

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Лесной журнал

Научный журнал

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

4/340

2014

ИЗДАТЕЛЬ – СЕВЕРНЫЙ (АРКТИЧЕСКИЙ)
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

МЕЛЕХОВ В.И. – гл. редактор, д-р техн. наук, проф. (Россия, Архангельск)
БАБИЧ Н.А. – зам. гл. редактора, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Архангельск)
БОГОЛИЦЫН К.Г. – зам. гл. редактора, д-р хим. наук, проф. (Россия, Архангельск)
БЕЛЯКОВА Р.В. – отв. секретарь, засл. работник культуры РФ (Россия, Архангельск)

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Бессчетнов В.П., д-р биол. наук, проф. (Россия, Нижний Новгород)
Ван Хайнинген А., д-р наук, проф. (США, Ороно)
Воронин А.В., д-р техн. наук, проф. (Россия, Петрозаводск)
Гельфанд Е.Д., д-р техн. наук, проф. (Россия, Архангельск)
Камусин А.А., д-р техн. наук, проф. (Россия, Москва)
Кищенко И.Т., д-р биол. наук, проф. (Россия, Петрозаводск)
Кожухов Н.И., д-р экон. наук, проф., академик РАСХН (Россия, Москва)
Куров В.С., д-р техн. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)
Малыгин В.И., д-р техн. наук, проф. (Россия, Северодвинск)
Матвеева Р.Н., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Красноярск)
Мерзленко М.Д., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Москва)
Нимц П., д-р наук, проф. (Швейцария, Цюрих)
Обливин А.Н., д-р техн. наук, проф. (Россия, Москва)
Онегин В.И., д-р техн. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)
Памфилов Е.А., д-р техн. наук, проф. (Россия, Брянск)
Романов Е.М., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Йошкар-Ола)
Рубцов М.В., д-р с.-х. наук, проф., чл.-корр. РАСХН (Россия, Москва)
Сакса Т., д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр. (Финляндия, Хельсинки)
Санаев В.Г., д-р техн. наук, проф. (Россия, Москва)
Селиховкин А.В., д-р биол. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)
Сергеевичев В.В., д-р техн. наук, проф. (Россия, Санкт-Петербург)
Сёренсен У.Я., проф. (Норвегия, Стейнхьер)
Сигурдссон Б.Д., д-р наук, проф. (Исландия, Хваннейри)
Тараканов А.М., д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр. (Россия, Архангельск)
Хакимова Ф.Х., д-р техн. наук, проф. (Россия, Пермь)
Холуша О., д-р наук, проф. (Чехия, Брно)
Черная Н.В., д-р техн. наук, проф. (Белоруссия, Минск)
Черных В.Л., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Йошкар-Ола)
Ширнин Ю.А., д-р техн. наук, проф. (Россия, Йошкар-Ола)
Штукин С.С., д-р с.-х. наук, проф. (Белоруссия, Минск)
Энгельманн Х.-Д., проф., д-р инж. наук (Германия, Эмден)

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

Бабич Н.А. – председатель, д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Архангельск)
Билей П.В., д-р техн. наук, проф., акад. ЛАН Украины (Украина, Львов)
Залесов С.В., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Екатеринбург)
Мясищев Д.Г., д-р техн. наук, проф. (Россия, Архангельск)
Наквасина Е.Н., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Архангельск)
Уголев Б.Н., д-р с.-х. наук, проф. (Россия, Москва)
Хабаров Ю.Г., д-р хим. наук, проф. (Россия, Архангельск)

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION

NORTHERN (ARCTIC) FEDERAL UNIVERSITY
NAMED AFTER M.V. LOMONOSOV

BULLETIN
OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Lesnoy Zhurnal

(Forestry journal)

Scientific journal

Established in 1833
Issued as part of the
“Bulletin of Higher Educational Institutions” since 1958
Published 6 times a year

4/340

2014

PUBLISHER: NORTHERN (ARCTIC)
FEDERAL UNIVERSITY NAMED AFTER M.V. LOMONOSOV

EDITORIAL PANEL:

MELEKHOV V.I. – Editor-in-Chief, Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
BABICH N.A. – Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
BOGOLITSYN K.G. – Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Chemistry, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
BELYAKOVA R.V. – Executive Secretary, Honoured Worker of Culture of the Russian Federation (Russia, Arkhangelsk)

MEMBERS OF THE EDITORIAL PANEL:

Besschetnov V.P., Doctor of Biology, Prof. (Russia, Nizhny Novgorod)
Van Heiningen A., PhD, Prof. (USA, Orono)
Voronin A.V., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Petrozavodsk)
Gelfand E.D., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
Kamusin A.A., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)
Kishchenko I.T., Doctor of Biology, Prof. (Russia, Petrozavodsk)
Kozhukhov N.I., Doctor of Economics, Prof., Member of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Russia, Moscow)
Kurov V.S., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Saint-Petersburg)
Malygin V.I., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Severodvinsk)
Matveeva R.N., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Krasnoyarsk)
Merzlenko M.D., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Moscow)
Niemz P., PhD, Prof. (Switzerland, Zürich)
Oblivin A.N., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)
Onegin V.I., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Saint-Petersburg)
Pamfilov E.A., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Bryansk)
Romanov E.M., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Yoshkar-Ola)
Rubtsov M.V., Doctor of Agriculture, Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Russia, Moscow)
Saksa T., Doctor of Agriculture, Senior Researcher (Finland, Helsinki)
Sanaev V.G., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)
Selikhovkin A.V., Doctor of Biology, