество (1000–20000) элементов. Моделирование производится в двумерном пространстве XZ , при этом элементы имеют одинаковую круговую форму с одинаковым диаметром d_3 . Элементы по своим физическим свойствам делятся на три типа (древесина, полимер, песок). В процессе механических испытаний образца элементы имеют возможность двигаться по законам классической механики, что приводит к изменению формы и механического состояния всего образца. В частности, в модели можно воспроизвести различные виды разрушения материала, механические колебания и волны.

Состояние некоторого i -го элемента-круга задается четырьмя переменными: декартовыми координатами его центра (x_i, z_i) и двумя составляющими скорости (v_{xi}, v_{zi}). Механическое взаимодействие элементов между собой принято вязкоупругим, что позволяет заложить в модель основные механические свойства компонентов материала – модуль упругости, коэффициент внутреннего трения, силу адгезии. В модели учитывается, что между соседними элементами могут возникать силы отталкивания (при внедрении элементов друг в друга) или притяжения (при отдалении сцепленных элементов друг от друга).

Уравнения движения элементов составляются на основе второго закона Ньютона

$$\left\{ \begin{array}{l} m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_3} \left(\begin{array}{l} c_{ij} (d_3 - r_{ij}) \frac{(x_i - x_j)}{r_{ij}} + \\ + k_{ij} (r_{ij} - d_3) (v_{xi} - v_{xj}), \\ r_{ij} < d_3 + \Delta d_B; \\ 0, r_{ij} \geq d_3 + \Delta d_B; \end{array} \right) + \sum_{k=1}^{N_{\text{вн}}} F_{xik}^{\text{вн}}; \\ m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2} = -m_i g + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N_3} \left(\begin{array}{l} c_{ij} (d_3 - r_{ij}) \frac{(z_i - z_j)}{r_{ij}} + \\ + k_{ij} (r_{ij} - d_3) (v_{zi} - v_{zj}), \\ r_{ij} < d_3 + \Delta d_B; \\ 0, r_{ij} \geq d_3 + \Delta d_B; \end{array} \right) + \sum_{k=1}^{N_{\text{вн}}} F_{zik}^{\text{вн}}, \end{array} \right.$$

где i – номер элемента;

m_i – масса i -го элемента;

x_i, z_i – декартовы координаты элемента;

t – время;

N_3 – количество элементов;

j – номер элемента, возможно контактирующего с i -м элементом;

c_{ij} и k_{ij} – коэффициенты жесткости и вязкости взаимодействия элементов i и j ;

r_{ij} – расстояние между центрами элементов i и j ;

v_{xi}, v_{zi} – декартовы составляющие скорости i -го элемента;

$d_3 + \Delta d_B$ – расстояние ограничения взаимодействия между элементами;

g – ускорение свободного падения;

k – номер внешнего объекта, действующего на материал (в частности, пуансон при испытаниях);

$N_{\text{вн}}$ – количество внешних действующих объектов;

$F_{xik}^{\text{вн}}, F_{zik}^{\text{вн}}$ – декартовы составляющие силы, действующей со стороны k -го внешнего объекта на i -й элемент, рассчитываемые по формулам, соответствующим форме внешнего объекта (прямоугольный и круглый пуансоны, колеса автомобиля и т. д.).

Расстояние r_{ij} между центрами элементов рассчитывается через координаты их центров по теореме Пифагора

$$r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (z_i - z_j)^2}.$$

В начальный момент времени элементы случайным образом распределяются в области прямоугольной формы. Для того, чтобы первоначально нестабильная механическая система пришла в механическое равновесие, в

течение 1 с модельного времени производится интегрирование уравнений механического движения элементов. В результате этого элементы формируют плотную упаковку. После этого производится разбиение модельного композита на компоненты в соответствии с заданными концентрациями компонентов $C_{др}$, $C_{по}$, $C_{пе}$. В первую очередь выделяется множество области пространства, представляющие собой древесину. В зависимости от заданного размера и формы древесных фрагментов (опилки, стружки) они представляются определенной комбинацией элементов, в частности, в форме прямоугольника. Затем, в соответствии с заданным составом, оставшиеся элементы разделяются случайным образом на «полимер» и «песок».

По общепринятой классификации моделей, предлагаемая модель является алгоритмической, но не аналитической. Это означает, что выходные характеристики модели рассчитываются по входным не путем аналитических преобразований (это в принципе невозможно из-за сложности моделируемого процесса), а с помощью пространственной и временной дискретизации, и соответствующего алгоритма расчета.

В модели используется ряд коэффициентов, связанный с дискретизацией среды (разбиением на отдельные элементы шаровой формы): m_s , d_s , c , k , Δd_B . Изложим методику их определения по справочным данным для исходных компонентов.

Для решения системы дифференциальных и алгебраических уравнений, которая лежит в основе модели, разработана компьютерная программа «Программа для моделирования структуры и механических свойств древесного полимер-песчаного композита». Программа разработана в среде Borland Delphi 7.0 на языке программирования Object Pascal. Программа предназначена для моделирования механического поведения древесного полимер-песчаного композита заданного состава. В окнах главной интерфейсной формы и в тексте программы могут быть заданы концентрации компонентов, их механические свойства, геометрия модельного образца и технология его формирования [7–10].

В процессе работы программа реализует испытание образца на изгиб, непрерывно выводит на экран компьютера изображение образца и изгибающих пуансонов полукруглой формы, а также диаграмму напряжение–деформация. Программа позволяет использовать количество элементов композита от 5000 до 20000, при этом ориентировочное время проведения одного компьютерного эксперимента порядка 5 мин (при тактовой частоте процессора 3 ГГц).

В процессе компьютерного эксперимента верхний пуансон движется вниз с заданной скоростью ($v_n = 0,3$ м/с), при этом модельный образец ДППК опирается на два нижних пуансона, расположенных на расстоянии L_n . Пуансоны имеют рабочие поверхности круговой формы (с радиусом R_n), что соответствует их цилиндрической форме при реальных испытаниях в трехмерном пространстве. Соотношение длины к ширине образца составляет $L : B = 5 : 1$.

По мере изгиба образец сначала деформируется без разрушения (при этом на диаграмме «деформация–напряжение» наблюдается практически линейный рост зависимости $\sigma(\epsilon)$). При определенной деформации образца в нижней части появляется трещина, которая быстро распространяется по всей толщине образца (рис. 1, 2). При этом напряжение на графике $\sigma(\epsilon)$ быстро падает (рис. 3). При дальнейшей деформации происходит постепенное разрушение оставшихся связей между частями образца, вследствие чего напряжение не падает до нуля, а остается на уровне 3–7 МПа.

По максимуму графика $\sigma(\epsilon)$ определяется предел прочности σ_n образца в испытаниях на изгиб. Предельная деформация на изгиб ϵ_n определяется по положению участка резкого спада зависимости $\sigma(\epsilon)$. С точки зрения потенциального применения ДППК желательнее, чтобы характеристики σ_n и ϵ_n были как можно большими. Эти условия можно использовать как критерии при поиске оптимальных составов материала.

В рамках данной работы изучено влияние состава ДППК на его прочностные параметры σ_n и ϵ_n . Так как основной новизной

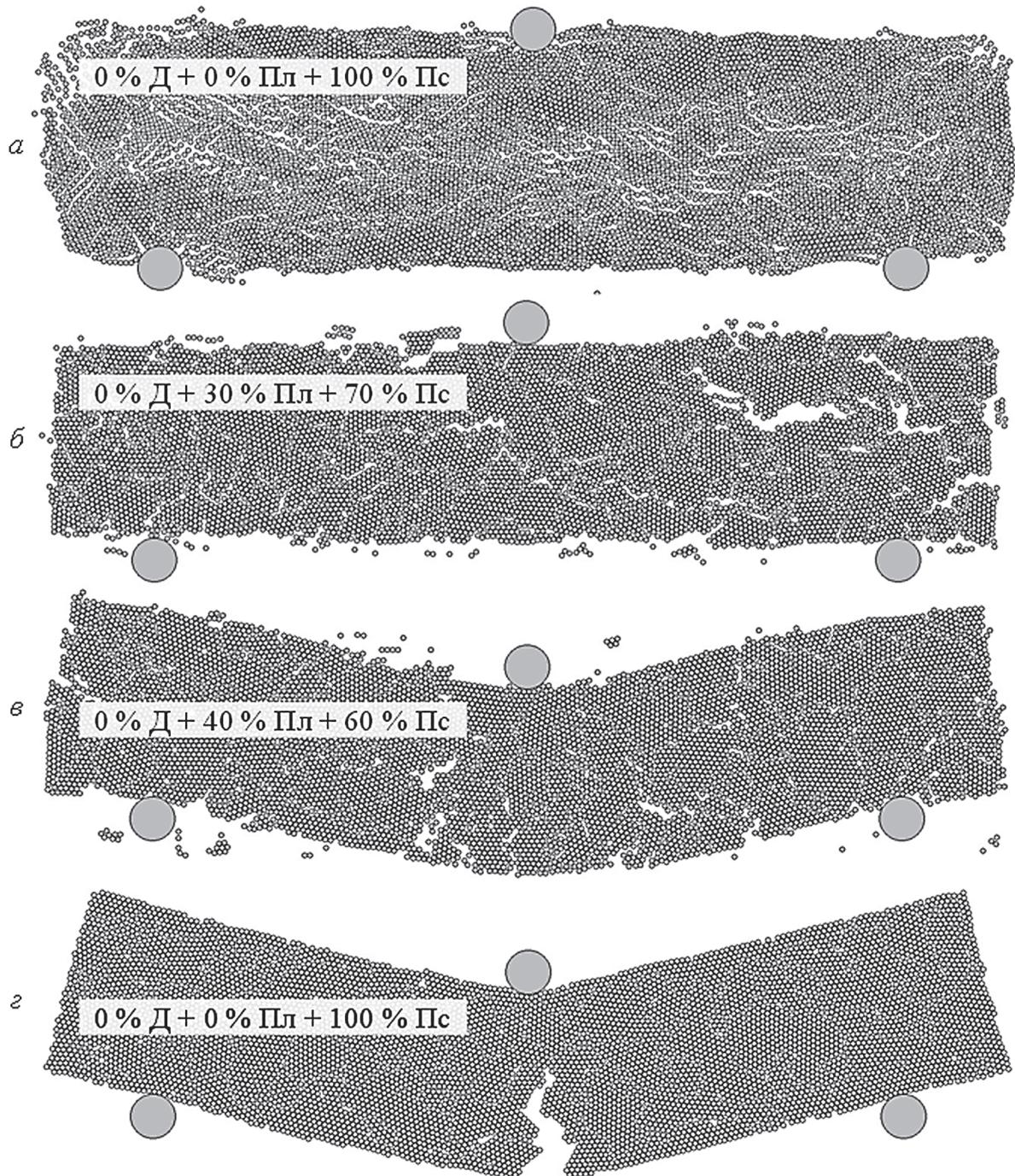


Рис. 1. Разрушение модельных образцов полимер-песчанного композита с различным содержанием компонентов при испытаниях на изгиб

Fig. 1. The destruction of the model samples of a polymer-sand composite with the different content of components when tested in bending

ДПК является наличие песка в его составе, в первую очередь проведено исследование системы полимер-песок, в которой песок придает материалу прочность, дешевизну, но в то же время хрупкость и склонность к фрагментации, а полимер – связность и гибкость. При попытке составить образец из

чистого песка – он закономерно рассыпается в модели на отдельные элементы – песчинки (рис. 1, а). При добавлении полимера в малых количествах, вплоть до концентрации полимера 40 %, образец рассыпается под воздействием пуансонов (рис. 1, б). При дальнейшем увеличении концентрации $c_{Пп}$ полимера об-

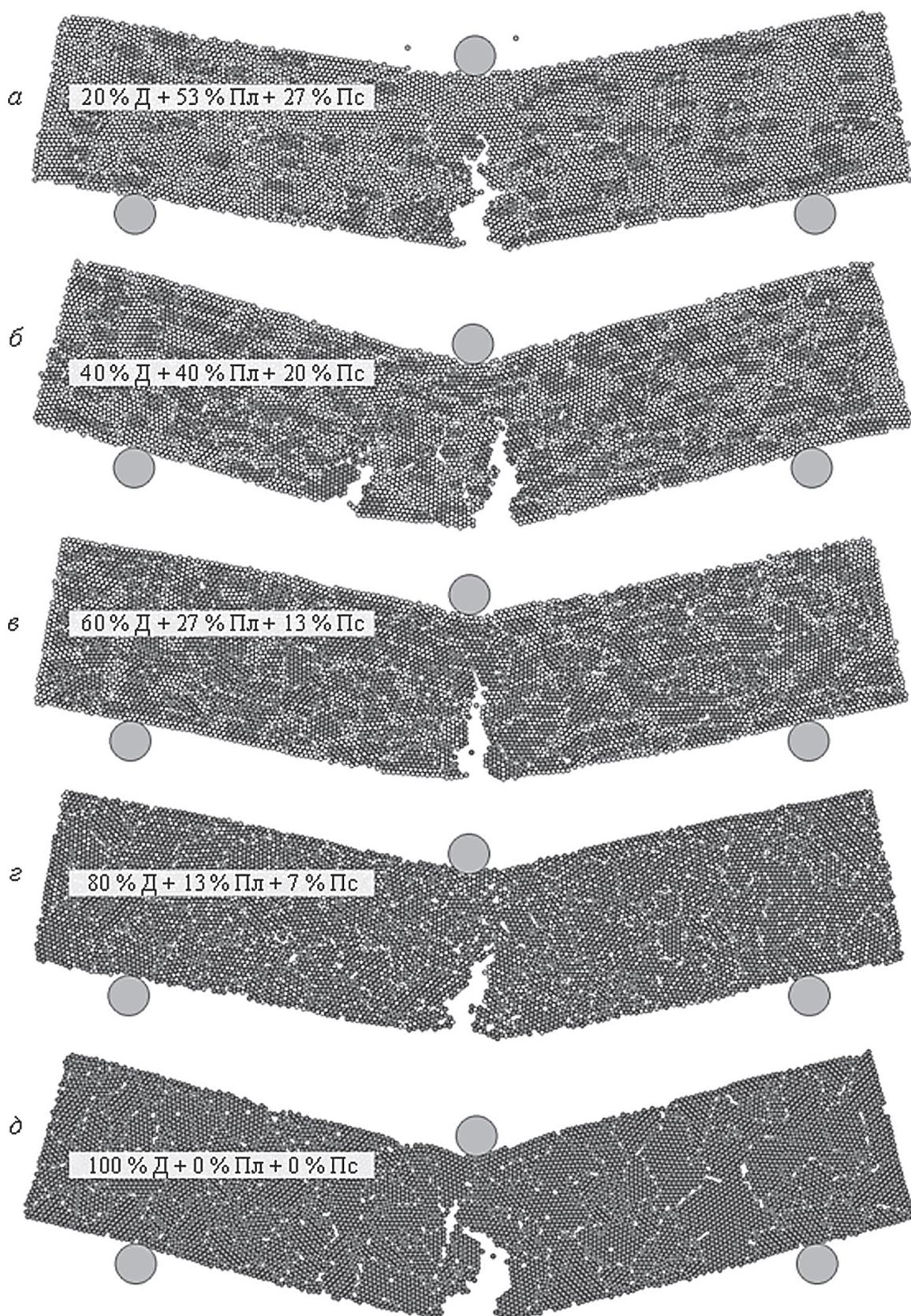


Рис. 2. Разрушение модельных образцов ДППК с различным содержанием древесины и постоянным отношением 2 : 1 концентраций полимера и песка

Fig. 2. The destruction of the model samples of DPPK with the different content of wood and the constant ratio of 2 : 1 concentrations of polymer and sand

разец становится все менее хрупким (рис. 1, в, з). Как видно из графика $\sigma_n(c_{Пл})$ (рис. 4, а), при концентрациях от 30 до 40 % полимера происходит резкий рост предела прочности, далее σ_n увеличивается практически линейно. Предельная деформация ϵ_n , начиная с $c_{Пл} = 40\%$, остается практически постоянной (рис. 4, б). Поэтому соотношение концентраций полимера и песка в ДППК должно быть 40 : 60 или концентрация полимера должна еще больше превышать концентрацию песка.

Для изучения влияния концентрации древесины c_D в ДППК проведена серия компьютерных экспериментов, в которой изменяли c_D от 0 до 100 % с шагом 10 % при постоянном соотношении концентраций полимера и песка $c_{Пл} : c_{Пс} = 2 : 1$ (рис. 2). Обнаружено, что наилучшими механическим свойствами материал обладает при концентрации древесины около 50 % (концентрация полимера и песка при этом $c_{Пл} = 33\%$, $c_{Пс} = 17\%$). С увеличением концентрации древесины от 0 до 50 % увеличиваются σ_n и ϵ_n , то есть увеличивается прочность и уменьшается хрупкость материала за счет армирования композита древесными фрагментами и уменьшения концентрации песка, вызывающего хрупкость (рис. 5). Однако дальнейшее увеличение концентрации древесины (от 50 до 100 %) нецелесообразно, так как уменьшается содержание полимера и его становится недостаточно, чтобы надежно окружить древесные фрагменты и обеспечить прочную связь между ними. При этом материал также становится хрупким и при-

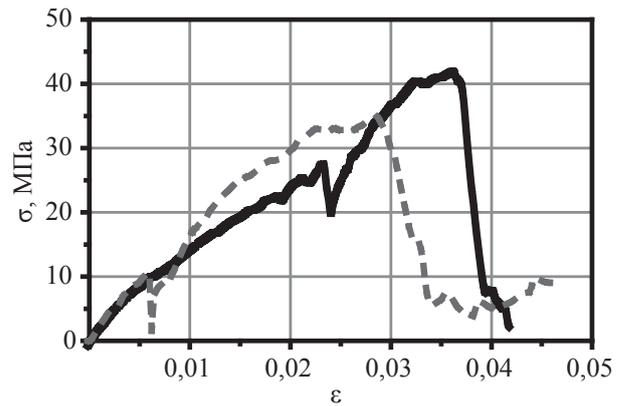


Рис. 3. Диаграмма деформация–напряжение при испытании на изгиб ППК состава 67 % ПЛ + 33 % Пс (штриховая линия) и ДППК состава 50 % Д + 33 % ПЛ + 17 % Пс (сплошная линия)

Fig. 3. Strain-stress chart during the bending test of ACC composition of 67 % ПЛ + 33 % Пс (dashed line) and WSPC composition 50 % Д + 33 % ПЛ + 17 % Пс (solid line)

ближается по свойствам к слабо склеенным и слежавшимся опилкам. Кроме того, снижение предела прочности σ_n происходит из-за уменьшения содержания песка, придающего прочность материалу. Таким образом, в качестве оптимального можно рассматривать состав 50 % Д + 33 % ПЛ + 17 % Пс.

Необходимо отметить, что данная модификация модели адекватна при концентрациях древесины до 80–90 %, а при больших концентрациях воспроизводит не отдельные слабо связанные между собой фрагменты древесины, а протяженные связанные участки древесины. В случае $c_D = 100\%$ воспроизводится цельный образец древесины с изотропными свойствами. Поэтому для кон-

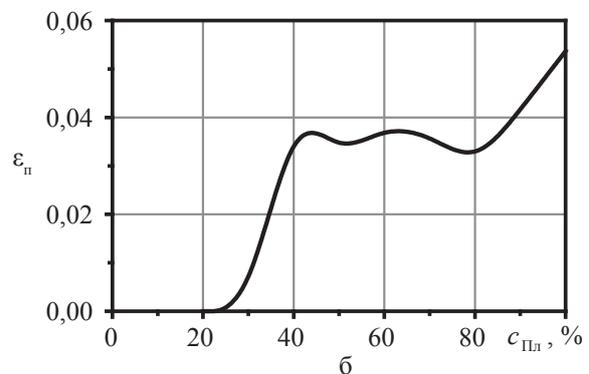
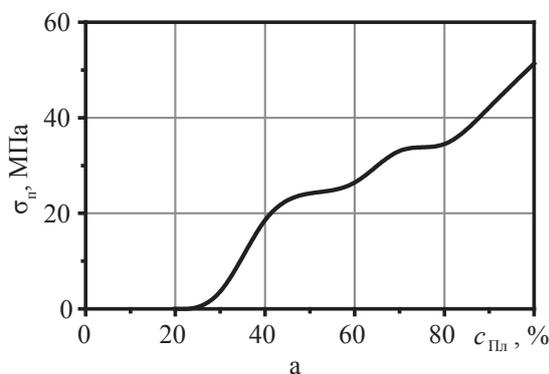


Рис. 4. Зависимость предела прочности σ_n и предельной относительной деформации ϵ_n при испытании полимер-песчаного композита на изгиб от концентрации полимера $c_{Пл}$

Fig. 4. The dependence of tensile strength σ and maximum relative deformation ϵ when testing a polymer-sand composite in bending on the concentration of the polymer $c_{Пл}$

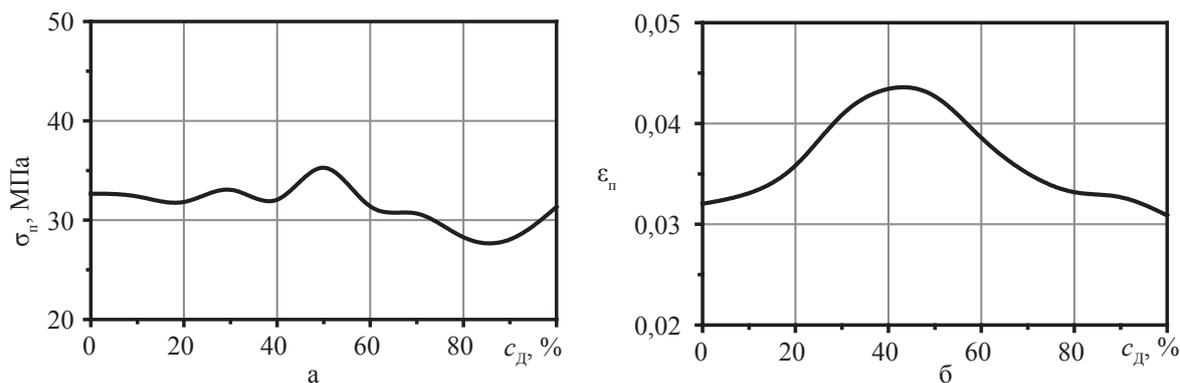


Рис. 5. Зависимость предела прочности σ_n и предельной относительной деформации ε_n при испытании на изгиб ДППК от концентрации древесины c_d (при $c_{пл} : c_{пс} = 2 : 1$)

Fig. 5. The dependence of tensile strength σ and maximum relative deformation ε when the bending test WPSK on the concentration of wood c_d ($c_{пл} : c_{пс} = 2 : 1$)

центрации древесины более 80–90 % необходима была бы доработка модели, однако при высоких концентрациях древесины материал заведомо обладает непривлекательными механическими свойствами и уже не относится к классу ДППК.

Задавшись средним значением концентрации древесины $c_d = 40\%$, провели серию компьютерных экспериментов, в которых изменяли соотношение полимера и песка в материале. Концентрацию полимера изменяли от 30 до 60 %, при этом концентрация песка соответственно изменялась от 30 до 0 %. Обнаружено, что при концентрации полимера около 35 % достигается высокая прочность материала (более 35 МПа), что, по-видимому, связано с высокой концентрацией песка ($c_{пс} = 25\%$). Кроме того, высокие механические свойства достигаются при увеличении концентрации полимера вплоть до 60 % и полном исключении песка (σ_n до 46 МПа, ε_n до 0,04). Однако такие концентрации полимера значительно удорожают материал и противоречат самому принципу удешевления композита за счет добавления песка. Поэтому данная серия компьютерных экспериментов позволяет рекомендовать в качестве оптимального состав 40 % Д + 35 % Пл + 25 % Пс.

Таким образом, на основе математической модели структуры древесного полимер-песчаного композита изучено влияние состава на прочностные свойства. Оптимальным составом древесного полимер-песчаного

композита, при котором достигаются приемлемые предел прочности и предельная деформация, является состав 40–50 об. % древесины, 33–35 об. % полимера, 17–25 об. % песка.

Библиографический список

1. Мышкис, А.Д. Элементы теории математических моделей / А.Д. Мышкис. – М.: КомКнига, 2007. – 192 с.
2. Кривцов, А.М. Деформирование и разрушение тел с микроструктурой / А.М. Кривцов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 304 с.
3. Гулд, Х. Компьютерное моделирование в физике Ч. 2. / Х. Гулд, Я. Тобочник. – М.: Мир, 1990. – 400 с.
4. Хеерман, Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике / Д.В. Хеерман. – М.: Наука, 1990. – 176 с.
5. Румшицкий, Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента: справочное руководство / Л.З. Румшицкий. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
6. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.
7. Стородубцева, Т.Н. Особенности математического моделирования древесного полимер-песчаного композита / Т.Н. Стородубцева, А.А. Аксомитный // Лесотехнический журнал. – 2014. – Т. 4. – № 4 (16). – С. 131–139.
8. Стородубцева, Т.Н. Принципы обеспечения совместности древесного наполнителя и полимера в композите / Т.Н. Стородубцева, А.А. Аксомитный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 12. – Ч. 1. – С. 41–46.
9. Стородубцева, Т.Н. Результаты исследования прочностных характеристик древесных композиционных материалов / Т.Н. Стородубцева, А.А. Аксомитный. – Воронеж: ВГЛТА, 2014. – 33 с. – Деп. в ВИНТИ 22.10.2014, № 286-В2014.
10. Стородубцева, Т.Н. Исследование влияния свойств древесного наполнителя на трещиностойкость композиционного материала / Т.Н. Стородубцева, А.А. Аксомитный // Лесотехнический журнал. – 2014. – Т. 4. – № 3 (15). – С. 213–220.

THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF WOOD POLYMER-SAND COMPOSITE ON ITS MECHANICAL PROPERTIES

Storodubtseva T.N., Prof. VSFEU, Dr. Sci. (Tech.)⁽¹⁾; **Aksomitny A.A.**, pg. VSFEU ⁽¹⁾

tamara-tns@yandex.ru

Voronezh State University of Forestry and Technologies, 394087, Russia, Voronezh, Timiryazeva str, 8

In the first stage of development the domestic lumber industry raised not the issue of the use of sawmill wastes but of their destruction, as these wastes cluttered up the area around the sawmill and increased the fire hazard. Unfortunately, the situation with waste management at the present time is the same. A huge number of small and medium wood processing industries, which have been created and abolished in the Russian territory in the last twenty years, are surrounded by unused wood waste, the volume of which is constantly increasing. One of the possible ways of solving this problem is the creation of new wood-based composites. At the present time almost no scientific development is complete without the use of modern methods of mathematical modeling. This allows to reduce the cost of research and to get the desired result. This article describes the technique of wood resin-sand composite modelling. To solve a system of differential and algebraic equations a software Program for modeling the structure and mechanical properties of wood polymer-sand composite has been developed. The program, developed in the environment of Borland Delphi 7.0 by Object Pascal programming language is used to model the mechanical behavior of wood resin-sand composite of a given composition. At the moment the program implements the test of a wood composite sample in bending, continuously displaying a computer image of the sample and the bending punches, as well as the diagram of stress-strain. Based on a mathematical model of the structure and mechanical behaviour of wood resin-sand composite the influence of the composition on strength characteristics has been studied. It is established that up to a 80 % concentration of wood (with the concentration of 13 % resin and 7 % sand) material retains high strength and ductility. At low concentration of wood (40 %) concentration of polymer should be high (40 %) to ensure the connectivity of the material.

Keywords: mathematical modeling, wood, structure, composition, mechanical properties

References

1. Myshkis A.D. *Elementy teorii matematicheskikh modeley* [Elements of the theory of mathematical models]. Moscow: KomKniga, 2007, 192 p.
2. Krivcov A.M. *Deformirovanie i razrushenie tel s mikrostrukturoy* [Deformation and fracture of bodies microstructure]. Moscow: FIZMATLIT, 2007, 304 p.
3. Guld X. Tobochnik Ya. *Kompyuternoe modelirovanie v fizike Ch. 2* [Computer modeling in physics]. Moscow: Mir, 1990, 400 p.
4. Xeerman D.V. *Metody kompyuternogo eksperimenta v teoreticheskoy fizike* [Methods of computer experiment in theoretical physics]. Moscow: Nauka, 1990, 176 p.
5. Rumshiskij L.Z. *Matematicheskaya obrabotka rezultatov eksperimenta* [Mathematical processing of experimental results]. Moscow: Nauka, 1971, 192 p.
6. Gmurman V.E. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika* [Probability theory and mathematical statistics]. Moscow: Vysshaya shkola, 2003, 479 p.
7. Storodubtseva T.N. Aksomitnyy A.A. *Osobennosti matematicheskogo modelirovaniya drevesnogo polimer-peschanogo kompozita* [Features of mathematical modeling of wood – polymer composite sand] *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Journal of Forestry]. 2014, no. 4 (16), pp. 131-139.
8. Storodubtseva T. N. Aksomitnyy A. A. *Principy obespecheniya sovmestimosti drevesnogo zapolnitelya i polimera v kompozite* [The principles of compatibility of wood filler and polymer in the composite] *International Journal of Applied and Basic Research*. 2014. no. 12, ch. 1, pp. 41-46.
9. Storodubtseva T. N. Aksomitnyy A.A. *Rezultaty issledovaniya prochnostnykh kharakteristik drevesnykh kompozitsionnykh materialov* [Results of the study of strength characteristics of wood composite materials]. Dep. VINITI 22.10.2014, № 286-V2014]. Voronezh, 2014, 33 p.
10. Storodubtseva T. N. Aksomitnyy A. A. *Issledovanie vliyaniya svoystv drevesnogo zapolnitelya na treshhinostoykost kompozitsionnogo materiala* [Study of the influence of the properties of wood filler on the fracture toughness of the composite material] *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Journal of Forestry]. 2014, no. 3 (15), pp. 213-220.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ, УСТОЙЧИВОЙ К РАЗРЫВАМ И ЗАДЕРЖКАМ В КАНАЛАХ СВЯЗИ

И.Д. АНТОНОВ, *нач. отделения 805 ФГУП ЦНИИмаш, ЦУП*⁽¹⁾,
А.В. ГЛАЗКОВ, *нач. лаборатории ФГУП ЦНИИмаш, ЦУП*⁽¹⁾,
Д.А. ЗЕЛЕНОВ, *нач. отдела 8053 ФГУП ЦНИИмаш, ЦУП, канд. техн. наук*⁽¹⁾,
Н.Л. СОКОЛОВ, *зам. нач. ЦУП ФГУП ЦНИИмаш*⁽¹⁾,
А.Н. ТИТОВ, *нач. сектора ФГУП ЦНИИмаш, ЦУП, канд. физ.-мат. наук*⁽¹⁾

aid@mcc.rsa.ru, sokolov@mcc.rsa.ru, zelenov@mcc.rsa.ru, a.glazkov@mcc.rsa.ru

⁽¹⁾ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП ЦНИИмаш),
141070, Московская область, г. Королёв, ул. Пионерская, д. 4

Рассмотрены вопросы создания космической информационной сети, устойчивой к разрывам и задержкам в каналах связи, которая основана на технологии Disruption (Delay) Tolerant Networking (DTN). Указаны недостатки существующей технологии информационного взаимодействия при осуществлении космических миссий, в том числе дальнего космоса. Основные проблемы, с которыми приходится сталкиваться в таких системах, состоят в задержках, искажениях и разрывах связи при осуществлении информационного взаимодействия в процессе управления КА и получения целевой информации. В статье определены и описаны основные принципы создания космической сети информационного взаимодействия, устойчивой к разрывам и задержкам в каналах связи при реализации миссий дальнего космоса. Среди них создание DTN-узлов на основе рекомендаций подкомитета CCSDS, гибкая система адресации, обеспечение возможности передачи пакетов данных произвольной длины, автоматизация процедур контроля и учета передачи пакетов и обеспечение защиты от несанкционированного доступа, а также обеспечение конфиденциальности информации. При этом учтена возможность дальнейшей интеграции элементов создаваемой сети в международную космическую инфраструктуру без значительных дополнительных затрат. Описаны протоколы передачи информации в DTN-сети, основными из которых являются Bundle-протокол (основной протокол обмена данными между DTN узлами) и Licklider-протокол (протокол нижнего уровня для Bundle протокола). Описаны их структура и возможности. Вместе с этим приведен краткий обзор международного опыта проведения экспериментов по отработке DTN-технологии в реальных космических условиях.

Ключевые слова: космический аппарат, космическая сеть, дальний космос, информационное взаимодействие, управление космическими аппаратами, протокол

В условиях планируемого расширения космических миссий дальнего космоса существенно возрастают требования к обеспечению надежного управления КА, в том числе в условиях возможных разрывов и задержек передачи информации в каналах связи.

При выполнении космических проектов обмен данными, как правило, основывается на простой схеме точка–точка между космическим аппаратом и наземными приемно-передающими станциями космической связи. Доставка полученных от КА данных из наземных приемно-передающих станций в центры обработки информации осуществляется посредством специализированной наземной инфраструктуры связи. Такая организация системы связи обеспечивает сравнительно невысокую скорость обмена данными, при этом требует высоких затрат на содержание наземных станций, имеющих уникальные дорогостоящие антенные системы. Другой существенный недостаток такого способа

взаимодействия заключается в том, что, если во время сеанса происходит сбой работы системы связи на каком-либо участке, часть передаваемой информация теряется и необходимо проведение повторного сеанса в полном объеме. В особенности эти недостатки связи сказываются на качестве информационного обеспечения проектов дальнего космоса. Современный подход информационного обмена предполагает использование более сложных сценариев обмена данными, основанных на использовании ретрансляторов, расположенных в космосе.

В настоящей работе определен перечень основных принципов создания космической сети информационного взаимодействия, устойчивой к разрывам и задержкам в каналах связи при реализации миссий дальнего космоса. При этом учитывается возможность дальнейшей интеграции элементов создаваемой сети в международную космическую инфраструктуру без значительных затрат.

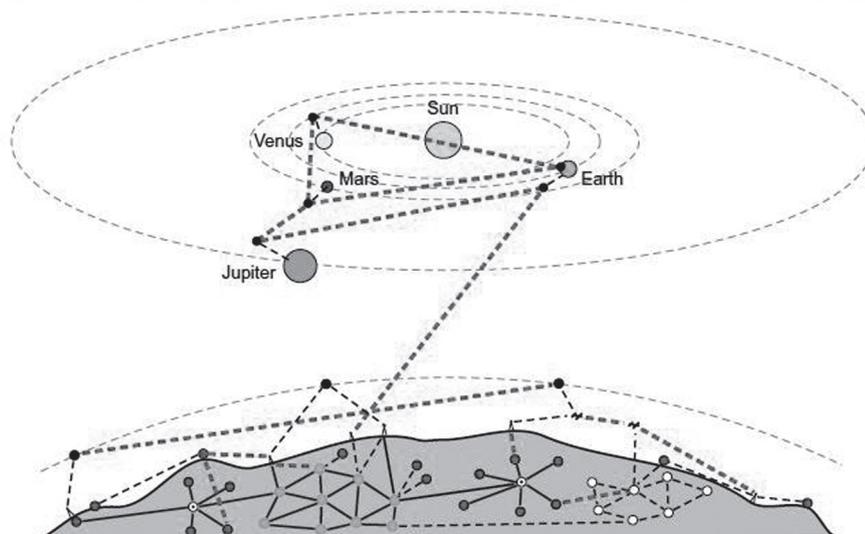


Рис. 1. Схема информационных взаимодействий в сети DTN
 Fig. 1. A scheme of information interactions in the DTN network

Учитывая, что современный опыт построения наземных информационных систем и сетей базируется на использовании достаточно стабильных каналов, следует сказать, что одной из основных задач является разработка и реализация протоколов обмена данными, которые способны обеспечить гарантированную доставку информации в системах дальней космической связи в условиях длительных задержек прохождения сигнала и разрывов канала.

Международный Консультативный Комитет по космическим системам передачи данных (CCSDS) опубликовал ряд документов RFC, описывающих как концепцию технологии Disruption (Delay) Tolerant Networking (DTN) [1], так и отдельные элементы технологии [2–4]. Основанная на принципах DTN технологии сеть представляет собой надстройку над региональными сетями. Основные принципы архитектуры этой над сети изложены в документе RFC 4838 – Delay-Tolerant Networking Architecture [1].

На настоящий момент разработаны несколько реализаций программного обеспечения DTN, однако многие вопросы функционирования сетей DTN требуют дальнейшего исследования и доработок. DTN представляет собой технологию обеспечения устойчивой и надежной связи в системах дальней космической связи, включающих объекты дальне-

го космоса и наземные системы связи. Схема информационных взаимодействий в сети DTN показана на рис. 1.

Основные проблемы, с которыми приходится сталкиваться в таких системах, состоят в следующем: задержки, искажения или разрывы связи.

Существенные задержки возникают при передаче информации на большие расстояния вследствие ограниченной скорости распространения радиоволн. Так, например, при полете к Марсу время прохождения сигнала может достигать десятков минут, в зависимости от положения Земли и Марса на их орбитах. Искажения выражаются в виде роста числа ошибок, обусловленного затуханием сигнала при передаче на сверхбольшие расстояния. Искажения также могут быть вызваны солнечными бурями и другими факторами передачи данных в космосе. Разрывы связи обусловлены либо естественными причинами, либо причинами технологического характера.

Причины естественного характера: при проведении сеансов связи со спутником, находящимся на орбите вокруг Марса, необходимо учитывать, что связь со спутником невозможна в те моменты, когда он скрыт от Земли планетой Марс.

Технологические причины: связь наземных пунктов приема и обработки сигнала

с объектом на поверхности Марса обеспечивается через спутник-ретранслятор на орбите Марса, который не может одновременно обеспечить связь с Землей и объектом на поверхности Марса. Иными словами, в каждый данный момент связь возможна либо с Землей, либо с объекта на поверхности Марса.

Основными протоколами передачи информации в DTN-сети являются Bundle-протокол Licklider-протокол [11].

Bundle-протокол (BP) является основным протоколом обмена данными между DTN узлами. Данный протокол разработан рабочей группой DTNRG. Полная техническая спецификация этого протокола описана в документе [2, 5]. Суть этого протокола заключается в том, что подлежащие пересылке данные, представляющие собой сообщение произвольной длины, трансформируются в специальные пакеты (Bundle), которые могут пересылаться в различных гетерогенных сетях. Каждый такой пакет (Bundle) содержит следующие типы данных:

- данные, сформированные на прикладном уровне, содержащие смысловую часть передаваемой информации;
- служебные данные, описывающие назначение, структуру, способы обработки и хранения передаваемых данных. Служебные данные формируются отправителем и предназначены получателю;
- заголовок пакета, который содержит адреса отправителя, получателя, промежуточных DTN узлов, принимающих на себя ответственность за доставку, и другую служебную информацию, определяемую Bundle протоколом.

Блоки во время передачи между DTN-узлами могут быть разделены еще на несколько связок, которые при необходимости могут фрагментироваться еще раз.

Деление сообщений на блоки и обратная сборка могут происходить в любом DTN-узле, выполняя важную роль по обеспечению эффективности использования каналов связи. Во-первых, размеры фрагментов подбираются таким образом, чтобы наиболее полно загружать канал и не допускать его простоев, во-вторых, в случае сбоя бандл реструктури-

руется так, чтобы не допускать повторной отправки уже переданной части данных.

Передача данных от источника получателю организована на основе пакетов, содержащих несколько (не менее двух) блоков, структура которых описана ниже.

Структура первичного блока Bundle-протокола приведена табл. 1, а структура блока полезной нагрузки в табл. 2.

Ключевые особенности этого протокола состоят в следующем:

- транзит данных на основе принципа ответственности за доставку;
- устойчивость к неожиданным разрывам связи;
- способность максимально эффективно учитывать известные заранее моменты разрывов связи и использовать существующие возможности связи;
- позднее связывание идентификаторов сетевой оболочки с реальными сетевыми адресами.

Протокол BP может взаимодействовать с разными протоколами транспортного уровня, расширяя возможности обмена информацией между DTN-узлами в гетерогенных сетях. В наземной сети протокол BP может работать поверх широко распространенного протокола TCP, предусматривающего механизм гарантированной доставки сообщений, однако при необходимости работы поверх протокола UDP или протоколов CCSDS обеспечение надежности доставки ложится на протокол LTP (LickliderTransmissionProtocol).

Licklider Transmission Protocol – протокол связи «точка–точка», разработанный для использования в каналах передачи данных дальнего космоса. Этот протокол обеспечивает устойчивую связь при наличии больших задержек на прохождение сигнала, характерных для связи на большие, сравнимые с межпланетными расстояния.

Этот протокол базируется на опыте разработки и использования протокола пересылки файлов – FileDeliveryProtocol (CFDP), разработанного CCSDS. Этот протокол рассматривается в качестве протокола нижнего уровня для Bundle протокола, предназначен-

Структура первичного блока Bundle-протокола
The structure of the primary unit of Bundle protocol

Номер версии протокола	Набор признаков
Длина блока	
Адрес получателя (в формате DTN)	
Адрес источника (в формате DTN)	
Адрес администратора (в формате DTN)	
Адрес опекуна (в формате DTN)	
Время создания	
Последовательный номер	
Время существования	
Длина словаря (число байтов)	
Словарь (массив переменной длины, состоящий из байтов)	
Fragmentoffset	
Полная Длина массива прикладных данных	

Структура блока полезной нагрузки
Payload Unit Structure

Тип блока	Контрольные признаки процесса обработки
Длина блока	
Полезная нагрузка (переменной длины)	

ного для межсетевого обмена информацией между различными типами сетей.

Возможности **Licklider**-протокола:

– надежная транспортировка важных данных (таких как заголовок файла);

– ненадежная транспортировка менее важных данных (таких как отдельные пиксели изображения – отдельные сбойные пиксели можно игнорировать при восстановлении целого изображения);

– не требует переговорного процесса для установления связи, что имеет большое преимущество при больших временах на передачу данных;

– низкое потребление энергии при передаче, так как посылает данные только при наличии канала связи и различает уровни важности данных;

– таймеры протокола работают совместно с коммуникационным расписанием и могут быть приостановлены в соответствии с расписанием доступности каналов связи;

– требует информированности о доступности канала связи, времени, необходимого для прохождения сигнала «туда–обратно»;

– протокол может поддерживать обмен данными в одном направлении, обходит проблемы, связанные с длительным временем прохождения сигнала в режиме «туда–обратно».

Приложение, использующее данный протокол, имеет возможность посылать данные двух типов (при этом любая часть может иметь нулевой размер):

Красная часть. Содержит данные, требующие надежной передачи, получатель этих данных должен отослать подтверждение о получении, пока такое подтверждение не получено, отправитель должен хранить эти данные. Например, это может быть заголовок файла, который содержит важную информацию, необходимую для декодирования всего файла. Если этот заголовок будет утерян при передаче, все остальные данные невозможно будет декодировать.

Зеленая часть. Содержит данные, не требующие надежной доставки. Для этих данных не требуется уведомление об их получении, они могут быть удалены отправителем сразу же после их отправки.

Первый весомый шаг при отработке принципов создания космической информа-

ционной сети, устойчивой к разрывам и задержкам в каналах связи, был сделан в 2008 г. Лаборатория реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory – JPL) по контракту с NASA установила и протестировала элементы (Bundle Protocol и Licklider Transmission Protocol) DTN-технологии на космическом аппарате дальнего космоса и девяти компьютерах в самой лаборатории. Этот эксперимент выполнялся в тесной кооперации с проектом EPOXI, который представляет собой комбинацию двух компонентов – наблюдения за планетами вне Солнечной системы (эксперимент Extrasolar Planet Observations and Characterization – Epoch) и пролет около кометы Хартли 2 (эксперимент Deep Impact Extended Investigation – DIXI).

Эксперимент DINET начался, когда КА был на расстоянии около 15 млн миль (24 млн км) от Земли. В ходе эксперимента через DTN-узлы в JPL на борт КА было передано

около 300 изображений, после чего они были автоматически пересланы обратно в JPL. При этом обрабатывались следующие элементы DTN-технологии: формирование DTN-связки (bundle), передача, сбор, динамическая маршрутизация, управление переполнением, порядок операций и процедуры автоматической пересылки. Данные элементы обрабатывались как на борту КА, так и на Земле, в течение 27 дней. В течение этого времени КА приблизился к Земле на расстояние около 15 млн км. Временные задержки сигнала составляли соответственно 81 сек. с начала эксперимента и 49 сек. к концу. Все пересылаемые бандлы были успешно получены без искажений, несмотря на некоторые плавающие проблемы в работе станций сети дальнего космоса (Deep Space Network – DSN) в процессе слежения. Эксперимент DINET показал возможность космического сетевого обмена данными между узлами с подобной Интернету автоматизацией и низкими затратами на обслуживание. Развитие технологии DTN позволит масштабировать космические сети и сократить время и усилия, необходимые для планирования и координации соединений в дальнем космосе. Кроме того, возможность автоматической маршрутизации информации между КА, находящихся близко друг к другу, дает возможность оперативной гарантированной доставки больших объемов научной информации потребителям. [6].

Далее, на борту МКС был создан тестовый стенд для проведения испытаний технологии DTN, включающий два коммерческих универсальных аппарата для обработки биологических данных – Commercial Generic Bioprocessing Apparatus (CGBA), которые формируют данные телеметрии полезной нагрузки в формате DTN и затем передают их в наземные центры управления (рис.2).

Эксперимент проводится под наблюдением и контролем Центра Управления полезной нагрузкой компании BioServe, находящегося в инженерном центре университета Колорадо (г. Боулдер). Получаемые на лабораторных установках данные первоначально собираются на Compact Flash накопителе, а затем в автоматическом режиме отправляют-

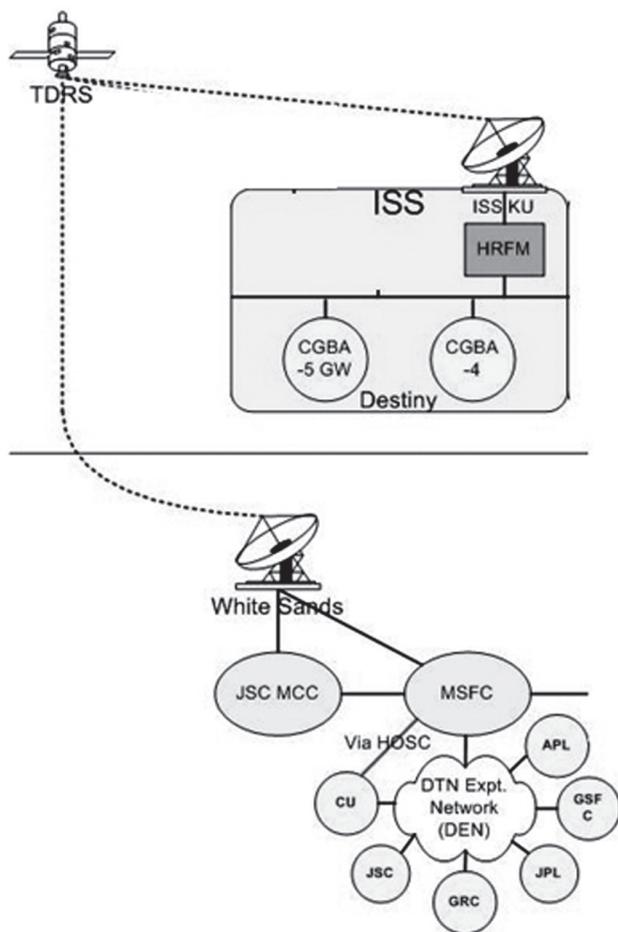


Рис. 2. Схема DTN-сети МКС
Fig. 2. A scheme of a DTN network of ICS

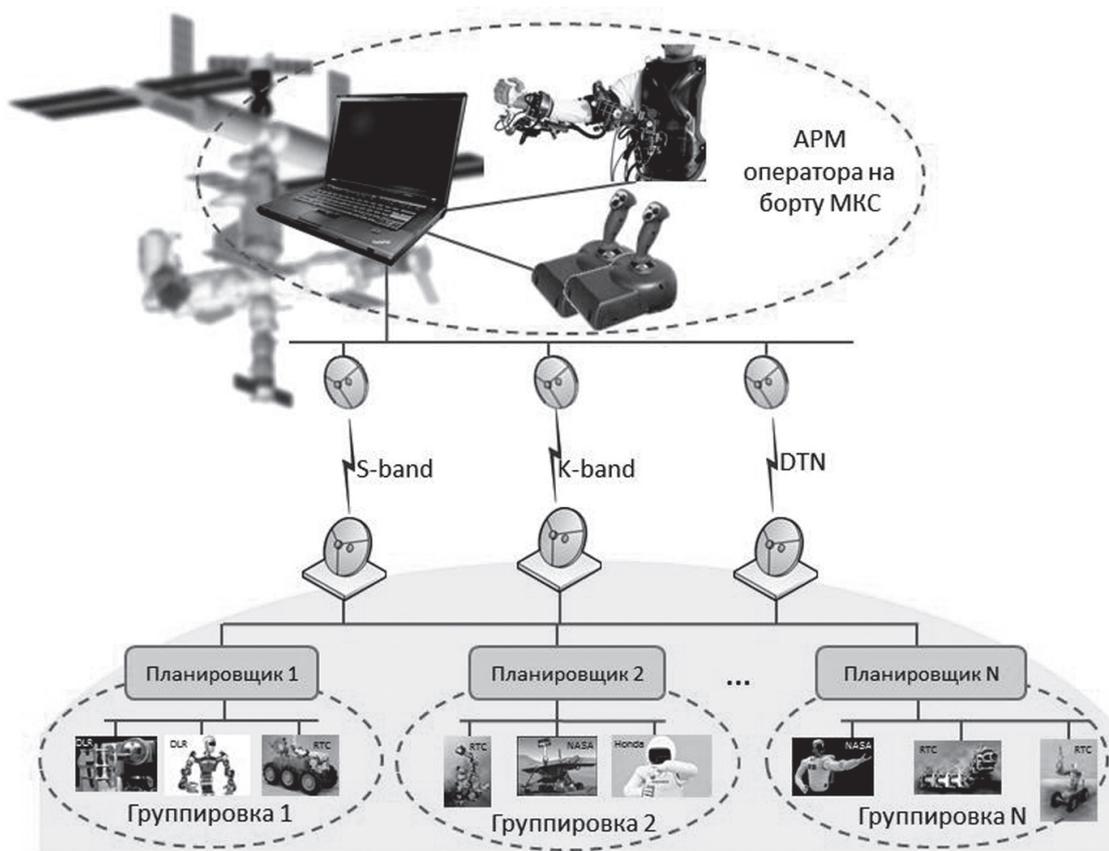


Рис. 3. Возможности управления напланетными автоматизированными устройствами
 Fig. 3. Opportunities of planetary automated control devices

ся в центр поддержки исследований СГВА. Для автоматизированной передачи команд используется восходящий канал S-диапазона. Для нисходящего потока данных отводится 500-килобитный канал. Данные исследования необходимы для отработки коммуникационного программного обеспечения, реализующего протоколы DTN, в реальных условиях космоса с целью использования его на космических аппаратах, удаленных от околоземных орбит, транспортных средствах и объектах инфраструктуры поддержки на поверхности другой планеты.

Следующим шагом стал проект METEON [7, 8], который реализуется в сотрудничестве NASA, DLR (Германия), Роскосмоса, РКК Энергия и ЦНИИ РТК (Санкт-Петербург). Этот проект является началом использования МКС в качестве испытательного полигона для моделирования действий на пилотируемой станции, находящейся на орбите вокруг Луны, Марса или астероидов. В данном проекте предусматривается ряд

экспериментов, направленных на отработку взаимодействий космонавтов и спускаемых на поверхность планеты автоматизированных устройств, выполняющих научные и инженерные задачи, при освоении других планет. Операции могут выполняться как под контролем оператора в реальном масштабе времени, так и автономно, под управлением планировщика заданий в зависимости от доступных в данный момент каналов связи между бортом орбитальной станции и напланетной сетевой инфраструктурой, поэтому для обмена информацией между оператором и автоматизированными устройствами используются как прямое соединение, так и соединение на основе DTN-технологии (рис. 3).

Экспериментальное оборудование и узел DTN находится на МКС в европейском модуле Columbus, канал связи обеспечивается системой Контур-2, расположенной на модуле «Звезда». На первой фазе проекта демонстрировались возможности технологии DTN для управления роботизированной сис-

темой, проверялась возможность управления роботом с помощью экзоскелета. Вторая фаза проекта направлена на отработку тактильной и захватывающей технологии при управлении роботами в условиях невесомости [6].

Рассмотрим более подробно структуру DTN-сети. В DTN архитектуре узлом называется некий объект сети, реализующий взаимодействия уровня Bundle-протокола. Условно узлы по функционалу делят на хосты, маршрутизаторы и шлюзы. Хост посылает и принимает целевую информацию, но не передает ее другим узлам. Хост может быть источником или получателем, опционально может оснащаться хранилищем для поддержки надежной передачи в нестабильных каналах. Маршрутизатор передает целевую информацию в пределах одного DTN региона и может быть хостом, также опционально может оснащаться хранилищем для поддержки надежной передачи в нестабильных каналах. Шлюз передает целевую информацию между двумя или более DTN регионами, которые представляют собой гетерогенные сети и всегда оснащается хранилищем для долговременного содержания передаваемых данных. Шлюз может использоваться также в качестве хоста [10].

Узлы в DTN-сети обозначаются с помощью специальных идентификаторов EndpointIdentifiers (EID) переменной длины, имеющих в основе синтаксис URI, широко известный по использованию в сети Интернет. Вместе с целевой информацией передается также EID источника, получателя, а также одного или нескольких узлов, которым следует отправлять диагностические сообщения о перемещении данной информации в сети.

Данные приложений перед отправкой на транспортный уровень сначала преобразуются в связки (бандлы) блоков данных, состоящие не менее чем из двух блоков. Каждый блок может содержать данные приложения или служебную информацию, используемую для доставки бандлов к месту назначения. Блоки во время передачи между DTN-узлами могут быть разделены еще на несколько связок. Деление сообщений на блоки и обратная сборка могут происходить

в любом DTN-узле, выполняя важную роль по обеспечению эффективности использования каналов связи. Размеры фрагментов подбираются исходя из условия наиболее полной загрузки канала.

С помощью некоторого количества узлов сети, представляющих собой серверы, поддерживающие временное хранение информации, можно организовывать сервис, обеспечивающий гарантированную доставку данных. Реализация принципа custody transfer сводится к организации приема–передачи таким образом, чтобы принимающий сообщение (или фрагмент сообщения) DTN-узел сохранял его в своем запоминающем устройстве до тех пор, пока оно не будет доставлено следующему DTN-узлу, который обеспечит последующее хранение и доставку сообщения получателю. В силу особенностей связи в дальнем космосе это время может быть довольно продолжительным, поэтому для временного хранения передаваемых сообщений узлы должны иметь долговременное запоминающее устройство.

Следует отметить, что требования безопасности для сети DTN [9] несколько отличаются от традиционной модели безопасности, так как помимо защиты информации на конечных точках необходима защита информации на маршрутизаторах (роль которых выполняют DTN-узлы). Такая необходимость появляется вследствие того, что время пребывания информации на маршрутизаторе может быть значительным по сравнению с наземными сетями.

Для реализации модели безопасности в сетях DTN каждое сообщение содержит неизменяемую «почтовую марку», содержащую идентификационные данные отправителя, запрашиваемый класс обслуживания и другие материалы шифрования для проверки правильности содержания сообщения.

Маршрутизаторы проверяют полномочия принимающего узла на каждом DTN-переходе и отбрасывают сообщение по возможности раньше, если проверка не прошла. Конфиденциальность определяется как гарантия того, что целевая информация будет доступна только уполномоченным узлам

DTN-сети. Для обеспечения конфиденциальности используются механизмы шифрования, предотвращающие несанкционированное использование целевой информации.

Таким образом, основными принципами создания космической сети, устойчивой к разрывам и задержкам в каналах связи при реализации космических миссий, являются:

- создание DTN-узлов на основе рекомендаций подкомитета CCSDS;
- определение единых правил, реализующих гибкую систему адресации;
- обеспечение возможности передачи пакетов данных произвольной длины;
- автоматизация процедур контроля и учета передачи пакетов (custody transfer);
- обеспечение защиты от несанкционированного доступа и конфиденциальность информации.

Библиографический список / References

1. RFC 4838. V. Cerf, et al. Delay-Tolerant Networking Architecture. Reston, Virginia: ISOC, April 2007.
2. RFC 5050. Scott K., Burleigh S. Bundle Protocol Specification. Reston, Virginia: ISOC, November 2007.
3. RFC 5325. Licklider Transmission Protocol – Motivation, September 2008.
4. RFC 5326. Licklider Transmission Protocol – Specification, September 2008.
5. Mukhtar Omar Design and Implementation of Bundle Protocol Stack for Delay-Tolerant Networking, Helsinki University Of Technology.
6. Аналитический обзор текущего состояния работ по разработке технологии DTN по материалам зарубежных источников, ФГУП ЦНИИмаш, 2013. *Analiticheskiy obzor tekushchego sostoyaniya rabot po otrabotke tekhnologii DTN po materialam zarubezhnykh istochnikov* [Analytical review of the current status of work on developing the technology on materials DTN foreign sources], TsNIIMash, 2013.
7. Fall K., McMahon A. «DTN Reference Implementation Update», November 13, 2009.
8. Gifford K., Jenkins A., Kuzminsky S. BDTN experiments onboard the International Space Station, presented at the METERON Presentation to CCSDS, Spring Meeting, May 4, 2010.
9. Zaborovsky V. Architecture of Distributed Network Processors: Specifics of Application in Information Security Systems, 4-th International Conference on Networking, Reunion Island, France, April 2005, Proceedings, Part II, p. 681-688.
10. Will Ivancic, Phil Paulsen, Dave Stewart, John Taylor, Scott Lynch, Jay Heberle, James Northam, Chris Jackson and Lloyd Wood «Large File Transfers from Space using Multiple Ground Terminals and Delay-Tolerant Networking» IEEE Globecom, Miami, Florida, pp. 1-6, December 2010.
11. Y.Xian, C. Huang and J.Cobb «Look-Ahead Routing and Message Scheduling in Delay-Tolerant Networks» Proc. of 35th IEEE Conference on Local Computer Networks, Denver, Colorado, October 2010.

THE GENERAL PRINCIPLES OF THE CREATION OF A SPACE INFORMATION NETWORK TOLERANT TO DISRUPTIONS AND DELAYS IN COMMUNICATION CHANNELS

Antonov I.D., 805 department of FSUE TsNIIMash, MCC⁽¹⁾; **Glazkov A.V.**, FSUE TsNIIMash, MCC⁽¹⁾; **Zelenov D.A.**, 8053 department FSUE TsNIIMash, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾; **Sokolov N.L.**, FSUE TsNIIMash, MCC⁽¹⁾; **Titov A.N.**, FSUE TsNIIMash, MCC, Ph.D. (Physics and Mathematics)⁽¹⁾

aid@mcc.rsa.ru, sokolov@mcc.rsa.ru, zelenov@mcc.rsa.ru, a.glazkov@mcc.rsa.ru, alexandre_titov@hotmail.com

⁽¹⁾Central Research Institute of Machine Building (FSUE TsNIIMash), 141070, Moscow region, Korolev, st. Pioneer, 4

The issues of the creation of a space information network tolerant to disruptions and delays in communication channels based on Disruption Tolerant Networking (DTN) technology have been studied. The disadvantages of the current information interaction technology for space missions implementation, including the ones in outer space, have been pointed out. The main issues which are faced in such systems are comprised of delays, distortions and disruption links while implementing information interaction during the process of spacecraft control and payload data reception. The article describes and defines the general principles of the creation of a space information network tolerant to disruptions and delays in communication channels during the implementation of outer space missions. One of them is the creation of DTN nodes based on CCSDS sub-committee recommendations, others include the creation of a flexible addressing system, the provision of the possibility to transmit data packets of random length, automation of monitoring and accounting procedures for packet transfer and the provision of protection from unauthorized access and information privacy. Herewith the possibility of further integration of the elements of created network to the international space infrastructure without sufficient additional expenditures is taken into account. The transmission of information protocols to the DTN-networks where the prime ones are the Bundle protocol (the prime protocol of the data exchange between DTN nodes) and the Licklider protocol (the protocol of a lower level for the Bundle protocol). Their structure and features have been described. Also a short review of the international experience of the experiments realization for DTN technology testing in real space conditions is given.

Keywords: spacecraft, space net, deep space, information interaction, spacecraft control, protocol

**АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА СПЕКТРАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ЖИДКИХ РАСТВОРОВ: ТЕХНОЛОГИЯ**

В.Д. БУРКОВ, проф., МГУЛ, д-р техн. наук⁽¹⁾,

Е.Г. КОМАРОВ, проф., МГУЛ, д-р техн. наук⁽¹⁾,

В.Ф. КРАПИВИН, проф., ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, д-р физ.-мат. наук⁽²⁾,

Ф.А. МКРТЧЯН, проф. ИРЭ РАН, д-р физ.-мат. наук⁽²⁾,

В.Ю. СОЛДАТОВ, науч. сотр. ИРЭ РАН, канд. физ.-мат. наук⁽²⁾

burkov@mgul.ac.ru, vkrapivin_36@mail.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

⁽²⁾ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН; 141190 г. Фрязино Московской обл., пл. Введенского 1

Рассмотрена проблема, связанная с решением многих задач оперативной диагностики жидкостей (включая питьевую воду), медицинских растворов и жидкого топлива. Эта проблема возникает в условиях, когда отсутствует специализированная лаборатория или имеющиеся средства не позволяют оперативно определить качество жидкого раствора. Такие условия могут возникать во время различных экспедиций, например на Марс. Эта статья предлагает новый метод решения этой задачи. Предлагаемый метод состоит в создании базы данных спектральных эталонов жидких растворов, полученных с помощью многоканального спектроэллипсометра и используемых для адаптивного распознавания спектральных образов.

Ключевые слова: питьевая вода, жидкое топливо, диагностика, жидкий раствор, спектроэллипсометр, спектральный образ, распознавание, марсианская миссия

Проблема оценки качества жидких растворов в оперативном режиме возникает во время длительных экспедиций в отдаленные от населенных пунктов регионы. Наиболее характерной ситуацией является планируемая экспедиция на Марс [1].

Так или иначе, полет на Марс человека требует решения многих научно-технических и медицинских задач. Безусловно, одной из важных задач является обеспечение безопасности космонавтов. Сюда входят первостепенные проблемы защиты человека от облучения и обеспечения качественным продовольствием, включая питьевую воду. Наличие пресной воды на Марсе обнаружил американский марсоход «Кьюриосити – Curiosity», который достиг поверхности Марса 6 августа 2012 г.

Добыча питьевой воды на Марсе является также пока только обсуждаемой задачей. Ведь вода здесь находится в замерзшем состоянии в виде ледников на полюсах и прямо под поверхностью. Многие эксперты полагают, что добывать воду можно будет двумя способами: либо выкапывать ее из-под поверхности, а затем вытапливать в печи, либо же подвергать облучению микроволнами почву, извлекая затем водный пар. Так или иначе, затем необходимо оценивать ее качество и определять пригодность для использования в пищу.

Проблема оперативного контроля питьевой воды неизбежно возникает и в период полета в космическом корабле. Наряду с этим в процессе экспедиции будут возникать ситуации, когда необходимо оперативно оценить качество жидких медицинских растворов и жидкого топлива, если таковое будет находиться на борту летательного аппарата. В данной работе дополнительно к уже существующим методам контроля качества жидкостей различной природы предлагается использовать разработанную в Институте радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова РАН технологию, основанную на использовании оптических характеристик жидкости.

В последнее время интенсивно развивается спектральная поляризационно-оптическая аппаратура для исследований характеристик различных жидких и твердых сред в реальном масштабе времени – многоканальные поляризационные спектрофотометры, спектрополяриметры, спектральные эллипсометры и дихрометры, нефелометры, и рефрактометры. Использование в современных поляризационно-оптических приборах эффективных модуляторов состояния поляризации и многоканальных анализаторов совместно с развитыми компьютерными технологиями сбора и обработки данных измерений определяют их высокие технические

и функционально-информационные характеристики. Так, современные спектрофотометры обеспечивают измерение нескольких спектров в секунду с точностью и чувствительностью на уровне 1 % и 0,01 % соответственно, а измерения спектров вращения плоскости поляризации в реальном масштабе времени на спектрополяриметрах выполняются с высокой точностью (более 0,001 %).

В настоящее время совместное применение технических средств и software для оперативного мониторинга водной среды даже на Земле развито недостаточно из-за сложности синтеза комплексной системы мониторинга. Особенно сложны задачи сочетания алгоритмического набора с уровнем информационного обеспечения системы мониторинга. Актуальная задача экологического мониторинга требует разработки компактных прецизионных поляризационно-оптических приборов для экспресс-анализа жидких сред. При этом эффективность решения многопараметрических задач в большой мере определяют чувствительность и точность приборов, их универсальность, возможность использования широкого спектрального диапазона.

Адаптивные идентификаторы жидких растворов

Спектральные измерения в водной среде дают информативную базу для применения современных методов и алгоритмов распознавания и идентификации загрязнителей этой среды. Совместное использование оперативных измерений спектрометрии и методов обработки данных впервые реализовано в адаптивном идентификаторе, принципиальная схема и общий вид трех его модификаций представлены на рис. 1–3, а характеристики указаны в табл. 1.

Традиционно оптические методы исследования жидкостей являются одними из наиболее информативных. В частности, в условиях Земли поляризационно-оптические спектральные измерения позволяют решить широкий круг сложных задач экологического мониторинга водных сред. Задача определения концентрации различных веществ в многокомпонентных растворах по спектрам оптического пропускания и отражения, линейного и цирку-

лярного двулучепреломления и дихроизма и по спектрам нарушенного полного внутреннего отражения успешно решается только с помощью развитого программного обеспечения.

Одно из перспективных направлений анализа растворов – жидкостная хроматография с прецизионными поляриметрическими устройствами. Следует отметить определенные трудности при создании компактных многоканальных поляризационно-оптических приборов. Как правило, ключевым элементом поляризационно-оптических приборов является модулятор состояния поляризации излучения. Это либо вращающийся поляризационный элемент (поляризатор, анализатор или компенсатор), ограничивающий частоту модуляции и значительно повышающий уровень помех, либо дорогостоящий фотоупругий модулятор, требующий совершенной термостабилизации. Используются в основном ПЗС линейки и матрицы фотодетекторов, имеющие недостаточно высокие фотометрические характеристики: малый динамический диапазон, недостаточная линейность, отсутствие доступа к отдельным пикселям, последовательное считывание фотоприемных элементов, приводящее к неэквивалентности измерительных промежутков на всех фотоприемниках.

Создание адаптивного идентификатора оказалось возможным благодаря развитию нового подхода в области поляризационной оптики. Разработана эффективная элементная база поляризационной оптики, развит метод дискретной модуляции состояния поляризации, и на их основе созданы высокоточные

Т а б л и ц а 1

Средние характеристики адаптивного идентификатора Average characteristics of the adaptive identifier

Характеристика	Значение
Спектральный диапазон	380–930 нм
Время регистрации сигнала	менее 0,5 с
Поляризационный угол вращения	0,001 градус
Точность измерения эллипсометрических углов смещения поляризаций: Ψ	0,003 градус
Δ	0,01 градус
Тип галогенной лампы	КGM-9-70
Долговременная стабильность	0,01 градус
Вес измерительного устройства	менее 4 кг.

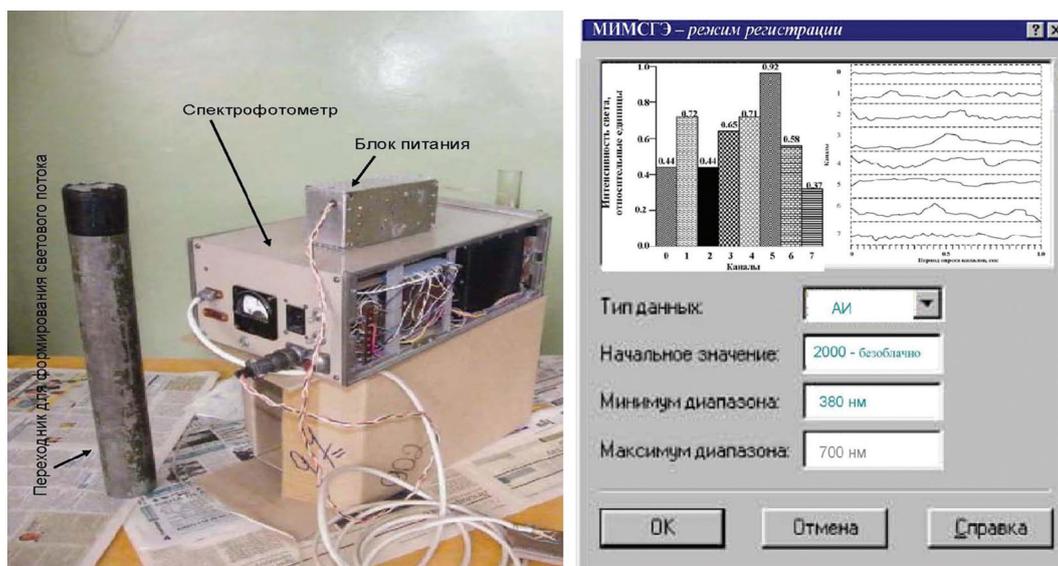


Рис. 1. Адаптивный идентификатор-спектрофотометр и фрагмент его интерфейса для изучения характеристик водной среды в лабораторных и полевых условиях в реальном масштабе времени
 Fig. 1. Adaptive identifier spectrophotometer and its interface fragment to study the characteristics of the aqueous medium in the laboratory and field conditions in real time



Рис. 2. Адаптивный идентификатор – 35-канальный спектроэллисометр для использования в лабораторных условиях или в полевых условиях путем взятия образца жидкости
 Fig. 2. Adaptive identifier – 35-channel spectroellipsometer for use in the laboratory or in the field by obtaining a fluid sample

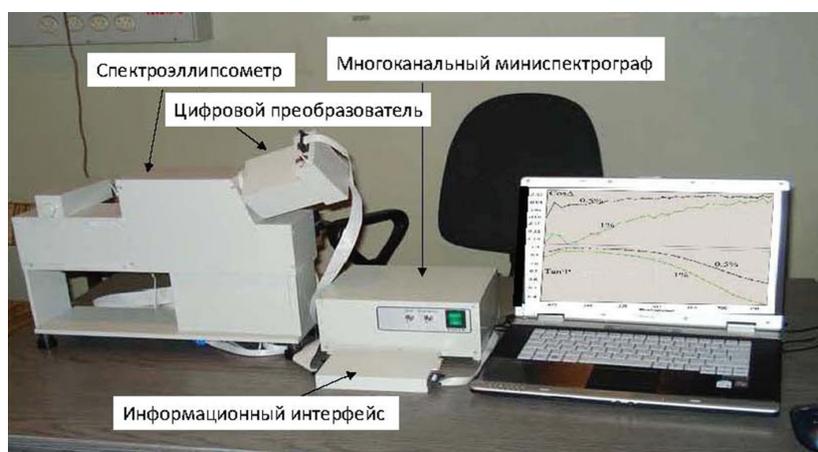


Рис. 3. Адаптивный идентификатор – информационно-моделирующая система
 Fig. 3. Adaptive identifier – information-modeling system

поляризационно-оптические приборы различного назначения. Применение простых высокоэффективных переключателей поляризации и линеек кремниевых фотодиодов с произвольным доступом к фотодиодам существенно упростило задачу создания компактных недорогих поляризационно-оптических приборов: спектрофотометров, спектрополяриметров, спектроэллипсометров и т. д.

Технология совместного использования спектрометрии и алгоритмов идентификации и распознавания позволила впервые создать типовой цельный комплекс аппаратных, алгоритмических, модульных и программных средств сбора и обработки данных о водной среде с функциями прогноза и принятия решений (рис. 3). Адаптивный идентификатор имеет ряд модификаций, ориентированных на использование в различных условиях. Стационарный вариант охватывает полный комплект технических и алгоритмических средств, обеспечивающих проведение измерений в реальном масштабе времени. Использование этого варианта возможно при наличии сетевого питания 220 в. Полевой переносной вариант адаптивного идентификатора предусматривает два варианта использования. При наличии компьютера Notebook в полевых условиях (при отсутствии сетевого питания) весь функциональный спектр адаптивного идентификатора реализуется в режиме реального времени. В противном случае результаты измерений запоминаются в блоке автономной памяти, а затем вводятся в компьютер и обрабатываются.

Алгоритмическое обеспечение адаптивного идентификатора основано на комплексном использовании методов распознавания и классификации дискретных образов, формируемых на базе спектров, регистрируемых за устанавливаемое оператором время. Обычно устанавливается интервал в 1 сек, который обеспечивает получение около 60 отсчетов значений освещенности по каждому из оптических каналов. Полученные спектры являются источниками рядов статистических параметров и различных характеристик, объединяемых в векторные пространства для последующего сопоставления с эталонными образцами, хранящимися в памяти компьюте-

ра. Технология этого сопоставления зависит от многообразия методов идентификации.

Адаптивный идентификатор рассчитан на обучение, которое представляет собой процедуру измерения спектральных характеристик и одновременное независимое измерение содержания химических элементов в водной среде. В результате в базе знаний формируется банк эталонов, сопоставление с которыми обеспечивает решение задачи идентификации. В частности, такое сопоставление может реализовываться в рамках расчета среднего квадратического отклонения измеренного спектрального образа объекта от имеющихся в памяти компьютера эталонов. Программное обеспечение адаптивного идентификатора предусматривает различные алгоритмы решения этой задачи, среди которых имеется и кластерный анализ.

Адаптивный идентификатор может применяться в различных областях, где требуется оценить качество жидкого раствора или выявить присутствие в нем определенного набора химических элементов. Эти задачи адаптивный идентификатор решает в режиме непрерывного наблюдения за объектом мониторинга. Установленный для стационарного измерения, он позволяет следить за динамикой качества раствора в потоке, а при размещении на борту судна – измерять характеристики водного объекта по маршруту следования.

Функциональные возможности адаптивного идентификатора могут расширяться за счет увеличения объема эталонов в базе знаний. Переключение на естественный источник освещения позволяет решать задачи экспертизы земных покровов, обнаружения пленок нефтепродуктов на водной поверхности, определение степени загрязнения атмосферного воздуха и оценки состояния других объектов окружающей среды, спектральные образцы которых в видимом диапазоне могут изменяться.

Адаптивный идентификатор был создан для решения задач оперативной диагностики качества водной среды в различных условиях и контроля жидких растворов в медицине и биофизике. Оперативность диагностики обеспечивается этапом предварительного обучения распознаванию спектральных образов растворов. Сам процесс обучения и последующее распоз-



Рис. 4. Концептуальная структурная схема многофункциональной адаптивной информационно-моделирующей системы для гидрофизических исследований (МАИМСГИ), ориентированная на оценку физико-химических характеристик водных объектов

Fig. 4. A conceptual block diagram of an adaptive multi-functional information-modeling system for the hydro-physical research (MAIMSGI), focused on the evaluation of the physico-chemical characteristics of water bodies

навание реализуются в соответствии с определенным набором методик, алгоритмов и процедур сбора, анализа, сортировки и обработки данных измерений. Совокупность всех этих средств составляет структуру информационно-моделирующей системы, ориентированной на оперативную диагностику состояния водных объектов в условиях многоканальных потоков информации от датчиков контактного и дистанционного действия и с применением высокоэффективных информационных технологий для решения задач классификации и идентификации водных объектов (рис. 3).

Структурная схема МАИМСГИ

Сложность проблемы оперативного многопланового контроля качества воды и состояния гидрофизических систем и процессов обусловлена, как правило, их пространствен-

ной неоднородностью и наличием множества физических, химических и биологических факторов, влияющих на их состояние. Поэтому система автоматизации гидрофизического мониторинга включает параметризацию типового водного баланса ограниченной территории, которая отражает взаимодействие компонентов гидрологического цикла. При этом система обладает функцией адаптации к реальному гидрофизическому объекту или процессу. На схеме рис. 4 представлена концепция такой системы.

Заключение

Реализация схемы рис. 4 обеспечивается за счет сбалансированного использования технических, модельных и алгоритмических средств. Такой баланс гарантируется ГИМС-технологией [2, 3], которая дает значительную экономию времени и средств за счет взве-

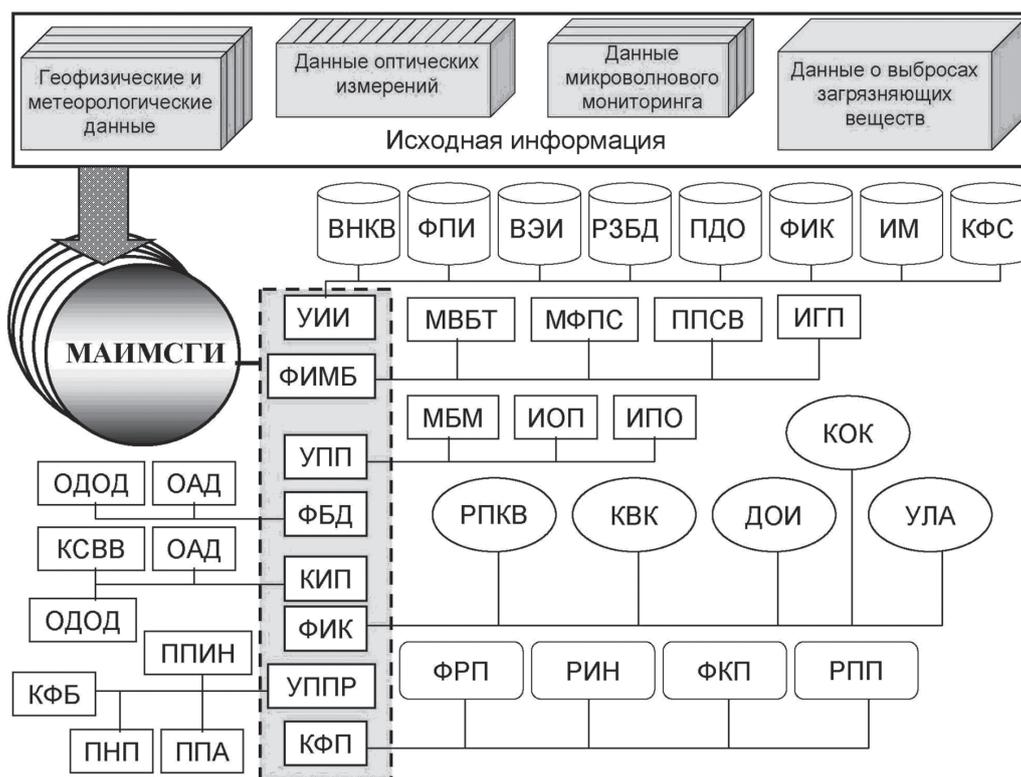


Рис. 5. Функциональная структура блоков МАИМСГИ. Обозначения даны в табл. 2, 3
 Fig. 5. Functional block structure MAIMSGI. The designations are given in table. 2, 3

Т а б л и ц а 2

Блоки первого уровня МАИМСГИ
First-level blocks MAIMSGI

Блок	Функции блока
УИИ	Универсальный информационный интерфейс
ФИМВ	Формирование имитационной модели влагооборота. Управление моделями и алгоритмами описания гидрофизических и гидрологических процессов
УПП	Управление параметризацией потоков энергии и вещества в гидрофизической системе. Реализация механизмов трансформации химических элементов в водной среде
ФБД	Формирование базы данных и синтез сценариев антропогенных процессов в зоне функционирования гидрофизического объекта
КИП	Контроль информационных потоков между блоками системы
ФИК	Формирование и использование критериев качества водной среды
УППР	Управление процедурами принятия статистических решений
КФП	Контроль фазовых переходов в гидрофизической системе

шенного планирования гидрофизического исследования, проявляющегося в экономном сочетании технических и алгоритмических средств сбора и обработки данных, а также в разумном распределении точек взятия проб по пространству, занятому изучаемым гидрофизическим объектом. Схема рис. 5 конкретизирует структуру МАИМСГИ.

Рассмотренная технология диагностики водной среды применялась при изучении качества водных ресурсов в некото-

рых регионах России и Южного Вьетнама [2, 4]. Опыт многолетних гидрофизических экспериментов показал, что применение МАИМСГИ в различных ее модификациях позволяет экономить время и другие ресурсы при получении исчерпывающих оценок качества различных водоемов. Самое главное, проведя обучение МАИМСГИ путем наполнения базы спектральных эталонов различных образцов водных объектов, мы исключаем во время гидрохимических исследований

Блоки второго уровня системы МАИМСГИ
Units of the second level of MAIMSGI

Блок	Функции блока
ФПИ	Формирование предметных идентификаторов для адаптации системы к конфигурации изучаемого гидрофизического объекта с учетом его географического положения, а также геофизической, экологической и социально-экономической структуры
ВЭИ	Восприятие экспериментальной информации, ее масштабирование и занесение в базу данных
РЗБД	Реализация запросов к базе данных. Обслуживание регламентных запросов.
ПДО	Поддержка действий оператора при выборе и изменении формы информационного и пользовательского интерфейсов
ФИК	Формирование информационных карт о качестве воды на территории гидрофизического объекта
ИМ	Изменение масштабов представления картографической информации с выделением фрагментов территории гидрофизического объекта
КФС	Контроль функций системы, обеспечивающий согласование информационных потоков внутри системы, выявление дефектных запросов и сообщений, предупреждение о неправильных (или запрещенных) командах оператора, подсказка пользователю
ВНКВ	Выявление нарушений качества воды и информирование оператора об этих нарушениях
МВБТ	Модель водного баланса территории, занятой изучаемым гидрофизическим объектом или процессом
МФПС	Модель формирования сложного многофакторного процесса поверхностного стока с учетом топографии водосбора и почвенно-растительного покрова
ППСВ	Параметризация потоков сточных вод
ИГП	Имитация гидрофизических процессов
РПКВ	Расчет показателей качества воды
МБМ	Моделирование механизмов трансформации химических элементов в воде
ИОП	Имитация обменных процессов на границе гидрофизических систем, включая приливно-отливные процессы, взаимодействие с атмосферой
ИПО	Имитация процессов обмена химическими элементами между атмосферой и водной поверхностью
ОАД	Обновляемый архив данных об объемах и составе загрязняющих веществ, выбрасываемых в окружающую среду предприятиями сельскохозяйственных, промышленных и муниципальных систем, расположенных в зоне функционирования гидрофизической системы
ОДОД	Оценка достоверности официальных данных, заносимых в архив
ФКО	Формирование компьютерного образа гидрофизической системы
ПРИ	Приведение разнородной информации к единому стандарту
КСВВ	Контроль согласованности входов и выходов блоков и их связей с базой данных
КВК	Контроль выполнения критериев качества воды
ДОИ	Документирование оперативной информации о качестве водной среды
УЛА	Учет лабораторных анализов качества водной среды
КОК	Комплексная оценка качества водной среды
ПНП	Процедура Неймана-Пирсона принятия статистических решений
ППА	Процедура последовательного анализа принятия статистических решений.
КФБ	Контроль функционирования блоков информационно-моделирующей системы
ППИН	Процедура преодоления информационной неопределенности
ФРП	Формирование рядов метеорологических и геофизических характеристик.
РИН	Расчет индикаторов нестабильности и биологической сложности гидрофизической системы
ФКП	Формирование кластерного пространства
РПП	Реализация процедуры перколяции

этап взятия образцов воды и их изучения в химической или биофизической лаборатории. Тем более вопрос усложняется при космическом полете, так как при космическом полете невозможно такое изучение из-за отсутствия соответствующим образом ориентированной лаборатории [5].

Система диагностики и идентификации качества жидкостей, описанная в данной работе, может быть реализована в виде компактного устройства небольших габаритов и веса. Вопрос о возможном ее использовании в неземных условиях, несомненно, требует проведения ряда дополнительных исследований:

– определение жидких растворов, которые будут использованы на борту космического корабля и в дальнейшем на Марсе и для диагностики которых будет использована изложенная здесь технология;

– реализация процедур обучения распознаванию спектральных образов этих жидкостей в земных условиях путем формирования базы спектральных эталонов, обеспечивающей надежный уровень диагностики;

– реализация измерений спектров жидкостей в ограниченном объеме на МКС с целью выяснения изменений в спектрах одинаковых растворов, полученных на Земле и в условиях невесомости, и поиска закономерностей в этих изменениях;

– модернизация некоторых функций МАИМСГИ с учетом полученных результатов сопоставления спектров одинаковых растворов, изученных на Земле и МКС.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по грантам № 13-01-00023_a и № 14-01-31117 мол_a.

Библиографический список / References

1. Крапивин, В.Ф., Бурков В.Д. Адаптивная система спектральной идентификации жидких растворов. Материалы 10-й Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», 28 ноября 2013 г., Звездный городок / В.Ф. Крапивин, В.Д. Бурков. – НИИ Центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина. – С. 133–135. Krapivin V.F., Burkov V.D. *Adaptivnaya sistema spektral'noy identifikatsii zhidkikh rastvorov* [Proceedings of the 10th International scientific and practical conference «Manned space flight», 28 November 2013] Star City, the Research Institute of Gagarin Cosmonaut Training Center. YA Gagarin with. pp. 133-135.
2. Kondratyev K.Ya., Krapivin V.F., and Phillips G.W. Global environmental change. Springer/Praxis, Chichester, U.K., 2002, 316 pp.
3. Nitu C., Krapivin V.F., Soldatov V.Yu. Information-Modeling Technology for Environmental Investigations. Matrix Rom, Bucharest, Romania, 2013, 621 pp.
4. Krapivin V.F. and Shutko A.M. Information Technologies for Remote Monitoring of the Environment. Springer/Praxis, Chichester U.K., 2012, 498 pp.
5. Корольков, А.В. О поведении жидкости в невесомости. Мат. 10-й Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», 28 ноября 2013 г., Звездный городок / А.В. Корольков. – НИИ Центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина. – С. 135–136. Korol'kov A.V. *O povedenii zhidkosti v nevesomosti*. [Proceedings of the 10th International scientific and practical conference «Manned space flight», 28 November 2013] Star City, the Research Institute of Gagarin Cosmonaut Training Center. YA Gagarin with. pp. 135-136.
6. Mkrtychyan F.A., Krapivin V.F., Klimov V.V., Kovalev V.I. Hardware-software system of the water environment monitoring with use of microwave radiometry and spectroellipsometry means // Proceedings of the 28-th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan 2013. P. 104-109.
7. Krapivin V.F., Shutko A.M. Information Technologies for Remote Monitoring of the Environment. Chichester U.K.: Springer/Praxis, 2012.
8. Perov P.I., Kovalev V.I., Rukovishnikov A.I., Rossukanyi N.M., Johnson W.H. (1994). New high precision and high speed automatic ellipsometer with polarization switching for in situ control in semiconductor device technologies // International Journal of Electronics. 1994. V. 76. No.5. P. 797 – 803.
9. Mkrtychyan F.A., Krapivin V.F. Spectroellipsometry opportunities in the monitoring aquatic ecosystems. Proceedings of the 29-th International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice. Mombetsu, Hokkaido, Japan. 2014. P. 154-156.
10. Nitu C., Krapivin V.F., Soldatov V.Yu. Information-Modeling Technology for Environmental Investigations. Bucharest, Romania: Matrix Rom, 2013.
11. Haarbrink R., Krapivin V.F., Krisilov A., Krisilov V., Novichikhin E.P., Shutko A.M., Sidorov I. Intelligent data processing in global monitoring and security, Sofia-Kiev: ITHEA, 2011.
12. Cao Van Phuong, Nguyen Boi Khue, Krapivin V.F., Mkrtychyan F.A. An adaptive information technology for the operative diagnostics of the ocean-atmosphere system // Binh Duong University Journal of Science and Technology. 2012. V.9. No.4. P. 50-67.

ADAPTIVE SYSTEM FOR THE IDENTIFICATION OF LIQUID SOLUTIONS: TECHNOLOGY

Burkov V.D., Prof. MSFU, Dr. Sci. (Tech.)⁽¹⁾; **Komarov E.G.**, Prof. MSFU, Dr. Sci. (Tech.)⁽¹⁾; **Krapivin V.F.**, Prof. IRE them. V.A. Kotelnikov RAS, Dr. Sci. (Physics and Mathematics)⁽²⁾; **Mkrtychyan F.A.**, IRE RAS, Dr. Sci. (Physics and Mathematics)⁽²⁾; **Soldatov V.Yu.**, IRE RAS, Ph.D. (Physics and Mathematics)⁽²⁾

burkov@mgul.ac.ru, vkrapivin_36@mail.ru

⁽¹⁾Moscow Forest State University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005 Mytishchi, Moscow reg., Russia

⁽²⁾Institute of Radioengineering and Electronics (IRE) of Russian Academy of Sciences, Vvedensky Sq. 1, Fryazino Moscow region, 141120, Russia

The problem associated with the solution of many tasks of operational diagnostics of liquid solutions (including drinking water), medical issues, and liquid fuels is considered. This problem exists under the conditions when special laboratory is not present or available tools are insufficient to assess the liquid solution quality operatively. Such conditions can appear during different expeditions, for example, the Mars mission. This paper proposes a new method to solve these problems during both the flight and the stay on the surface of the planet. The proposed method consists of a database development of spectral images of liquid solutions supplied by a multiple-channel spectroellipsometer and the diagnostics of liquid solutions using this database.

Keywords: drinking water, fuel, diagnostics, liquid solution spectroellipsometer spectral image recognition, the Mars mission

ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ПРОДОЛЬНОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ МАЛОГО УДЛИНЕНИЯ ПРИ СВЕРХЗВУКОВОМ ОБТЕКАНИИ

А.Ю. ГАЛАКТИОНОВ, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾

galakau@mail.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Представлена математическая постановка задачи о свободных колебаниях тела в сверхзвуковом потоке воздуха и численный метод ее решения, позволяющий определить как стационарные, так и нестационарные аэродинамические характеристики. Основное внимание сосредоточено на модели спускаемого марсианского аппарата как на перспективном объекте исследования. Предметом исследования стали нестационарные характеристики модели тела вращения малого удлинения, которые были получены численно на ЭВМ с использованием программы решения полных уравнений Навье-Стокса (уравнения были записаны в подвижной системе координат, что потребовало рассмотрения вектора-столбца источников членов), разработанной автором. Зависимости производных демпфирования аэродинамического коэффициента момента тангажа по угловой скорости от угла атаки и числа Маха (интервал изменения $1,1 \leq M_\infty \leq 1,5$) определены для ламинарного режима обтекания ($ReD = 1,5 \cdot 10^6$) тела вращения малого удлинения. Достоверность полученных на персональной ЭВМ данных, представляющих интерес для десантируемых экспедиций к Марсу, подтверждена расчетами на различных сетках (в расчетах использовались структурированные расчетные сетки, координаты узлов которых рассчитывались заранее по алгебраическим зависимостям) и сравнением с известными экспериментальными данными. Показано влияние граничных условий на результаты численных расчетов, а также выход решения на устойчивый предельный цикл, соответствующий автоколебательному режиму. Для различных значений числа Маха набегающего потока, как для определяющего параметра задачи, определены количественные характеристики негативного автоколебательного режима, соответствующего случаю потери устойчивости.

Ключевые слова: уравнения Навье-Стокса, динамика вращательного движения, сопряженная задача, численные методы, аэродинамическое демпфирование, тело вращения малого удлинения, сверхзвуковое обтекание

Создание новых ракетно-космических носителей (РКН) может существенно снизить стоимость вывода полезной нагрузки на околоземную космическую орбиту и сделать более доступными различные научно-технические проекты, в частности экспедиции к Луне, Марсу и Венере. Учитывая высокую разряженность атмосферы Марса, стремление к максимизации тормозного аэродинамического импульса СА ($C_{xa} \rightarrow \max$) и аэродинамической устойчивости (как статической, так и динамической), а также ограниченные возможности по физическому воспроизведению марсианского обтекания СА в наземных аэродинамических установках [1], важной и актуальной проблемой становится разработка численных методов и математических моделей, позволяющих определять упомянутые газодинамические (аэродинамические) характеристики СА на ЭВМ.

Наряду с отмеченными требованиями (критериями выбора) к аэродинамическим схемам (аэродинамическим коэффициентам) СА, как десантируемым, так и проникающим в поверхность планеты, при

рассмотрении задачи об определении аэродинамического демпфирования необходимо отметить ограничение на амплитуду колебаний СА ($|\alpha_A| < 5 - 10^\circ$ [2]) и физическую возможность возникновения антидемпфирования у тел вращения малого удлинения на отмеченных режимах [3].

В качестве объекта настоящего исследования было выбрано тело вращения малого удлинения [3–5] с центровкой $x_{цт} \sim 0,5$ (рис. 1), совершающее свободные колебания в сверхзвуковом потоке воздуха при малых сверхзвуковых числах Маха ($1,1 \leq M_\infty \leq 1,5$). Предметом исследования стали аэродинамические характеристики, определяющие устойчивость СА, и в первую очередь его производные коэффициента момента тангажа по угловой скорости: $m_z^{\alpha+\omega z} = m_z^\beta$.

Целью работы стала демонстрация возможностей адаптированной к ЭВМ математической модели, позволяющей определять как статические, так и динамические аэродинамические характеристики летательных аппаратов.

Задачами исследования, направленными к достижению упомянутой цели, были:

1. Формализация математической постановки сопряженной задачи динамики полета и нестационарной аэродинамики колеблющегося в сверхзвуковом потоке тела вращения малого удлинения.

2. Численный метод и алгоритм решения отмеченной сопряженной задачи на ЭВМ как результат интегрирования уравнений Навье-Стокса в подвижной системе координат.

3. Обоснование достоверности полученных данных (как внутренняя проверка расчетом на различных сетках – верификация; так и сравнение с известными экспериментальными данными – валидация).

4. Описание особенностей, полученных численным расчетом аэродинамических характеристик выбранной модели СА, связанных с его аэродинамической устойчивостью.

Численный расчет нестационарных аэродинамических характеристик методом свободных колебаний рассматривался как решение аэродинамически сопряженных задач:

– задачи решения уравнений Навье-Стокса в нестационарной постановке

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} + \frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial b}{\partial y} + \frac{\partial c}{\partial z} = H; \quad (1)$$

– задача математического моделирования колебаний модели СА в продольной плоскости симметрии относительно центра тяжести под действием сил инерции и аэродинамических сил, в общем случае переменных по времени и по углу атаки

$$\begin{aligned} \ddot{\phi} &= \frac{d^2\phi}{dt^2} = \frac{d\dot{\phi}}{dt} = -\frac{Mz}{Iz} \\ \dot{\phi} &= \dot{\phi} + \dot{\phi} dt \\ \phi &= \phi + \dot{\phi} dt \\ Mz &= \int_{\Omega_1} (\vec{p} + \vec{\tau}) d\Omega_1 \\ Iz & - \text{момент инерции.} \end{aligned} \quad (2)$$

Уравнения Навье-Стокса (1) решались методом конечного объема [7] с расщеплением потоков от вязких и невязких членов. Поток от невязких членов определялся по методу С.К. Годунова как решение задачи Римана о распаде произвольного разрыва. Поток от вязких членов рассчитывался как решение системы линейных алгебраических уравнений, полученных разложением ком-

понент тензора скоростей деформации в ряд Тейлора.

Уравнения Навье-Стокса решались в подвижной системе координат (OXYZ) [6], связанной с телом (рис. 1). Неподвижная система координат (OX₀Y₀Z₀) была связана с подвижной через угол φ, совпадающий с углом атаки (α). Кориолисовы и переносные ускорения были представлены как источниковые члены в уравнениях (1)

$$H^T = (0 \rho w_x \rho w_y \rho w_z 0), \quad w = 2\omega \cdot V + \varepsilon \cdot r + \omega \cdot \omega \cdot r.$$

Знание распределения давления и тензора вязких напряжений по поверхности тела (2) позволило установить суммарные силы и моменты, действующие на ЛА, что дало возможность определить угловое ускорение по известному моменту инерции. Далее численно рассчитывались угловая скорость и угол атаки.

Выполняя последовательно представленный алгоритм, можно итерационно проводить вычисления угла атаки и аэродинамических характеристик по времени, по аналогии с методом свободных колебаний в аэродинамической трубе.

На рис. 2(а) представлены зависимости угла атаки прямого и обратного конусов от времени, полученные описанным методом свободных колебаний. Прямой конус колебался относительно центра тяжести, расположенного на 0,584 доли длины модели от ее носка. Колебания обратного конуса математически моделировались при центровке 0,3. Начальный угол атаки для прямого конуса был выбран порядка 10°, начальный угол атаки обратного конуса соответствовал значениям 7 и 20°. При различных значениях начального угла атаки обратный конус выходил на угол атаки порядка 15°, что являлось косвенной внутренней проверкой (верификацией) работоспособности численного метода. Прямой конус выходил на угол порядка 0° в процессе колебаний.

Интересной особенностью рассмотренных на рис. 2(а) колебательных процессов было различие примерно в 10 раз демпфирующих характеристик прямого и обратного конусов.

Учитывая, что при малых сверхзвуковых скоростях существенным может оказывать-

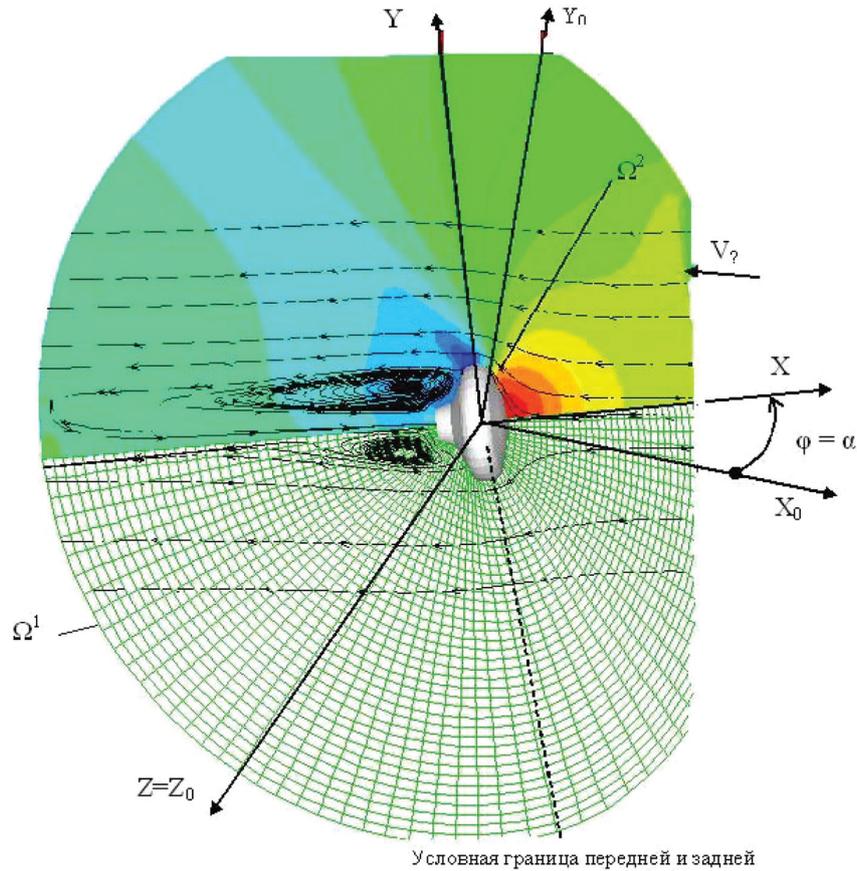


Рис. 1. Расчетная область. Внешняя (Ω_1) и внутренняя (Ω_2) границы. Подвижная (OXYZ) и неподвижная ($OX_0Y_0Z_0$) системы координат
 Fig. 1. The computational domain. External (Ω_1) and internal (Ω_2) borders. Mobile (OXYZ) and fixed ($OX_0Y_0Z_0$) coordinate system

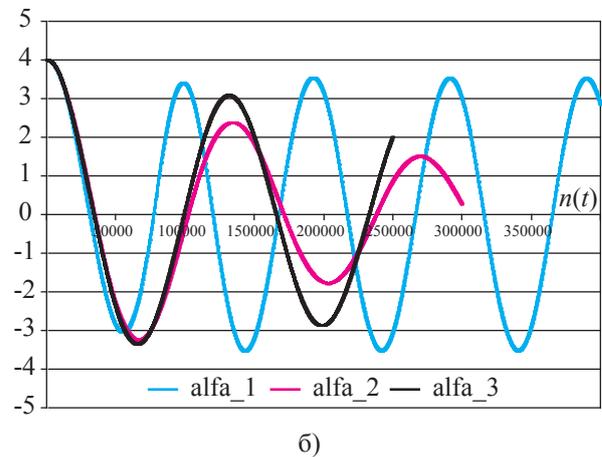
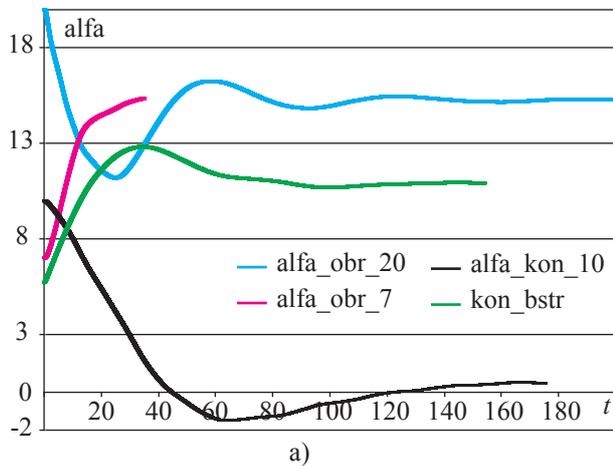


Рис. 2. Зависимости углов атаки от математического времени (числа итераций) осесимметричных моделей: а) для конических моделей, полученные для различных начальных условий; б) для тела вращения малого удлинения на различных сетках (alfa_1 и alfa_2 – 15 точек в окружном направлении; alfa_3 – 30 точек в окружном направлении) и с различными граничными условиями (alfa_1 – «10 точек» на переднюю полусферу; alfa_2 и alfa_3 – «20 точек» на переднюю полусферу)
 Fig. 2. Dependence of the angle of attack of the mathematical time (number of iterations) of axisymmetric models: а) for bevel models obtained for different initial conditions; б) For a body small elongation rotating at different grids (alfa_1 and alfa_2 – 15 points in the circumferential direction; alfa_3 – 30 points in the circumferential direction) and with different boundary conditions (alfa_1 – «10 points» on the front hemisphere; alfa_2 and alfa_3 – «20 points» on the front hemisphere)

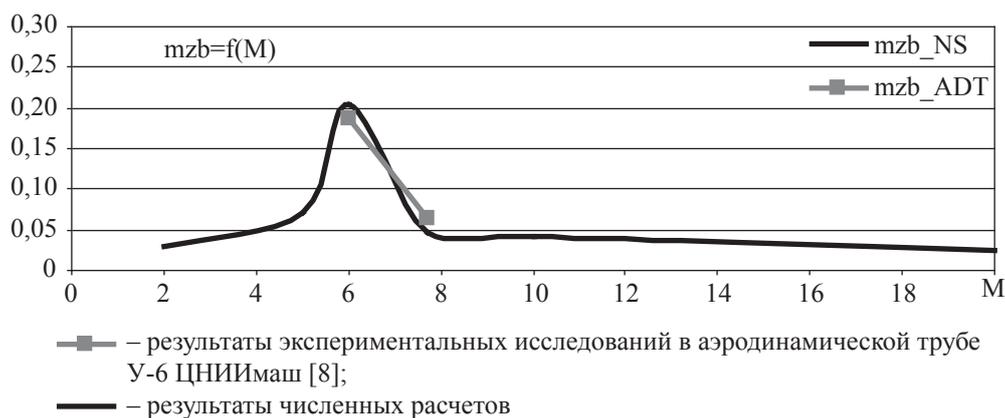


Рис. 3. Зависимости аэродинамического коэффициента демпфирования прямого конуса от числа Маха набегающего потока: ■ – результаты экспериментальных исследований в аэродинамической трубе У-6 ЦНИИМаш [8]; ◇ – результаты численных расчетов

Fig. 3. Dependence of the aerodynamic damping ratio on a direct cone on the Mach number of the incident flow: ■ – the results of experimental research in the wind tunnel У-6 TsNIIMash [8]; ◇ – the results of the numerical calculations

ся влияние граничных условия, на рис. 2(б) представлены зависимости углов атаки тела вращения малого удлинения (рис. 1):

- для случая воспроизведения невозмущенного потока в части передней полусферы, при постановке т.н. мягких граничных условий ($\partial f / \partial n = 0$) во всей остальной внешней границе (alfa_1 – 10 точек вдоль продольного контура внешней границы);

- для случая воспроизведения невозмущенного потока фактически вдоль всего контура внешней границы передней полусферы (alfa_2 и alfa_3 – 10 точек – 10 точек).

Здесь можно отметить, что в процессе решения нестационарной задачи возмущения от внешней границы могут существенно снижать демпфирующие характеристики исследуемой модели и частоту моделируемого процесса. Это явление может быть в некоторой степени аналогично влиянию стенок и возмущений аэродинамической трубы при проведении соответствующих физических экспериментов.

С другой стороны, сравнение переходных процессов на рис. 2(б), полученных на различных расчетных сетках (15 точек (alfa_2) и 30 точек (alfa_3) в окружном, поперечном оси симметрии модели направлении соответственно) частота колебаний остается примерно постоянной, хотя с измельчением сетки демпфирование снижается и наблюдаются

тенденции выхода на устойчивый предельный цикл (рис. 4). В части отмеченного процесса упомянутое явление может быть объяснено более высоким значением демпфирования у граненых и плоских (например, крылья) тел, чем у их осесимметричных аналогов. Данное замечание особенно важно при оценке использования теории Ньютона (где конус и клин имеют одинаковые аэродинамические коэффициенты) и метода искривленных тел в случае определения демпфирующих характеристик [8].

В дальнейшем для подтверждения достоверности результатов расчетов были определены значения коэффициента m_z^{β} в зависимости от числа Маха набегающего потока от 2 до 20. На рис. 3 приведены значения отмеченной расчетной зависимости и экспериментальные данные [8], полученные в аэродинамической трубе У-6 ЦНИИМаш методом свободных колебаний. Максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных не превосходит 25 %, что является хорошим результатом, учитывая сложность и систематические погрешности определения нестационарных характеристик ЛА расчетными и экспериментальными методами.

Расчетная зависимость (рис. 3) имеет максимум в интервале чисел Маха от 4 до 6 и монотонный нисходящий участок на гиперзвуковом интервале от 8 до 20, что поз-

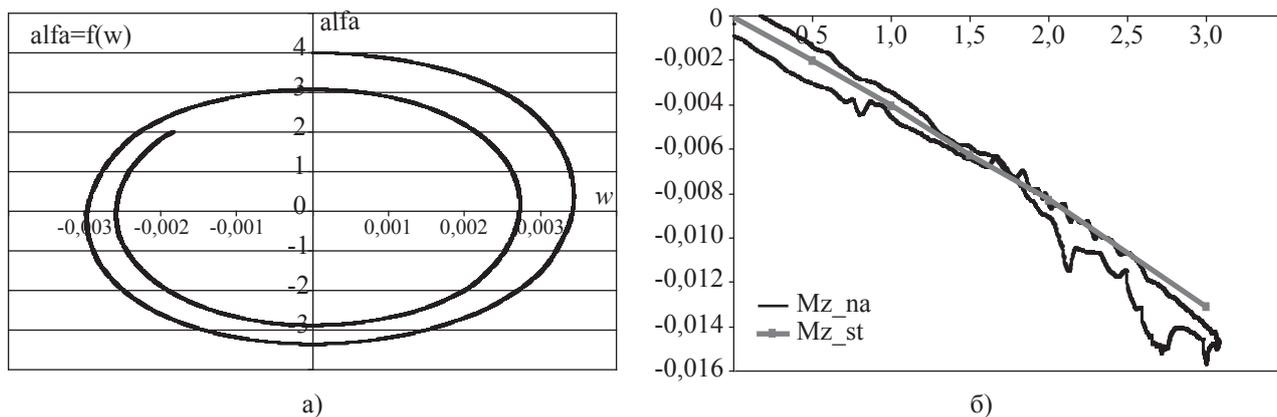


Рис. 4. Графические зависимости, демонстрирующие выход численного решения нестационарной задачи на режим «устойчивый предельный цикл»: а) зависимость угла атаки от угловой скорости движения тела вращения малого удлинения (в окружном направлении расчетная сетка содержит 30 точек, на переднюю полусферу отведено – 20 точек); б) зависимости коэффициента аэродинамического момента тангажа от угла атаки, полученные для стационарной и нестационарной задачи ($M_\infty = 1,5$)

Fig. 4. Graphics showing the output depending on the numerical solution of the problem of non-stationary mode «stable limit cycle»: a) the dependence of the angle of attack of the angular speed of rotation of the body of small elongation (in the circumferential direction of the computational grid contains 30 points allocated to the forward hemisphere – 20 points); б) dependence of the coefficient of aerodynamic pitch moment on the angle of attack, prepared for the steady and unsteady problem ($M_\infty = 1,5$)

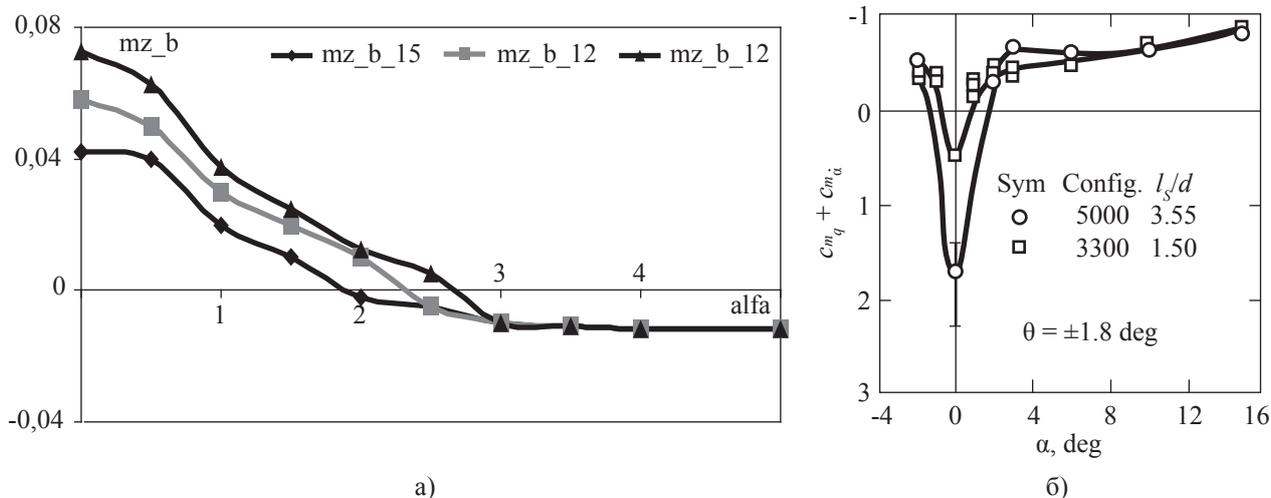


Рис. 5. Зависимости коэффициентов демпфирования от угла атаки, полученные методом свободных колебаний: а) численным расчетом для малых сверхзвуковых чисел Маха (1,1, 1,2 и 1,5); б) экспериментально ($M = 1,76$) [3]

Fig. 5. Dependencies damping coefficients on the angle of attack, obtained by the method of free oscillations: a) numerical calculations for low supersonic Mach numbers (1,1, 1,2 and 1,5); б) experimentally ($M = 1,76$). [3]

воляет распространять результаты трубных испытаний, полученные в гиперзвуковых установках, на участок натурального полета ЛА. При этом необходимо отметить, что с ростом гиперзвуковых чисел Маха наблюдается уменьшение демпфирующих характеристик ЛА, а это может привести к потере

динамической устойчивости на отдельных режимах.

В качестве самостоятельного подтверждения результатов расчета в части возможности выхода решения на устойчивый предельный цикл, соответствующий автоколебаниям, на рис. 4а приведена зависимость угла атаки

от угловой скорости (первой производной угла атаки по времени), а также зависимость коэффициента аэродинамического момента от угла атаки (рис. 46). На отмеченном рисунке моментные зависимости представлены для стационарного и нестационарного случаев. Для нестационарного случая можно выделить два участка цели аэродинамического гистерезиса: от 0 до $1,5^\circ$ – антидемпфирование и от $1,5$ до 3° – демпфирование.

Для количественной оценки частных производных момента тангажа по угловой скорости вращения использовалась разница между значением момента тангажа в стационарном расчете и в нестационарном. Таким образом, описанная методика позволила определить зависимости коэффициентов демпфирования от угла атаки для чисел Маха: 1,1, 1,2 и 1,5, соответственно (рис. 5а). Определенным качественным подтверждением правильности полученных результатов является зависимость коэффициентов демпфирования от угла атаки, полученная экспериментально в Центре Арнольда (США) и Институте фон Кармана (Бельгия) для СА «Викинг» [3], имевшего близкую к рассматриваемой модели компоновку и не имеющего заднего цилиндрического участка. В отечественной литературе [8] принято обозначение аэродинамического коэффициента демпфирования – m_z^{β} , в странах НАТО [3] – C_d , иногда с отличным знаком (рис. 5).

На рис. 5(а) можно отметить, что по мере приближения к околосзвуковому режиму демпфирующие характеристики рассматриваемой модели в окрестности нулевого угла атаки уменьшаются, здесь преобладает антидемпфирование. Последнее объясняет режим автоколебаний с существенно нелинейным коэффициентом «демпфирования», зависящим от параметра (в данном случае от угла атаки).

Дальнейшим направлением настоящего исследования могут быть

– оценки влияния числа Рейнольдса как параметра, определяющего перенос результатов трубных испытаний на режим натурного, например, марсианского полета;

– определение величины вклада различных участков рассмотренной модели и

их относительных удлинений в демпфирующие характеристики СА рассмотренной формы.

Заключение

Описаны элементы математической методики решения сопряженной аэродинамической задачи о свободных колебаниях тела вращения в сверхзвуковом потоке воздуха, что дало возможность провести математическое моделирование нелинейных колебательных процессов. Для описанного тела вращения определены демпфирующие аэродинамические характеристики, позволившие установить возникновение предельного цикла при числах Маха $M_\infty = 1,1, 1,2$ и $1,5$, амплитуда которых растет по мере приближения к околосзвуковому режиму. Достоверность полученных данных подтверждена сравнением с экспериментальными результатами, расчетами на различных сетках, с различными граничными условиями и с различными начальными условиями («сброс с различных установочных углов атаки»).

Библиографический список

1. Лукашевич, В.П. Космические крылья / В.П. Лукашевич, И.Б. Афанасьев. – М.: Лента странствий, 2009. – 496 с.
2. Козловский, В.А. Экспериментальное определение в аэродинамических трубах методом свободных колебаний характеристик демпфирования спускаемых в атмосфере планет аппаратов / В.А. Козловский // Космонавтика и ракетостроение, 2005. – Вып. 1(38).
3. Bob L. Useltom and Arthur R. Wallace, Damping-in-pitch and Drag Characteristics of the Viking Configuration at Mach Number from 1.6 through 3, AEDC-TR-72-56, May, 1972.
4. Краснов, Н.Ф.. Аэродинамика тел вращения / Н.Ф. Краснов. – М.: Машиностроение, 1964. – 572 с.
5. Петров, К.П.. Аэродинамика тел простейшей формы / К.П. Петров. – М.: Факториал, 1998. – 432 с.
6. Галактионов, А.Ю. Численное моделирование пространственного взаимодействия боковой струи с набегающим сверхзвуковым потоком / А.Ю. Галактионов // Космонавтика и ракетостроение. – № 2(39). – 2005. – С. 49–58.
7. Липницкий, Ю.М. Численное моделирование нестационарных аэродинамических характеристик затупленного конуса в рамках полных уравнений Навье-Стокса / Ю.М. Липницкий, А.Ю. Галактионов // Космонавтика и ракетостроение, 2006. – № 3. – С. 23–28.
8. Липницкий, Ю.М. Нестационарная аэродинамика баллистического полета / Ю.М. Липницкий, А.В. Красильщиков, А.Н. Покровский и др. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 176 с.

NUMERICAL CALCULATION OF THE PITCH DAMPING FOR THE ROTATION BODY OF SMALL LENGTH AT THE SUPERSONIC FLOW

Galaktionov A. Yu., Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾

galakau@mail.ru

⁽¹⁾Moscow Forest State University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005 Mytishchi, Moscow reg., Russia

The mathematical task of the free fluctuations of the body in the supersonic air flow has been shown and a numerical method of its decision has been given to define stationary and non-stationary aerodynamic characteristics. The main attention was given to the model of the Mars mission as the object of research. The subject of the research were non-stationary aerodynamic characteristics of small length which were obtained by the computer technologies with the author's program of the solution of Navier-Stoks equations (they were written in the moving coordinate system with the Vector-column of the source parts). The equations (with Mach number in the interval from 1,1 to 1,5) for the laminar case ($ReD=1,5 \cdot 10^6$) have been obtained. The reliability of the data received on the personal computers for the Mars expeditions is confirmed by accounts on various grids (algebraic grids of different structure were used for the solution) and comparison with the known experimental data. It was shown that the influence of the boundary conditions on the results of the numerical calculations is significant, and the solution can be found by a limited cycle which corresponds to the vibration case. For the different Mach numbers, as one of the main factors of the tasks, quantitative characteristics were taken.

Keywords: Navier-Stokes equations, dynamic of rotation, aerodynamic damping, supersonic flow, the rotation bodies of small lengthening, connected tasks

References

1. Lukashovich V.P., Afanas'ev I.B. *Kosmicheskie kryl'ya*, [Space wings]. Moscow: Lenta stranstviy, 2009, p. 496.
2. Kozlovskiy V.A. *Eksperimental'noe opredelenie v aerodinamicheskikh trubakh metodom svobodnykh kolebaniy kharakteristik dempfirovaniya spuskaemykh v atmosfere planet apparatov* [Experimental definition of unsteady aerodynamic parameters of re-entry body for atmosphere planets]. *Kosmonavtika i raketostroenie*, 2005, V. 1(38).
3. Bob L. Useltom and Arthur R. Wallace, *Damping-in-pitch and Drag Characteristics of the Viking Configuration at Mach Number from 1.6 through 3*, AEDC-TR-72-56, May, 1972.
4. Krasnov N.F. *Aerodinamika tel vrashcheniya* [Aerodynamic of rotation objects]. Moscow: Mashinostroenie, 1964. p 572.
5. Petrov K.P. *Aerodinamika tel prosteyshyey formy* [Aerodynamic of simple objects]. Moscow: Faktorial, 1998. p. 432.
6. Galaktionov A. Yu. *Chislennoe modelirovanie prostranstvennogo vzaimodeystviya bokovoy strui s nabegayushchim sverkhzvukovym potokom* [Numerical simulation of 3D-interaction size-jet and supersonic flow]. *Kosmonavtika i raketostroenie*. № 2(39). 2005. p. 49–58.
7. Lipnitskiy Yu.M., Galaktionov A. Yu. *Chislennoe modelirovanie nestatsionarnykh aerodinamicheskikh kharakteristik zatuplennogo konusa v ramkakh polnykh uravneniy Nav'e-Stoksa* [Numerical model of unsteady aerodynamic of cone with Navier-Stoks equations]. *Kosmonavtika i raketostroenie*, 2006. № 3. pp. 23–28.
8. Lipnitskiy Yu.M., Krasil'shchikov A.V., Pokrovskiy A.N., Shmanenkov V.N. *Nestatsionarnaya aerodinamika ballisticheskogo poleta* [Unsteady aerodynamic of ballistic flight]. Moscow: FIZMATLIT, 2003. p 176.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПАКЕТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ NUMECA ДЛЯ РАСЧЕТА НЕСТАЦИОНАРНЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В РАМКАХ ГИПОТЕЗЫ ИСКРИВЛЕННЫХ ТЕЛ

А.Ю. ГАЛАКТИОНОВ, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾,
М.С. АНТИПОВА, студентка магистратуры 2 курса МГУЛ⁽¹⁾

galakau@mail.ru, mayachka_antipova@yandex.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Нестационарные аэродинамические характеристики свободно падающих тел могут быть определены прямым циклическим расчетом, но, так как это требует решения сопряженной задачи динамики полета нестационарной аэродинамики и связанного с этим большого потребления вычислительных ресурсов, был предложен подход определения нестационарных аэродинамических характеристик цилиндрических моделей с использованием возможностей современных пакетов аэродинамических программ и гипотезы искривленных тел. В качестве основного объекта исследования был выбран круговой цилиндр. Численные расчеты производных коэффициента момента тангажа по угловой скорости выполнены для дозвуковых и сверхзвуковых режимов обтекания кругового цилиндра в пакете Fine/Open. Представлены фрагменты картин течения в окрестности прямого и искривленного цилиндров. Проведена визуализация отдельных картин течения как в окрестности прямого, так и искривленного цилиндров, позволяющие отличить элементы структуры взаимодействия в ударном слое. Проведена оценка вычислительного потенциала, используемого для решения упомянутой задачи. Получен график зависимости аэродинамических коэффициентов производной момента тангажа от радиуса кривизны. Показано, что сверхзвуковое решение сходится в процессе уменьшения кривизны существенно быстрее, чем для дозвукового режима обтекания. Достоверность полученных данных подтверждена сходимостью результатов по математическому времени, по шагу расчетной сетки, а также по радиусу кривизны, так как принятая для расчета нестационарных аэродинамических характеристик гипотеза искривленного тела в отдельных случаях является достаточно приближенной.

Ключевые слова: нестационарные аэродинамические характеристики, гипотеза искривленных тел, круговой цилиндр, коэффициент момента тангажа, радиус кривизны

Одной из проблем современной предпроектной подготовки ракетносителей (РН) является сокращение размеров районов падения отделяемых частей в процессе выведения. С другой стороны, для систематизации существующих баз данных по полям падения отделяемых частей РН необходимы нестационарные аэродинамические характеристики, и, в первую очередь, демпфирующий момент тангажа, характеризующийся производной $m_z^{\dot{\alpha}}$.

Учитывая, что отделяемые части могут иметь достаточно сложную форму, целесообразно использование для упомянутой задачи современных пакетов программ (ANSYS, NUMECA, Star-CD и др.) как элементов Cals-технологий. Однако на данный момент эти программные пакеты либо не располагают «модулями» для проведения прямых численных нестационарных расчетов упомянутой задачи, либо потребляют слишком большие временные и вычислительные ресурсы, не сопоставимые с потребностями в массовых расчетах оценках отраслевых научно-иссле-

довательских институтов (НИИ) и конструкторских бюро (КБ).

В то же время использование метода искривленных тел, предложенного еще в 1934 г., в сочетании с современными ПЭВМ и пакетами прикладных программ позволяют получить оперативные оценки отмеченных характеристик [1].

Целью настоящей работы стало исследование возможностей пакета Fine/Open по оперативному расчету дозвуковых и сверхзвуковых нестационарных аэродинамических характеристик цилиндра большого удлинения в рамках гипотезы искривленных тел.

Ниже приведены постановка задачи и фрагменты некоторых картин течения. Также представлены зависимости момента тангажа от числа итераций (для отмеченного объекта исследования) и зависимости демпфирующего момента от радиуса кривизны цилиндра.

В качестве объекта исследования был выбран круговой цилиндр (радиус $R = 2$ м,

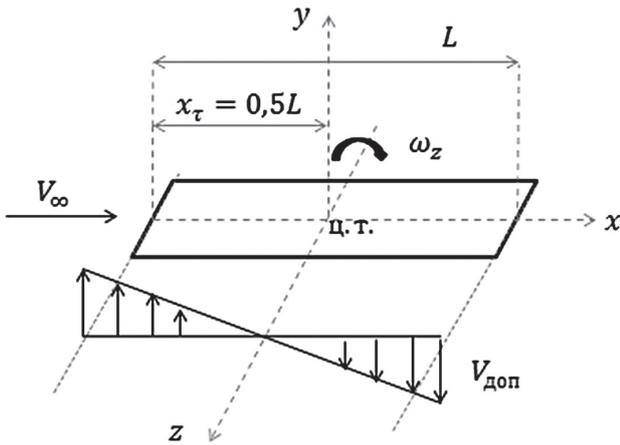


Рис. 1. Эпюра распределения дополнительных скоростей $V_{доп}$, вызванных вращением цилиндра, $\Delta\alpha = \arctg V_{доп} / V_{\infty}$

Fig. 1. The diagram of the distribution of the additional velocity $V_{доп}$ caused by the rotation of the cylinder, $\Delta\alpha = \arctg V_{доп} / V_{\infty}$

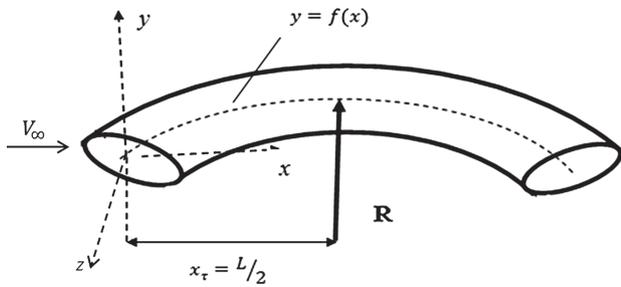


Рис. 2. Геометрическая модель цилиндрической формы с радиусом кривизны R

Fig. 2. The geometric model of a cylindrical shape with a radius of curvature R

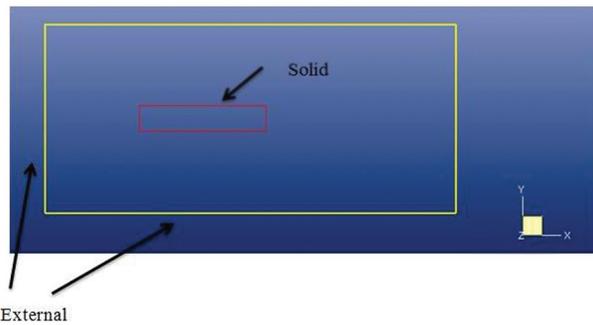


Рис. 3. Границы расчетной области

Fig. 3. The boundaries of the computational domain

высота $L = 20$ м). Аэродинамические характеристики (в первую очередь

$$m_z^{\bar{\alpha}} = \frac{\partial m_z}{\partial \alpha},$$

картины течения и др.) были определены как для дозвукового случая ($M_{\infty} = 0,6$, $Re = 3 \cdot 10^8$,

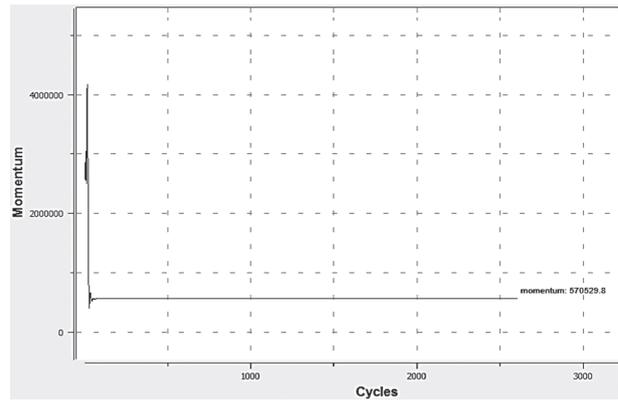


Рис. 4. График сходимости решения для цилиндрической модели с условиями: число Маха = 4, угол атаки = 0° , радиус кривизны = 100 м

Fig. 4. A schedule of convergence of solutions for a cylindrical model with conditions: the Mach number is 4, the angle of attack = 0° , the radius of curvature = 100 m

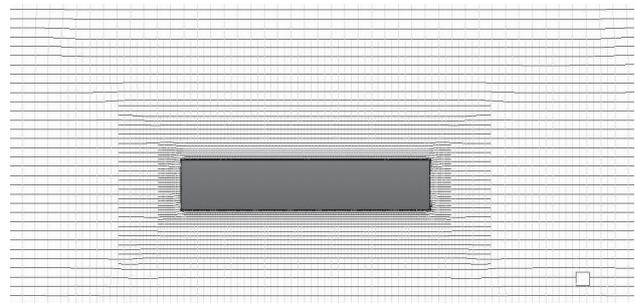


Рис. 5. Расчетная сетка, количество элементов около 10^6

Fig. 5. The computational grid, the number of about 10^6

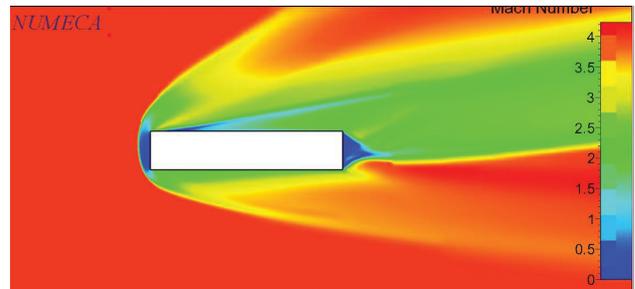


Рис. 6. Поле чисел Маха для случая прямой цилиндрической модели с числом Маха = 4, углом атаки = 10°

Fig. 6. The field of Mach numbers in the case of a straight cylindrical model with a Mach number = 4, the angle of attack = 10°

$T_w = 0,9$), так и для сверхзвукового случая ($M_{\infty} = 0,6$, $Re = 1,7 \cdot 10^9$, $T_w = 0,9$) с использованием гипотезы искривленных тел [2, 3].

Численный расчет аэродинамических характеристик выполняется на прямоугольной расчетной сетке, количество узлов кото-



Рис. 7. Распределение значений статического давления (Па) для случая прямой цилиндрической модели с числом Маха = 4, углом атаки = 10 °

Fig. 7. Distribution of the values of the static pressure (Pa) in the case of a straight cylindrical model with Mach number = 4, the angle of attack = 10 °

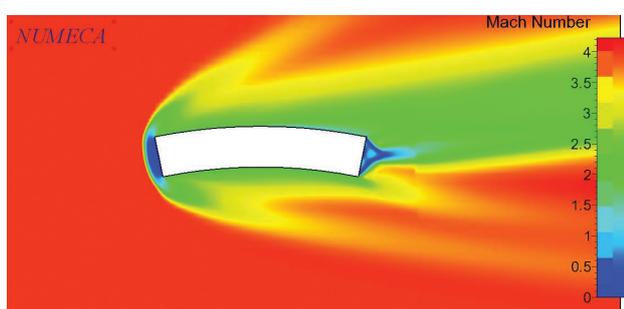


Рис. 8. Поле чисел Маха для случая искривленной цилиндрической модели с числом Маха = 4, углом атаки = 10 ° и радиусом кривизны $R = 50$ м

Fig. 8. The field of Mach numbers for the case of a curved cylindrical pattern with Mach number = 4, angle of incidence = 10 ° and a radius of curvature $R = 50$ m

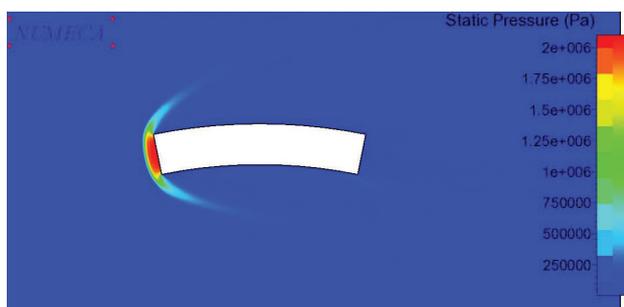


Рис. 9. Распределение значений статического давления (Па) для случая искривленной цилиндрической модели с числом Маха = 4, углом атаки = 10 ° и радиусом кривизны $R = 50$ м

Fig. 9. The distribution of values of the static pressure (Pa) in the case of a curved cylindrical pattern with Mach number = 4, angle of incidence = 10 ° and a radius of curvature $R = 50$ m

рой составляет около 10^6 . Пространственная дискретизация выполняется методом конечных объемов. Используется модель турбулен-

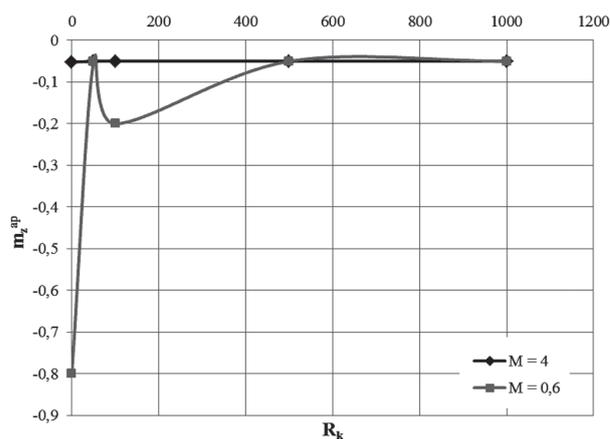


Рис. 10. Зависимости производных коэффициента момента тангажа от радиуса кривизны, полученные в результате численных расчетов для дозвукового и сверхзвукового режимов обтекания

Fig. 10. Derivatives of a pitching moment coefficient of the radius of curvature obtained by numerical calculations for subsonic and supersonic flow regimes

тной вязкости Спаларта–Аллмараса в рамках уравнения Навье–Стокса, осредненных по Рейнольдсу [4].

Задача решается численно в границах расчетной области, представленной на рис. 3. Граничное условие External задается на внешних стенках расчетной области, условие Solid – на стенках цилиндрической модели [5, 6].

В качестве первого теста был рассмотрен вопрос о сходимости решения по времени [7]. Для выхода на установившийся режим как на дозвуке, так и на сверхзвуке потребовалось от 6 до 8 тыс. итераций, что соответствует от 8 до 14 часов машинного времени на ЭВМ с характеристиками: Windows 7 Ч64, Intel® Core™ i3-3220U CPU @ 3300 GHz, ОЗУ – 4 ГБ. Расчеты проводились на неструктурированной сетке, представленной на рис. 5.

На рис. 6–9 представлены картины течения. Для более четкой визуализации в процессе численного расчета для одного из случаев (число Маха = 4, угол атаки = 10 °) расчетная сетка адаптировалась по градиенту скорости и давления. Расчеты для остальных случаев проводились на начальной расчетной сетке с областями сгущения вокруг отмеченной модели, представленной на рис. 5, для сокращения времени расчетов.

На рис. 6 и 7 можно отметить головную ударную волну, а также тонкие структуры течения в ударном слое.

Учитывая, что принята для расчета нестационарных аэродинамических характеристик гипотеза искривленного тела в отдельных случаях является достаточно приближенной, был рассмотрен вопрос о сходимости нестационарных характеристик в процессе уменьшения кривизны (увеличение радиуса кривизны) [8, 9]. На рис. 10 приведены зависимости аэродинамических коэффициентов производной момента тангажа от радиуса кривизны описанной цилиндрической модели, полученные численно для дозвукового (число Маха = 0,6) и сверхзвукового случаев (число Маха = 4). Радиус кривизны изменялся в интервале от 10 до 1000 м, что соответствовало изменению числа Струхала от 4,08 до 0,0201, при характерной длине модели – 20 м. Критерием правильности расчета нестационарных характеристик было выбрано условие автомодельности по числу Струхала. Как для дозвукового, так и для сверхзвукового случая обтекания был отмечен выход решения на асимптоту начиная с радиуса кривизны 200 м. Расчеты при радиусе кривизны более 500 м были осложнены ограничениями графических редакторов, а также недостатком вычислительных ресурсов, которые потребовались для генерации более мелкой расчетной сетки, чтобы захватить незначительное изменение в геометрии.

Как видно из рис. 10, сверхзвуковое решение выходит на автомодельный режим при меньших радиусах кривизны, чем дозвуковое. В то же время, значение коэффициента демпфирования для рассматриваемой модели на сверхзвуке почти на порядок меньше, чем при дозвуковом режиме, что необходимо учитывать при математическом моделировании свободного падения тел отмеченной формы с воспроизведением углового движения в продольной плоскости [10].

Выводы

Изложен подход, позволяющий определять нестационарные аэродинамические

характеристики цилиндрических моделей сравнительно большого удлинения с использованием пакета Fine/Open (Numeca Int.) на основе метода искривленных тел.

Для дозвукового и сверхзвукового случаев обтекания (числа Маха = 0,6 и 4) прямого и искривленного цилиндра получены аэродинамические характеристики, в первую очередь картины течения и моменты тангажа.

Определены значения производной момента тангажа по угловой скорости, достоверность которых показана сходимостью по величине радиуса кривизны как для звукового, так и для сверхзвукового режимов обтекания.

Библиографический список

1. Гуджиенко, Г.А. Метод искривленных моделей и применение его к изучению криволинейного полета воздушных кораблей / Г.А. Гуджиенко // Труды ЦАГИ. – 1934. – № 182.
2. Лебедев, А.А. Динамика полета летательных аппаратов: учеб. пособие для вузов / А.А. Лебедев, Л.С. Чернобровкин. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1973. – 616 с.
3. Лунев, В.В. Метод искривленных тел в задачах нестационарного гиперзвукового обтекания тонких тел / В.В. Лунев // Известия АН СССР, Механика жидкости и газа. – 1968. – № 5. – С. 64–75.
4. Антипова, М.С. Выбор модели турбулентной вязкости для расчета аэродинамических характеристик ЛА сферической формы в условиях сверхзвукового обтекания / М.С. Антипова, М.Ю. Ефремова // XI Гагаринские чтения. Научные труды Международной научной конференции в 9 томах. – М. МАТИ им. К.Э. Циолковского. – 2014. – Т. 5. – С. 49–50
5. Fine/Open v. 2.12 Documentation v. 2.12c: Theoretical Manual. – Brussels: NUMECA International. – 2012.
6. Fine/Open DLR/F4 – Euler: External Application. – Brussels: NUMECA International. – 2012. – 18 с.
7. Боков, К.И. Математическое моделирование выхода на устойчивый режим сопряженных задач газовой динамики / К.И. Боков // XI Гагаринские чтения. Научные труды Международной научной конференции. МАТИ им. К.Э. Циолковского. – 2014. – Т. 5. – С. 69.
8. Антонец, А.В. Определение нестационарных аэродинамических характеристик путем расчетов стационарного обтекания летательных аппаратов с видоизменной формой поперечных сечений / А.В. Антонец. – М.: Известия академии наук. Механика жидкости и газа – 2003. – С. 23–28.
9. Кудрявцева, Н.А. Атлас стационарных и нестационарных аэродинамических характеристик крыльев различной формы в плане со сверхзвуковыми кромками / Н.А. Кудрявцева, В.Г. Табачников, М.К. Фурсов; под общей ред. С.М. Белоцерковского. – М.: ЦАГИ, 1965. – 350 с.
10. Петров, К.П. Аэродинамика тел простейшей формы / К.П. Петров. – М.: Факториал. – 1998. – 432 с.

THE USE OF SIMULATION PACKAGE NUMECA FOR NUMERICAL COMPUTATION CYLINDRICAL MODELS' UNSTEADY AERODYNAMIC CHARACTERISTICS ACCORDING TO METHOD OF CURVED BODIES

Galaktionov A.Yu., Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾; Antipova M.S., MSFU⁽¹⁾

galakau@mail.ru, mayachka_antipova@yandex.ru

⁽¹⁾Moscow Forest State University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005 Mytishchi, Moscow reg., Russia

Unsteady aerodynamic characteristics of freely falling bodies can be determined by direct cyclic calculation but it requires the dual problem solution of nonsteady aerodynamics of the flight dynamics and a large consumption of computing. An approach was proposed for determining unsteady aerodynamic characteristics of cylindrical models by using the capabilities of modern aerodynamic programs and hypothesis of curved bodies. A circular cylinder was chosen as the main object of research. Numerical calculations of the pitching moment derivative coefficient of the angular velocity are performed for subsonic and supersonic flow conditions of a circular cylinder in the program Fine / Open. The visualization of individual patterns of flow is shown. The estimation of computing capacity is appraised to solve the above problem. A plot was made of a pitching moment derivative aerodynamic coefficient of the curvature's radius as well. It is shown that supersonic solution converges in the process of reducing radius of the curvature substantially faster than for subsonic flow condition. The accuracy of the data is confirmed by the convergence results of mathematical time, stepping computational grid, as well as the radius of curvature.

Keywords: Unsteady aerodynamic characteristics, the hypothesis of curved bodies, circular cylinder, the pitching moment coefficient, the radius of curvature

References

1. Gudzhienko G.A. *Metod iskrivlennykh modeley i primeneniye ego k izucheniyu krivolineynogo poleta vozdukhnykh korablye* [The Method of curved models and its application to the study of curved flight airships]. Scientific works TsAGI's. 1934. № 182.
2. Lebedev A.A. *Dinamika poleta letatel'nykh apparatov* [Flight dynamics of aircraft]. Moscow: Mashinostroeniye, 1973. 616 p.
3. Lunev, V.V. *Metod iskrivlennykh tel v zadachakh nestatsionarnogo giperzvukovogo obtekaniya tonkikh tel* [The method of curved bodies in problems of unsteady hypersonic flow subtle bodies]. Izvestiya AN SSSR, Mekhanika zhidkosti i gaza [Fluid Mechanics]. 1968. № 5. pp. 64–75.
4. Antipova, M.S. *Vybor modeli turbulentnoy vyazkosti dlya rascheta aerodinamicheskikh kharakteristik LA sfericheskoy formy v usloviyakh sverkhzvukovogo obtekaniya* [Choosing a model of turbulent viscosity to calculate the aerodynamic characteristics of the aircraft in a spherical shape of a supersonic flow] XI Gagarin's readings. Scientific Proceedings of the International Scientific Conference in 9 volumes. Moscow: MATI. 2014. pp. 49-50.
5. Fine/Open v. 2.12 Documentation v. 2.12c [Elektronnyy resurs]: Theoretical Manual. Brussels: NUMECA International. 2012.
6. Fine/Open DLR4 – Euler [Elektronnyy resurs]: External Application. Brussels: NUMECA International. 2012. 18 p.
7. Bokov, K.I. *Matematicheskoe modelirovaniye vykhoda na ustoychivyy rezhim sopryazhennykh zadach gazovoy dinamiki* [The mathematical modeling of formation stable condition gas dynamics' dual problems]. XI Gagarin's readings. Scientific Proceedings of the International Scientific Conference in 9 volumes. Moscow: MATI. 2014. pp. 69.
8. Antonets, A.V. *Opredeleniye nestatsionarnykh aerodinamicheskikh kharakteristik putem raschetov statsionarnogo obtekaniya letatel'nykh apparatov s vidoizmenennoy formoy poperechnykh secheniy* [Determination of unsteady aerodynamic characteristics by calculating steady flow of aircraft with a modified cross-sectional shape]. Moscow: Proceedings of the Academy of Sciences. Fluid Dynamics. 2003. pp. 23-28.
9. Kudryavtseva, N.A. *Atlas statsionarnykh i nestatsionarnykh aerodinamicheskikh kharakteristik kryl'ev razlichnoy formy v plane so sverkhzvukovymi kromkami* [Atlas of steady and unsteady aerodynamic characteristics of wings of different shapes in terms of supersonic edges]. Moscow: TsAGI, 1965. 350 p.
10. Petrov, K.P. *Aerodinamika tel prosteyshyey formy* [Bodies simplest form aerodynamics]. Moscow: Faktorial. 1998. 432 p.

АЛГОРИТМЫ ПОИСКА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В LUCENE.NET

М.В. ЖЕРДЕВА, асп., Технологический университет⁽¹⁾

masha8908@rambler.ru

⁽¹⁾ГБОУ ВО МО «Технологический университет», 141074, Московская обл., г. Королев, ул. Гагарина, д. 42

В статье рассмотрены модели поиска, положенные в основу работы Lucene.Net, и описаны особенности ранжирования документов. Одной из важнейших становится задача поиска по содержимому за конечное время в большом объеме документов. Традиционные системы поиска, как правило, ориентируются на работу со структурированными текстовыми данными и мало приспособлены для обработки мультимедийной и неструктурированной информации. Тогда возникает проблема поиска и выборки необходимой информации из большого неструктурированного массива. Одним из факторов, стимулирующих развитие технологий поиска, является появление огромного количества электронных библиотек, содержащих значительные объемы актуальных знаний. В связи с тем, что выбор алгоритма поиска зависит от особенностей проекта, необходима разработка более совершенных методов, берущих за основу приведенные модели и обеспечивающих высокую релевантность найденных документов по искомому запросу пользователя за возможно более короткие сроки, а также обладающие точно вычисляемым сроком выдачи результата. Требуются особые виды поиска и обработки результата, а также особое количество или формат данных в проекте. В данной статье выделены параметры, которые следует учитывать при выборе поискового механизма. Проанализированы существующие подходы к решению задач поиска и предложено их улучшение, основанное на использовании модификации булевого поиска (метод взвешенного зонного ранжирования). Приведены критерии оценки информационного поиска. Показана концептуальная формула для оценки релевантности поиска Lucene.Net.

Ключевые слова: информационный поиск, документ, критерии, релевантность, поисковые системы

В настоящее время происходит повсеместный переход предприятий на электронный документооборот. Благодаря этому большое значение приобретают системы «мгновенного» локального полнотекстового поиска по содержимому документов различных типов. Количество документов, с которыми сотрудник должен работать за день, увеличивается с каждым годом, поэтому особенно важной становится задача поиска по содержимому за конечное время в большом объеме документов (десятки и сотни тысяч документов). Традиционные системы поиска, развивающиеся в тесной взаимосвязи с СУБД, в основном ориентированы на работу со структурированными текстовыми данными и мало приспособлены для обработки мультимедийной и неструктурированной информации. В этом случае возникает проблема поиска и выборки необходимой информации из большого неструктурированного массива. Другим фактором, стимулирующим развитие технологий поиска, является появление большого количества электронных библиотек, содержащих значительные объемы актуальных знаний. Производительность и эффективность любой подобной системы хранения информации напрямую зависит от эффективности и производительности поисковых систем.

Актуальность вопросов разработки поисковых систем. На сегодняшний момент к поисковым системам предъявляется ряд дополнительных требований: построение запроса на естественном языке, поиск информации не только по формально заданным терминам, но и автоматический анализ и расширение запроса, возможность создания сложных запросов с итеративным и интерактивным уточнением его параметров, интеллектуальное ранжирование выдаваемой информации. Полноценного решения совокупности указанных задач в данный момент не найдено. Для поиска информации на основании запроса на естественном языке сначала необходимо построить модель знаний пользователя о предметной области. Данная модель строится на основании вводимого пользователем текста запроса с использованием алгоритмов семантико-синтаксического анализа. Построение подобной модели позволяет более точно указать, что именно ищет пользователь. Для расширения границ поиска с целью охвата всей предметной области служат различные алгоритмы, связанные с применением тезауруса. Знания о языке в целом и предметной области в частности представляются в виде фиксированной (иногда динамичной) семантической сети с выделенными отношениями между поня-

тиями (терминами). Большинство ПС после осуществления поиска выполняет ранжирование списка найденных документов. Ранжирование осуществляется путем оценки релевантности документов запросу пользователя. Способы оценки релевантности, применяемые большинством ПС, основаны на сравнении количества совпадающих слов в запросе и на странице с учетом местонахождения слов на странице. Этот подход не всегда дает хороший результат, особенно если запрос был сложным и содержал многозначные понятия. В этом случае целесообразно применять оценку релевантности запроса с использованием аппарата нечеткой логики для сравнения семантических сетей запроса и документа. Подобный подход оценивает содержимое не по формальному наличию искомым слов из запроса, а по смысловому содержанию страницы и его соответствию смысловому содержанию запроса.

Задачи, возлагаемые на поисковую систему (ПС), зависят от роли и места ПС в информационной системе. Это может быть подсистема поиска, интегрированная внутри СУБД, либо стороннее средство, налагаемое на существующий архив информации. Одной из задач, возлагаемых на ПС, является поиск и анализ информации в средствах электронного документооборота. Одно из решений заключается в том, что информация загружается в специальную «систему управления знаниями». В данном случае информация хранится внутри системы и доступ к ней осуществляется средствами специализированных поисковых средств. Другим является подход, при котором на сеть источников накладывается единая информационно-поисковая система, обеспечивающая прозрачный поиск и категоризацию документов. Самой распространенной задачей, ставящейся перед ПС, является задача поиска информации в предварительно проиндексированных полнотекстовых массивах данных. Это могут быть как данные на локальной машине, так и распределенные данные внутри Интранет/Интернет сетей. Подобная задача поиска стоит как перед поисковыми системами Интернет, так и перед специализированны-

ми средствами полнотекстового поиска. Выделяются следующие подзадачи: поиск по контексту, тематический поиск, построение карты знаний, авторубрикатор, поиск документов по отношению близости.

Параметры критериев выбора поискового механизма

В качестве критериев выбора поискового механизма определим следующие параметры:

- скорость индексирования и переиндексации,
- поддерживаемые API,
- поддерживаемые протоколы,
- размер базы и скорость поиска,
- поддерживаемые типы документов,
- работа с разными языками и стемминг,
- поддержка дополнительных типов полей в документах,
- платформа и язык,
- возможность расширения встроенных механизмов ранжирования и сортировки [3–6].

Основные принципы определения релевантности

1. Количество ключевых слов запроса в тексте документа.
2. Тэги, в которых эти слова располагаются.
3. Местоположение искомым слов в документе.
4. Удельный вес слов, относительно которых определяется релевантность, в общем количестве слов документа.
5. Время – как долго страница находится в базе поискового сервера.
6. Индекс цитируемости – как много ссылок на данную страницу ведет с других страниц, зарегистрированных в базе поисковика [5].

Критерии оценки информационного поиска

Рассмотрим координаты описания выхода АИПС с точки зрения потребителя информации [1, 2, 7]:

- диаграмма $\langle L \rangle$ или диаграмма Эйлера-Венна (рис. 1);

– таблица сопряженности или диаграмма $\langle a, b, c, d \rangle$ (рис. 2);

– диаграмма $\langle n, x \rangle$ – взаимосвязь числа выданных релевантных документов и общего числа выданных документов (рис. 3).

Первичные координаты. Относительно координат $\langle n, x \rangle$ необходимо заметить, что допустимые выдачи (имеющие смысл сочетания числа выданных релевантных – x и общего числа выданных документов – n) находятся в незаштрихованной области ОИрОД, ограниченной прямыми линиями

$$\begin{aligned} \text{ОИ: } x=n; \text{ Ир0: } x=x_0; \\ \text{р0Д: } x = n - (n_0 - x_0); \text{ Д0: } x = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Очевидна следующая взаимосвязь перечисленных координат:

● число выданных релевантных документов

$$a = x = |L^R \cap L^C|, \quad (2)$$

● количество выданных документов

$$a + b = n = |L^C|, \quad (3)$$

● общее число релевантных

$$a + c = x_0 = |L^R|, \quad (4)$$

● общее число документов

$$L_0 - a + c + d = n_0 = |L_0|. \quad (5)$$

Частные критерии. В целях количественного описания уровня качества поиска АИПС исторически первыми были предложены следующие частные критерии оценки системы:

● полнота (r – от *recall ratio*):

$$r = \frac{a}{a + c} = \frac{x}{x_0} = \frac{|L^R \cap L^C|}{|L^R|}, \quad (6)$$

● точность (p – от *precision ratio*):

$$p = \frac{a}{a + b} = \frac{x}{n} = \frac{|L^R \cap L^C|}{|L^C|}, \quad (7)$$

● специфичность:

$$\sigma = \frac{d}{d + b} = 1 - \frac{n - x}{n_0 - x_0} = \frac{|L_0(L^C \cup L^C)|}{|L_0 L^C|}, \quad (8)$$

● общность (точность L_0) характеризует качество поискового массива в целом:

$$p_0 = \frac{a + c}{a + b + c + d} = \frac{x_0}{n_0} = \frac{|L^R|}{|L_0|}. \quad (9)$$

Каждая из переменных (6) – (8) изменяется в пределах от 0 до 1. Список перечис-

ленных переменных может быть дополнен величиной n (относительный объем выдачи):

$$v = \frac{a + b}{a + b + c + d} = \frac{n}{n_0} = \frac{|L^C|}{|L_0|}. \quad (10)$$

Библиотека Lucene.NET, берущаяся за основу данного исследования, является продуктом с открытым исходным кодом, распространяемым по лицензии Apache. Она является мощным и производительным средством полнотекстового поиска, поддерживающим подключение различных моделей ранжирования степени релевантности полученных результатов.

Lucene.Net – это перенесенный с платформы Java поисковый движок Lucene. Он поддерживает тот же API и те же классы, что и оригинальная версия. Это накладывает определенный отпечаток, а также делает индекс обратно совместимым для обеих платформ.

Рассмотрим модели поиска, используемые в Lucene.Net. [8–10]

В настоящее время различают **три общие модели поиска**:

1) Булева модель, когда документы при поиске делятся на две группы – либо соответствующие, либо несоответствующие запросу, при этом никакие их оценки не вычисляются. Так как в этой модели нет оценок релеванности документа запросу, то выдается все множество документов, соответствующих запросу, без какого-либо ранжирования.

2) Векторная модель, когда и запросы, и документы моделируются векторами весов n -мерного пространства

$$v(d) = (w_1, \dots, w_n), \quad V(q) = (v_1, \dots, v_n), \quad (11)$$

где n – общее число различных термов (слов) во всех документах коллекции, каждый уникальный терм – измерение;

w_i и v_i – соответственно веса i -го терма в документе d и запросе q , веса могут вычисляться как *tf-idf* (term frequency – inverse document frequency, частота терма – обратная частота документа).

Релевантность или подобие между запросом и документом вычисляются расстоянием между этими векторами: чем ближе они расположены, тем больше документ d соответствует запросу q . В векторной модели

часто используют косинусную оценку релевантности q и d

$$\text{cosineSim}(q, d) = V(q) \cdot V(d) / |V(q)| |V(d)|, \quad (12)$$

где $V(q) \cdot V(d)$ – скалярное произведение двух векторов, а $|V(q)| |V(d)|$ – произведение их длин.

Векторная модель специально не требует, чтобы веса были обязательно *tf-idf*, но использование таких весов дает высокоточный поиск. Lucene использует *tf-idf* – функцию, прямо пропорциональную числу документов коллекции, содержащих этот терм.

3) Вероятностная модель, где вычисляется вероятность того, что документ соответствует запросу с использованием полного вероятностного подхода.

Lucene.Net при реализации функции поиска комбинирует векторную и булеву модели. Подход заключается в том, что отбор документов осуществляется в соответствии с булевой моделью, а их ранжирование – в соответствии с векторной моделью.

Уравнение для $\text{cosineSim}(q, d)$ можно рассматривать как скалярное произведение нормализованных векторов весов, в том смысле, что деление вектора $V(q)$ на его длину есть его нормализация к единичному вектору.

Lucene уточняет оценку векторной модели $\text{cosineSim}(q, d)$ как с точки зрения качества поиска, так и удобства ее вычисления.

1) Нормализация $V(d)$ к единичному вектору может быть проблематичной в том смысле, что таким образом удаляется информация о длине документа. Чтобы избежать этой проблемы, используется множитель, учитывающий его длину, который приводит $V(d)$ к вектору длиной, равной или большей единицы: $\text{docLenNorm}(d)$.

2) При индексации документа пользователи могут указать, что одни документы важнее, чем другие, путем присвоения документу показателя важности (т. е. одни документы имеют предпочтение перед другими при прочих равных условиях). Значит, что и оценка каждого документа получит дополнительный множитель важности документа $d\text{Boost}(d)$.

3) Особенностью модели документа Lucene является то, что документ рассмат-

ривается как совокупность полей (полей метаданных). В связи с этим каждый терм относится к какому-то конкретному полю. Нормализация длины документа представляет собой нормализацию длин полей документа. Помимо того, что есть множитель важности документа, существуют также множители важности отдельных его полей (например, 0,5 для поля *autor*, 0,3 – для *title* и 0,2 – для *body*).

4) Одно и то же поле может присутствовать в документе многократно (например,

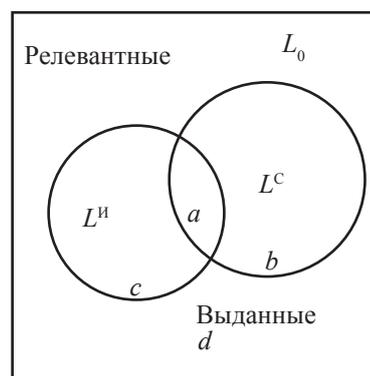


Рис. 1. Диаграмма Эйлера-Венна
Fig. 1. Diagram of the Euler-Venn

	Релевантные	Нерелевантные
Выданные	a	b
Невыданные	c	d

Рис. 2. Таблица сопряженности выдачи и релевантности
Fig. 2. Crosstabs of issue and relevance

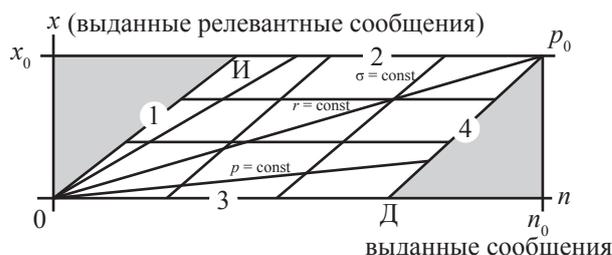


Рис. 3. Диаграмма $\langle n, x \rangle$
Fig. 3. Diagram $\langle n, x \rangle$

в том случае, когда документ имеет несколько авторов), поэтому важность этого поля равна произведению множителей важности отдельных его экземпляров в документе.

5) Во время поиска пользователи могут задать важность для каждого запроса, подзапроса и каждого термина запроса, поэтому вклад каждого термина запроса оценки документа умножается на важность этого термина запроса $qBoost(q)$.

6) Документ может соответствовать некоторым терминам запроса и не содержать при этом все его термины (справедливо для некоторых запросов), поэтому имеет смысл повышать оценку релевантности тех документов, которые содержат больше поисковых терминов. Для этого в оценку вводят множитель $coord(q,d)$.

На основании вышеизложенного и предполагая для упрощения, что индекс создается для одного поля, получим концептуальную формулу для оценки релевантности поиска Lucene.Net

$$s(q, d) = coord(q, d)qBoost(q) \frac{V(q)V(d)}{|V(q)|} \times \times docLenNorm(d)dBoost(d). \quad (13)$$

Данная концептуальная формула упрощена в том смысле, что принимает во внимание документ, а не его поля, и важность определяется не для запроса, а для терминов запроса.

Так как отбор документов осуществляется в соответствии с булевой моделью, использование модифицированного булевого поиска (метод взвешенного зонного ранжирования) позволит улучшить алгоритм поиска Lucene.Net. В методе взвешенного зонного ранжирования происходит деление документа на зоны, например: заголовок, содержание, дата публикации и автор. Метод взвешенного зонного ранжирования присваивает паре (d, q) значение релевантности на отрезке, вычисляя линейную комбинацию зонных показателей, в которую каждая зона документа вносит булево значение. Пусть существует множество документов, каждый из которых имеет l зон. Тогда $g_1, g_2, \dots, g_i \in [0, 1]$, так что

$$\sum_{i=1}^l g_i = 1, \quad (14)$$

S_i – булева величина, означающая соответствие (или его отсутствие) между запросом q и i -й зоной, где $1 \leq i \leq l$. Например, если все термины запроса принадлежат конкретной зоне, то ее булево значение должно быть равным единице, а если нет – нулю. Это отображение может осуществлять любая булева функция, показывающая наличие терминов запроса в зоне множества $\{0,1\}$. Таким образом, взвешенную зонную релевантность можно определить как

$$Score(d, g) = \sum_{i=1}^l g_i S_i. \quad (15)$$

Заключение

Разработка более совершенных методов алгоритмов поиска Lucene.Net (а именно, использование модифицированного булевого поиска для отбора документов), берущих за основу приведенные модели и обеспечивающих высокую релевантность найденных документов поисковому запросу пользователя за возможно более короткие сроки, а также обладающие точно вычисляемым сроком выдачи результата хотя бы для определенных предметных областей является чрезвычайно актуальной задачей в связи с тем, что базы знаний как частных, так и государственных организаций в настоящее время содержат очень большое количество документов и продолжают пополняться новыми документами.

Самостоятельных поисковых решений, с открытым кодом, которые полностью реализуют индексацию и поиск по собственным алгоритмам на рынке немного, и какое решение выбрать – зависит от особенностей проекта, т. к. для каких-то проектов подойдет простое решение. Следует учитывать, чем сложнее приложение и структура контента или если требуются особые виды поиска и обработки результата, или особое количество или формат данных в проекте, то потребуется собственная поисковая система.

Библиографический список

1. Артюшенко, В.М. Современные исследования в области теоретических основ информатики, системного анализа, управления и обработки информации: монография / В.М. Артюшенко, Т.С. Аббасова, И.М. Белюченко и др. – Королев: ГБОУ ВПО ФТА, 2014. – 318 с.

2. Интеллектуальные технологии и системы // Сб. уч.-метод. работ и статей аспирантов и студентов. Вып. 8. – М.: НОК «CLAIM», 2006. – 326 с.
3. Нистратова, М.В. Возможности использования систем полнотекстового поиска в дистанционном обучении / М.В. Нистратова // Междунар. науч.-практ. конф. «Перспективы, организационные формы и эффективность развития сотрудничества российских и зарубежных ВУЗов» (24–25 апреля 2014 г.).
4. Нистратова, М.В. Возможности использования систем полнотекстового поиска в системе электронного документооборота / М.В. Нистратова // IX Междунар. заоч. науч.-практ. конф. «Тенденции и перспективы развития современного научного знания».
5. Обзор решений для полнотекстового поиска в веб-проектах: Sphinx, Apache Lucene, Xapian <http://alexandr.logdown.com/posts/22560>.
6. Полнотекстовый поиск в веб-проектах: Sphinx, Apache Lucene, Xapian. <http://habrahabr.ru/post/30594/>
7. Полнотекстовый поиск и его возможности. <http://habrahabr.ru/post/40218/>
8. Полнотекстовый поиск с использованием Apache Lucene. <http://www.waveaccess.ru/>
9. Полнотекстовый поиск в веб-приложениях. http://rdsn.ru/article/inet/full-text_search_for_web-apps.xml
10. Сравнение движков полнотекстового поиска. <http://lib.custis.ru>.

SEARCH ALGORITHMS USED IN LUCENE.NET

Zherdeva M.V., pg. University of Technology⁽¹⁾

masha8908@rambler.ru,

⁽¹⁾University of Technology, st. Gagarina, 42, Korolev, Moscow region, Russia

The search models which have been the basis for work of Lucene.Net are considered and some specific techniques of ranging documents are described. The problem of the search of certain contents in a large number of documents during a limited period of time is becoming one of the major challenges. As a rule, the traditional systems of search are oriented at work with the structured data text and are poorly adapted for processing the multimedia and unstructured information. Then there is a problem of the search and that of selecting the relevant information from the big unstructured massif. One of the factors stimulating the development of search technologies is that a huge number of the electronic libraries containing considerable amount of actual knowledge has become available at present. As the choice of search algorithm depends on the features of a project, the development of more perfect methods, which use the given models as a basis and provide high relevance of the found documents to a search query of a user as soon as possible and also possess a precisely calculated term of the result availability, is necessary. Special types of search and processing the result, and special quantity or a format of data in the project are also required. In this article the parameters which should be taken into account while choosing the search mechanism are shown. The existing approaches to the solution of the search problem are analyzed and their improvement is based on the use of Boolean search modification (a method of the balanced zonal ranging) suggested. The criteria of an assessment of information search are given. The conceptual formula for an assessment of Lucene.Net search relevance is shown.

Keywords: information search, document, criteria, relevance, search engines

References

1. Artyushenko V.M., Abbasova T.S., Belyuchenko I.M., Vasil'yev N.A., Zinov'yev V.N., Strenalyuk YU.V., Vokin G.G., Samarov K.L., Stavrovskiy M.Ye., Poserenin S.P., Razumovskiy I.M., Fominskiy V.YU. *Sovremennyye issledovaniya v oblasti teoreticheskikh osnov informatiki, sistemnogo analiza, upravleniya i obrabotki informatsii* [Modern researches in the field of theoretical fundamentals of informatics, the system analysis, management and information processing]. Korolev, FTA, 2014. 318 p.
2. *Intellektual'nyye tekhnologii i sistemy* [Intellectual technologies and systems] Collection of educational methodical works and articles of graduate students and students. Release 8. Moscow: NOC of «CLAIM», 2006. 326 p.
3. Nistratova M.V. *Vozmozhnosti ispol'zovaniya sistem polnotekstovogo poiska v distantsionnom obuchenii* [Possibilities of use of systems of full text search in distance learning] International scientific and practical conference «Prospects, Organizational Forms and Efficiency of Development of Cooperation of the Russian and Foreign higher education institutions» (April 24-25, 2014).
4. Nistratova M.V. *Vozmozhnosti ispol'zovaniya sistem polnotekstovogo poiska v sisteme elektronnoy dokumentooboroty* [Possibilities of using full-text search systems to electronic document management system]. IX International extramural scientific-practical conference «Trends and prospects of development of modern scientific knowledge».
5. *Obzor resheniy dlya polnotekstovogo poiska v veb-proektah: Sphinx, Apache Lucene, Xapian* [The review of decisions for full text search in web projects: Sphinx, Apache Lucene, Xapian.]. <http://alexandr.logdown.com/posts/22560>
6. Full-text search in web projects: Sphinx, Apache Lucene, Xapian. <http://habrahabr.ru/post/30594/>
7. Full-text search and features. <http://habrahabr.ru/post/40218/>
8. Full-text search with Apache Lucene. <http://www.waveaccess.ru/>
9. Full-text search in web-applications. http://rdsn.ru/article/inet/full-text_search_for_web-apps.xml
10. A comparison of full-text search engines. <http://lib.custis.ru>.

ФОРМИРОВАНИЕ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИСХОДНЫХ ВАРИАНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СИНТЕЗА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

В.А. ДОРОШЕНКО, проф., МГУЛ, д-р техн. наук⁽¹⁾,

Л.В. ДРУК, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾,

А.Э. ГЕРАСИМОВ, асп., МГУЛ⁽¹⁾

alkazarrus@bk.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Современные системы управления технологическими процессами и производствами являются распределенными по уровням, начиная с уровня датчиков и исполнительных устройств, уровня промышленных контроллеров и компьютеров и кончая локальными вычислительными сетями с множеством коммуникационных устройств. Компоновка таких систем в процессе структурного и параметрического синтеза осуществляется на множестве вариантов технических средств и показателей эффективности. При этом стоит одна из основных задач – сформировать рациональное исходное множество вариантов, обеспечивающее свободу выбора решений и сведения к минимуму возможности упустить лучший вариант технических средств. Для этого необходимо применение соответствующих методов. В работе представлено математическое описание процесса формирования и многокритериальной оценки исходных вариантов на основе метода иерархий. Исходными являются матрицы парных сравнений для показателей эффективности, определяющих оценку вариантов. Элементы матриц определяются на основе девятибалльной шкалы Саати. Анализ парных сравнений позволяет выделить приоритетные исходные варианты. Для этого выполняется нормализация столбцов матриц парных сравнений путем суммирования значений элементов столбцов матриц. На основе полученных результатов формируются нормализованные матрицы, строки и столбцы которых соответствуют анализируемым вариантам. Сумма элементов строк нормализованных матриц является векторами-столбцами данных матриц, с помощью которых формируются векторы-столбцы приоритетов. По векторам-столбцам приоритетов определяются приоритетные исходные варианты по каждому показателю эффективности. Эффективность выделения приоритетных исходных вариантов в работе предложено оценивать индексом согласованности и коэффициентом отношения согласованности исходных матриц парных сравнений. Для этого в работе использована упрощенная процедура определения максимальных собственных чисел матриц парных сравнений, которые являются основой вычисления индекса согласованности и коэффициента отношения согласованности матриц парных сравнений. Коэффициент отношения согласованности матриц парных сравнений не должен превышать значения 0,1. В работе приведен пример формирования и оценки исходного множества вариантов промышленных контроллеров для уровня низовой автоматизации распределенной системы управления.

Ключевые слова: распределенная система управления, исходное множество вариантов, показатели эффективности, матрицы парных сравнений, векторы-столбцы матриц, индекс согласованности матриц, отношение согласованности матриц, максимальные собственные числа матриц

В традиционной постановке задачи синтеза распределенных систем управления множество исходных вариантов обычно задается с помощью неявного описания либо с помощью явного перечисления исходного множества. Рационально сформированное множество исходных вариантов обладает более широким спектром и обеспечивает необходимую свободу выбора решений и сводит к минимуму возможность упустить лучший вариант. Для выделения рационального исходного множества вариантов, позволяющих создавать системы управления с заданными структурными свойствами при их многокритериальном синтезе необходимо применение соответствующих методов. В работе представлено математическое описание процесса формирования и многокритериальной оценки исходных вариантов на основе анализа метода иерархий. В основе

метода анализа иерархий лежит классическая история матриц, и в частности матриц парных сравнений [1–10]. К таким матрицам предъявляется требование согласованности. Матрица $A = \|a_{ij}\|$ является согласованной, если для элементов матрицы выполняется согласование [1]. Если $a_{ij} = a$, то $a_{ji} = 1/a$, $a \neq 0$, $i, j = 1, 2, \dots, n$. Матрица размером $n \times n$ дает суждение о парах вариантов (парные сравнения вариантов B_i, B_j). При этом матрица примет вид

$$A_k = \begin{matrix} & \begin{matrix} i \setminus j \\ B_1 & B_2 & \dots & B_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

$$M_{k^m}^m = \begin{matrix} & i \setminus j & B_1 & B_2 & \dots & B_n \\ B_1 & & d_{11}^m & d_{12}^m & \dots & d_{1n}^m \\ B_2 & & d_{21}^m & d_{22}^m & \dots & d_{2n}^m \\ \vdots & & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_n & & d_{n1}^m & d_{n2}^m & \dots & d_{nm}^m \end{matrix} \quad (7)$$

4. Суммы строк матриц $M_{k^1}^1, M_{k^2}^2, \dots, M_{k^m}^m$ (7) являются векторами-столбцами данных матриц

$$\begin{aligned} V_{cm}^1 &= \{S_{i_1}^1, S_{i_2}^1, \dots, S_{i_n}^1\} \\ V_{cm}^2 &= \{S_{i_1}^2, S_{i_2}^2, \dots, S_{i_n}^2\} \\ &\vdots \\ V_{cm}^m &= \{S_{i_1}^m, S_{i_2}^m, \dots, S_{i_n}^m\} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} S_{i_1}^1 &= \sum_{j=1}^n d_{i_1 j_1}^1, S_{i_2}^1 = \sum_{j=1}^n d_{i_2 j_1}^1, \dots, S_{i_n}^1 = \sum_{j=1}^n d_{i_n j_1}^1 \\ S_{i_1}^2 &= \sum_{j=1}^n d_{i_1 j_2}^2, S_{i_2}^2 = \sum_{j=1}^n d_{i_2 j_2}^2, \dots, S_{i_n}^2 = \sum_{j=1}^n d_{i_n j_2}^2 \\ &\vdots \\ S_{i_1}^m &= \sum_{j=1}^n d_{i_1 j_m}^m, S_{i_2}^m = \sum_{j=1}^n d_{i_2 j_m}^m, \dots, S_{i_n}^m = \sum_{j=1}^n d_{i_n j_m}^m \end{aligned}$$

где:

$$S_{i_1}^1, S_{i_2}^1, \dots, S_{i_n}^1; S_{i_1}^2, S_{i_2}^2, \dots, S_{i_n}^2; S_{i_1}^m, S_{i_2}^m, \dots, S_{i_n}^m$$

– сумма строк соответственных матриц $M_{k^1}^1, M_{k^2}^2, \dots, M_{k^m}^m$

5. Необходимо разделить векторы-столбцы матриц (7) на размерность столбцов этих матриц. В результате формируются векторы-столбцы приоритетов

$$V_{np}^1 = \frac{V_{cm}^1}{n}, V_{np}^2 = \frac{V_{cm}^2}{n}, \dots, V_{np}^m = \frac{V_{cm}^m}{n} \quad (9)$$

По полученным векторам-столбцам (9) выделяются приоритетные варианты по каждому показателю эффективности.

Эффективность выделения приоритетных вариантов оценивается индексом согласованности матриц $A_{k^1}^1, A_{k^2}^2, \dots, A_{k^m}^m$ [1].

$$ИС^1 = (\lambda_{\max}^1 - n) / (n-1), ИС^2 = (\lambda_{\max}^2 - n) / (n-1) \quad (10)$$

$$/ (n-1), \dots, ИС^m = (\lambda_{\max}^m - n) / (n-1)$$

где $\lambda_{\max}^1, \lambda_{\max}^2, \dots, \lambda_{\max}^m$ – максимальные собственные числа матриц $A_{k^1}^1, A_{k^2}^2, \dots, A_{k^m}^m$

Для определения максимальных значений (10) необходимо умножить матрицы $A_{k^1}^1, A_{k^2}^2, \dots, A_{k^m}^m$ на векторы приоритетов (9). В результате формируются векторы-столбцы данных матриц

$$V_{k^1}^1, V_{k^2}^2, \dots, V_{k^m}^m \quad (11)$$

После деления значений векторов (11) на соответствующие значения векторов-при-

оритетов (9) формируются векторы столбцов матриц

$$V^{11} = \frac{V_{k^1}^1}{V_{np}^1}, V^{22} = \frac{V_{k^2}^2}{V_{np}^2}, \dots, V^{mm} = \frac{V_{k^m}^m}{V_{np}^m} \quad (12)$$

Усредненные значения векторов-столбцов (12) являются максимальными собственными числами матриц $A_{k^1}^1, A_{k^2}^2, \dots, A_{k^m}^m$. Индексы согласованности определяются по формуле (10). Окончательная оценка эффективности выделения приоритетов вариантов оценивается по отношению согласованности.

$$ОС^1 = \frac{ИС^1}{СИ}, ОС^2 = \frac{ИС^2}{СИ}, \dots, ОС^m = \frac{ИС^m}{СИ} \quad (13)$$

Случайный индекс (СИ) определяется из порядка матриц $A_{k^1}^1, A_{k^2}^2, \dots, A_{k^m}^m$ по таблице [1].

Значение отношения согласованности считается приемлемым равным или меньше 0,1 [0.1].

Формирование и оценка исходных данных рассмотрена на примере промышленных контроллеров по двум показателям эффективности (табл. 1). Парные сравнения вариантов по шкале Саати [1–11] приведены в табл. 2. на основе парных сравнений вариантов в соответствии с (1) сформированы матрицы парных сравнений для показателей эффективности K^1, K^2 .

$i \setminus j$	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
B_1	1	3	$1/7$	3	$1/9$
B_2	$1/3$	1	$1/9$	1	$1/9$
B_3	7	9	1	9	$1/3$
B_4	$1/3$	1	$1/9$	1	$1/9$
B_5	9	9	3	9	1

$$A_{k^1} =$$

$i \setminus j$	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
B_1	1	$1/9$	$1/9$	$1/9$	$1/3$
B_2	9	1	1	1	7
B_3	9	1	1	1	7
B_4	9	1	1	1	7
B_5	3	$1/7$	$1/7$	$1/7$	1

$$A_{k^2} = \quad (14)$$

Исходные варианты и показатели эффективности промышленных контроллеров компании ICP DAS (ipc2u.ru)

The initial options and performance indicators of industrial controllers of ICP DAS (ipc2u.ru)

Варианты	Промышленные контроллеры	Значения показателей эффективности	
		Частота процессора МГц, K^1	Объем оперативной памяти, Мб, K^2
B_1	WP-8141-EH	520	128
B_2	XP-8347-CE6	500	1024
B_3	XP-8341-Atom	1100	1024
B_4	XP-8749-CE6-1500	500	1024
B_5	XP-8141-Atom-CE6	1330	512

Парные сравнения вариантов промышленных контроллеров по шкале Саати [1]

Paired comparison of the variants of industrial controllers on a scale of Saaty [1]

Показатель эффективности	Экспертные парные сравнения	Уровни преимущества
K^1	Абсолютное преимущество B_5 над B_1	9
	Абсолютное преимущество B_3 над B_2	9
	Абсолютное преимущество B_5 над B_2	9
	Абсолютное преимущество B_5 над B_4	9
	Абсолютное преимущество B_3 над B_4	9
	Явное преимущество B_3 над B_1	7
	Слабое преимущество B_1 над B_2	3
	Слабое преимущество B_1 над B_4	3
	Слабое преимущество B_5 над B_3	3
	Преимущество отсутствует B_2 над B_4	1
Преимущество отсутствует B_4 над B_2	1	
K^2	Абсолютное преимущество B_2 над B_1	9
	Абсолютное преимущество B_3 над B_1	9
	Абсолютное преимущество B_4 над B_1	9
	Явное преимущество B_2 над B_5	7
	Явное преимущество B_3 над B_5	7
	Явное преимущество B_4 над B_5	7
	Преимущество отсутствует B_2 над B_3	1
	Преимущество отсутствует B_2 над B_4	1
	Преимущество отсутствует B_3 над B_2	1
	Преимущество отсутствует B_3 над B_4	1
Преимущество отсутствует B_4 над B_3	1	

В результате нормализации столбцов матриц $A_{k^1}^1, A_{k^2}^2$ в соответствии с (2–4) получаем суммарное значение столбцов матриц (14).

$$S_{j_1}^1 = \begin{bmatrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ 17,67 & 23,00 & 4,37 & 23,00 & 1,67 \end{bmatrix},$$

$$S_{j_2}^2 = \begin{bmatrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ 31 & 3,25 & 3,25 & 3,25 & 22,33 \end{bmatrix} \quad (15)$$

После выполнения вычислительных операций (3–6) сформированы матрицы $M_{k^1}^1, M_{k^2}^2(7)$.

$i \setminus j$	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
B_1	0,057	0,130	0,033	0,130	0,067
B_2	0,019	0,043	0,025	0,043	0,067
B_3	0,396	0,391	0,229	0,391	0,200
B_4	0,019	0,043	0,025	0,043	0,067
B_5	0,509	0,391	0,687	0,391	0,600

$$M_{k^2}^2 = \begin{matrix} i \setminus j & B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ B_1 & 0,032 & 0,034 & 0,034 & 0,034 & 0,015 \\ B_2 & 0,290 & 0,307 & 0,307 & 0,307 & 0,313 \\ B_3 & 0,290 & 0,307 & 0,307 & 0,307 & 0,313 \\ B_4 & 0,290 & 0,307 & 0,307 & 0,307 & 0,313 \\ B_5 & 0,097 & 0,044 & 0,044 & 0,044 & 0,045 \end{matrix} \quad (16)$$

Векторы-столбцы матриц (16) определены в соответствии с (8)

$$V_{cm}^1 = \begin{matrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ 0,417 & 0,197 & 1,607 & 0,197 & 2,578 \end{matrix},$$

$$V_{cm}^2 = \begin{matrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ 0,149 & 1,524 & 1,524 & 1,524 & 0,274 \end{matrix}.$$

Векторы-столбцы приоритетов сформированы в соответствии с (9)

$$V_{np}^1 = \begin{matrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ 0,083 & 0,040 & 0,322 & 0,040 & 0,516 \end{matrix},$$

$$V_{np}^2 = \begin{matrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ 0,030 & 0,305 & 0,305 & 0,305 & 0,055 \end{matrix}. \quad (17)$$

По максимальным значениям векторов-столбцов (17) выделены приоритетные варианты по каждому показателю эффективности. В данном случае по показателю K^1 (частота процессора) приоритетным вариантом является B_5 , по показателю K^2 (объем оперативной памяти) – варианты B_2, B_3, B_4 .

Эффективность выделения приоритетных вариантов B_2, B_3, B_4, B_5 по показателям K^1, K^2 оценивается индексом согласованности (10). Для определения максимальных собственных чисел матриц (14) выполнено умножение матриц $A_{k^1}^1, A_{k^2}^2$ на векторы-приоритеты (17). В результате формируются векторы-столбцы матриц (14).

$$V_{k^1}^1 = \begin{matrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ 0,424 & 0,200 & 1,790 & 0,200 & 2,944 \end{matrix},$$

$$V_{k^2}^2 = \begin{matrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ 0,150 & 1,567 & 1,567 & 1,567 & 0,275 \end{matrix}. \quad (18)$$

После деления значений векторов (18) на соответствующее значение векторов-приоритетов (17) сформированы векторы-столбцы матриц (14)

$$V^{11} = \begin{matrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ 5,088 & 5,052 & 5,565 & 5,052 & 5,706 \end{matrix},$$

$$V^{22} = \begin{matrix} B_1 & B_2 & B_3 & B_4 & B_5 \\ 5,008 & 5,136 & 5,136 & 5,136 & 5,036 \end{matrix}. \quad (19)$$

Усредненные значения векторов-столбцов (19) являются максимальными собственными числами матриц (14). В данном случае $\lambda_{\max}^1 = 5,293; \lambda_{\max}^2 = 5,293$. Индекс согласованности матриц (14) в соответствии с (10) равны $ИС^1 = 0,073; ИС^2 = 0,023$. Окончательная оценка эффективности выделенных приоритетных вариантов оценивается по отношению согласованности (13). Случайный индекс в (13) определяется из порядка матриц (14) по таблице [1]. В данном случае при $n = 5$ случайный индекс равен 1,12. В результате отношение согласованности для приоритетных вариантов равны $ИС^1 = 0,08; ИС^2 = 0,03$. Приемлемым считается значение отношения согласованности меньше или равное 0,1.

Предлагаемое математическое описание процесса формирования и оценки исходных данных вариантов применяется при многокритериальном синтезе распределенных по уровням систем управления техническими объектами.

Библиографический список

1. Саати, Т. Принятие решений, методы анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радиосвязь, 1993. – 278 с.
2. Саати, Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети / Т. Саати. – М.: ЛКН, 2008. – 360 с.
3. Черноуцкий, Н.Г. Методы принятия решений / Н.Г. Черноуцкий. – СПб.: БХВ–Петербург, 2005. – 416 с.
4. Блюмин, С.А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности / С.А. Блюмин, И.А. Шуйкова. – Липецк: ЛЭГИ, 2001. – 138 с.
5. Подиновская, О.В. Методы анализа иерархий как метод поддержки принятия многокритериальных решений / О.В. Подиновская // Информационные технологии моделирования и управления. – 2010. – № 1 (60). – С. 71–80.
6. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средством MATLAB / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия-телеком, 2007. – 288 с.
7. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия-телеком, 2008. – 452 с.
8. Ногин, В.Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев

- / В.Д. Ногин // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2004. – Т. 44. – № 7. – С. 1261–1270.
9. Павлов, А.Н. Решение многокритериальных задач методом анализа иерархий: учебное пособие / А.Н. Павлов. – М.: РАГС, 2010. – 166 с.
10. Нечаев, Ю.Б. Формирование и выбор вариантов инфотелекоммуникационных систем на основе морфологических и иерархических методов / Ю.Б. Нечаев, А.Г. Кашченко, Г.А. Кашченко и др. // Компьютерные науки и технологии: собрание трудов второй международной технической конференции. – Белгород: ООО «ГиКи», 2011. – С. 288–293.

FORMING AND MULTICRITERIA ASSESSMENT OF PARENT VERSIONS IN TECHNICAL MEANS OF DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS BASED ON THE ANALYSIS OF HIERARCHIES

Doroshenko V.A., Prof. MSFU, Dr. Sci. (Tech.)⁽¹⁾; **Druk L.V.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾; **Gerasimov A.E.**, pg. MSFU⁽¹⁾

alkazarrus@bk.ru

⁽¹⁾Moscow Forest State University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005 Mytishchi, Moscow reg., Russia

Modern control systems of technological processes and productions are distributed on a number of levels, starting with the level of sensors and actuation mechanisms, the level of industrial controllers and computers, and finishing with local computer networks with a set of communication devices. Configuration of such systems in the course of structural and parametrical synthesis is carried out on a set of options of technical means and indicators of efficiency. Thus, there is one of the main objectives – to create a rational initial set of options providing a freedom of choice of decisions and minimizing opportunity to miss the best option of technical means. For this purpose application of the corresponding methods is necessary. In this article the mathematical description of the process of formation and multicriteria assessment of initial options based on the method of hierarchies is presented. Matrixes of pair comparisons for the indicators of efficiency defining an assessment of options are initial. Elements of matrixes are defined on the basis of a nine-mark scale of Saati. The analysis of pair comparisons allows to allocate priority initial options. For this purpose normalization of columns of matrixes of pair comparisons by summation of values of elements of columns of matrixes is carried out. On the basis of the received results the normalized matrixes are formed, where lines and columns correspond to the analyzed options. The sum of elements of lines of the normalized matrixes are vectors-columns of these matrixes by means of which vectors columns of priorities are formed. On vectors-columns of priorities each indicator of efficiency determines initial options. It is offered to estimate the efficiency of allocation of priority initial options by an index of coherence and a coefficient of the relation of coherence of initial matrixes of pair comparisons. For this purpose the simplified procedure of definition of the maximum own numbers of matrixes of pair comparisons is used, which are a basis of calculation of an index of coherence and coefficient of the relation of coherence of matrixes of pair comparisons. The coefficient of the relation of coherence of matrixes of pair comparisons shouldn't exceed 0,1. The example of formation and assessment of an initial set of options of industrial controllers for the level of local automation of distributed control system is given.

Keywords: distributed control system, initial set of options, indicators of efficiency, matrix of pair comparisons, vectors-columns of matrixes, index of coherence of matrixes, relation of coherence of matrixes, maximum eigenvalue of matrixes

References

1. Saati T. *Prinyatiye resheniy, metody analiza iyerarkhiy* [Decision making, the analytic hierarchy process]. Moscow, 1993, 278 p.
2. Saati T. *Prinyatiye resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh. Analiticheskiye seti* [Decision making at dependencies and feedback. The analytic network]. Moscow, 2008, 360 p.
3. Chernorutskiy N.G. *Metody prinyatiya resheniy* [Making methods solutions.] St. Petersburg, BKHV-Peterburg, 2005, 416 p.
4. Blyumin S.A., Shuykova I.A. *Modeli i metody prinyatiya resheniy v usloviyakh neopredelennosti* [Models and methods of decision making under uncertainty]. Lipetsk, LEGI, 2001, 138 p.
5. Podinovskaya O.V. *Metody analiza iyerarkhiy kak metod podderzhki prinyatiya mnogokriterial'nykh resheniy* [The analytic hierarchy process as a method of multicriteria decision making support]. Information Technology Modeling and Control, 2010, № 1 (60), p. 71–80.
6. Shtovba S.D. *Proyektirovaniye nechetkikh sistem sredstvom MATLAB* [Design of fuzzy systems means MATLAB]. Moscow, Hotline Telecom, 2007, 288 p.
7. Rutkovskaya D., Pilin'skiy M., Rutkovskiy L. *Neyronnyye seti, geneticheskiye algoritmy i nechetkiye sistemy* [Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems.]. Moscow, Hotline Telecom, 2008, 452 p.
8. Nogin V.D. *Uproshchenny variant metoda analiza iyerarkhiy na osnove nelineynoy svertki kriteriyev. Zhurnal vychislitel'noy matematiki i matematicheskoy fiziki* [A simplified version of the analytic hierarchy process based on non-linear convolution of criteria]. Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2004, Volume 44, Number 7, pp. 1261–1270.
9. Pavlov A.N. *Resheniye mnogokriterial'nykh zadach metody analiza iyerarkhiy* [Solution multicriteria problems of the analytic hierarchy]. Moscow, RAGS, 2010, 166 p.
10. Nechayev Y.B., Kashchenko A.G., Kashchenko G.A., Semenov R.V., Nikolayev O.V. *Formirovaniye i vybor variantov in fotelekkommunikatsionnykh sistem na osnove morfologicheskikh i iyerarkhicheskikh metodov* [The formation and selection of options infotelecommunication systems based on morphological and hierarchical methods] Computer Science and Technology: Proceedings of the Second International Meeting of Technical conference. Belgorod, GiKi, 2011. 288–293 p.

ОБ ИНТЕГРАЛЕ ЛЕБЕГА-СТИЛТЬЕСА С РАЗРЫВНОЙ ПРОИЗВОДЯЩЕЙ ФУНКЦИЕЙ И ЕГО СВЯЗИ С ИНТЕГРАЛОМ РИМАНА-СТИЛТЬЕСА

Н.В. ШИПОВ, доц. МГУЛ, канд. физ.-мат. наук⁽¹⁾

caf-math@mgul.ac.ru, nvshi@mail.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Наиболее широким классом производящих функций для меры множеств в интеграле Лебега-Стилтьеса, а также производящих функций в интеграле Римана-Стилтьеса, является множество функций с ограниченной вариацией. Функции с ограниченной вариацией, которые в общем случае являются разрывными как слева, так и справа, представляются, как известно, в виде разности двух монотонных неубывающих функций. Каждая из этих двух монотонных неубывающих функций является в общем случае разрывной функцией (разрывной как слева, так и справа). Для целей изложения свойств меры Лебега-Стилтьеса и соответствующих свойств интеграла Лебега-Стилтьеса удобно считать, что монотонная производящая функция является непрерывной слева (или непрерывной только справа). При использовании интеграла Лебега-Стилтьеса в ряде случаев предлагается переопределить в случае необходимости каждую из двух монотонных неубывающих функций так, чтобы они стали непрерывными слева, что снижает общность изложения и применения. Разрывная производящая функция с ограниченным изменением представлена на отрезке в виде суммы непрерывной функции с ограниченным изменением, непрерывной слева функции скачков и непрерывной справа функции скачков. Обусловленная этими тремя функциями мера Лебега-Стилтьеса множества, а также соответствующий интеграл Лебега-Стилтьеса для разрывной (как справа, так и слева) производящей функции представлены в виде суммы трех слагаемых, каждое из которых определяется одной из указанных функций. Исходный интеграл Лебега-Стилтьеса оказывается независимым от значений производящей функции в точках разрыва. В методическом плане проиллюстрировано, что из полученных разложений непосредственно следует, что если подынтегральная функция непрерывна на отрезке $[a, b]$, то интеграл Лебега-Стилтьеса по отрезку $[a, b]$ совпадает с соответствующим интегралом Римана-Стилтьеса по отрезку $[a, b]$. Ранее этот факт был доказан на полуинтервале $[a, b]$ для непрерывной слева производящей функции.

Ключевые слова: производящая функция, функции скачков, мера Лебега-Стилтьеса, интеграл Лебега-Стилтьеса, интеграл Римана-Стилтьеса

Как хорошо известно [1–10], наиболее широким классом производящих функций для меры множеств в интеграле Лебега-Стилтьеса, а также производящих функций в интеграле Римана-Стилтьеса [1–5], является множество функций с ограниченной вариацией. Последние, в свою очередь, представляются в виде разности двух монотонных неубывающих функций, каждая из которых является в общем случае разрывной функцией [1–5]. Для целей изложения свойств меры и интеграла Лебега-Стилтьеса [1], удобно считать монотонную производящую функцию непрерывной слева (или справа). При использовании интеграла в ряде случаев предлагается переопределить, в случае необходимости, каждую из двух монотонных неубывающих функций так, чтобы они стали непрерывными слева на интервале (a, b) [3, 11], что снижает общность изложения и применения. Целью настоящего краткого сообщения (для производящей функции разрывной как справа, так и слева) является выделение дискретных составляющих меры (и соответственно интеграла), отвечающих скачкам функции отдельно слева и справа.

В качестве производящей функции для меры Лебега-Стилтьеса будем использовать

сначала монотонную неубывающую разрывную справа и слева функцию $F(x)$, имеющую на отрезке $[a, b]$ не более чем счетное число точек разрыва x_i . Обозначим скачки функции $F(x)$ в точке x_i

$$h_i = F(x_i + 0) - F(x_i), g_i = F(x_i) - F(x_i - 0), \quad (1)$$

$$h_N = 0 \text{ в точке } x_N = b, g_0 = 0 \text{ в точке } x_0 = a. \quad (2)$$

Неубывающую разрывную справа и слева функцию $F(x)$ представим в виде суммы трех слагаемых

$$F(x) = \varphi(x) + h(x) + g(x), \quad (3)$$

где функции скачков

$$h(x) = \sum_{x_i < x} h_i, g(x) = \sum_{x_i \leq x} g_i \quad (4)$$

будут неубывающими непрерывными соответственно слева и справа. Поскольку $h(x_i) = h(x_i - 0)$, $h(x_i + 0) = h(x_i) + h_i$, $g(x_i - 0) = g(x_i) - g_i$, $g(x_i + 0) = g(x_i)$, то в представлении (3) функция $\varphi(x)$ оказывается непрерывной неубывающей функцией на отрезке $[a, b]$. Доказательство непрерывности справа и слева функции $\varphi(x)$ здесь полностью аналогично доказательству непрерывности слева соответствующей функции $\varphi(x)$ в [1], где $F(x)$ считалась непрерывной слева.

Для каждой из трех неубывающих функций в (3) определены меры отрезков и

полуинтервалов. На полукольце интервалов, отрезков полуинтервалов для функции $F(x)$, непрерывной слева, имеем [1]

$$m(\alpha, \beta) = F(\beta) - F(\alpha + 0), \quad (5a)$$

$$m[\alpha, \beta] = F(\beta + 0) - F(\alpha), \quad (5б)$$

$$m(\alpha, \beta) = F(\beta + 0) - F(\alpha + 0), \quad (5в)$$

$$m[\alpha, \beta] = F(\beta) - F(\alpha). \quad (5г)$$

На полукольце интервалов, отрезков полуинтервалов для функции $F(x)$, непрерывной справа, меру определяем по формулам

$$m(\alpha, \beta) = F(\beta - 0) - F(\alpha), \quad (5д)$$

$$m[\alpha, \beta] = F(\beta) - F(\alpha - 0), \quad (5е)$$

$$m(\alpha, \beta) = F(\beta) - F(\alpha). \quad (5ж)$$

$$m[\alpha, \beta] = F(\beta - 0) - F(\alpha - 0). \quad (5з)$$

Таким образом, мера Лебега-Стилтьеса μ_F , ввиду (3), представлена в виде суммы трех мер Лебега-Стилтьеса множества $A \subset [a, b]$

$$\mu_F(A) = \mu_\varphi(A) + \mu_H(A) + \mu_g(A). \quad (6)$$

Сумма дискретных мер в (6) множества $A \subset [a, b]$, ввиду σ -аддитивности этих мер, сразу находится из определений (1), (2), (4), поскольку множество точек разрыва не более чем счетно

$$\mu_H(A) + \mu_g(A) = \sum_{x_i \in A} h_i + \sum_{x_i \in A} g_i. \quad (7)$$

Таким образом, в общем случае равенство (6) справедливо на пересечении σ -алгебр мер μ_H , μ_g и μ_φ , в том числе для всех открытых и замкнутых множеств отрезка $[a, b]$, а также их счетных сумм и пересечений, включая все борелевские множества отрезка $[a, b]$.

Последнее замечание существенно при определении измеримости и суммируемости функций по мере μ_F .

Пусть функция $f(x)$ измерима, то есть измерима по классической мере Лебега. Тогда прообраз любого борелевского множества есть борелевское множество, а это последнее (ввиду изложенного в предыдущем абзаце) μ_H -измеримо и μ_φ -измеримо. Таким образом, измеримая функция будет μ_F -измеримой.

Предполагая выполненными условия суммируемости $f(x)$ по мере μ_φ , а также считая ряды в точках разрыва x_i сходящимися абсолютно, интеграл Лебега-Стилтьеса по мере μ_F представляется в виде суммы трех слагаемых

$$\int_{[a,b]} f(x) d\mu_F = \int_{[a,b]} f(x) d\mu_\varphi + \sum_i f(x_i) h_i + \sum_i f(x_i) g_i. \quad (8)$$

Объединяя ряды и оставляя скачки функции $F(x)$ в граничных точках a, b за знаком суммы ряда, приходим к окончательному выражению

$$\int_{[a,b]} f(x) d\mu_F = \int_{[a,b]} f(x) d\mu_\varphi + \sum_{x_i \in (a,b)} f(x_i) \times (F(x_i + 0) - F(x_i - 0)) + f(a) (F(a + 0) - F(a)) + f(b) (F(b) - F(b - 0)). \quad (9)$$

Для непрерывной неубывающей функции $\varphi(x)$ меры всех отрезков и полуинтервалов совпадают с выражением $\varphi(\beta) - \varphi(\alpha)$ в (5г), (5ж).

Для неубывающей функции $F(x)$, имеющей разрывы справа и слева, меры всех отрезков и полуинтервалов получаются по формулам (6) с использованием выражений (5) для $h(x)$ и $g(x)$. Так, если интервал (α, β) не содержит точек разрыва, то разность $\varphi(\beta) - \varphi(\alpha)$, задающая меру первого слагаемого в (6), совпадает с изменением $F(\beta - 0) - F(\alpha + 0)$ функции $F(x)$ на указанном интервале, а второе и третье слагаемые в (6) для интервала равны нулю, $m(\alpha, \beta) = F(\beta - 0) - F(\alpha + 0)$. Аналогично находим меру точки разрыва x

$$\mu_F(x_i) = m(x_i) = m[x_i, x_i] = F(x_i + 0) - F(x_i - 0). \quad (10)$$

Меры отрезков и полуинтервалов получаются по аддитивности прибавлением к $m(\alpha, \beta) = F(\beta - 0) - F(\alpha + 0)$ мер граничных точек (10).

В итоге для неубывающей функции $F(x)$, имеющей разрывы справа и слева в точках α и β , определяем меры всех отрезков, интервалов и полуинтервалов

$$\begin{aligned} m(\alpha, \beta) &= F(\beta - 0) - F(\alpha + 0), \\ m[\alpha, \beta] &= F(\beta + 0) - F(\alpha - 0), \\ m(\alpha, \beta) &= F(\beta - 0) - F(\alpha - 0), \\ m[\alpha, \beta] &= F(\beta + 0) - F(\alpha + 0). \end{aligned} \quad (11)$$

Пусть теперь $F(x)$ есть разрывная (справа и слева в отдельных точках) функция с ограниченным изменением. Поэтому она может быть представлена в виде разности двух монотонных неубывающих разрывных (справа и слева в отдельных точках) функций, для каждой из которых справедлива формула (9). Объединяя множество точек разрыва этих двух функций в единое множество, приходим снова к формуле (9) для произвольной функции $F(x)$ с ограниченным изменением. Для

этой функции скачки в формуле (9) могут быть разных знаков. Непрерывная функция $f(x)$ с ограниченным изменением в (9) определяется по исходной функции $F(x)$ и также может быть представлена в виде разности монотонных, но уже непрерывных функций.

Как следствие (10), интеграл Лебега-Стилтьеса в (9) не зависит от значений производящей функции $F(x)$ в ее точках разрыва, лежащих внутри интервала (a, b) .

С помощью формулы (9) теорему о совпадении интеграла Лебега-Стилтьеса с интегралом Римана-Стилтьеса можно доказать не только на полуинтервале [1], с. 362, но и на отрезке. Автоматически отпадает необходимость доказательства ряда свойств и теорем, связанных с независимостью интеграла Римана-Стилтьеса от значений производящей функции в точках ее разрыва [1].

Теорема 1. Если функция $f(x)$ непрерывна на отрезке $[a, b]$, а $F(x)$ имеет ограниченное изменение на $[a, b]$, то ее интеграл Римана-Стилтьеса существует, совпадает с соответствующим интегралом Лебега-Стилтьеса и не зависит от значений функции $F(x)$ в ее точках разрыва внутри интервала (a, b) .

Существование обоих интегралов очевидно. Для интеграла Римана-Стилтьеса достаточно для заданного ε выбрать такое δ , что в любом промежутке с длиной, меньшей δ , колебание ω функции $f(x)$ будет меньше $\varepsilon / [F(b) - Fa]$ для монотонной $F(x)$. Пусть далее отрезок $[a, b]$ разбит на отрезки $[x_i, x_{i+1}]$ длиной меньше δ , где x_i – произвольная монотонно возрастающая последовательность из $n + 1$ точек. Тогда

$$\sum_i \omega_i [F(x_{i+1}) - F(x_i)] < \varepsilon, \quad (12)$$

откуда следует существование интеграла Римана-Стилтьеса для неубывающей функции $F(x)$, а значит и для функции $F(x)$ с ограниченным изменением [5].

Поскольку предел интегральной суммы (интеграла Римана-Стилтьеса при $\max \Delta x_i \rightarrow 0$)

$$\sum_{i=0}^{n-1} f(\xi_i) [F(x_{i+1}) - F(x_i)] \quad (13)$$

существует и не зависит от выбора промежуточных точек ξ_i [5], то можно считать $x_i \leq \xi_i < x_{i+1}$. Но тогда сумму (13) можно рас-

сматривать как интеграл Лебега-Стилтьеса от простой μ_F -измеримой ступенчатой функции

$$\psi_n(x) = f(\xi_i), x_i \leq x < x_{i+1}, \quad (14)$$

где производящая функция $F(x)$ считается непрерывной слева, первые две составляющие меры в (3), (6). Мера полуинтервала $[x_i, x_{i+1}]$ выражается формулой (5г). Функция (14) при $n \rightarrow \infty$ равномерно сходится к $f(x)$. Поэтому при переходе к пределу (по определению интеграла Лебега с мерой $\mu_F \mu_\varphi + \mu_H$) сумма (13) дает интеграл Лебега-Стилтьеса от функции $f(x)$ по полуинтервалу $[a, b]$, то есть первые два слагаемых интеграла по отрезку $[a, b]$ в (8), поскольку $h_N = 0$ в точке b .

Третья составляющая меры (3), (6) есть непрерывная справа функция скачков $g(x)$. Поскольку для нее интеграл Римана-Стилтьеса также существует, то справедливы предыдущие рассуждения, но уже для полуинтервала (x_i, x_{i+1}) , для которого мера определяется формулой (5ж), $g(x_{i+1}) - g(x_i) = g(x_{i+1}) - g(x_{i+1} - 0) = g_{i+1}$. Переходя к пределу, получаем третье слагаемое в (8) при производящей функции $g(x)$. После объединения рядов в (8), для интеграла Римана-Стилтьеса снова приходим к формуле (9), где все интегралы должны быть заменены на интегралы Римана-Стилтьеса, а функция $F(x)$ является функцией с ограниченным изменением. Теорема доказана.

Одновременное включение в производящую функцию $F(x)$ функций скачков, непрерывных отдельно справа и слева, позволяет в условиях теоремы исключить определения интеграла Римана-Стилтьеса по различным полуинтервалам [1], а также использовать общее определение интеграла Римана-Стилтьеса по отрезку [5], в котором промежуточная точка ξ_i может принимать все значения из отрезка $[x_i, x_{i+1}]$.

Формула (9) также включает в себя ряд утверждений и теорем [1] о независимости интеграла Римана-Стилтьеса от значений $F(x)$ в точках ее разрыва, если интегрируемая функция непрерывна.

Использование для производящей функции интеграла Римана-Стилтьеса упрощенной функции скачков [11] приводит к тому, что функция $f(x)$ в соответствующем разложении (3) оказывается разрывной

(с устранимыми разрывами). Однако в условиях теоремы 1 интеграл Римана-Стилтьеса не зависит от значений производящей функции в точках ее разрыва, так что окончательные выражения для интеграла Римана-Стилтьеса совпадают с (9).

Библиографический список

1. Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. – М.: Наука, 1976. – 542 с.
2. Натансон, И.П. Теория функций действительной переменной / И.П. Натансон. – М.: Гостехиздат, 1957. – 552 с.
3. Свешников, А.Г. Нелинейный функциональный анализ и его приложения к уравнениям в частных производных / А.Г. Свешников, А.Б. Альшин, М.О. Корпусов. – М.: Научный мир, 2008. – 399 с.
4. Богачев, В.И. Основы теории меры. В 2 т. Т. 2 Основы теории меры / В.И. Богачев. – М.: Научный мир, 2003. – 520 с.
5. Фихтенгольц, Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 3. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Г.М. Фихтенгольц. – М.: Наука, 1970. – 656 с.
6. Никольский, С.М. Курс математического анализа. Т. 2. Курс математического анализа / С.М. Никольский. – М.: Наука, 1973. – 391 с.
7. Никольский, С.М. Приближение функций многих переменных и теоремы вложения / С.М. Никольский. – М.: Наука, 1969. – 480 с.
8. Владимиров, В.С. Уравнения математической физики / В.С. Владимиров. – М.: Наука, 1971. – 512 с.
9. Владимиров, В.С. Обобщенные функции в математической физике / В.С. Владимиров. – М.: Наука, 1971. – 318 с.
10. Шипов, Н.В. О свойствах функционала $P(1/x)$ в пространстве обобщенных функций медленного роста / Н.В. Шипов // Математика в ВУЗе, 2010. – Вып. 19. – С. 1–8. http://www.spbstu/public/m_v/index.html
11. Покорный, Ю.В. Осцилляционная теория Штурма-Лиувилля для импульсных задач / Ю.В. Покорный, М.Б. Зверев, С.А. Шабров // Успехи мат. наук., 2008. – Т. 63. – Вып. 1. – С. 111–153.

ABOUT LEBESGUE–STIELTJES INTEGRAL WITH DISCONTINUOUS GENERATING FUNCTION AND ITS CONNECTION WITH RIEMANN-STIELTJES INTEGRAL

Shipov N.V., Accoc. Prof. Ph.D. (Physics and Mathematics)⁽¹⁾

caf-math@mgul.ac.ru, nvshi@mail.ru

⁽¹⁾Moscow Forest State University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005 Mytishchi, Moscow reg., Russia

The widest class of generating functions for the Lebesgue-Stieltjes measure of the set and for the Lebesgue-Stieltjes Integral is the class of bounded variation functions. It is known, that the function of bounded variation can be written in the form of difference of two discontinuous monotone nondecreasing functions. It is convenient to explain the properties of Lebesgue – Stieltjes Integral and the properties of Lebesgue-Stieltjes measure in the case, when the monotone nondecreasing generating function is continuous from the left. It is offered sometimes to overdetermine the discontinuous generating function (discontinuous from the left and discontinuous from the right). Then the resulting generating function turns out to be continuous from the left. Discontinuous generating function of a bounded variation over the segment $[a, b]$ is decomposed in the sum of continuous functions of bounded variation, a jump function (continuous from the left) and a jump function (continuous from the right). Lebesgue-Stieltjes measure of the set with respect to these three functions and the appropriate Lebesgue-Stieltjes integral decomposition are represented by the three relevant terms in the sum. Lebesgue-Stieltjes Integral is not depending on the values of the generating function at the jump dots. It follows from these decompositions that if the function under the integral is continuous over the segment $[a, b]$, then the appropriate Lebesgue-Stieltjes Integral over the segment $[a, b]$ is the same as the appropriate Riemann–Stieltjes Integral over the segment $[a, b]$, not only over the half-interval $[a, b]$.

Keywords: generating function, jump function, Lebesgue-Stieltjes measure, Lebesgue-Stieltjes Integral, Riemann-Stieltjes Integral

References

1. Kolmogorov, A.N., Fomin, S.V. *Elementy teorii funktsiy i funktsional'nogo analiza* [Elements of the theory of functions and functional analysis]. Moscow: Nauka Publ., 1976. 542 p.
2. Natanson, I.P. *Teoriya funktsiy deystvitel'noy peremennoy* [Theory of functions of the valid variable]. Moscow: Gostekhizdat Publ., 1957. 552 p.
3. Sveshnikov A.G., Al'shin A.B., Korpusov M.O. *Nelineynyy funktsional'nyy analiz i ego prilozheniya k uravneniyam v chastnykh proizvodnykh* [The nonlinear functional analysis and its annexes to the equations in private derivatives]. Moscow: Nauchnyy mir Publ., 2008. 399 p.
4. Bogachev V.I. *Osnovy teorii mery* [Bases of the theory of a measure]. Moscow, Nauchnyy mir Publ., 2003. T. 2. 520 p.
5. Fikhtengol'ts G.M. *Kurs differentsial'nogo i integral'nogo ischisleniya. T. 3. Kurs differentsial'nogo i integral'nogo ischisleniya* [Course of differential and integral calculus.]. Moscow: Nauka Publ., 1970. 656 p.
6. Nikol'skiy S.M. *Kurs matematicheskogo analiza* [Course of the mathematical analysis]. Moscow: Nauka Publ., 1973. 391 p.
7. Nikol'skiy S.M. *Priblizhenie funktsiy mnogikh peremennykh i teoremy vlozheniya* [Approach of functions of many variables and theorem of an investment]. Moscow: Nauka Publ., 1969. 480 p.
8. Vladimirov V.S. *Uravneniya matematicheskoy fiziki* [Equations of mathematical physics]. Moscow, Nauka Publ., 1971. 512 p.
9. Vladimirov, V.S. *Obobshchennyye funktsii v matematicheskoy fizike* [The generalized functions in mathematical physics]. Moscow, Nauka Publ., 1971. 318 p.
10. Shipov, N.V. *O svoystvakh funktsionala $P(1/x)$ v prostranstve obobshchennykh funktsiy medlennogo rosta* [About properties of functionality of $P(1/x)$ in space of the generalized functions of slow growth]. Mathematics in higher education institution. St. Petersburg state polytechnical university, 2010. № 19. pp. 1-8. http://www.spbstu/public/m_v/index.html (Accessed 20 April 2010).
11. Pokornyy Yu. V., Zverev M.B., Shabrov S.A. *Ostsillyatsionnaya teoriya Shturma-Liuvillya dlya impul'snykh zadach* [The oscillation theory of Storm Liouville for pulse tasks]. Achievements of Mathematical Sciences, 2008, Vol. 63, № 1, pp. 111-153.

АНАЛИЗ ПОНЯТИЙНОГО АППАРАТА ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.Н. САМОЛДИН, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾

samoldin@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

В настоящее время единая трактовка понятия инновации в мировом сообществе отсутствует, поэтому весьма актуально проводить анализ существующих подходов. Такая попытка предпринята в данной статье. Сегодня в инновационной теории преобладают процессный и продуктовый подходы, хотя имеются и другие трактовки понятия инновации. Помимо научных исследований авторов существуют в определенном смысле официальные (общепринятые) разработки в сфере понятийного аппарата инновационной деятельности. На сегодняшний день считается, что «Руководство Осло» (Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям) является основным источником определений, понятий и терминов в сфере инновационной деятельности. Этот документ периодически разрабатывается Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и Статистическим бюро европейских сообществ (Евростат). По результатам проведенного анализа трактовок инновации в статье сделан вывод о необходимости уточнения понятия инновации с позиции ее полезности. Исходя из этого предложен новый термин «позитивная инновация», который учитывает положительный эффект нововведения. Кроме того, в работе проанализированы различные классификации инноваций, рекомендованные «Руководством Осло», применяемые при сборе официальной статистики по анализу инноваций в России и др. Предложено рассматривать новый класс инноваций – организационно-маркетинговые, которые включают в себя весь спектр инноваций, не связанных с технологиями и (или) продуктами. Таким образом, для практической реализации инноваций необходимы достаточно четкие определения и классификации, позволяющие измерить эффективность инновационной деятельности и ее составляющих (прежде всего – маркетинга) на количественном уровне.

Ключевые слова: инновации, инновационная деятельность, проблемные инновации, позитивная инновация, виды инноваций, классификация

Самое слово «инновация» не имеет единого четкого определения, поэтому достаточно актуально уточнить понятийный аппарат инновационной деятельности. Считается, что первым понятие «инновация» предложил австрийский ученый Й. Шумпетер (1883–1950), который в общем виде определил инновацию как коммерциализацию определенных новых комбинаций, основанных на изменении в развитии организации [1]. Й. Шумпетер выделял пять основных видов инноваций: 1) новые товары (создание); 2) новые рынки (освоение); 3) новые технологии (использование); 4) новые источники сырья (открытие); 5) новые производства (организация).

Как можно заметить, Й. Шумпетер рассматривает как инновации различные по природе новшества (продукты, процессы, результаты, рынки и т. д.). С тех пор прошло много лет, однако единой трактовки инновации в мировом сообществе до сих пор нет. Сегодня в инновационной теории преобладают процессный и продуктовый подходы, хотя имеются и абстрактные определения инноваций и другие трактовки. Рассмотрим современные подходы к определению термина «инновация» подробнее.

Процессный подход предполагает, что инновация есть процесс создания и (иногда) внедрения новшества. Так считают, в частнос-

ти, зарубежные ученые Б.Твисс, понимающий инновацию «как процесс, в котором изобретение или идея приобретают экономическое содержание» [2], и Б. Санто, полагающий, что «инновация – это такой общественный, технический, экономический процесс, который через практическое использование идей и изобретений приводит к созданию лучших по своим свойствам изделий, технологий» [3]. Среди российских исследователей такой позиции придерживаются А.Е. Абрамешин [4], М.А. Гершман [5], Ю.П. Морозов [6], А.М. Мухамедьяров [7], В.Л. Попова [8] и другие. Несмотря на то, что процессный подход предполагает завершение создания новшества и, как правило, его дальнейшего внедрения, продуктовые и реализационные аспекты здесь выражены неявно.

Продуктовый подход предполагает, что результатом инновационной деятельности и собственно инновацией является конечный продукт, понимаемый как товар, услуга, технология и т.д., доведенный до уровня реализации. Так считает, в частности, В.Г. Медынский: «инновация это объект, внедренный в производство в результате проведенного научного исследования или сделанного открытия, качественно отличный от предшествующего аналога» [9]. Сторонниками продуктового подхода в определенной степени являются В.И. Вагизо-

ва [10], Э.И. Крылов [11], М.П. Посталюк [12], Э.А. Уткин [13] и др.

Некоторые исследователи сочетают при определении инновации процессный и продуктовый подходы. В частности, Р.А. Фатхутдинов считает, что «инновация – это конечный результат внедрения новшества с целью изменения объекта управления и получения экономического, социального, экологического, научно-технического или другого вида эффекта» [14].

Связь понятия инновации с организационным развитием предприятия подчеркивает Ю.А. Анискин [15]. М.В. Волынкина как юрист связывает инновации, прежде всего, с интеллектуальной деятельностью людей и возникающей при этом интеллектуальной собственностью [16]. Связь инноваций с конечными экономическими результатами показывает Е.Е. Румянцева, считающая, что «инновация это получение больших экономических результатов за счет внедрения новшеств» [17]. Другие подходы к определению инновации представляются более абстрактными.

Помимо научных исследований авторов существуют и более официальные разработки в сфере понятийного аппарата инновационной деятельности. С 1992 г. Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и Статистическое бюро европейских сообществ (Евростат) периодически разрабатывают некий нормативный документ, который называется «Руководство Осло» (Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям) [18]. В настоящее время действует уже третья редакция этого документа. Считается, что «Руководство Осло» является основным источником определений понятий и терминов в сфере инновационной деятельности. Согласно этому документу, инновация есть внедрение какого-либо нового или значительно улучшенного продукта (товара или услуги) или процесса, нового метода маркетинга или нового организационного метода в деловой практике, организации рабочих мест или внешних связях.

При внешней полноте данного определения все же остается не вполне ясным, должна ли инновация приносить какие-либо позитивные результаты для предприятия, общества или отдельных лиц. Такие результаты могут заклю-

чаться как в экономических показателях (доход, прибыль), так и в каких-либо других сферах (социология, экология и т. д.). При этом также не до конца понятно, как должны согласовываться интересы различных слоев общества и структур, имеющих отношение к инновации. Далекое не всегда инновация, определенная по «Руководству Осло», является полезной для всех.

Таким образом, в инновационной деятельности могут, как считает А.Е. Варшавский [19], возникать проблемные инновации, среди которых есть сомнительные и даже вредные. Изучение вопроса полезности и вредности инноваций в условиях современной конкурентной экономики является достаточно актуальным, однако само рабочее определение термина в «Руководстве Осло» никаким образом не оценивает последствия инновации и отображает лишь новизну или значительное улучшение. При этом новизна может быть неоспорима, но новшество не даст никаких позитивных результатов, а значительное улучшение для одних может привести к столь же значительному ухудшению для других. В целом представляется, что определение инновации в трактовке «Руководства Осло» нуждается в определенной доработке.

Такие же рассуждения справедливы и по отношению к другим основным понятиям. Так, например, инновационная деятельность в трактовке «Руководства Осло» понимается как вид деятельности, связанный с трансформацией идей (обычно результатов научных исследований и разработок либо иных научно-технических достижений) в технологически новые или усовершенствованные продукты или услуги, внедренные на рынке, в новые или усовершенствованные технологические процессы или способы производства (передачи) услуг, использованные в практической деятельности [18]. Здесь мы видим те же проблемы полезности, бесполезности или вредности инновационной деятельности, которые никак не обозначены.

Представляется, что сам факт усовершенствования чего-либо или реализации какой-либо новой идеи еще не может служить доказательством того, что данная деятельность полезна. Еще большие сомнения вызывает определение инновационных товаров, работ и услуг, к которым относятся товары, работы и

услуги, подвергавшиеся в течение последних трех лет разного рода технологическим изменениям [18]. При этом абсолютно неясно, были ли эти изменения позитивными или нет.

Можно привести примеры, когда нововведения являются позитивными для одних групп потребителей, но при этом становятся негативными для других групп. Так, например, введение в эксплуатацию новых линий московского метро весьма позитивно для жителей отдаленных районов, так как улучшается их транспортная доступность. Однако при этом существенно увеличивается пассажиропоток, что ухудшает комфортность проезда граждан, проживающих в районах ранее существовавших станций.

Таким образом, определение инновации было бы рационально уточнить условиями ее полезности. Представляется, что инновацией нужно считать только те нововведения, которые приносят пользу (позитивные экономические, социальные, экологические или иные эффекты, а также их сочетание). Вопрос вредности инноваций для кого-либо или чего-либо следует признать достаточно сложным и дискуссионным. При этом следует исключить из числа инноваций бесполезные нововведения, не приносящие реального существенно позитивного эффекта ни в одной сфере деятельности или общественной жизни.

С учетом приведенных рассуждений можно сделать вывод, что необходимо уточнить понятие инновации с позиции ее полезности. В этом направлении можно предложить новый термин «**позитивная инновация**».

В общем виде сформулировать определение позитивной инновации как *полезного нововведения*, доведенного до внедрения и приносящего *значительный положительный эффект*. При этом такой эффект может быть экономическим для коммерческих инноваций или социальным для инноваций, направленных на улучшение ситуации в обществе, а также иным (экологическим, политическим и т. д.), но также весьма существенным. Значительность эффекта здесь следует определить особо.

Рассмотрим теперь основные типы инноваций. Наибольший интерес представляет классификация по областям применения инноваций. Как и в случае с понятиями и тер-

минами, многие официальные структуры и независимые исследователи ориентируются на «Руководство Осло».

«Руководство Осло» выделяет четыре основных типа инноваций: продуктовые, процессные, организационные и маркетинговые [18].

Продуктовая инновация есть внедрение товара или услуги, являющихся новыми или значительно улучшенными в части их свойств или способов использования. К таким инновациям относят значительные улучшения технических характеристик изделий, компонентов, сырья и материалов, топлива и т. д. Однако вопрос значительности или незначительности улучшения также остается дискуссионным. Достаточно часто мы наблюдаем выведение на рынок якобы инновационных продуктов, отличающихся от предыдущих моделей весьма незначительно. При этом товар-новинка стоит обычно несколько дороже.

Процессная инновация по версии «Руководства Осло» есть внедрение нового или значительно улучшенного метода производства или дистрибуции продукта. Сюда входят значительные изменения в технологии, производственном оборудовании и/или программном обеспечении. Дискуссионный аспект здесь также вызывает понятие значительности. Так, например, переход от стеклянной тары для напитков к пластиковой, несомненно, можно признать инновацией, а вот разработку технологии розлива того же самого напитка в пластиковые бутылки емкостью 0,6 литра наряду с емкостью 0,5 литра к инновационным решениям признать инновацией можно с большим сомнением.

Маркетинговая инновация есть внедрение нового метода маркетинга, включая значительные изменения в дизайне или упаковке продукта, его хранении, продвижении на рынок или ценообразовании. Для таких инноваций справедливы приведенные рассуждения относительно значительности. Кроме того, представляется, что новые маркетинговые стратегии в сфере рекламы или пиар-деятельности также можно было бы отнести к инновациям маркетингового типа.

Организационная инновация есть внедрение нового организационного метода в дело-

вой практике фирмы, в организации рабочих мест или внешних связях. В этом определении не указана полезность новых организационных методов и иных нововведений этой группы.

Российская официальная статистика при анализе инноваций в России существенно использует методологию «Руководства Осло», однако есть и некоторые отличия. Согласно [20], в Российской Федерации учитываются технологические инновации, объединяющие по технологии «Руководства Осло» продуктовые и процессные инновации, организационные и маркетинговые инновации по технологии «Руководства Осло», а также экологические инновации (начиная с 2009 г.), определяемые как новые и значительно усовершенствованные товары, работы, услуги, производственные процессы, организационные или маркетинговые методы, способствующие повышению экологической безопасности, улучшению или предотвращению негативного воздействия на окружающую среду.

Именно по такому принципу деления инноваций по видам осуществляются официальный сбор и обработка информации по инновационной деятельности в России [20]. По мнению автора, данная классификация является в определенной степени недостаточной и отчасти противоречивой. Если объединение продуктовых и процессных инноваций в технологические в целом оправдано, то трудно согласиться с тем, что маркетинговые инновации могут осуществляться без организационных изменений, а организационные инновации ограничиваются изменениями рабочих мест и внешними связями. Гораздо важнее представляются нововведения в организации бизнеса, создание новых бизнес-процессов в логистике, включая закупки, транспортную перевозку, хранение, сбыт и информационное обеспечение. Изменение финансовых схем также следует рассматривать как инновации – и организационные, и маркетинговые. В этой связи представляется рациональным рассматривать новый класс инноваций – **организационно-маркетинговые**, включающие практически весь спектр инноваций, не связанных с технологиями и (или) продуктами.

Также не вполне понятно выделение в России в особый класс экологических иннова-

ций. Если рассматривать отдельно экологию, то можно выделить и другие специфические классы (например, политические, социальные, правовые и иные инновации).

Рассмотрим теперь другие классификации инноваций. Таких классификаций много, важнейшими из которых, по нашему мнению, являются следующие.

1. По масштабу различаются локальные, крупномасштабные и локальные инновации.

Локальные инновации предназначены для какой-то узкой сферы деятельности и не могут быть распространены на другие сферы. Как правило, это новые технологии или новые продукты, но сюда можно отнести и новые организационные структуры или маркетинговые схемы для отдельных предприятий или организаций. Обычно такие инновации осуществляются достаточно быстро, а их эффективность существенно зависит от грамотности маркетинговой стратегии.

Крупномасштабные инновации затрагивают не только конкретную предметную сферу или определенную организационную структуру, но и смежные сферы деятельности (поставщики, посредники, сбытовые структуры и т. д.). Достаточно часто крупномасштабные инновации осуществляются в рамках отрасли или региона.

Глобальные инновации относятся к новшествам, которые влияют на общество в целом, а иногда и на весь мир. Существенными здесь являются правовые аспекты, включая международное право, и конкурентная борьба на федеральном или мировом уровне.

2. По срокам осуществления различаются быстрые, среднесрочные и долгосрочные инновации.

Быстрые (краткосрочные) инновации чаще всего связаны с маркетингом или реорганизацией управления на предприятии или в корпорации. Такие инновации не требуют существенной перестройки производства и могут быть реализованы в сжатые сроки в течение года или еще быстрее. Сюда также можно отнести технологические инновации, связанные с расширением или углублением ассортиментных рядов уже имеющихся товаров или услуг на базе не очень крупных технологических изменений.

Среднесрочные (1–3 года) и долгосрочные (свыше 3 лет) инновации связаны чаще всего с серьезными технологическими изменениями, направленными на разработку нового продукта или существенное улучшение уже имеющихся продуктов, придающее им признак инновационности, либо на существенную технико-технологическую перестройку производства. В организационно-маркетинговом аспекте это может быть, прежде всего, реинжиниринг.

3. По способу финансирования (источникам финансирования) можно выделить внутренние, внешние и смешанные инновации.

4. По степени распространения различают глобальные, региональные, отраслевые, локальные и другие инновации. Здесь следует выделить два направления классификации: по территориальному признаку – для всего мира, группы стран, страны, региона, района, местности; по отраслевому признаку – для всех отраслей, группы отраслей, отрасли, группы предприятий или холдинга, предприятия.

Следует отметить, что некоторые исследователи концентрируют внимание при анализе распространения инноваций на фокус-группах потребителей по демографическим, половым, национальным и иным признакам. В целом это справедливо, однако относится, скорее, к маркетингу инноваций, чем к их классификации.

Также необходимо отметить, что жесткое классификационное деление инноваций по отдельным отраслям и областям деятельности не вполне корректно, так как значительная часть инноваций не относится к одной отрасли, а находится на стыке нескольких отраслей. При жестком отраслевом делении либо теряются параллельные отрасли в пользу выбранной основной отрасли, либо (что чаще) осуществляется двойной или тройной счет инноваций.

5. По степени новизны (для технологических инноваций) можно выделить новые товары и услуги, улучшение уже известных продуктов, создание продуктов-аналогов или продуктов-заменителей.

Вопросы новизны инноваций, как это ни парадоксально выглядит, являются весьма дискуссионными. Как уже отмечалось, при некоторых определениях инновации сама новизна может быть весьма несущественной (на-

пример, изменение тары или упаковки). С другой стороны, если говорить о предложенных выше «позитивных» инновациях, то очевидно, что не каждое новшество можно считать позитивным. Например, открытие или научная теория становятся позитивной инновацией только при условии их применения на практике.

Кратко остановимся на других классификациях. По причине возникновения инновации можно разделить на необходимые (моральное старение существующего бизнеса, исчерпание ресурсов, снижение спроса) и инициативные, связанные с желанием дальнейшего развития бизнеса, в том числе и на базе инновационной диверсификации.

С позиций неопределенности и риска инновации можно разделить на сильно рискованные, умеренно рискованные и «надежные» (с минимальным риском). По полноте жизненного цикла можно выделить инновации как с полным жизненным циклом от бизнес-идеи до рыночной реализации новшества (в основном технологические продукты), так и с неполным циклом.

Множество классификаций инноваций, имеющих противоречия и пересечения, не позволяет построить единый классификатор, который выглядел бы правдоподобно и логично. Тем не менее, существуют подходы, в которых ученые предлагают многокритериальную классификацию инноваций [13]. Однако считать такую многокритериальность истиной в последней инстанции еще рано.

Подводя итог, отметим, что для практической реализации классификатора инноваций необходимы достаточно четкие определения и классификации, позволяющие измерить эффективность инновационной деятельности и ее составляющих (прежде всего маркетинга) на количественном уровне.

Библиографический список

1. Шумпетер, Й. Теория экономического развития / Й. Шумпетер. – М.: Прогресс, 1982. – 400 с.
2. Твисс, Б. Управление нововведениями / Б. Твисс. – М.: Экономика, 2009. – 272 с.
3. Санто, Б. Инновация как средство экономического развития / Б. Санто – М.: Прогресс, 1990. – 295 с.
4. Абрамешин, А.Е. Менеджмент инновационной организации: учеб. пособие / А.Е. Абрамешин. – М.: Европейский центр по качеству, 2005. – 408 с.
5. Гершман, М.А. Инновационный менеджмент / М.А. Гершман. – М.: Маркет ДС Корпорейшн, 2010. – 482 с.

6. Морозов, Ю.П. Инновационный менеджмент / Ю.П. Морозов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 345 с.
7. Мухамедьяров, А.М. Инновационный менеджмент / А.М. Мухамедьяров. – М.: Инфра-М, 2008. – 176 с.
8. Попова, В.Л. Управление инновационными проектами / В.Л. Попова. – М.: Инфра-М, 2009. – 416 с.
9. Медынский, В.Г. Инновационный менеджмент: учебник / В.Г. Медынский. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 294 с.
10. Вагизова, В.И. Финансово-кредитное обеспечение инновационного взаимодействия хозяйствующих субъектов: теория, методология и практика / В.И. Вагизова. – Казань: КГУ, 2009. – 420 с.
11. Анализ эффективности инвестиционной и инновационной деятельности предприятия / Э.И. Крылов и др. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 608 с.
12. Посталюк, М.П. Инновационные отношения в экономической системе: теория, методология и механизм реализации / М.П. Посталюк. – Казань: Изд-во КГУ, 2006. – 420 с.
13. Уткин, Э.А. Инновационный менеджмент / Э.А. Уткин, Н.И. Морозова, Г.И. Морозова. – М.: Акалик, 1996. – 400 с.
14. Фатхутдинов, Р.А. Инновационный менеджмент: учебник / Р.А. Фатхутдинов. – 6-е изд. – СПб.: Питер 2008. – 448 с.
15. Анискин, Ю.А. Инновационное развитие на основе организационного потенциала компании / Ю.А. Анискин // Проблемы теории и практики управления. – 2006. – № 7. – С. 73–83.
16. Волюнкина, М.В. Правовое регулирование инновационной деятельности: проблемы теории / М.В. Волюнкина. – М.: Аспект Пресс, 2007. – 350 с.
17. Румянцева, Е.Е. Новая экономическая энциклопедия / Е.Е. Румянцева. – 4-е изд. – М.: Инфра-М, 2011. – 176 с.
18. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям: совместная публикация ОЭСР и Евростата / Пер с англ., фр. – 2-е изд. – М.: ЦИСН, 2010. – 206 с. – ISBN 5-7602-0173-5
19. Варшавский, А.Е. Проблемные инновации: риски и ответственность (на примере продуктов питания и внутреннего потребления) / А.Е. Варшавский. – М.: ЦЭМИ РАН, 2009. – 116 с. <http://www.cemi.rssi.ru/publication/e-publishing/varshav/prepr-255.pdf>. – Загл. с экрана.
20. Основные показатели инновационной деятельности. Основные понятия. http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/nauka/minnov-16.htm – Загл. с экрана (дата обращения 15.11.2014)

AN ANALYSIS OF THE CONCEPTUAL APPARATUS OF INNOVATIVE ACTIVITIES

Samoldin A.N., Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾

samoldin@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya str., 1, 141005 Mytishchi, Moscow reg. Russia

Currently there is no uniform interpretation of the innovations concept in the world community, so it is very important to analyze the existing approaches. Such an attempt is made in this article. At present process and product approaches predominate in the innovation theory, although there are other interpretations of the innovations concept. Apart from the personalized subjective authors research there are official (generally accepted) developments in the sphere of conceptualization of innovation activities. Today “Oslo Manual” (Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data) is considered to be the main source of definitions and terms in the sphere of innovation activities. This document is renewed periodically by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) and Eurostat. The conclusions on the necessity of innovation definition elaboration from the position of its usefulness made in the article are based on the results of the performed analysis of innovation terminology. As a result, a new term “positive innovation” is introduced to take into account an innovation positive effect. Moreover, there is an analysis of different innovation classifications, such as recommended by “Oslo Manual” and applied in innovation analysis official statistics report in Russia and other ones. A new class of innovations called organizational and marketing, which is not connected with technologies and/or products is under consideration. Thus, for innovation practical realization it is a necessity to clarify definitions and classifications. It will allow to gauge the effectiveness of innovative activities and their components (first of all – marketing) on a quantitative level.

Keywords: innovations, innovative activities, problem innovations, positive innovation, types of innovations, classification

References

1. Shumpeter Y. *Teoriya ekonomicheskogo razvitiya* [Theory of Economic Development]. Moscow: Progress Publ., 1982. 400 p.
2. Tviss B. *Upravlenie novovvedeniyami* [Management of novations]. Moscow: Ekonomika Publ., 2009. 272 p.
3. Santo B. *Innovatsiya kak sredstvo ekonomicheskogo razvitiya* [Innovation as a Means of Economic Development]. Moscow: Progress Publ., 1990. 295 p.
4. Abrameshin A.E. *Menedzhment innovatsionnoy organizatsii: ucheb. posobie* [Management of innovative organization: tutorial]. Moscow: Evropeyskiy tsentr po kachestvu Publ, 2005. 408 p.
5. Gershman M.A. *Innovatsionnyy menedzhment* [Innovation management]. Moscow: Market DS Korporeyshn Publ., 2010. 482 p.
6. Morozov Yu.P. *Innovatsionnyy menedzhment* [Innovation management]. Moscow: YuNITI-DANA Publ., 2007. 345 p.
7. Mukhamed'yarov A.M. *Innovatsionnyy menedzhment* [Innovation management]. Moscow: Infra-M Publ., 2008. 176 p.
8. Popova V.L. *Upravlenie innovatsionnymi projektami* [Innovation Projects Management]. Moscow: Infra-M Publ., 2009. 416 p.
9. Medynskiy V.G. *Innovatsionnyy menedzhment: uchebnik* [Innovation management]. Moscow: INFRA-M Publ., 2005. 294 p.
10. Vagizova V.I. *Finansovo-kreditnoe obespechenie innovatsionnogo vzaimodeystviya khozyaystvuyushchikh sub'ektov: teoriya, metodologiya i praktika* [Financing and crediting innovative interaction of economic subjects: theory, methodology and practice.]. Kazan': KSU Publ., 2009. 420 p.
11. Krylov E.I. [i dr.] *Analiz effektivnosti investitsionnoy i innovatsionnoy deyatel'nosti predpriyatiya* [Analysis of investment and innovation activity efficiency of the enterprise]. Moscow: Finansy i statistika Publ., 2006. 608 p.

12. Postalyuk M.P. *Innovatsionnye otnosheniya v ekonomicheskoy sisteme: teoriya, metodologiya i mekhanizm realizatsii* [Innovation relationship in the economic system: theory, methodology and mechanism of implementation]. Kazan': KSU Publ., 2006. 420 p.
13. Utkin E.A., Morozova N.I., Morozova G.I. *Innovatsionnyy menedzhment* [Innovation management]. Moscow: Akalis Publ., 1996. 400 p.
14. Fatkhutdinov R.A. *Innovatsionnyy menedzhment: uchebnyk* [Innovation management]. Saint-Petersburg: Piter Publ., 2008. 448 p.
15. Aniskin Yu.A. *Innovatsionnoe razvitie na osnove organizatsionnogo potentsiala kompanii* [Innovative development on the basis of the organizational capacity of a company]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya* [Problems of the theory and practice of management]. Moscow: 2006, № 7. pp. 73-83.
16. Volynkina M.V. *Pravovoe regulirovanie innovatsionnoy deyatel'nosti: problemy teorii* [Legal regulation of innovative activities: problems of theory]. Moscow: Aspekt Press Publ., 2007. 350 p.
17. Rummyantseva E.E. *Novaya ekonomicheskaya entsiklopediya* [New encyclopedia of economics]. Moscow: Infra-M Publ., 2011. 176 p.
18. *Rukovodstvo Oslo. Rekomendatsii po sboru i analizu dannykh po innovatsiyam: sovmestnaya publikatsiya OESR i Evrostat* [Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition]. Moscow: TsISN Publ., 2010. 206 p. ISBN 5-7602-0173-5
19. Varshavskiy A.E. *Problemnye innovatsii: riski i otvetstvennost'* [Questionable Innovations: Risks and Responsibility]. <http://www.cemi.rssi.ru/publication/e-publishing/varshav/prepr-255.pdf> (accessed 10 February 2015)
20. *Osnovnye pokazateli innovatsionnoy deyatel'nosti. Osnovnye ponyatiya* [Basic indicators of innovation activities. Basic concept]. http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/nauka/minnov-16.htm (accessed 15 February 2015).

УЛУЧШЕНИЕ ПОЗИЦИЙ РОССИИ В МЕЖДУНАРОДНЫХ РЕЙТИНГАХ СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ СРЕДЫ

А.А. БУКОВА, доц., МГУЛ, канд.экон.наук⁽¹⁾

annabukova@yandex.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1

Одним из важнейших направлений государственной политики РФ является улучшение предпринимательской среды бизнеса. Улучшая компоненты предпринимательской среды и повышая привлекательность для инвесторов, органы власти решают задачу роста валового продукта, создают условия для повышения уровня жизни граждан. Международные рейтинги позволяют сопоставить состояние различных сторон общественной жизни в стране или регионе: экономического развития, условий функционирования бизнеса, эффективности государственного управления и других. В России в последние годы интерес к международным рейтингам в области экономики и делового климата постоянно растет. В статье рассмотрены рейтинги, которые регулярно рассчитываются международными рейтинговыми агентствами и финансовыми институтами и представляют собой независимую оценку, вследствие чего выступают важным элементом международного имиджа государства. Также показано место и динамика показателей России в данных рейтингах.

Ключевые слова: государственное управление; предпринимательская среда; международный рейтинг; рейтинг «Ведение бизнеса»

Одним из важнейших направлений российской государственной политики является улучшение предпринимательской или деловой среды бизнеса. Повышая привлекательность страны или региона для инвесторов, органы власти решают задачу роста валового продукта, создают условия для повышения уровня жизни граждан страны. В Указе Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» предусмотрена оценка эффективности работы органов власти на ос-

нове качественных и количественных показателей улучшения инвестиционного климата. В соответствии с данным указом в области улучшения условий ведения предпринимательской деятельности предполагается обеспечить существенное сокращение сроков прохождения процедур субъектами предпринимательской деятельности в таких сферах государственного регулирования, как строительство, подключение к сетям, меры налогового стимулирования и налоговое администрирование, таможенное администрирование;

предложение комплекса мер, направленных на подготовку управленческих кадров в социальной сфере, технических специалистов; создание механизма предоставления государственных гарантий при реализации инвестиционных проектов, а также другие меры по повышению привлекательности деловой среды [1]. Улучшение позиций в рейтинге Всемирного банка по условиям ведения бизнеса Doing Business включено в государственную программу «Экономическое развитие и инновационная экономика».

Позитивные результаты поставленных Президентом России задач по развитию экономики и социальной политики и совершенствованию госуправления, безусловно, уже появились: результаты реформ признаны даже международными экспертами рейтинга Doing Business. Проблема заключается в том, что «прорывы» наблюдаются лишь по отдельным направлениям, увеличивается уровень неопределенности при выработке и реализации экономической политики, при этом «расширению» временного горизонта стратегического планирования компаний нестабильность и непредсказуемость деловой среды не способствуют [2].

Оценка предпринимательского климата (среды) страны – это процесс определения тенденций, влияющих или способных повлиять на эффективность предпринимательской деятельности в стране или регионе, а значит и на желание и возможность осуществлять предпринимательскую деятельность. Итогом оценки предпринимательского климата должен являться понятный, однозначный результат.

Учитывая, что характер явлений и процессов определяется множеством факторов, причем качественного характера, в настоящее время все более популярной методикой оценивания становятся рейтинги. Международное экономическое научное сообщество, исследователи, представляющие институциональную школу, считают рейтинги наиболее экономически и методологически сбалансированными инструментами оценки [3, 6].

Международные и внутренние национальные рейтинги – инструмент оценки работы правительства. Результаты рейтин-

гов, показывающих различные аспекты деловой среды, в целом, совпадают: лидерами создания делового климата в мире являются Сингапур, Новая Зеландия, США, Гонконг и Дания. Именно эти страны создают соответствующие стандарты в таких вопросах, как снижение издержек предприятий, уменьшение расходов на государственный аппарат, скорость модернизации и др.

Российское правительство также предпринимает ряд действий для оценки деловой среды с помощью рейтингов – как международных, так и разработанных в России. Особый интерес вызывают, безусловно, авторитетные, признанные во всем мире рейтинги. Среди них выделим рейтинг «Ведение бизнеса» (англ. Doing business), Всемирный банк и Международная финансовая корпорация; Индекс глобальной конкурентоспособности (англ. The Global Competitiveness Index), Всемирный экономический форум; Рейтинг предпринимательской активности (англ. New Business Density); Всемирный Банк; Организация экономического сотрудничества и развития; Евростат; Рейтинг экономической свободы стран (англ. «Index of Economic Freedom»), The Heritage Foundation; Глобальный рейтинг инноваций (Global innovation index), Бизнес-школа INSEAD.

Чем выше позиция страны в рейтинге «Ведение бизнеса» (англ. Doing Business), тем благоприятнее предпринимательская среда для открытия и функционирования предприятия. В целом наиболее благоприятные условия для ведения бизнеса по-прежнему отмечаются в странах с высоким уровнем дохода, являющихся членами ОЭСР, а наименее благоприятные – в странах Африки к югу от Сахары и в Южной Азии [4,5]. Россия в 2014 году улучшила условия ведения бизнеса по трём из десяти индикаторов, при этом результаты оказались лучшими за всю историю рейтинга (62-е место).

Этот показатель значительно выше, чем прогнозный – 80 [1]. Тем не менее перед Россией в данном рейтинге по-прежнему большинство экономически развитых стран мира.

В Индексе глобальной конкурентоспособности 12 факторов детально характе-

**Анализ рейтингового места России в международных рейтингах
оценки предпринимательской среды**
Analysis of the rating of Russia's place in the international rankings of the business environment assess

Наименование рейтинга	Место России / Количество стран в рейтинге			
	2014 г.	2013 г.	2012 г.	2011 г.
Ведение бизнеса (Doing business)	62/189	92/185	120/183	124/183
Индекс глобальной конкурентоспособности (The Global Competitiveness Index)	53/144	64/148	67/144	66/142
Рейтинг New Business Density (кол-во предприятий на 1000 трудящихся)	2,71 в 2012–2015 с тенденцией снижения по сравнению с периодом 2007–2011 гг. (4,1)			
Индекс экономической свободы «Index of Economic Freedom»	140/178	139/177	141/178	143/178

ризуют конкурентоспособность стран мира, находящихся на различных уровнях экономического развития – от конкурирующего за ресурсы до инновационного (всего три группы) [4]. В числе десяти лидеров рейтинга Швейцария (лидер на протяжении 6 лет), Сингапур, США, Финляндия, Германия, Япония, Гонконг, Нидерланды, Великобритания и Швеция.

Рейтинг Всемирного Банка New Business Density (удельный вес новых предприятий) характеризует предпринимательскую активность. Ключевым показателем рейтинга является количество регистрируемых за год обществ с ограниченной ответственностью на тысячу населения в возрасте 15–64 года [4,7]. В качестве контрольного параметра рейтинг New Business Density используется в «дорожной карте» «Развитие конкуренции и совершенствование антимонопольной политики» [2].

В контрольном периоде 2008–2013 (по состоянию на 2013 год) Россия занимает в мировом рейтинге New Business Density 36-е место с показателем 2,71 новых предприятий на тысячу населения в трудоспособном возрасте. По сравнению с предыдущим контрольным периодом этот показатель снизился.

В течение 20 лет в The Wall Street Journal публикуется рейтинг экономической свободы (англ. «Index of Economic Freedom»). Эксперты The Heritage Foundation определяют экономическую свободу как «отсутствие правительственного вмешательства или воспрепятствования производству, распределе-

нию и потреблению товаров, за исключением необходимой гражданам защиты и поддержки свободы как таковой» [4,8].

Постепенное, но ежегодное позитивное изменение индекса экономической свободы наблюдается, например, в Литве, Польше, Армении. При этом место России очень низкое. Хотелось также отметить, что «слабые» места предпринимательской среды, связанные с экономической свободой, не улавливаются, например, рейтингом Doing Business.

Подводя итоги, в таблице представим рейтинговое место России в каждом из вышеуказанных рейтингов за 2011–2014 гг., или за период, в течение которого осуществлялось статистическое и экспертное наблюдение.

Положительная динамика показателей России в рейтингах «Ведение бизнеса» и в рейтинге глобальной конкурентоспособности сопровождается чрезвычайно низкими позициями или отрицательной динамикой в других рассматриваемых рейтингах, что, безусловно, отражается на решениях инвесторов и имидже страны в целом.

Меры правительства по повышению прозрачности и ускорению модернизации начали приносить плоды. Россия улучшила свой рейтинг в ряде деловых индексов, дальнейшими шагами по повышению инвестиционной привлекательности должны стать активный поиск новых источников роста, совершенствование предпринимательской среды, поощрение предпринимательской инициативы и развитие инноваций.

Библиографический список

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2012 № 596 «О долгосрочной государственной экономической политике» <http://www.rg.ru/2012/05/09/gospolitika-dok.html>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Доклад о состоянии делового климата. Российский союз промышленников и предпринимателей. – <http://rspp.rf/library/view/46?s=7>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Князева, И. В. Системная характеристика рейтингов, содержащих оценку предпринимательского и инвестиционного климата: место России / И. В. Князева, И.В. Бондаренко // Вопросы управления. – 2014. – № 4(10). – С. 101–114.
4. Букова, А.А. Место России в международных рейтингах состояния предпринимательской среды / А.А.Букова, К.Р. Сулайманова // Актуальные проблемы менеджмента и маркетинга. Науч. тр. Моск. гос. ун-та леса. – 2015. – Вып. № 379. – С. 4–13.
5. Ведение бизнеса – 2014. Понимание регулирования деятельности малых и средних предприятий. – <http://russian.doingbusiness.org/~media/GIAWB/Doing%20Business/Documents/Annual-Reports/Foreign/DB14-minibook-russian.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Буханцева, С.Н. Формирование эффективной предпринимательской среды / С.Н.Буханцева // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4–2. – С. 471–475.
7. New Business Density – <http://data.worldbank.org/indicator/IC.BUS.NDNS.ZS/>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Index of Economic Freedom – <http://www.heritage.org/index/>, свободный. – Загл. с экрана.
9. Панфилова, Е.А. Компаративная оценка качества российской институциональной среды / Е.А. Панфилова // Молодой ученый. – 2013. – №4. – С. 271–275.
10. Давидссон, П. Исследуя предпринимательство / П. Дэвидссон. – М.: Издательство: Высшая Школа Экономики (Государственный Университет) Серия: Переводные учебники ВШЭ, 2014. – 400 с.

ON IMPROVING RUSSIA'S POSITION IN INTERNATIONAL BUSINESS ENVIRONMENT RATINGS

Bukova A.A., MSFU⁽¹⁾

annabukova@yandex.ru

⁽¹⁾MSFU, 1st Institutskaya st.,1,141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

One of the most important directions of the state policy of the Russian Federation is the improvement of the business environment. By improving the components of the business environment and increasing the attractiveness for investors, governments provide growth in gross domestic product and create conditions for improving the living standards of citizens. International ratings let compare various aspects of social life in the country or region: economic development, business operating conditions, the effectiveness of public administration and others. In Russia in recent years interest in international ratings in the economic and business climate is constantly growing. The article defines the international independent ratings regularly calculated by international rating agencies and financial institutions. The position in these ratings represents an important element of the international image of the state. Also the place and the dynamics of russian indicators are shown in the article.

Key words: public administration; business environment; international rating; “Doing Business”

References

1. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 07.05.2012 № 596 «O dolgosrochnoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy politike» [Decree of the President of the Russian Federation dated_07.05.2012 № 596 “On the long-term government economic policy”] Available at: <http://www.rg.ru/2012/05/09/gospolitika-dok.html> (Accessed 4 October 2015)
2. Doklad o sostoyanii delovogo klimata. Rossiyskiy soyuz promyshlennikov i predprinimateley [Report on the state of the business climate. Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs.]. Available at: <http://rspp.rf/library/view/46?s=7> (Accessed 2 October 2015)
3. Knyazeva I.V., Bondarenko I.V. Sistemnaya kharakteristika reytingov, sodержashchikh otsenku predprinimatel'skogo i investitsionnogo klimata: mesto Rossii [System Specifications ratings contained an assessment of the business and investment climate: Russia's place]. Voprosy upravleniya [Management Issues], 2014. no. 4 (10). pp.101-114 (in Russian).
4. Bukova, A.A., Sulaymanova K.R. Mesto Rossii v mezhdunarodnykh reytingakh sostoyaniya predprinimatel'skoy sredy [Russia's place in the international rankings of business environment]. MGUL, Aktual'nye problemy menedzhmenta i marketinga: Sb. nauch. tr. [MSFU, Actual problems of management and marketing: Collected papers]. 2015. no. 379. pp 4-13. (in Russian).
5. Vedenie biznesa – 2014. Ponimanie regulirovaniya deyatel'nosti malykh i srednikh predpriyatiy [*Doing Business 2014: Understanding Regulations for Small and Medium-Size Enterprises*]. Available at: <http://russian.doingbusiness.org/~media/GIAWB/Doing%20Business/Documents/Annual-Reports/Foreign/DB14-minibook-russian.pdf> (Accessed 6 October 2015)
6. Buhanceva, S.N. Formirovanie jeffektivnoj predprinimatel'skoj sredy [Formation of an effective business environment]. Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]. 2013. no. 4–2. pp. 471-475. (in Russian).
7. New Business Density Available at: <http://data.worldbank.org/indicator/IC.BUS.NDNS.ZS/>,
8. Index of Economic Freedom Available at: <http://www.heritage.org/index/>
9. Panfilova, E.A. Komparativnaja ocenka kachestva rossijskoj institucional'noj sredy [Comparative evaluation of the quality of the Russian institutional environment]. Molodoy ucheniy [Young Scientist], 2013. no.4. pp. 271-275 (in Russian).
10. Davidsson, P. Researching Entrepreneurship. Springer US, 2005.

МАСТЕРСКАЯ ПЕРЕВОДЧИКА: ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕВОДА КОНСУБСТАНЦИОНАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ ГУМАНИТАРНЫХ НАУК

А.Г. АНИСИМОВА, *проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р филол. наук*⁽¹⁾

anissimova@list.ru

⁽¹⁾Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

Данная статья посвящена проблеме перевода терминов гуманитарных наук, которые в большинстве являются консубстанциональными. Общеизвестно, что в гуманитарных областях знания лексико-семантический способ образования терминов является одним из основных, что делает большинство терминов консубстанциональными. Материалом исследования послужили различные современные англо-русские и англо-английские терминологические словари разных областей гуманитарного знания (экономика, политика, право, история, искусствоведение). При проведении исследования автор использовал методы, которые позволили представить изучаемый лингвистический материал в единстве общего и отдельного, выявить определенные закономерности переводческих процессов и разработать некоторые рекомендации по определению качества перевода, а именно: сравнительно-сопоставительный метод, метод синхронного/диахронного анализа, метод структурно-семантического анализа; метод сопоставления дефиниций. Среди всех имеющихся способов выбора эквивалента термина переводчики сегодня отдают предпочтение методу прямого заимствования (транскрипция/транслитерация), который зачастую не раскрывает семантику термина и разрушает системность терминологии. Автор описывает процессы терминологизации и детерминологизации в разных терминологических системах гуманитарных областей знания и анализирует способы и приемы перевода при выборе эквивалента термина, избранные переводчиками, обращая особое внимание на описательный/интерпретирующий метод перевода.

Ключевые слова: консубстанциональный термин, терминологизация, детерминологизация, метафоризация, терминирование, беспереvodное заимствование, лексико-семантический способ образования термина, проблемы перевода

Общеизвестно, что одним из наиболее продуктивных способов создания новых слов является семантический или (по другой классификации) лексико-семантический. Этот способ состоит в том, что ближайшее по значению слово заимствуется из общелитературного языка, причем при терминологическом образовании важно знать, какая именно его характеристика становится основой термина: сходство внешних признаков или функций; смежность или аналогия понятий. Значение термина затем уточняется и сужается. Таким образом, термин входит как в лексическую систему данного языка, так и одновременно является единицей «языка для специальных целей», реализуя принцип единства выражения и содержания.

С точки зрения содержания и функционирования термины отличаются от слов общего языка по нескольким параметрам:

- возникают термины преимущественно в профессиональной среде (слова же общего языка возникают исходя из нужд общения в целом);

- термины вводятся сознательно, специально, по мере необходимости;

- развитие терминологии – процесс в достаточной степени регулируемый, закреп-

ленный в многочисленных терминологических словарях;

- образование термина сложнее образования слова общего языка, т. к. для термина требуется строгая научная дефиниция;

- терминологии свойственно четкое разграничение классов, т. е. родовидовая иерархия.

Любая терминология, прежде всего, подразумевает систему, т. к. за определенным термином в этой системе закреплено определенное место.

Говоря о «словах общелитературного языка» в составе терминологии, мы имеем в виду, что данная лексическая единица включена как в толковый словарь английского языка, так и в соответствующие терминологические словари. Наш материал свидетельствует о том, что большая часть терминов гуманитарных и общественно-политических наук консубстанциональна. Такое утверждение требует специального объяснения.

Рассмотрим положение о консубстанциональности терминов гуманитарных и общественно-политических наук на примере терминологии искусствоведения.

Общеизвестно, что развитие искусств достигало расцвета в обществах, с политичес-

кой и экономической точки зрения, устойчивых. Достаточно вспомнить Римскую империю с ее изумительными архитектурными памятниками, эпоху Возрождения с ее неповторимыми фресками и непревзойденными произведениями живописи и скульптуры и т. д. Искусство, так или иначе, отражает жизнь человека. Оно может идти «в ногу» с историей (например «Передвижники»), может являть собой реакцию на имевшие место события (например на революцию 1917 г. – «Русский авангард»), может быть воплощением мечты человека о вечном и прекрасном (например «Импрессионизм»), – так или иначе, искусство в определенном смысле является отражением своего времени.

Что же касается терминологии искусств и искусствоведения, можно сказать, что большая часть этой терминосистемы состоит из слов общелитературного языка, которые приобретают более узкое терминологическое значение. Детальный анализ картотеки, состоящей из 3000 терминов, показал, что консубстанциональными являются более 2750 терминов, т. е. примерно 90–95 % (эти цифры, естественно, будут другими для другой терминосистемы). Хотя для любой терминосистемы гуманитарных и общественно-политических наук характерен достаточно высокий процент консубстанциональных терминов. Термины искусствоведения как бы дважды входят в язык: сначала как слова общелитературного языка, затем как искусствоведческие термины.

Сравним некоторые дефиниции, приведенные в терминологическом словаре и в словаре общелитературного языка:

attributes – objects habitually associated with a person by means of which he or she can be identified when portrayed in art [17, С. 14];

ugly – a property ascribed to an object which disappoints painfully an aesthetic ideal [17.С.864];

surface – two-dimensional plane of a canvas [17, С. 603];

autograph – a painting or drawing believed to be wholly by the hand of a particular artist, who can be named with certainty [17, С. 16].

attributes – a quality forming part of the nature of a person or thing [14, С. 34];

ugly – unpleasant to the sight [14, С. 787];

surface – any face or side of a thing, outward appearance [14, С. 564];

autograph – a person's own handwriting, esp. his name written by himself [14.С.40].

Казалось бы, приведенные определения идентичны, в связи с чем возникает вопрос: почему такие слова, как «ugly», «attribute», «surface», «autograph» оказались включенными в специальный словарь терминов искусствоведения? Ответ может быть найден в тщательном текстологическом анализе приведенных определений. Хотя основой таких терминов по-прежнему остается их общелитературное значение, в них заметно развитие новых специальных значений, которые ставят их в ряд с другими терминами искусствоведения. Так, например, в случае «attributes» – это не просто любые качества человека, а специальные характеристики, существенные для художника, работающего над портретом, такие как интерьер, детали костюма, реалии и т. п. «Ugly» – это не просто нечто «неприятное», а некое качество, противоречащее эстетическому идеалу. Таким образом, данное слово включается в определенную систему понятий, в которой важное место принадлежит такому понятию, как «эстетический идеал». «Surface» – приобретает четкие специальные параметры, соответствующие заданным размерам холста. В общелитературном языке значение этого слова гораздо шире и менее определено: «surface» – это любая «поверхность».

Особенно интересен пример с «autograph». В данном случае это – термин-метафора. «Autograph» в живописи – уже не просто подпись художника, а само произведение искусства – рисунок или живописное произведение, которое безошибочно удостоверяет авторство, т. е. является в высшей степени характерным для манеры письма данного художника, и потому может служить как бы его «визитной карточкой».

В политической терминологии процент консубстанциональных терминов превышает 95 %. Для данной терминосистемы также характерен процесс терминообразования с помощью метафоры, т. е. либо по выделению внешнего сходства, либо по сходству функций.

Так, например, «*a lame duck*» – a person, business, etc. that is experiencing difficulties and needs to be helped [14, С. 787].

В результате метафоризации по внешнему сходству появились термины:

a lame duck president – президент, полномочия которого скоро истекают;

a lame duck candidate – провалившийся на выборах кандидат;

a lame duck country – страна, утратившая былое влияние;

a lame duck congressman – член конгресса, не избранный на новый срок, но еще имеющий право работать в конгрессе до конца сессии.

Вышеприведенные примеры показывают, как метафоризация приводит к образованию новых терминов. Этот способ очень продуктивен для политической терминологии. Так, например:

a carpetbeggar – someone who tries to become active in the political life of another area for their own advantage [14];

a carpetbeggar – политический авантюрист, ловкач, проходимец [3].

Рассмотрим еще один пример и сравним дефиницию толкового словаря с дефиницией – переводом политического терминологического словаря:

a blockbuster – a book or film that is very good or successful [14];

a blockbuster – 1) потрясающий успех; 2) делец – скупщик недвижимости [3].

В данном примере наиболее четко очевиден процесс перехода слова из общелитературного языка, его терминологизация посредством метафоры, изменение значения, а затем превращение его в собственно термин. Общелитературное значение лишь частично (метафора – результат) вошло в семантику термина; а именно сема «успех». Дальнейшее развитие термина можно восстановить. Так, в Америке в 30–40-е годы наиболее успешными и богатыми людьми были торговцы недвижимостью и, по всей видимости, тогда термин «*blockbuster*» означал «преуспевающий торговец недвижимостью». В настоящее время данный термин стал полисемантическим, имеющим два значения: «успех» и «скупщик недвижимости».

Таким образом, следует, что первоначально общелитературное значение является ведущим. Большинство терминов гуманитарных и общественно-политических наук существует в общелитературном языке, а становясь собственно терминами, их дефиниции уточняются и детализируются; объем значения термина сужается по сравнению с семантическим объемом слова общелитературного языка. Изменение объема значения (расширение или сужение и уточнение) – лексические процессы, характерные для любой терминосистемы.

Процесс изменения объема значения термина может основываться на целом ряде принципов:

– традиционный или исторический принцип. Термины, относящиеся к другой исторической эпохе или культуре, переносятся в современность.

Так, термин «*сенат*» в Древнем Риме означал высший орган власти – государственный совет. В царской России с 1711 г. по 1917 г. – высшее законодательное и судебно-административное учреждение. В настоящее время «*сенат*» – это верхняя законодательная палата парламента в ряде стран (США, Франция, Австралия и др.) [5].

Налицо сужение объема значения, который раньше обозначал высший орган власти полностью, в России объем его значения был еще более расширен: не только высший законодательный, но и судебно-административный орган. В настоящее время значение термина сузилось, он обозначает теперь высшую (но меньшую, часть от целого) законодательную палату парламента.

Другим примером может быть юридический термин «*tribunal*», который означает: «a court of justice set up to deal with a particular kind of problems».

Термин «*tribunal*» произошел от «*tribune*», который использовался в Древнем Риме для обозначения «должностного лица, избранного народом для защиты интересов и прав плебеев от посягательств патрициев» [7, С. 189].

Позже в европейских языках появилось еще одно значение термина «*tribune*» – трибун – общественный деятель – выдающийся оратор и публицист [1, С. 401].

Одним из путей образования терминов может быть путь трансформации имени собственного в нарицательное существительное с последующим терминованием.

Так, политический термин «*бойкот*» пришел в русский язык из английского («*boycott*»). В 1880 г. ирландские арендаторы впервые применили эту меру в отношении управляющего имением англичанина Ч.К. Бойкота.

Сравним объемы значений этих терминов в русском и английском языках:

Бойкот (от англ. *boycott*) -

1. Способ политической и экономической борьбы, состоящий в полном или частичном прекращении отношений с отдельным лицом, организацией, государством, в отказе от участия в каких-либо мероприятиях; эту меру применили в 1880 г. ирландские арендаторы в отношении управляющего имением – англичанина Ч.К. Бойкота;

2. Прекращение отношений с кем-либо в знак протеста.

Таким образом, имя собственное «*Boycott*» трансформировалось в имя нарицательное, а затем в термин. Интересно отметить, что значение этого термина, а именно переносное, закрепилось в общелитературном языке.

Следует отметить, что и в английском языке употребление этого термина четко ограничено политической терминосистемой:

boycott – the organized shunning of an individual, event, or business in protest at the politics they represent [8].

В переносном значении «*boycott*» широко употребляется в общелитературном языке:

boycott – (v) – to refuse to buy something, or to take part in something as a way of protesting: We boycott all products tested on animals.

boycott – (n) – an act of boycotting something, or a period of time when it is boycotted: boycott on South African fruit in the 70-s [14].

Однако существует ряд терминов, которые были заимствованы из общелитературного языка, но с течением времени полностью переосмыслились, приобрели совершенно новое значение, став «полноправными» терминами, которые входят в «картину мира» профессионалов.

В проанализированных искусствоведческих словарях, где общее количество терминов составляет более 50 тыс. ед., зафиксировано около 500 подобных случаев. Наиболее полно превращение заимствованных языковых единиц в искусствоведческие термины отражено в следующих случаях:

automatism – a method of producing paintings in which artist suppresses conscious control over the movements of the hand, allowing the subconscious mind to take over [12.C.4];

biscuit – unglazed ceramics, particularly porcelain, which is either not yet glazed, or which is to be left as it is [13];

altogether – studio euphemism for posing in the nude [16];

boss – a raised ornament in metalwork, furniture, architecture carved or chiseled [15];

butterfly – in sculpture a cross-shaped piece of wood hung within an open armature to prevent slipping of a heavy plastic mass [15];

Bad painting – the American term for Neo-Expressionism [12];

Breakfast piece – a still life showing various items of food and drink, usually piled up in some disorder. The term is often reserved for Dutch 17th century paintings of this type, especially those of the Haarlem School [12].

Таким образом, можно говорить о том, что расширение и пополнение терминологии искусствоведения, безусловно, происходит за счет общелитературного языка. При этом большая часть заимствований семантически детализируется и уточняется, а меньшая либо используется метафорически, либо меняет свое значение.

Изменение значения термина (в сопоставлении со значением слова общелитературного) – процесс, который характерен для всех терминосистем гуманитарных наук. Так, в политической [3] и юридической [1] терминологии примерами могут послужить следующие термины:

a hard hawk – ярый реакционер;

a spinning doctor – теневой организатор переговоров;

a fat cat – «денежный мешок», человек, щедро поддерживающий избирательную кампанию;

coat tails – связи в верхах;

orchestration – организованная пропаганда (политического характера);

slush fund – фонд на подкуп избирателей;

a zip gun – оружие кустарного производства;

uttering – введение в оборот подделанного документа.

Таким образом, вышеприведенные примеры показывают, что, хотя у большей части терминов общелитературное значение является ведущим, тем не менее, у некоторой части терминов гуманитарных наук с увеличением степени терминологизации наблюдается полное изменение значения.

Возникает вопрос: возможен ли обратный переход? При увеличении степени терминологизации общелитературное слово становится термином. А будет ли верным обратное утверждение, т. е. то, что при уменьшении степени терминологичности дефиниция термина, с течением времени, становится почти адекватной дефиниции общелитературного слова?

В искусствоведческих статьях особенно часто встречаются такие термины, как *decorative*, *picturesque*, которые могут послужить иллюстрацией вышесказанному. Терминологическое значение этих терминов как бы идет на убыль, и они все чаще употребляются в общелитературном смысле.

Так, например, из десятков проанализированных словарей термин *picturesque* представлен лишь в четырех:

picturesque – a term from the Italian «*pittresco*» – «like a picture», first popularized in the 18th century and applied to actual picture-like or picturesque scenery. By the end of the century it meant a type of beauty that was attractive because of its lack of order, smoothness and so forth. One could achieve a picturesque effect by deliberate disorder and roughness, or one could choose a picturesque or «natural» scene to celebrate in verse. Thus, scenes with ruins or «picturesquely» and roughly dressed peasants would qualify [15, С. 141];

picturesque – term covering a set of attitudes towards landscape, both real and painted

that flourished in the late 18th and early 19th centuries. It indicated an aesthetic approach that found pleasure in roughness and irregularity, and an attempt was made to establish it as a critical category between the «beautiful» and «sublime» [17, С. 182];

picturesque – the principle, originating in the 18th century, of arranging architectural elements, the parts of a pictorial or sculptural composition, or a garden design, in a pleasingly irregular way [13, С. 436];

picturesque – the representation of nature in a painting in an exaggeratedly sentimental or romantic style [12, С. 104].

Следует отметить, что во всех четырех случаях этот термин трактуется по-разному – это и «принцип организации архитектурных элементов», и «отношение», и даже «type of beauty». В словаре «Longman Dictionary of Current English» дефиниция такова: *picturesque* – 1) charming and interesting enough to be made into a picture; 2) (of a person or their clothes) rather strange and unusual; 3) (of language) unusually clear, strong and descriptive.

Налицо процесс детерминологизации, который все еще не завершен, т. е. в специальных словарях дефиниции отличаются крайней нечеткостью определения, с одной стороны, а с другой – термин «*picturesque*» отсутствует в некоторых авторитетных терминологических словарях. По-видимому, то значение, которое восходит к итальянскому «*pittresco*», с течением времени становилось все более описательным, а собственно терминологические нюансы («нарочитый беспорядок», «изображение бедно одетых крестьян») – отодвигались на задний план.

Совсем по-другому обстоит дело с термином «*decorative*». В общелитературном языке *decorative* имеет дефиницию «used for decorating» [14], в искусствоведении этот термин определяется следующим образом:

decorative – any of the applied arts (furniture, ceramics, glass, enamel, textiles, metalwork), when found in a domestic context or contributing to interior decoration [16].

Однако само по себе слова «*decorative*» столь утилитарно, так часто используется в повседневной жизни, что можно говорить

о переходе значения: в искусствоведческих статьях этот термин приобрел ярко выраженную отрицательную коннотацию – применительно к произведению живописи он почти равнозначен «artless».

Примером может послужить следующий отрывок из статьи, посвященной Уолтеру Сикерту: «...at various periods he experimented with the Impressionist palette and he shared with the Impressionists their concern for structure and their gift for design. However, his attitude to this subject was more intensely personal and he aimed at the impression of surprised intimacy, representing those he painted as if caught «through the Keyhole», in unsuspecting privacy. He avoided fashionable good taste and the conventionally picturesque, eliciting rare beauty from the sordid and lending enchantment to the commonplace, decorative and dull...» [17, С. 781].

В отрывке, приведенном выше, автор противопоставляет «good taste» тому, что он называет «commonplace, decorative and dull».

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что наряду с процессом терминологизации возможен и обратный процесс, при котором термин утрачивает терминологическое значение и употребляется, в том числе и специалистами, в общелитературном значении.

За последние годы метод беспереводного заимствования (транскрипция/транслитерация) при передаче терминов (и особенно терминов гуманитарных и общественно-политических наук) получил большое распространение. Профит, девелопер, лобби, паблисити, имидж-мейкер, ноу-хау, превентивный (удар), пиар, менеджер, овердрафт, консорциум, индоссант и т. п. – вот лишь небольшой перечень примеров данного явления. Единственным преимуществом данного способа перевода, с нашей точки зрения, является краткость эквивалента и, следовательно, удобство употребления. Однако необходимо отметить, что беспереводная передача ряда терминов не всегда оправдана. Рассмотрим, к примеру, несколько политических и экономических терминов.

В экономических словарях сейчас появились следующие переводы терминов:

hiring – хайринг;

leasing – лизинг;
renting – рентинг [2].

Использование метода беспереводного заимствования в данном случае не оправдано, так как, с одной стороны, семантика терминов не раскрывается полностью, а с другой стороны, в русском языке существуют уже закрепившиеся значения:

renting – краткосрочная аренда;
hiring – среднесрочная аренда;
leasing – долгосрочная аренда.

Более того, данный способ перевода, а именно беспереводное заимствование, отрицательно сказывается на терминосистеме в целом, так как он разрушает сложившиеся родовидовые связи. Так, родовой термин *to rent* переводится как «арендовать, сдавать в аренду». Видовые термины соответственно переводятся следующим образом:

rent – арендная плата;
for rent – в аренду, напрокат;
rentable – подлежащий аренде;
rental – список арендаторов;
renter – арендатор.

Возникает вполне обоснованное недоумение: зачем вводить новые эквиваленты методом беспереводного заимствования, такие как, например, *рентинг*, которые разрушают уже сложившуюся системность и родовидовую иерархию, когда в русском языке имеется закрепившийся термин *аренда* – (от лат. *Arrendare*) – отдавать внаймы; наем одним лицом/или организацией у другого лица/или организации имущества во временное пользование на определенный срок и за определенную плату) [4].

Подобная картина наблюдается и с термином *leasing*, который является видовым термином родового термина *lease* – аренда, сдача внаем. Помимо родового термина *leasing* существует еще целый ряд видовых терминов:

financial lease – финансовая аренда;
lease (leasing arrangement) – договор аренды;

to let out on lease – сдавать в аренду;

to take a/on lease – брать в аренду;

leasehold – пользование на правах аренды;

leasehold interest – арендное право;
leaseholds – арендованное имущество;
leaseholder – арендатор;
leasing – лизинг [2].

В приведенном выше ряду видовых терминов лишь последний переведен методом беспереводного заимствования, хотя в русском языке имеется уже сложившийся и закрепившийся перевод этого термина – «долгосрочная аренда».

Описательный/интерпретирующий перевод, который в настоящее время употребляется не столь часто как прямое заимствование иноязычного термина, представляет собой раскрытие значения термина при помощи развернутого определения/описания:

vindictive – (эк.) денежное возмещение в виде наказания ответчика;

landslide – (полит.) победа на выборах с большим перевесом голосов;

lame duck – (полит.) человек, дорабатывающий последние дни на избранной должности; организация или правительство, срок полномочий которых скоро истекает; страна, утратившая свое бывшее влияние; банкрот; провалившийся на выборах кандидат; член конгресса, не избранный на новый срок, но еще имеющий право работать в конгрессе до конца сессии.

Нетрудно заметить, что описательный перевод, хотя он и раскрывает значение исходной безэквивалентной лексики, имеет тот серьезный недостаток, что он обычно оказывается весьма громоздким и неэкономным.

Однако описательный перевод часто бывает незаменим. Блистательный пример приведен Я.И. Рецкером в одной из его лекций о том, как описательный перевод помог вскрыть ошибку переводчика. Так, «*Roman holiday*» – название известного американского фильма было переведено как «Римские каникулы». Правильное объяснение дано в словаре А.В. Кунина: «... удовольствие за счет страдания других» (в Древнем Риме в праздничные дни устраивались бои гладиаторов). К сожалению, в словаре не дан трансформационный перевод «сатурналии» [4].

Отсутствие описания термина может привести либо к искажению, либо к полно-

му непониманию. Так, исторический термин «*Filioque*» зачастую переводится на русский язык методом прямого заимствования: филиокве. Смысл термина может быть частично понятен лишь тем, кто знает латинский язык. *Filioque* означает «и от Сына». Полностью значение термина может быть раскрыто лишь при помощи приема описательного перевода:

Filioque: A doctrinal dispute of the 9th century which led to the separation of the Greek Church from the Latin church. The Greeks charged that the Latins added the word «*filioque*» in the Creed which declared that the Holy Ghost «*proceedeth from the Father*». Thus was altered the fundamental principal of the Trinitarian Godhead. The Latin Church insisted on retaining this new usage. The Greeks denounced it as «*heresy*» and to this day insist that this addition to the Creed makes union between the two churches impossible» [11, С. 100].

Безусловно, вышеприведенный перевод является громоздким, но справедливо было бы отметить, что далеко не все исторические термины требуют описательного перевода.

Описательный перевод наиболее характерен для терминологических словарей исторических терминов, причем описания – переводы в значительной степени отличаются друг от друга. Так, в словаре «*Dictionary of Historical Terms*» by Chris Cook мы находим следующее:

raj – (Hind. sovereignty) Term most commonly used to refer to British rule in India (1858–1947) [11];

raskol – great religious schism in the 17th century Russian church, which arose because of attempts by the Patriarch Nikon to introduce innovations in ritual for the purpose of correcting errors that had arisen from careless coping of the liturgies and other religious books. Dissenters were excommunicated and thousands fled the country [11].

С точки зрения выбора верного переводческого эквивалента, данное решение автора-переводчика представляется весьма удачным. Термин «*raj*» так или иначе входит в «картину мира» англичан. Он растиражирован средствами массовой информации и кинематографом. Таким образом, автор выбирает для его перевода метод беспереводного заимство-

вания. Термин «*raskol*», напротив, не входит в их «картину мира» и, следовательно, автор выбирает принципиально другой способ перевода – а именно, описательный перевод.

О проблеме использования метода описательного перевода при переводе терминов сейчас заговорили многие ученые. Принимая во внимание постоянную динамику в научно-технической области человеческой жизнедеятельности, при переводе английских терминов на русский язык зачастую необходимо использовать прием описательного/разъяснительного перевода, чтобы исключить неполное понимание, присущее транслитерации и калькированию, полностью раскрыть суть описываемого явления.

Таким образом, при выборе способа выбора переводческого эквивалента представляется необходимым учитывать способ образования термина в данной области знания, а также степень раскрытия семантики переводимого термина выбранным эквивалентом.

Библиографический список / References

1. Андрианов, С.Н. Англо-русский юридический словарь / С.Н. Андрианов, А.С. Берсон, А.С. Никифоров. – М.: Руссо, 2000. – 750 с. Andrianov S.N., Berson A.S., Nikiforov A.S. *Anglo-russkiy yuridicheskiy slovar'* [English-Russian Legal Dictionary]. Moscow: Russo, 2000. 750 p.
2. Аникин, А.В. Англо-русский словарь по экономике и финансам / А.В. Аникин. – СПб., 1993. – 592 с. Anikin A.V. *Anglo-russkiy slovar po ekonomike i finansam* [English-Russian Dictionary of Economics and Finance]. Snt. Petersburg, 1993. 592 p.
3. Крамаревский, А.А. Англо-русский политический словарь в 2 томах / А.А. Крамаревский. – М.: Антэя, 2000. Kramarevskiy A.A. *Anglo-russkiy politicheskiy slovar, 2 volumes* [English-Russian Political Dictionary in 2 volumes]. Moscow: Anteya, 2000.
4. Кунин, А.В. Большой англо-русский фразеологический словарь / А.В. Кунин. – М.: Русский язык, 2004. – 945 с. Kunin A.V. *Bolshoy anglo-russkiy frazeologicheskiy slovar* [English-Russian Phraseological Dictionary]. Moscow: Russkiy yazyk, 2004. 945 p.
5. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. – М.: Русский язык, 1993. – 944 с. Ozhegov S.I., Shvedova N.Yu. *Tolkoviy slovar russkogo yazyka* [The Explanatory Dictionary of the Russian Language]. Moscow: Russkiy yazyk, 1993. 944 p.
6. Федоров, Б.Г. Новый англо-русский банковский и экономический словарь / Б.Г. Федоров. – СПб.: Лимбус пресс, 2004. – 840 с. Fyodorov B.G. *Novy anglo-russkiy bankovskiy i ekonomicheskiy slovar* [New English– Russian Dictionary of Banking and Economics] Snt. Petersburg: Limbuss Press, 2004. 840 p.
7. Словарь иностранных слов. – М.: Русский язык, 1988. – 624 с. *Slovar inostrannykh slov* [Dictionary of Foreign Words]. Moscow: Russkiy yazyk, 1988. 624 p.
8. Comfort, Nicholas. *Brewer's Politics*. – Cassell-London, 1995.
9. *Dictionary of English and European History*. London: Penguin Books Ltd., 2000.
10. Clarke, Michael; Clarke, Deborah. *A Concise Oxford Dictionary of Art Terms*. London: Oxford University Press, 2001.
11. Cook, Chris. *Dictionary of Historical Terms*. London: Peter Bedrick Books. 1990.
12. *Dictionary of Painting and Sculpture-Art and Artists*. (Ed. by David Piper). – London, 2001.
13. *Encyclopaedia of the Arts*. (Ed. by D. D. Runes and Harry G.Schricketl) Detroit: Book Tower, 2002.
14. *Longman Dictionary of Contemporary English*, 2008.
15. Lucie-Smith, Edward. *The Thames and Hudson Dictionary of Art Terms*. N.Y., 2004.
16. Mayer, Ralph. *A Dictionary of Art Terms and Techniques*. N.Y.: Crowell, 2000.
17. *Oxford Companion to Art*. (Ed. By Harold Osborne). London: Oxford University Press, 2007.

TRANSLATOR'S WORKSHOP: TRANSLATION OF CONSUBSTANTIAL TERMS OF THE HUMANITIES

Anisimova A.G., Prof. Moscow State Lomonosov University, Dr. Sci. (Philol.)⁽¹⁾

anissimova@list.ru

⁽¹⁾Lomonosov Moscow State University, Faculty of Philology, Russia, 119991, Moscow, 1-51 Leninskiye Gory, GSP-1, 1st Corps Humanitarian faculties

The article deals with the translation of terms of the Humanities. It is universally acknowledged that a lexical-semantic way of coining new terms is one of the main ones in the Humanities, which makes the majority of terms consubstantial. Various contemporary English-Russian and English-English terminological dictionaries of different fields of the Humanities (economics, politics, law, history, art criticism) have been chosen as the material for study. The methods used by the author allowed treating the material as whole, as a combination of specific and individual characteristics, to find out the recurrent methods of translation and to work out certain quality criteria of translation. The methods include: the contrastive-comparative method, the method of synchronic/diachronic analysis and structural-semantic analysis, method of comparing definitions. Nowadays, translators often make use direct borrowing (transcription/transliteration), which does not fully reveal the semantics of the term and can destroy a terminological system. The author describes the processes of (de)terminologization in different terminological systems of the Humanities and analyses various translation techniques while selecting the correct equivalent, paying special attention to descriptive translation.

Keywords: consubstantial term, terminologization, determinologization, metaphoric transfer, loan borrowing, lexical-semantic way of coining new terms, translation issues

FUNCTIONING OF ENGLISH POLITICAL TERMS IN PROFESSIONAL AND NON-PROFESSIONAL DISCOURSE

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АНГЛОЯЗЫЧНОЙ ПОЛИТИЧЕСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ И НЕПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ДИСКУРСАХ

А.Е. ФЕДОТОВА, МГУ им. М.В. Ломоносова⁽¹⁾

А.А. КОСАРИНА, МГУ им. М.В. Ломоносова⁽¹⁾

alexa7979@yandex.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова,

119991, Москва, Ленинские горы, ГСП-1, 1-й корпус гуманитарных факультетов

Политическая терминология и ее функционирование как в профессиональном, так и в непрофессиональном дискурсе представляет значительный интерес для политиков, филологов и непрофессионалов. Изучение характеристик функционирования терминов из области политики показало, насколько различны два типа дискурса. Термины в непрофессиональном дискурсе часто основаны на метафорах и имеют экспрессивные коннотации. Они используются со сленговыми словами и жаргонизмами или стилистически окрашенными словами. Также часто встречается игра слов. В плане выражения были найдены следующие закономерности:

1. Термины написаны с ошибками.
2. Новые термины часто строятся по модели уже существующих.

В вопросах особенностей стиля можно утверждать, что в непрофессиональном дискурсе присутствуют и элементы профессионального дискурса, такие как определения, заимствованные из официальных документов. В целом же стиль речи неформальный, так как постоянно используется игра слов в отношении терминов, олицетворения и сленговые выражения. Следующей особенностью является широкое использование сокращенных форм терминов. В профессиональном дискурсе используются исключительно стандартизированные термины, занесенные в терминологические словари. Сленговые слова, метафоры и игра слов в данном дискурсе не используются. Как и в непрофессиональном дискурсе, присутствуют олицетворения и примеры метонимии. В отличие от непрофессионального дискурса, все определения нейтральны и не окрашены стилистически. Еще одна особенность состоит в капитализации терминов, преимущественно выраженных именем существительным.

Ключевые слова: термин, дискурс, институциональный дискурс, непрофессиональный дискурс, неинституциональный дискурс, метафоризация

Political terminology in general and its functioning in professional and non-professional discourse are of interest for politicians, philologists and laymen.

Political terminology is an integral part of the language of Politics which has always been in the scope of interest of many outstanding Russian and foreign scholars such as Ivan Proctchenko, H. Militz, J. Dubois and many others [6–9].

The terminology of Politics belongs to the sphere of terminology of the Humanities, which differs from that of the Exact and Natural Sciences. It has been found out that terminology of Politics also includes a great number of nomenclature units, thus, terms and nomens have been differentiated between.

It is impossible to analyze the functioning of the political terms in professional and non-professional discourse without mentioning the notion itself. Various opinions are held concerning the analysis of the notion «political discourse».

Thus, N.M. Perelgut and E.B. Sukhotskaya stick to the point of view that political discourse has two general variations: politics in the narrow sense of the word belongs to institutional discourse, whereas the discourse realization of politics in a wider sense belongs to non-institutional discourse: «узкое понимание политики предполагает институциональный дискурс, в то время как дискурсивная реализация политики в широком смысле реализуется в неинституциональном дискурсе» [1].

Some scholars interpret the notion of political discourse in the narrow sense of the word. According to T.A. van Dijk, political discourse is the discourse of politicians, realized in government documents, parliament debates, party programmes and speeches of politicians. Therefore, political discourse is limited by professional sphere [2].

E.I. Sheygal uses the term «field approach» (полевой подход) to analyze the political discourse. According to E.I. Sheygal,

discourse can be viewed as political if one of its components: the subject, the addressee or the contents of speech belongs to the sphere of politics. Moreover, according to the author, the «field approach» allows to find other types of institutional discourse, which are connected with the political discourse [3].

S.N. Plotnikova offers another approach to streamline the types of political discourse. From the point of view of the subject of speech, she distinguishes between two types of political discourse:

- discourse of politicians (дискурс политиков);
- discourse of response (дискурс реагирования)

Discourse of response is the response to the discourse of politicians. Therefore, the discourse of politicians has an institutional nature, whereas the discourse of reaction belongs to the non-institutional type [4].

The analysis in this article is based on the theory that institutional discourse is the same notion as the professional one, whereas non-professional discourse is similar to personal discourse.

Thus, E.A. Veber singles out the above mentioned types of discourse, saying that professional discourse involves communication between professionals whereas personal or non-professional discourse «реализуется в ситуации бытового общения, когда задачей участника дискурса, дипломата в широком понимании этого слова, является предотвращение или элиминация конфликта» [5].

The study of the characteristics and functioning of political terms in professional and non-professional discourse has demonstrated that they greatly differ in the two types of discourse.

In professional discourse, only standard terms, which are registered in terminological dictionaries, are used. Professional jargonisms, play on words or terms and metaphor-based terms are not observed in this type of discourse. Professional discourse as well as non-professional one can include numerous examples of metonymy:

«*The House of Representatives shall choose their Speaker and Officers; and shall have the sole Power of impeachment*». [Article 1, section 2]

The term *House* is used not in its direct meaning, but in the meaning of Members of Parliament.

In the following abstract the term *House* is used not in its direct meaning, but in the meaning of Members of Parliament. So, the term is personified as it *shall choose their Speaker* and *shall have the sole Power of impeachment*. Another specific feature concerns the combinability of terms with attributes. In non-professional discourse, attributes can be expressive or stylistically marked, but in professional discourse, expressivity is not allowed and attributes are neutral.

In professional discourse, many terms are borrowings, mainly from Latin, for example: *quorum, president pro tempore, census, ex post facto law, etc.*, or from other field of studies, such as law or economics, for example: *double jeopardy, imports, exports, assets, liabilities, etc.* Certain terms turn out to be archaic. These features are not observed in non-professional discourse. Professional discourse also makes use of a great number of international terms such as: *republic, corruption, senator, president, constitution, congress, jurisdiction, tribunal, migration, contract, etc.*

Moreover, the number of terms used in a certain type of discourse is also of considerable importance due to the notion of **terminological intensity**: terms are much more often used in professional discourse than in the non-professional one. The research has shown that the texts of professional discourse comprise about 20 % of terms, whereas in non-professional discourse terms account for only approximately 4 %.

Terms in non-professional discourse have certain specific features which are not typical of them in professional discourse. The research has shown that terms used in non-professional discourse are often metaphor-based and expressive, for example such terms as *an armchair general, to backstab, flip-flopping, etc.*:

«*Leave ideology to the armchair generals*» [Season 1; series 1]

armchair general – «one who pontificates about world events; a sofa sophist. The armchair is a place of comfort from which to make discomfiting remarks; it can also be used as a symbol of laziness» [10, p. 25].

Another example of using a metaphor-based term is the following phrase: «*The majority whip's wife stabs him in the back*» [Season 1; episode 10]. Here the term **stab in the back** is based on a metaphor and means the following: «treachery; or withholding expected support» [10, p. 696]. This term is used in the series more than once, for example, in the following phrase: «*To backstab me?*» [Season 1; episode 10].

An interesting example of using a metaphor-based term is the following sentence: «*It seems like flip-flopping*» [Season 1; episode 10]. The terminological dictionary defines as **flip-flop** «a dramatic reversal of position; a charge that a political figure, with a finger to the winds of change, has completely changed his mind» [10, p. 253]. More often than not, a wordplay with terms or their meaning can be found in this kind of discourse. An example is part of a dialogue which sounds as follows:

– *Kern is a boy scout.*

– *Nobody's a boy scout. Not even boy scouts.* [Season 1; series 1]

The first phrase includes a political metaphor. In politics **Boy Scout** is «a naive politician; one with a head-in-the-clouds approach to government. Boy Scout is a derisive comment, made by cynical reporters or politicians, about those who do not bear the scars of compromise» [10, p. 77]. However, the metaphorical meaning of the term is played upon, since the response is «*Nobody is a boy scout, not even boy scouts*». The interlocutor downplays the metaphorical meaning of the term and understands it as the general one.

– *Even so, you run him for governor, people are going to dig into his past.*

– *Well, we turn that into an **asset**, not a **liability**.* [Season 1; series 5]

Here it is demonstrated how the meaning of the terms *assets and liabilities* is played upon, as terms are used not in their direct meaning, though they are not political metaphors. **Asset** here is a synonym to «**advantage**» whereas **liability** is a synonym to «**disadvantage**».

In non-professional discourse new terms can be easily coined either according to the model of an existing term or according to new models, for example: *trickle-down diplo-*

macy, brand of politics, swing state, staff-Republicans, etc. Terms can also be written with mistakes. The first reason for it is that in written non-professional discourse an attempt at reproducing emotions is made. Thus, for example the phrase «*Why? Im-immigration is too controversial*» [Season 1; series 1] shows a kind of emotional trembling resulting in the form of the term **immigration** – «the movement into a new country of a person who is not a citizen of that country, to live there permanently» [11], which in this context is written with an extra *-im* prefix.

Another example of the kind is the phrase «*It's a communist **agua-larchy**. Oligar **Oliguarchy***» [Season 1; series 1]. Here the term **oligarchy** – «a political system that is controlled by a small group of individuals, who govern in their own interests» [11] is misspelled two times. The situation is that the Congressman, who pronounces it, is drunk and is not able to say it in the right way. So, once again, the informal discourse makes use of the wrong way of the form of the term.

In this example terms are misspelled in non-professional discourse. The general reason for such spelling is an attempt to reproduce intonations of oral speech.

Another specific feature of terms in non-professional discourse is that terms are often used with expressive attributes:

«***Tax reform** isn't sexy enough*» [Season 1; series 1]

«*The **bill** is garbage, Donald*» [Season 1; series 1].

Here the examples of such combinations are given. It should be stated that non-professional discourse also includes term attributes typical of official documents, for example: *honourable, bound by, central, to relinquish, etc.*

To conclude, in professional discourse only officially registered terms are used, expressivity or play upon the meaning of the terms is not allowed, term attributes are neutral. Terms in non-professional discourse are characterized by greater expressivity as metaphors, wordplay with the meaning of the terms, professional slang word, and expressive attributes are frequently used.

Библиографический список

1. Перельгут, Н.М. О структуре понятия «Политический Дискурс» / Н.М. Перельгут, Е.Б. Сухоцкая // Вестник НВГУ, 2013. – №2. – С. 35–41.
2. Van Dijk T.A. What is political discourse analysis? / T.A. Van Dijk// Political linguistics; ed. Jan Blommaert, Chris Bulcaen. Amsterdam, 1998, pp. 11-52.
3. Шейгал, Е.И. Семиотика политического дискурса / Е.И. Шейгал. – М.: Гнозис, 2004. – С. 244–245.
4. Плотникова, С.Н. Политик как конструктор дискурса реагирования / С.Н. Плотникова // Политический дискурс в России: Материалы постоянно действующего семинара. – Вып. 8. – М., 2005. – С. 22–26.
5. Вебер, Е.А. Опыт лингвистического исследования когнитивного диссонанса в английском дипломатическом дискурсе: дисс.... канд. филол. наук: 10.02.04. / Е.А. Вебер. – Иркутск, 2004. – С. 35.
6. Анисимова, А.Г. Типология терминов англоязычного искусствоведения / А.Г. Анисимова. – М., 1994. – 20 с.
7. Ахманова, О.С. О принципах и методах лингвистического исследования / О.С. Ахманова – М.: МГУ, 1966. – С. 117.
8. Ахманова, О.С. Словарь лингвистических терминов / О.С. Ахманова – М.: Советская Энциклопедия, 1969. – 608 с.
9. Бархударов, С.Г. О значении и задачах научных исследований в области терминологии // Лингвистические проблемы научно-технической терминологии / С.Г. Бархударов. – М.: Наука, 1970. – 231 с.
10. William Safire «Safire's Political Dictionary». – Oxford University Press; Revised edition (March 31, 2008).
11. American Spirit Political Dictionary Online (<http://www.iamericanspirit.com>)

FUNCTIONING OF ENGLISH POLITICAL TERMS
IN PROFESSIONAL AND NON-PROFESSIONAL DISCOURSE

Fedotova A.Ye., Faculty of Philology, Lomonosov Moscow State University⁽¹⁾; Kosarina A.A., Faculty of Philology, Lomonosov Moscow State University⁽¹⁾

alex7979@yandex.ru

⁽¹⁾Lomonosov Moscow State University, Faculty of Philology, Russia, 119991, Moscow, 1-51 Leninskiye Gory, GSP-1, 1st Corps Humanitarian faculties

Political terminology in general and its functioning in professional and non-professional discourse are of interest for politicians, philologists and laymen. The study of the characteristics and functioning of Political terms in professional and non-professional discourse has demonstrated that they greatly differ in the two types of discourse. Terms used in non-professional discourse are often metaphor-based and expressive. They can be used with slang words or stylistically marked adjectives and nouns. Terms can be personified. More often than not, a wordplay with terms or their meaning can be found in this kind of discourse. Concerning the expression plane, the following observations can be made: 1) terms can be misspelt; 2) new terms can be easily coined either according to the model of an existing term or on another one. As far as the specific features of style of non-professional discourse are concerned, it should be stated that its style includes the elements of professional discourse, such as term attributes typical of official documents. However, in general, the style is not formal, as wordplay upon the meanings of the terms, personifications and use of slang words instead of terms is frequent. Another specific feature is a wide use of contracted terminological forms typical of informal discourse. In professional discourse, only standard terms, which are registered in terminological dictionaries, are used. Slang words, play on words or terms and metaphor-based terms are not found in this type of discourse. Professional discourse as well as non-professional one can include numerous examples of metonymy and personifications. Another specific feature concerns the combinability of terms with attributes. In non-professional discourse, attributes can be expressive or stylistically marked, but in professional discourse, expressivity is not allowed and attributes are neutral. Another specific feature is capitalization of certain terms – generally, nouns.

Keywords: term, discourse, professional discourse, non-professional discourse, institutional discourse, non-institutional discourse

References

1. Perel'gut N.M., Sukhotskaya E.B. *O strukture ponyatiya «Politicheskij Diskurs»* [On the structure of the concept of “political discourse”]. Bulletin NVGU, 2013. № 2. pp. 35–41.
2. Van Dijk T.A. What is political discourse analysis? Political linguistics; ed. Jan Blommaert, Chris Bulcaen. Amsterdam, 1998, pp. 11–52.
3. Sheygal E.I. *Semiotika politicheskogo diskursa* [The semiotics of political discourse]. Moscow: Gnosis, 2004, pp. 244–245
4. Plotnikova S.N. *Politik kak konstruktor diskursa reagirovaniya* [Politician as a designer discourse response]. Political discourse in Russia: Proceedings of regular seminar. Vol. 8. Moscow, 2005, pp. 22–26
5. Veber E. A. *Opyt lingvisticheskogo issledovaniya kognitivnogo dissonansa v angliyskom diplomaticheskoy diskurse* [Experience of linguistic research of cognitive dissonance in the British diplomatic discourse: disc cand. filol. Sciences: 10.02.04.]. Irkutsk, 2004. pp. 35
6. Anisimova A.G. *Tipologiya terminov angloyazychnogo iskusstvovedeniya* [Typology of English-language terms of art]. Moscow, 1994.
7. Akhmanova O.S. *O printsipakh i metodakh lingvisticheskogo issledovaniya* [On the principles and methods of linguistic research]. Moscow, Moscow State University, 1966.
8. Akhmanova O.S. *Slovar' lingvisticheskikh terminov* [Dictionary of linguistic terms]. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1966.
9. Barkhudarov S.G. *O znachenii i zadachakh nauchnykh issledovaniy v oblasti terminologii // Lingvisticheskie problemy nauchno-tekhnicheskoy terminologii* [On the significance and objectives of the research in the field of terminology]. Linguistic problems of scientific and technical terminology. Moscow: Nauka, 1970.
10. William Safire «Safire's Political Dictionary». Oxford University Press; Revised edition (March 31, 2008).
11. American Spirit Political Dictionary Online (<http://www.iamericanspirit.com>)

THE MAIN REASONS AND WAYS OF TERM COINAGE
AND THEIR FEATURES

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ НОВЫХ ТЕРМИНОВ И ПУТИ ИХ
ОБРАЗОВАНИЯ

А.А. КОСАРИНА, МГУ им. М.В. Ломоносова⁽¹⁾,
А.Е. ФЕДОТОВА, МГУ им. М.В. Ломоносова⁽¹⁾

alex7979@yandex.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова, филологический факультет
119991, Москва, Ленинские горы, ГСП-1, 1-й корпус гуманитарных факультетов

Политическая терминология и ее развитие представляет значительный интерес как для политиков, так и для филологов и непрофессионалов. Термины в данной науке могут быть созданы различными путями, и особенно важную роль в пополнении политической терминологии играет политическая лексика. Также для этого процесса значима общая лексика. Материалом данной статьи является ряд газет середины XIX– начала XXI века и тексты, представленные Корпусом Современного Американского Английского Языка. Источники взяты из непрофессионального дискурса, так как объект изучения – процесс создания терминов, а неинституциональный дискурс наиболее точно реагирует на любые изменения в языковой среде и отражает любую тенденцию, как только она проявляется в языке. Термины, созданные по причинам экстралингвистического характера, составляют 95% терминов изучаемого периода. Приблизительно 75% этих терминов основаны на единицах политической лексики. Термины, созданные по причинам лингвистического характера, составляют 5% терминов изучаемого периода. Почти все они основаны на единицах политической лексики. Причиной данной закономерности может служить тот факт, что единицы политической лексики уже известны профессионалам и более прозрачны семантически.

Ключевые слова: терминология, политическая терминология, политическая лексика, терминологизация, номенклатурные единицы

Terminology as a science whose main subjects are special lexical units [1, p. 9] appeared in the 1930 s on the basis of linguistics. Among those who made a significant contribution to it there are a lot of Russian and foreign scholars: D.S. Lotte, V.N. Komissarov, V.S Vinogradov, S.V. Grinev, V.M. Leichik, O.S. Akhmanova, N.B. Gvishiani, T.B. Nazarova, T.V. Shetle, V.P. Danilenko, A.G. Anisimova, H. Felber, T.B. Fitch, R. Freitag [1–9].

The sphere of political terminology has always been of a great interest both to professionals and to laymen. Politics is an essential part of our lives, thus, every linguistic change which occurs in it is not perceived as something strange and unknown, but, on the contrary, it is close to us, as it is connected with up-to-date events and pressing problems. Political terminology consists of different kinds of terms that were coined due to various reasons, which include extralinguistic and linguistic ones.

The research offers a classification of various reasons for term coinage, and a linguistic analysis of terms of various groups.

The main reasons for term coinage are:

1. **Extralinguistic reasons**

The first extralinguistic reason for term coinage is the appearance of new notions of extralinguistic reality. As the terms evolve together with these notions, the process of terminologization generally takes a certain amount of time, and the source for the term is generally a unit of political lexis. The means and ways of term coinage on the basis of political vocabulary generally coincide with those on the basis of the general lexis. For example, a term can be coined through the narrowing of the meaning of a unit of political lexis (for example, *quasi-state*) or through morphological derivation (Balkan – balkanize – *Balkanization*); the differences include the terminologization of nomenclature units which involves not the narrowing but broadening of meaning.

For example, the unit *Junta* first denoted an individual government and was used as a nomenclature unit but then underwent the process of terminologization.

Junta – From the Spanish, and originally referring to the local councils established in 1808 to conduct the war against Napoleon, a junta is a deliberative council or committee. Now generally refers to any form of government

involving a committee which holds power as a body, and especially to forms of military government in which a ruling council of officers takes responsibility for all executive and legislative acts.

This unit appeared in the Spanish language by means of conversion (from Spanish *juntos* – together) as a unit of nomenclature and defined a new notion of extralinguistic reality. The term **junta** was coined when similar governments appeared. Generally, the term **junta** presupposes the name of the governed country, while the unit of nomenclature **junta** is generally used without it, yet sometimes the name of a country is omitted, if it is clear what unit is meant:

*‘The Cuban **junta** looks wistfully over the fence and wants to know what it is to get for this ten years’ talk.’* (The Coconino sun [microform]., July 30, 1898, Image 8)

*‘It is reported that Cordova with his escort, composed of 18 cavaliers has been captured, and it is added that the **Junta of Biscay** has received an official notice of the event’.* (The North-Carolina standard., July 28, 1836, page 2)

*‘On the 26th inst., the constitution of 1812 was solemnly proclaimed and sworn to, and a new **junta**, or board of government established, the president of which was the same commandant of carabineers, who presided over the provisional one.’* (Constantine republican., September 21, 1836, Image 2)

*‘Since the retreat of the rebels a **junta** has been established here to maintain order till the arrival of the Queen’s troops’.* (Sangamo Journal / Illinois State Journal, 14 January 1837)

*‘Diplomats and other observers say it is likely that the **junta** will attempt to hold on to power or at least heavily influence politics until a new monarch is established to succeed 87-year-old King Bhumibol Adulyadej—a transition that could still be years away’.* (The Changing Face of Thailand’s Junta, May 7, 2015)

Terms coined due to the development of political science generally have an opportunity to become full-fledged terms in a short period of time; the sources for such terms usually include general academic vocabulary or general language lexis.

For example, the term **J-curve** was first used by J. C. Davis in 1969 *‘to indicate graphically the de Toqueville notion that revolutions are more likely to take place when a period of prolonged rising expectations is followed by a period of sharp reversal. The frustration which is generated by the gap between expectations and gratifications is, at its most intolerable point, likely to result in violent regime change.’* [1, p. 286].

These units can be viewed as terms since they were coined as such and function directly in the given science. Yet, such terms are generally used only by politicians if they are not popularized in connection with certain events and, thus, can be found only in academic writings. For example, the term **j-curve** defines a vital notion in the book by Ian Bremmer *‘The J Curve: A New Way to Understand Why Nations Rise and Fall’*:

*‘Developed states should instead work to create the conditions most favorable for a closed regime’s safe passage through the least stable segment of the **J curve** — however and whenever the slide toward instability comes.’* [12, p. 10].

The spelling of the term has not yet been standardized; the variants used in the dictionaries and texts of institutional and non-institutional discourse include **J curve**, **J-curve**, **j-curve**.

It can be considered as a term since it was coined as such and functions directly in the given science. Yet, such terms are generally used only by politicians if they are not popularized and, thus, can be found only in academic writings. The spelling of the term has not yet been standardized.

The third reason is the fact that some issues, though they have existed for centuries, have become especially important in the modern society. Such terms denote notions connected with military or social issues.

One of the examples of such terms is **collateral damage**. (**Collateral damage** – a term used in strategic analysis. It refers to the devastation of persons and property adjacent to a target. The issue of intentionality will often divide attacker and victim. Evidence that collateral damage has been deliberately caused may be used for propaganda purposes or to support allegations of war crimes. Recent developments in

international law have set out clear distinctions between legitimate targets. The 1977 Geneva Protocol to the 1949 Convention has thus identified civilian populations and civilian objects as illegitimate in this context. Intent and negligence will loom large in substantiating such charges against an attacker.

Recent developments in technology heralded as the revolution in military affairs means that it is now possible to attack targets with conventional precision guided weapons of great accuracy. The term collateral damage was widely used during the Persian Gulf War and it has accordingly passed into the lexicon of media analysis [10, p. 77].

This term is a vivid example of the process of terminologization. It originates from the general lexis. At the beginning of the 20 century **collateral damage** was used only about floods, fire, strikes and denoted primarily the additional damage to the property of people. The American newspapers from 1905 to 1910 used it in connection with water flows, strikes and road works:

'I believe they [the State] should merely receive plans, and when streams are to be taken decide on a minimum flow of water that must be maintained to protect the industries along the streams and also on the collateral damage and other questions involved' (New-York tribune, February 23, 1905, p. 4)

'It would take volumes to even indicate what might be termed the collateral damage of strikes' (Daily public leader, May 19, 1905, p. 1)

1910 – *'the right of way for the roads shall be furnished by the counties, but if there are collateral damages in taking them such damages shall be borne by the state and county in the proportions provided for construction and maintenance cost' (The Evening Times, July 11, 1910, p.1)*

It should be highlighted that *The Evening times* uses the unit in the plural form, while in the modern newspapers it is mostly used in the singular:

'Even the deployment of aerial reconnaissance or other technologies would not help to ascertain possible extent of collateral damage due to lack of distinction between combatants

and non-combatants. Under these circumstances principles of proportionality has no relevance' (the Island, April 19, 2015);

'In the course of trying to kill those that are trying to kill us, we are creating a distressing amount of collateral damage. The drones being used in Yemen and Pakistan are being controlled by the CIA with a fair amount of the actual flying, and triggering, done out of Nevada.' (Flat-head bacon, May 1, 2015).

The unit **collateral damage** underwent the process of terminologization in the 1970s. One of the newspapers of this period reflects the changes in the use of this unit. An article by Ward Silver in 'The Ithacan' from October 12, 1972 'On Collateral Damage' reads: *'Most informative of all, however, have been the revelations by a Pentagon official (The New York Times October 10) that civilian casualties are by and large ignored by the Pentagon which instead concentrates on factory and munitions destruction and refers to such casualties as «collateral damage». This is, to say the least, appalling.'*

It seems unusual to the author of the article that the phrase is used to denote civilian casualties and he puts it as a quotation, thus denoting that these are not his words. Yet this phrase was used in an official speech, which shows that the process has already begun and the specialists already widely use the coined term.

The term **collateral damage** has also undergone the process of determinologization, which resulted in the fact that the general language dictionary gives the following description of the given lexical unit:

Collateral damage – 1. *deaths, injuries, and damage to the property of people who are not in the military that happens as a result of the fighting in a war;*

2. *injury inflicted on something other than an intended target [11].*

Thus, the first meaning of the unit is the one that corresponds to the terminological definition.

Despite the fact that this term in the non-institutional discourse is often used metaphorically not only about military operations but about shooting in schools or cinemas, about pesticides

etc., it still has the meaning of damage and suffering:

'That fact is part of the collateral damage that our firstborn son Jeff's suicide left in its wake.' (The Journal News, April 23, 2015).

Terms coined due to reasons of extralinguistic origin comprise 95 % of the terms coined in the 20th century. Approximately 75 % of these terms are coined on the basis of units of political lexis.

2. Linguistic reasons

The linguistic reasons for political term coinage include primarily those conditioned by the criteria and requirements of a term. Ideally, if a term does not meet the criteria and the requirements, it should be replaced by another term. However, in practice it is often inconvenient, since communication of specialists is based on the existing terminology. The source for term coinage in this case tends to be political lexis. For example, the terms *jus ad bellum* and *jus in bello* were replaced by a calque term *just war*.

Although these two terms still exist in the terminological system, they are not often used: the Corpus of Contemporary American English gives 411 contexts where *just war* is used and only 16 and 17 for *jus in bello* and *jus ad bellum*.

It should be also pointed out that 8 of 16 results contain both *jus in bello* and *jus ad bellum*, for example:

<...>systematic detail that is part of the jus ad bellum and jus in bello categories.

<...>like the already existing jus ad bellum and jus in bello principles.

Furthermore, four of them also include the term *just war*:

The Just War tradition has its Jus ad bellum and Jus in bello principles;

<...> economic sanctions violate Just War principles of both jus ad bellum and jus in bello.

Jus ad bello and *jus in bellum* have a certain difference in meaning, but this difference is insignificant for the modern politics, so it was surrendered for briefness and semantic transparency.

Terms coined due to reasons of extralinguistic origin comprise 5 % of the terms coined in the 20th century. Most of them were coined on the basis of political lexical units.

To conclude, approximately 80 % of the units of terminology coined in the 20th century are based upon political lexis. It can be accounted for primarily by the fact that such terms have a better semantic transparency and are already known to professionals.

Библиографический список

1. Гринев-Гриневиц, С.В. Терминоведение / С.В. Гринев-Гриневиц. – М.: Академия, 2008, С. 5–6.
2. Ахманова, О.С. О принципах и методах лингвистического исследования / О.С. Ахманова. – М.: МГУ, 1966. – С. 117.
3. Ахманова, О.С. Словарь лингвистических терминов / О.С. Ахманова. – М.: Советская Энциклопедия, 1969. – 608 с.
4. Бархударов, С.Г. О значении и задачах научных исследований в области терминологии / С.Г. Бархударов // Лингвистические проблемы научно-технической терминологии. – М.: Наука, 1970. – 231 с.
5. Винокур, Г.О. О некоторых явлениях словообразования в русской технической терминологии / Г.О. Винокур // Труды Моск. ин-та филос., лит., и ист.– 1939, Т. 5. – С. 3–54.
6. Гвишиани, Н.Б. Язык научного общения (вопросы методологии) / Н.Б. Гвишиани. – М.: Высшая школа, 1986. – 280 с.
7. Анисимова А.Г. Типология терминов англоязычного искусствоведения / А.Г. Анисимова. – М., 1994. – 20 с.
8. Гринштейн, А.С. Понятия и термины морфологии современного языка в лингвистическом освещении: автореф. дисс. ... канд. филол. наук / А.С. Гринштейн. – М., 1988. – 180 с.
9. Даниленко, В.П. Русская терминология. Опыт лингвистического описания / В.П. Даниленко. – М.: Наука, 1977. – 246 с.
10. Graham Evans, Jeffrey Newham, Dictionary of International Relations, London: Penguin Books, 1998.
11. <http://www.merriam-webster.com/dictionary/collateral%20damage>.
12. Ian Bremmer, The J Curve: A New Way to Understand Why Nations Rise and Fall, New-York: Simon & Schuster, August 2006.

THE MAIN REASONS AND WAYS OF TERM COINAGE AND THEIR FEATURES

Kosarina A.A., Faculty of Philology, Lomonosov Moscow State University⁽¹⁾; Fedotova A.Ye., Faculty of Philology, Lomonosov Moscow State University⁽¹⁾

alexa7979@yandex.ru

⁽¹⁾Lomonosov Moscow State University, Faculty of Philology, Russia, 119991, Moscow, 1-51 Leninskiye Gory, GSP-1, 1st Corps Humanitarian faculties

Political terminology is a sphere where terms can be coined by different ways, thus, for example, political lexis has always played an important role in the process of political term coinage. The words of general area of use are also of a great importance in the process. In order to find out the ways how political terms are coined and to classify them it is necessary to study political lexical units and general language ones, and to account for the difference between them. The material for study and analysis is a number of newspapers from the mid-19th to the 21st century and texts provided by the Corpus of Contemporary American English. The sources are taken from non-institutional discourse, since the object of study is the development of newly coined terms, and non-institutional discourse reflects every tendency as soon as it starts developing in the language. Terms which are coined due to reasons of extralinguistic origin comprise 95% of the terms coined in the 20th century. Approximately 75% of these terms are coined on the basis of units of political lexis. Terms coined due to reasons of linguistic origin comprise 5% of the terms coined in the 20th century. Most of them were coined on the basis of political lexical units. Approximately 80% of the units of terminology coined in the 20th century are based upon political lexis. It can be accounted for primarily by the fact that such terms have a better semantic transparency and are already known to professionals.

Keywords: political lexis, political terminology, term coinage, nomenclature units, terminology

References

1. Grinev-Grinevich S.V. *Terminovedenie* [Terminology]. Moscow, Academy, 2008, pp. 5-6.
2. Akhmanova O.S. *O printsipakh i metodakh lingvisticheskogo issledovaniya* [On the principles and methods of linguistic research]. Moscow: Moscow State University, 1966. 117 p.
3. Akhmanova O.S. *Slovar' lingvisticheskikh terminov* [Dictionary of linguistic terms]. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1969. 608 p.
4. Barkhudarov S.G. *O znachenii i zadachakh nauchnykh issledovaniy v oblasti terminologii* [On the significance and objectives of the research in the field of terminology]. Linguistic problems of scientific and technical terminology. Moscow: Nauka, 1970. 231 p.
5. Vinokur G.O. *O nekotorykh yavleniyakh slovoobrazovaniya v russkoy tekhnicheskoy terminologii* [Some phenomena of word formation in Russian technical terminology]. Proceedings of the Moscow Institute of Philosophy, Literature and History. Moscow, 1939. V. 5. pp. 3-54.
6. Gvishiani N.B. *Yazyk nauchnogo obshcheniya (voprosy metodologii)* [The language of scientific communication (methodological issues)]. Moscow, Higher School, 1986. 280 p.
7. Anisimova A.G. *Tipologiya terminov angloyazychnogo iskusstvovedeniya* [Typology of English-language terms of art]. Moscow, 1994.
8. Grinshteyn A.S. *Ponyatiya i terminy morfologii sovremennogo yazyka v lingvisticheskom osveshchenii* [The concepts and terms of morphology of the modern language in the linguistic coverage: the Dissertation of the candidate filol. Science]. Moscow, 1988. 180 p.
9. Danilenko V.P. *Russkaya terminologiya. Opyt lingvisticheskogo opisaniya* [Russian terminology. Experience of linguistic description]. Moscow, Science, 1977. 246 p.
10. Graham Evans, Jeffrey Newham, *Dictionary of International Relations*, London: Penguin Books, 1998.
11. <http://www.merriam-webster.com/dictionary/collateral%20damage>.
12. Ian Bremmer, *The J Curve: A New Way to Understand Why Nations Rise and Fall*, New-York: Simon & Schuster, August 2006.

ОЦЕНКА ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ СЕМЯН

Г.Н. ФЕДОТОВ, *вед. науч. сотрудник МГУ им М.В. Ломоносова, д-р биол. наук*⁽¹⁾,
 М.Ф. ФЕДОТОВА, *науч. сотрудник МГУЛ*⁽²⁾,
 В.С. ШАЛАЕВ, *проф. МГУЛ, д-р техн. наук*⁽²⁾,
 Ю.П. БАТЫРЕВ, *доц. МГУЛ, канд. техн. наук*⁽²⁾,
 С.Б. ВАСИЛЬЕВ, *доц. МГУЛ, канд. с.-х. наук*⁽²⁾,
 Д.А. НОВИКОВ, *аспирант МГУЛ*⁽²⁾

gennadiy.fedotov@gmail.com, shalaev@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт экологического почвоведения
 119991, Москва, Ленинские горы

⁽²⁾ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
 141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Повышение урожайности выращиваемых культур за счет повышения посевных качеств семян при их предпосевной обработке с использованием физических воздействий или биологически активных препаратов потенциально является чрезвычайно перспективным приемом увеличения доходов лесохозяйственных и сельскохозяйственных предприятий. Однако для внедрения этого приема в практику эффект от обработки должен быть достаточно значимым и воспроизводимым. Одним из основных условий для успешного проведения исследований по разработке и выбору воздействий и препаратов для стимуляции прорастания семян является наличие высокопроизводительной и достаточно простой методики, позволяющей получать статистически значимые результаты. В настоящее время при проведении исследований оценку проводят по конечному результату – урожайности, изменению размеров и массы вегетативных органов растений, по всхожести (энергии прорастания) или по физиологическим показателям (активности ферментов, содержанию биологически активных веществ и т. д.). Однако все эти исследования достаточно трудоемки и длительны, требуют от недели (по всхожести) до месяцев (по урожайности) временных затрат. Наличие высокопроизводительной, простой методики, позволяющей проводить оценку посевных качеств семян с высокой точностью, позволило бы решить и ряд других не менее актуальных задач: выбрать из имеющихся в наличии или предлагаемых фирмами для закупки семена, обладающие лучшими посевными качествами; выбрать из набора фунгицидов препараты, которые не ухудшат посевные качества планируемых для посева семян; оценить возможность эффективного использования стимуляторов совместно с фунгицидами на выбранных для посева семенах; определить время до посева, за которое можно обрабатывать семена стимуляторами, без потери эффекта стимуляции на конкретных семенах. В статье приведено описание методики, позволяющей различать семена зерновых культур при отличии посевных качеств более чем на 8-10%, а также некоторые результаты ее экспериментальной реализации. Представленные данные подтверждают пригодность использования разработанной методики для выбора семян с лучшими посевными качествами в конкретных условиях выращивания.

Ключевые слова: урожайность, посевные качества семян, предпосевная обработка семян, скорость прорастания и роста, механохимическая активация, гуматы

Повышение урожайности выращиваемых культур за счет повышения посевных качеств семян при их предпосевной обработке [26] с использованием физических воздействий [9, 10, 15, 18, 26] или биологически активных препаратов потенциально является чрезвычайно перспективным приемом увеличения доходов лесохозяйственных и сельскохозяйственных предприятий. Однако для внедрения этого приема в практику эффект от обработки должен быть достаточно значимым и воспроизводимым.

Одним из основных условий для успешного проведения исследований по разработке и выбору воздействий и препаратов для стимуляции прорастания семян (БАП) является наличие высокопроизводительной

и достаточно простой методики, позволяющей получать статистически значимые результаты с ошибкой не выше 5 % при 95 % уровне значимости. Связано это с достаточно небольшим влиянием стимулирующих воздействий на прорастание семян, величина которых редко превышает 10–15 % [10]. При большей ошибке метода эффект стимуляции такой величины обнаружить практически невозможно.

В настоящее время при проведении исследований оценку проводят по конечному результату – урожайности [1, 3, 5, 7, 9, 12, 14, 16, 17, 24, 27, 28, 30, 33], изменению размеров и массы вегетативных органов растений [1, 4, 7, 8, 17, 21, 22, 24, 27, 30, 31, 32, 33], по всхожести (энергии прорастания) [1,

2, 7, 11, 17, 23, 28, 29, 31] или по физиологическим показателям (активности ферментов, содержанию биологически активных веществ и т. д.) [4, 7, 11, 12, 21, 22, 27, 31]. Однако все эти исследования достаточно трудоемки и длительны, требуют от недели (по всхожести) до месяцев (по урожайности) временных затрат.

Наличие высокопроизводительной, простой методики, позволяющей проводить оценку посевных качеств семян с высокой точностью, позволило бы решить и ряд других не менее актуальных задач:

- выбрать из имеющихся в наличии или предлагаемых фирмами для закупки семян, обладающие лучшими посевными качествами;

- выбрать из набора фунгицидов препараты, которые не ухудшат посевные качества планируемых для посева семян;

- оценить возможность эффективно использования стимуляторов совместно с фунгицидами на выбранных для посева семенах;

- определить время до посева, за которое можно обрабатывать семена стимуляторами, без потери эффекта стимуляции на конкретных семенах.

В связи с вышеизложенным целью работы явилось создание высокопроизводительной, простой и точной методики, позволяющей различать семена зерновых и хвойных культур при отличии посевных качеств более чем на 8–10%.

В основу разрабатываемой методики решили положить энергетический подход. Как известно, начало роста при прорастании семян зерновых является результатом процессов, происходящих в два этапа, на первом из которых, активируется основной метаболизм (усиление дыхания, мобилизация запасных отложений), а на втором активируются процессы, подготавливающие растяжение клеток [13]. Таким образом, посевные качества семян должны коррелировать со скоростью биохимических процессов на стадии прорастания семян, при прохождении которых в семенах должна затрачиваться энергия. Следовательно, при росте ско-

рости активации биохимических процессов должно возрастать количество производимой и потребляемой в семенах энергии. В связи с тем, что энергия в семенах образуется при окислении запасенных органических веществ, возрастание потребления энергии должно приводить к усилению дыхания семян и возрастанию количества выделяемой ими углекислоты. В результате концентрация углекислоты в замкнутом объеме, в который можно поместить прорастающие семена, должна характеризовать, при прочих равных условиях эксперимента, интенсивность прохождения биохимических процессов в семенах. Сравнение количества углекислоты, выделяемой на среднюю зерновку, дает возможность оценивать посевные качества семян.

В работе в качестве объектов исследования использовали семена:

- 1) озимой пшеницы сортов «Галина», «Московская 39» и экспериментальный образец озимой пшеницы ФГБНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова сорт «Л-15 №222»;

- 2) яровой пшеницы сортов «Эстер», «Юбилейная 80», «Злата»;

- 3) ярового ячменя сортов «Московский 86», «Нур», «Владимир»;

- 4) озимой ржи сортов «Валдай», «Татьяна», «Московская 12»;

- 5) озимого тритикале сортов «Гермес», Немчиновский 56», «Нина».

Измерение концентрации углекислоты проводили при помощи прибора «Testo 535», который позволяет определять концентрацию углекислого газа в газовой смеси при содержании 0–9999 ppm.

На первом этапе исследования было необходимо выяснить количество семян, количество воды, объем емкостей, температуру и время проведения эксперимента. Последние параметры было необходимо выбрать, основываясь на удобстве работы. В связи с этим эксперименты решили проводить в течение суток при комнатной температуре. Отрабатывали методику на озимой пшенице сорта «Экспериментальная». Семена этой пшеницы достаточно сильно отличаются по

размеру и для исследования выбирали средние зерновки. Брали разное количество семян, взвешенных с точностью до 0,01 г, и помещали в 2 стаканчика объемом по 100 мл. После добавления к семенам воды стаканчики с семенами и водой ставили в емкость на 1 сутки. Использовали емкости разного размера. Количество воды было выбрано из данных по содержанию воды в семенах, необходимого для запуска всех биохимических процессов. Как следует из литературы [19], оно составляет около 70 % от веса семян. Брали 2-кратный избыток.

Из проведенных экспериментов были выбраны условия реализации методики. Следовало использовать емкости объемом 3 литра, помещая в них по 150 семян (75 семян в 1 стаканчик) и 3,75 г воды. Навеску семян контролировали с точностью до 0,01 г. Ошибка опытов при 95% уровне значимости не превышала 6 %. При использовании емкостей меньшего размера или большего количества семян концентрация углекислоты возрастала за сутки слишком сильно, превышая возможности используемого прибора.

Наряду с экспрессностью, простотой и точностью, делающими данную методику, на наш взгляд, перспективной для сельского и лесного хозяйства, был негативный момент, затрудняющий ее внедрение – необходимо было выбирать средние семена. Подобный отбор, во-первых, требует много времени. Во-вторых, оценивая поведение «средних» зерновок, мы не можем быть уверенны, что все зерновки будут вести себя аналогичным образом. В общей массе семян количество «средних» может сильно варьировать. Как следствие, все преимущества предлагаемого варианта методики с отбором «средних» семян исчезают, так как мы не можем давать достоверных прогнозов на поведение всего посевного материала.

Таким образом, результатом выполнения первого этапа работы стало понимание того, что нужно дорабатывать методику, обеспечив переход от количества с определенным весом средних семян к навеске «невыбираемого» семенного материала.

Первые же проведенные эксперименты с навесками несортированных семян показали, что ошибка определения заметно возрастает, но причина этого сначала не была понятна. Однако в процессе проведения экспериментов обратили внимание на то, что при помещении навески семян в стаканчик с навеской воды не все семена погружались в воду даже при старательных попытках их «притопить». Многие из них продолжали находиться на поверхности воды, причем их количество варьировало достаточно сильно. Это позволило предположить существование гидрофобных свойств у семян.

Было также отмечено одно весьма интересное свойство семян – при помещении на поверхность воды семена с расстояния 10–15 мм начинают двигаться навстречу друг другу. Причем движение происходит с ускорением, а семена во время движения стараются развернуться, чтобы соприкоснуться концевыми участками. Данное явление, по-видимому, является следствием капиллярного эффекта. Между гидрофобными частицами уровень воды ниже, и частицы начинают двигаться вниз под действием силы тяжести. Чем ближе частицы друг к другу, тем больше глубина «ям» между ними, и тем быстрее они двигаются.

Мы предположили, что различие в гидрофобных свойствах семян и, как следствие, в их взаимодействии с водой вполне может обеспечить наблюдаемую невоспроизводимость результатов. Для устранения этого эффекта было необходимо обеспечить принудительно одинаковый контакт семян с водой. Поэтому мы внесли изменение в методику – после помещения в стаканчик семян их засыпали песком, а затем добавляли воду. В этом случае семена контактируют с песчинками, по поверхности которых к ним может поступать вода, и не могут всплывать, меняя поверхность соприкосновения с водой.

При отработке нового варианта методики было изучено влияние навесок семян, воды и песка на концентрацию углекислоты и воспроизводимость получаемых данных. В результате рекомендуемый для использова-

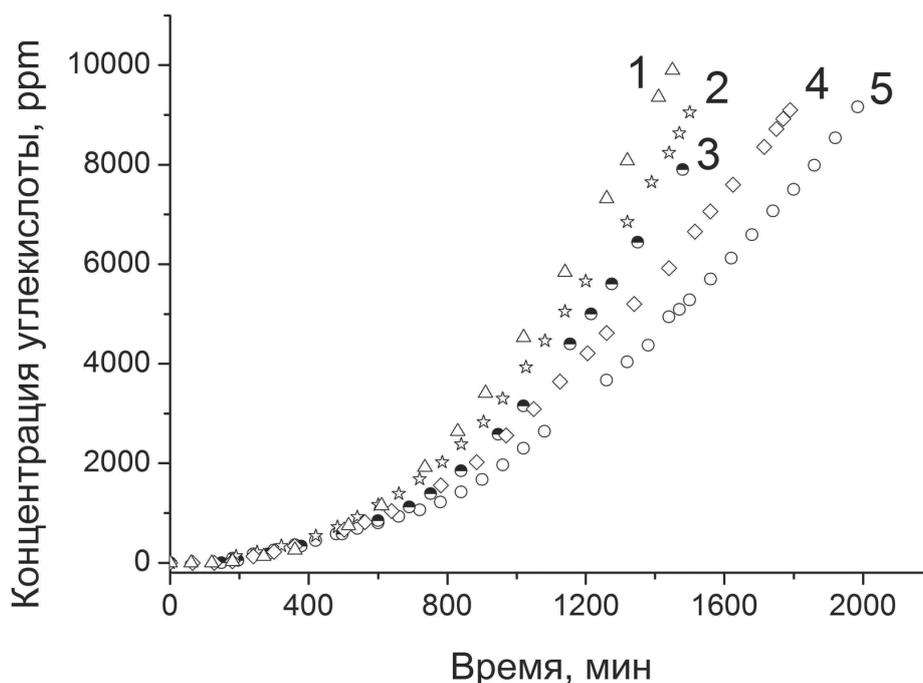


Рисунок. Изменение концентрации углекислоты во времени в емкостях объемом 3 литра при помещении в них 5 г семян различных культур, 5 г воды и 20 г песка: 1 – яровой ячмень сорт «Нур»; 2 – озимая рожь сорт «Московская 12»; 3 – яровая пшеница сорт «МИС»; 4 – озимый тритикале сорт «Гермес»; 5 – экспериментальный образец озимой пшеницы

Figure. The change in concentration of carbon dioxide in time in a 3-liter containers when placed therein 5 g of seeds of various crops, 5 g water and 20 g of sand: 1 - spring barley cultivar «Nur»; 2 - winter rye cultivar «Moscow 12»; 3 - spring wheat cultivar «MIS»; 4 - winter triticale cultivar «Hermes»; 5 - an experimental model of winter wheat

ния вариант методики, заключается в помещении 5 г семян в 2 пластиковых стаканчика объемом 100 мл (по 2,5 г в каждый), засыпке в каждый стаканчик по 10 г песка и добавлении по 2,5 г воды. После этого стаканчики помещают в 3 л емкость, которую тщательно закрывают пластиковыми крышками, в которых вырезают отверстия под зонд прибора. В отверстия крышек изнутри вставляют резиновые пробки. Пробки при измерении выдавливают внутрь банок, и они падают на дно, а на их место вставляют зонд прибора.

Для подтверждения правильности выбора времени проведения опыта было изучено изменение концентрации углекислоты в 3 л емкостях во времени для различных культур (рисунок).

Из полученных данных хорошо видно, что для всех культур в условиях эксперимента происходит изменение скорости выделения углекислоты. Кривые состоят из 2 участков. Начального – более пологого, на

котором разные культуры мало различимы между собой. По прошествии 800–900 мин. скорость выделения углекислоты возрастает, причем для каждой культуры наблюдается своя скорость выделения углекислоты, при этом разные культуры хорошо различимы между собой, по концентрациям, которые они создают в герметичных емкостях. Полученные результаты позволяют выбрать время проведения эксперимента 16–28 ч. Нижняя граница определяется сменой скорости выделения углекислоты, а верхняя – возможностями используемого прибора и необходимостью проведения экспериментов за минимальное время, а также удобством проведения экспериментов. Время одни сутки удовлетворяет всем перечисленным выше условиям.

Ошибка при проведении эксперимента в соответствии с приведенной методикой не превышает 5 % при 95 % уровне значимости при 6–7 кратной повторности.

**Активность биохимических процессов на начальной
стадии прорастания семян в различных условиях**
Activity of biochemical processes at the initial stage of germination under different conditions

Культура	Сорт	Оптимальные условия, мг CO ₂ на 1000 семян	Засоление, мг CO ₂ на 1000 семян	Дефицит влаги, мг CO ₂ на 1000 семян	Вес 1000 семян, г
Яровая пшеница	Злата	291,5	131,5	159,0	33,27
	Эстер	197,2	84,2	122,9	27,62
	Юбилейная 80	211,9	109,7	131,3	26,70
Тритикале	Нина	518,6	334,2	346,3	51,10
	Гермес	333,0	214,9	243,8	49,03
	Немчиновский 56	339,6	191,1	217,4	40,05
Озимая рожь	Валдай	297,0	166,3	191,7	35,1
	Московская 12	276,1	153,0	170,1	31,74
	Татьяна	331,8	175,6	206,9	31,00
Озимая пшеница	Галина	173,3	120,1	131,2	50,88
	Московская 39	198,0	104,7	127,5	42,25
	Экспериментальная	162,4	103,9	116,3	36,90
Яровой ячмень	Владимир	398,3	226,3	277,4	45,97
	Московский 86	445,8	250,0	310,2	45,21
	Нур	395,9	206,6	268,8	40,99

Необходимо отметить, что при изучении предлагаемым методом посевных качеств семян и их изменения под влиянием препаратов и различных стимулирующих воздействий необходимо учитывать, что испытания проводятся в близких к оптимальным условиям (температура, влажность, отсутствие поллютантов и т. д.). В природных условиях все совершенно иначе – стресс-факторы присутствуют практически всегда. Можно ожидать, что посевные качества семян и величина их изменения будет отличаться при наличии или отсутствии стресс-факторов.

Из этого следует, что испытания по оценке семян и эффективности применения стимуляторов следует проводить не только в условиях близких к оптимальным, но и при наличии действующих на семена и развивающиеся из них растения негативных факторов, характерных для условий выращивания.

В ряде работ [2, 11, 22, 29, 31, 32] изучали воздействие стимуляторов в условиях стресса и некоторые авторы [2] пока-

зали возрастание эффекта от их использования в сравнении с применением в условиях близких к оптимальным для развития семян и растений. Т. о. изучать посевные качества семян и эффективность стимулирующих препаратов необходимо в условиях характерных для выращивания конкретных семян или прогнозируемых на период выращивания стрессовых воздействий.

Преимущество предлагаемой методики состоит в том, что с ее помощью можно оценивать посевные качества семян не только в условиях близких к оптимальным, добавляя к семенам воду, но и в условиях, имитирующих те или иные стресс-факторы, заменив воду соответствующими растворами. Подобные подходы хорошо известны по литературе [2, 29–32]. Для имитации засоления часто используют растворы хлорида натрия, а для имитации недостатка влаги – водные растворы полиэтиленгликоля (ПЭГ), вещества снижающего доступность воды из раствора, но нетоксичного для растений. «Сила воздействия» стресс-фактора не должна быть

чрезмерной, чтобы полностью не угнетать растения, и в то же время она должна быть достаточно велика, чтобы на фоне угнетения можно было увидеть разницу между посевными качествами семян. По предлагаемой методике должно наблюдаться снижение выделения углекислоты в 1,5–2 раза, что, как показали эксперименты, соответствует 1 % раствору хлорида натрия или 5 % раствору ПЭГ.

Для проверки эффективности применения разработанной методики провели опыты по сравнению посевных качеств семян яровой и озимой пшениц, ячменя, ржи и озимого тритикале разных сортов в условиях близких к оптимальным (с водой), в условиях имитирующих засоление (1 % раствор хлорида натрия) и недостаток влаги (5 % раствор ПЭГ). Сравнивали между собой семена трех сортов каждой культуры, с целью найти в каждой группе (тройке) семена с лучшими посевными качествами. В связи с тем, что посевные качества посевного материала определяются интенсивностью биохимических процессов в средней зерновке, сравнивали выделение углекислоты 1000 семян.

При отсутствии подобной методики задача правильного выбора семян для посева не является простой. Необходимы критерии, которыми следует руководствоваться. Как правило, к подобным критериям относят всхожесть семян, энергию прорастания и массу семян. Причем у качественных семян, которые предлагаются различными фирмами, первые два показателя достаточно высоки и значимо для семян разных сортов могут не отличаться. В результате выбор семян, казалось бы, надо проводить по максимальной средней массе зерновки, полагая – чем крупнее семена, тем они качественнее. Однако подобный подход, как известно из литературы [33], оказывается не всегда правильным, и полученные результаты это подтверждают (табл.).

В таблице все культуры расположены по возрастанию веса 1000 семян в сравниваемых «тройках». При этом хорошо видно, что биохимическая активность на начальных этапах развития семян ни для одной

культуры полностью не коррелирует с весом семян.

Среди трех сортов яровой пшеницы самыми крупными оказались семена сорта «Злата», затем расположились сорта «Эстер» и «Юбилейная 80». При этом «Эстер» уступает другим сортам по активности биохимических процессов во всех случаях. В данном случае для посева имеет смысл брать семена сорта «Злата» их посевные качества выше как в условиях близких к оптимальным, так и при засолении и дефиците влаги.

Весьма интересные данные получены для тритикале. Сорт «Нина» отличается по весу 1000 семян всего на 4 %, но активность биохимических процессов у семян этого сорта выше при всех условиях почти на 30 %. Семена сорта «Немчиновский 56» почти на 20 % легче семян сорта «Гермес», но несколько превосходят их по активности биохимических процессов в условиях близких к оптимальным, немного уступая в условиях засоления и дефицита влаги.

Озимая рожь сорта «Татьяна», уступая другим сортам по весу 1000 семян, имеет при всех условиях заметно лучшие посевные качества, и для посева следует выбрать именно этот сорт.

Сложность выбора при анализе данных по озимой пшенице состоит в том, что сорт «Галина», имея более крупные семена (20–25%), уступает по активности биохимических процессов сорту «Московская 39» более чем 10 % при прорастании в условиях близких к оптимальным. Однако при прорастании в условиях засоления более чем на 15 % превосходит другие сорта. При недостатке влаги несколько уступает другим пшеница сорта «Экспериментальная». Выбирая из этой группы сорт для посева, необходимо руководствоваться предполагаемыми метеоусловиями.

Сравнение результатов, полученных для ярового ячменя, свидетельствует, что лучшими посевными качествами обладает сорт «Московский 86», хотя по весу 1000 семян он несколько уступает сорту «Владимир».

Из представленных данных видно, что разработанная методика позволяет выбрать семена с лучшими посевными качествами в конкретных условиях выращивания. Последнее замечание крайне важно, так как каждый сорт выводили для конкретных условий выращивания, и он имеет различную генетически обусловленную устойчивость к конкретным стресс-факторам. Поэтому одни сорта лучшие в условиях близких к оптимальным уступают другим сортам в условиях действия стресс-факторов. Это заметно по уровню снижения активности биохимических процессов для разных сортов при засолении и недостатке влаги по сравнению с условиями близкими к оптимальным.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о пригодности разработанной методики для выбора семян с оптимальными посевными качествами.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 37.2486.2014/К.

Библиографический список

1. Аврамчук, Н.Г. Эффективность использования ПАБК для предпосевной обработки семян ярового ячменя / Н.Г. Аврамчук, Ю.И. Бигун, В.А. Дорошук, П.П. Дорошкевич // Сб. Химические мутагены и пара-аминобензойная кислота в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. – М.: Наука, 1989. – С. 123–126.
2. Аксенова, Л.А. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы поверхностно-активными веществами на их прорастание при неблагоприятных условиях / Л.А. Аксенова, Е.А. Зак, М.А. Бочарова, Н.Л. Клячко // Физиология растений, 1990. – Т. 37. – №5. – С. 1007–1014.
3. Алехин, В.Т. Альбит на зерновых культурах и сахарной свекле / В.Т. Алехин, В.Р. Сергеев, А.К. Злотников, Ю.В. Попов, Т.А. Рябчинская, В.Ф. Рукин // Защита и карантин растений, 2006. – № 6. – С. 26–27.
4. Андрианова, Ю.Е. Влияние янтарной кислоты на урожай и качество сельскохозяйственных культур / Ю.Е. Андрианова, Н.И. Сафина, Н.Н. Максютובה, И.Г. Кадошникова // Агрохимия, 1996. – № 8–9. – С. 117–122.
5. Бурмистрова, Т.И. Влияние комплексного препарата гуминовых кислот и микроэлементов на урожайность и устойчивость к болезням яровой пшеницы / Т.И. Бурмистрова, С.Н. Удинцев, Н.Н. Терещенко, Т.П. Жиликова, Л.Н. Сысоева, Н.М. Трунова // Агрохимия, 2011. – № 9. – С. 64–67.
6. Вардапетян, Р.Р. Биохимические механизмы действия гиббереллина на прорастание изолированных зародышей пшеницы: дисс. ... д-ра биол. наук / Р.Р. Вардапетян. – Ереван, 1970. – 47 с.
7. Гоник, С.А. Изучение действия ПАБК на яровую пшеницу / С.А. Гоник // Сб. Химические мутагены и пара-аминобензойная кислота в повышении урожайности с.-х. культур. – М.: Наука, 1989. – С. 94–98.
8. Гринев, В.С. Рострегулирующая активность бензо-(2,3-б)-1,4-диаза- и бензо-1-аза-4-окса-бицикло (3.3.0) октан-8-онов на растениях мягкой пшеницы / В.С. Гринев, Е.В. Любунь, А.Ю. Егорова // Агрохимия, 2011. – № 3. – С. 46–50.
9. Дворник, В.Я. Влияние предпосевной стимуляции семян на урожайность зерновых культур / В.Я. Дворник, В.П. Кавунец, В.И. Мищенко // Сб. научн. тр. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника зерновых и кормовых культур. – Л.: Минсельхоз СССР, Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина, 1985. – С. 25–29.
10. Дмитриев, А.М. Стимуляция роста растений. Монография / А.М. Дмитриев, Л.К. Страцкевич. – Минск: Ураджай, 1986. – 118 с.
11. Кабузенко, С.Н. Влияние биологически активных веществ на прорастание семян и рост проростков культурных растений на фоне засоления / С.Н. Кабузенко, В.Г. Блохин, Н.И. Копылов // Сб. научн. тр. Регуляторы роста растений. – Л.: Минсельхоз СССР, Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина, Всесоюзный НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова, 1989. – С. 25–29.
12. Кожухарь, Т.В. Влияние минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биологическими препаратами на содержание хлорофилла в листьях озимой пшеницы / Т.В. Кожухарь, Е.В. Кириченко, С.С. Кохан // Агрохимия, 2010. – № 1. – С. 61–67.
13. Колесова, Т.К. Приемы повышения посевных качеств семян пшеницы: дисс. ... канд. с.-х. наук. – Якутск, 2003. – 149 с.
14. Кравец, А.В. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы гуминовым препаратом из торфа / А.В. Кравец, Д.Л. Бобровская, Л.В. Касимова, А.П. Зотикова // Вестник Алтайского ГАУ, 2011. – № 4 (78). – С. 22–24.
15. Крокер, В. Физиология семян. / В. Крокер, Л. М. Бартон // Иностран. литер., 1955. – С. 157–170.
16. Куркина, Ю.Н. Влияние препарата нано-гро на урожайность и качество зерна яровой пшеницы и ячменя / Ю.Н. Куркина, Р.О. Газманов, В.М. Кочетов // Научные ведомости. Серия Естественные науки, 2010. – №9 (8). – Вып. 11. – С. 59–64.
17. Наумов, Г.Ф. Эффективность биологической стимуляции семян полевых культур / Г.Ф. Наумов, Л.Ф. Насонова, Л.В. Подоба // Сб. научн. тр. Теория и практика предпосевной обработки семян. – К.: ЮО ВАСХНИЛ, 1984. – С. 20–27.
18. Николаева, М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян // М.Г. Николаева, М.В. Разумова, В. Н. Гладкова. – Л.: Наука, 1985. – 347 с.
19. Обручева, Н.В. Физиология инициации прорастания семян / Н.В. Обручева, О.В. Антипова // Физиология растений, 1997. – Т. 44. – № 2. – С. 287–302.
20. Рапопорт И.А. Действие ПАБК в связи с генетической структурой / Сб. Химические мутагены и пара-аминобензойная кислота в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. – М.: Наука, 1989. – С. 3–37.

21. Рахманкулова, З.Ф. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы салициловой кислотой на ее эндогенное содержание, активность дыхательных путей и антиоксидантный баланс растений / З.Ф. Рахманкулова, В.В. Федяев, С.Р. Рахматуллина, С.П. Иванов, И.Р. Гильванова, И.Ю. Усманов // Физиология растений, 2010. – Т. 57. – № 6. – С. 835–840.
22. Рахматуллина, С.Р. Влияние препарата рифтал на морфофизиологические параметры проростков пшеницы при нормальном и дефицитном минеральном питании / С.Р. Рахматуллина, В.В. Федяев, Р.Ф. Талипов, З.Ф. Рахманкулова // Агрохимия, 2007. – № 5. – С. 42–48.
23. Рогожин, В.В. Действие строфантина на прорастание семян / В.В. Рогожин, М.Е. Сабардахова, А.С. Попова // Известия ТСХА, 1996. – Вып. 4. – С. 211–217.
24. Рябчинская, Т.А. Полифункциональное действие препарата Альбит при предпосевной обработке семян яровой пшеницы / Т.А. Рябчинская, Г.Л. Харченко, Н.А. Саранцева, И.Ю. Бобрешова, А.К. Злотников // Агрохимия, 2009. – № 10. – С. 39–47.
25. Сечняк, Л.К. Экология семян пшеницы / Л.К. Сечняк, Н.А. Киндрук, О.К. Слюсаренко, В.Г. Иващенко, Е.Д. Кузнецов. – М.: Колос, 1983. – 349 с.
26. Строна, И.Г. Допосевная и предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур / И.Г. Строна // Сб. научн. тр. Теория и практика предпосевной обработки семян. – К.: ЮО ВАСХНИЛ, 1984. – С. 5–16.
27. Хатаева, Л.Ю. Изучение влияния некоторых новых гетероциклических соединений на продуктивность и биохимический состав сортов пшеницы и тритикале / Л.Ю. Хатаева, Н.С. Орлова, И.Н. Ключкова, Т.А. Сулова, М.В. Норицина // Сб. Вопросы генетики и селекции зерновых культур на юго-востоке России, Саратовский сельскохозяйственный институт, 1993. – С. 141–147.
28. Христева, Л.А. Эффективность применения физиологически активных гумусовых веществ для предпосевной обработки семян / Л.А. Христева, А.М. Галушка // Сб. науч. тр. Теория и практика предпосевной обработки семян. – К.: ЮО ВАСХНИЛ, 1984. – С. 16–20.
29. Чжан, Ш. Сероводород стимулирует прорастание семян пшеницы при осмотическом стрессе / Ш. Чжан, М.И. Ван, Л.Я. Ху, С.Ш. Ван, К.Д. Ху, Л.И. Бао, И.П. Ло // Физиология растений, 2010. – Т. 57. – № 4. – С. 571–579.
30. Шакирова, Ф.М. Влияние фэтила на гормональный статус растений пшеницы в онтогенезе в связи с устойчивостью к *Tilletia caries* (DC) Tul / Ф.М. Шакирова, Р.В. Нургалиева, Р.Ф. Исаев, Д.Р. Масленникова, Р.А. Фатхутдинова, М.В. Безрукова, А.Р. Лубянова, А.М. Авальбаев, А.Р. Сахабутдинова, Т.Д. Хлебникова // Агрохимия, 2009. – № 3. – С. 40–44.
31. Шакирова, Ф.М. Влияние предобработки метилжасмонатом на устойчивость проростков пшеницы к солевому стрессу / Ф.М. Шакирова, А.Р. Сахабутдинова, Р.С. Ишдавлетова, О.В. Ласточкина // Агрохимия, 2010. – № 7. – С. 26–32.
32. Широких, И.Г. Оценка Na-солей суммы тритерпеновых кислот *Abies sibirica* L. в качестве регулятора роста и стресспротектора яровой пшеницы / И.Г. Широких, Р.И. Абубакирова, Е.М. Карпова, А.В. Кучин // Агрохимия, 2007. – № 1. – С. 52–56.
33. Эйгес, Н.С. Влияние ПАБК на сорта озимой пшеницы в условиях производственного опыта / Н.С. Эйгес // Сб. Химические мутагены и пара-аминобензойная кислота в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. – М.: Наука, 1989. – С. 38–64.

THE EVALUATION OF SEEDS SOWING QUALITY

Fedotov G.N., Lomonosov Moscow State University, Dr. Sci. (Biol.)⁽¹⁾; **Fedotova M.F.**, MSFU⁽²⁾; **Shalaev V.S.**, Prof. MSFU, Dr. Sci. (Tech.)⁽²⁾; **Batyrev Yu.P.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Tech.)⁽²⁾; **Vasil'ev S.B.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Agricultural)⁽²⁾; **Novikov D.A.**, pg. MSFU⁽²⁾

gennadiy.fedotov@gmail.com, shalaev@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Lomonosov Moscow State University, Russia, 119991, Moscow, 1-51 Leninskiye Gory

⁽²⁾Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institut'skaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

Increasing the yield of crops by improving the quality of seeds sown in their pre-treatment using physical effects or potentially biologically active compounds is an extremely promising method for increasing the income of forestry and agricultural enterprises. However, to implement this method the effect of treatment must be sufficient and reproducible. One of the main conditions for a successful research in the development and selection of the actions and drugs to stimulate seed germination is the presence of high-dos and simple methodology to obtain statistically significant results. Currently research evaluation is carried out by the final result - yields, changes in the size and weight of the vegetative organs of plants for germination (vigor) or physiological parameters (enzyme activity, the content of biologically active substances and etc.). However, all these studies are quite laborious and lengthy and require from a week (for germination) to months (to yield). The presence of a high-performance, simple methodology to assess the quality of seeds sown with high precision would solve a number of other equally topical tasks: the choice from available or offered for the purchase by companies seeds, sowing with better qualities; the choice from a set of fungicides drugs that do not degrade the quality of the planned sowing seeds for sowing; the evaluation of the possibility of the effective use of stimulants together with fungicides on selected seeds for sowing; to determine the time of seeds sowing that can be treated by stimulators without losing the effect of stimulation on the specific seed. The paper describes the methodology to distinguish the seeds of grain crops at sowing qualities with a difference of more than 8-10%, as well as some experimental results of its implementation. The data presented confirm the suitability of the developed technique for selecting the best seed sowing qualities in specific growing conditions.

Keywords: yield, sowing qualities of seeds, seed pre-treatment, germination rate and growth, mechano-chemical activation, humate

References

1. Avramchuk N.G., Bigun Yu.I., Doroshchuk V.A., Doroshkevich P.P. *Effektivnost' ispol'zovaniya PABK dlya predposevnoy obrabotki semyan yarovogo yachmenya* [The effectiveness of the use of PABA for the treatment of seeds of spring barley] Sb. Khimicheskie mutageny i para-aminobenzoyanaya kislota v povyshenii urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Moscow: Nauka, 1989, pp. 123-126.
2. Aksenova L.A., Zak E.A., Bocharova M.A., Klyachko N.L. *Vliyanie predposevnoy obrabotki semyan pshenitsy poverkhnostno-aktivnymi veshchestvami na ikh prorastanie pri neblagopriyatnykh usloviyakh* [Effect of pre-sowing treatment of wheat surfactants on their germination under adverse conditions] *Fiziologiya rasteniy* [Vegetable physiology], 1990, V. 37, № 5, pp. 1007-1014.
3. Alekhin V.T., Sergeev V.R., Zlotnikov A.K., Popov Yu.V., Ryabchinskaya T.A., Rukin V.F. *Al'bit na zernovykh kul'turakh i sakharnoy svekle* [Albite on cereals and sugar beet], *Zashchita i karantin rasteniy* [Plant Protection and Quarantine], 2006, № 6, pp. 26-27.
4. Andrianova Yu.E., Safina N.I., Maksyutova N.N., Kadoshnikova I.G. *Vliyanie yantarnoy kisloty na urozhay i kachestvo sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Effect of succinic acid on the yield and quality of crops], *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], 1996, № 8-9, pp. 117-122.
5. Burmistrova T.I., Udintsev S.N., Tereshchenko N.N., Zhilyakova T.P., Sysoeva L.N., Trunova N.M. *Vliyanie kompleksnogo preparata guminovykh kislot i mikroelementov na urozhaynost' i ustoychivost' k boleznyam yarovoy pshenitsy* [The influence of complex preparation of humic acids and trace elements on yield and disease resistance of spring wheat]. *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], 2011, № 9, pp. 64-67.
6. Vardapetyan R.R. *Biokhimicheskie mekhanizmy deystviya gibberellina na prorastanie izolirovannykh zarodyshey pshenitsy* [Biochemical mechanisms of action of gibberellin on germination of isolated wheat germ], Avtoreferat diss. d.b.n. Erevan, 1970, 47 p.
7. Gonik S.A. *Izuchenie deystviya PABK na yarovuyu pshenitsu* [Study of the effect of PABA on spring wheat], Sb. Khimicheskie mutageny i para-aminobenzoyanaya kislota v povyshenii urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Moscow: Nauka, 1989, pp. 94-98.
8. Grinev V.S., Lyubun' E.V., Egorova A.Yu. *Rostreguliruyushchaya aktivnost' benzo-(2,3-b)-1,4-diaza- i benzo-1-aza-4-oksabitsiklo (3.3.0) oktan-8-onov na rasteniyakh myagkoy pshenitsy* [Growth-regulatory activity benzo (2,3-b) -1,4-diaza-benzo and 1-aza-4-oxa-bicyclo (3.3.0) octan-8-ones on wheat plants], *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], 2011, № 3, pp. 46-50.
9. Dvornik V.Ya., Kavunets V.P., Mishchenko V.I. *Vliyanie predposevnoy stimulyatsii semyan na urozhaynost' zernovykh kul'tur* [Influence of pre-stimulation of seeds on cereals], Sb. nauchn. tr. Seleksiya, semenovodstvo i sortovaya agrotehnika zernovykh i kormovykh kul'tur. Leningrad: Minsel'khoz SSSR, Vsesoyuznaya akademiya sel'sko-khozyaystvennykh nauk im. V.I. Lenina, 1985, pp. 25-29.
10. Dmitriev A.M., Stratskevich L.K. *Stimulyatsiya rosta rasteniy* [Stimulation of plant growth], Pod red. N.F. Batygina. Minsk.: Uradzhay. 1986. 118 p.
11. Kabuzenko S.N., Blokhin V.G., Kopylov N.I. *Vliyanie biologicheskii aktivnykh veshchestv na prorastanie semyan i rost proroskov kul'turnykh rasteniy na fone zasoleniya* [Influence of biologically active substances on the seed germination and seedling growth of crops in the background salinity], Sb. nauchn. tr. Regulyatory rosta rasteniy. Leningrad: Minsel'khoz SSSR, Vsesoyuznaya akademiya sel'skokhozyaystvennykh nauk im. V.I. Lenina, Vsesoyuznyy NII rasteniyevodstva im. N.I. Vavilova, 1989, pp. 25-29.
12. Kozhukhar' T.V., Kirichenko E.V., Kokhan S.S. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy i predposevnoy obrabotki semyan biologicheskimi preparatami na sodержание khlorofilla v list'yakh ozimoy pshenitsy* [Influence of fertilizers and pre-sowing treatment biological agents on the chlorophyll content in leaves of winter wheat] *Agrokimiya* [Agricultural chemistry] 2010, № 1, pp. 61-67.
13. Kolesova T.K. *Priemy povysheniya posevnykh kachestv semyan pshenitsy* [Methods of increase of sowing qualities of seeds of wheat]. Diss. kand. s-kh. nauk. Yakutsk. 2003. 149 p.
14. Kravets A.V., Bobrovskaya D.L., Kasimova L.V., Zotikova A.P. *Predposevnaya obrabotka semyan yarovoy pshenitsy guminovym preparatom iz torfa* [Seed pre-treatment of spring wheat humic substances from peat] *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2011, № 4 (78), pp. 22-24.
15. Kroker V., Barton L. *Fiziologiya semyan* [Seed physiology]. Moscow: Izd-vo Inostr. liter., 1955, pp. 157-170.
16. Kurkina Yu.N., Gazmanov R.O., Kochetov V.M. *Vliyanie preparata nano-gro na urozhaynost' i kachestvo zerna yarovoy pshenitsy i yachmenya* [Influence of preparation of nano-gro on yield and quality of grain of spring wheat and barley] *Nauchnye vedomosti. Seriya Estestvennye nauki* [Scientific statements. A series of natural sciences], 2010, № 9 (8), Vol. 11, pp. 59-64.
17. Naumov G.F., Nasonova L.F., Podoba L.V. *Effektivnost' biologicheskoy stimulyatsii semyan polevykh kul'tur* [The effectiveness of bio-stimulation of seeds of field crops] Sb. nauchn. tr. Teoriya i praktika predposevnoy obrabotki semyan. Kiev: YuO VASKhNIL, 1984, pp. 20-27.
18. Nikolaeva M.G., Razumova M.V., Gladkova V. N. *Spravochnik po prorashchivaniyu pokoyashchikhsya semyan* [Handbook of germination of dormant seeds]. Leningrad: Nauka, 1985. 347 p.
19. Obrucheva N.V., Antipova O.V. *Fiziologiya initsiatsii prorastaniya semyan* [Physiology initiation of seed germination] *Fiziologiya rasteniy* [Vegetable physiology], 1997, V 44, № 2, pp. 287-302.
20. Rapoport I.A. *Deystvie PABK v svyazi s geneticheskoy strukturoy* [PABA action in connection with the genetic structure], Sb. Khimicheskie mutageny i para-aminobenzoyanaya kislota v povyshenii urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Moscow: Nauka, 1989, pp. 3-37.

21. Rakhmankulova Z.F., Fedyaev V.V., Rakhmatullina S.R., Ivanov S.P., Gil'vanova I.R., Usmanov I.Yu. *Vliyanie predposevnoy obrabotki semyan pshenitsy salitsilovoy kislotoy na ee endogennoe sodержanie, aktivnost' dykhatel'nykh putey i antioksidantnyy balans rasteniy* [Effect of pre-sowing treatment of wheat salicylic acid content of its endogenous activity of the respiratory tract and antioxidant balance of plant], *Fiziologiya rasteniy* [Vegetable physiology], 2010, V. 57, № 6, pp. 835-840.
22. Rakhmatullina S.R., Fedyaev V.V., Talipov R.F., Rakhmankulova Z.F. *Vliyanie preparata riftal na morfofiziologicheskie parametry prorstkov pshenitsy pri normal'nom i defitsitnom mineral'nom pitanii* [Effect of the drug on the morphological and physiological parameters riftal wheat seedlings under normal and deficient mineral nutrition], *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], 2007, № 5, pp. 42-48.
23. Rogozhin V.V., Sabardakhova M.E., Popova A.S. *Deystvie strofantina na prorstanie semyan* [Action strofantina on seed germination], *Izvestiya TSKhA*, 1996, V. 4, pp. 211-217.
24. Ryabchinskaya T.A., Kharchenko G.L., Sarantseva N.A., Bobreshova I.Yu., Zlotnikov A.K. *Polifunktional'noe deystvie preparata Al'bit pri predposevnoy obrabotke semyan yarovoy pshenitsy* [Multifunctional action of the drug Albite preliminary treatment of seeds of spring wheat] *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], 2009, № 10, pp. 39-47.
25. Sechnyak L.K., Kindruk N.A., Slyusarenko O.K., Ivashchenko V.G., Kuznetsov E.D. *Ekologiya semyan pshenitsy* [Ecology wheat seeds]. Moscow: Kolos, 1983, 349 p.
26. Strona I.G. *Doposevnaya i predposevnaya obrabotka semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Pre-sowing and pre-treatment of crop seeds] Sb. nauchn. tr. Teoriya i praktika predposevnoy obrabotki semyan. Kiev: YuO VASKhNIL, 1984, pp. 5-16.
27. Khataeva L.Yu., Orlova N.S., Klochkova I.N., Suslova T.A., Noritsina M.V. *Izuchenie vliyaniya nekotorykh novykh geterosiklicheskiykh soedineniy na produktivnost' i biokhimicheskiy sostav sortov pshenitsy i tritikale* [Study of the influence of some new heterocyclic compounds on productivity and biochemical composition of wheat and triticale]. Sb. Voprosy genetiki i selektsii zernovykh kul'tur na yugo-vostoke Rossii, Saratovskiy sel'sko-khozyaystvennyy institut, 1993, pp. 141-147.
28. Khristeva L.A., Galushka A.M. *Effektivnost' primeneniya fiziologicheski aktivnykh gumusovykh veshchestv dlya predposevnoy obrabotki semyan* [Efficacy of physiologically active humic substances for treatment of seeds], Sb. nauchn. tr. Teoriya i praktika predposevnoy obrabotki semyan. K.: YuO VASKhNIL, 1984. pp. 16-20.
29. Chzhan Sh, Van M.I., Khu L.Ya., Van S.Sh., Khu K.D., Bao L.I., Lo I.P. *Serovodorod stimuliruet prorstanie semyan pshenitsy pri osmoticheskom stresse* [Hydrogen sulfide stimulates the germination of wheat seeds under osmotic stress], *Fiziologiya rasteniy* [Vegetable physiology], 2010, V. 57, № 4, pp. 571-579.
30. Shakirova F.M., Nurgalieva R.V., Isaev R.F., Maslennikova D.R., Fatkhutdinova R.A., Bezrukova M.V., Lubyanova A.R., Aval'baev A.M., Sakhabutdinova A.R., Khlebnikova T.D. *Vliyanie fetila na gormonal'nyy status rasteniy pshenitsy v ontogeneze v svyazi s ustoychivost'yu k Tilletia caries (DC) Tul* [Fetila influence on the hormonal status of wheat plants in ontogenesis in connection with resistance to *Tilletia caries* (DC) Tul], *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], 2009, № 3, pp. 40-44.
31. Shakirova F.M., Sakhabutdinova A.R., Ishdavletova R.S., Lastochkina O.V. *Vliyanie predobrabotki metilzhasmonatom na ustoychivost' prorstkov pshenitsy k solevomu stressu* [Effect of pretreatment of methyl jasmonate on the stability of wheat seedlings to salt stress], *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], 2010, № 7, pp. 26-32.
32. Shirokikh I.G., Abubakirova R.I., Karpova E.M., Kuchin A.V. *Otsenka Na-soley summy triterpenovykh kislot Abies sibirica L. V kachestve regulatora rosta i stressprotektora yarovoy pshenitsy* [Evaluation of Na-salts sum of triterpenic acids *Abies sibirica* L. As a growth regulator and stressprotektora spring wheat], *Agrokimiya* [Agricultural chemistry], 2007, № 1, pp. 52-56.
33. Eyges N.S. *Vliyanie PABK na sorta ozimoy pshenitsy v usloviyakh proizvodstvennogo opyta* [Effect of PABA on the varieties of winter wheat in the conditions of work experience], Sb. Khimicheskie mutageny i para-aminobenzoyanaya kislota v povyshenii urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Moscow: Nauka, 1989, pp. 38-64.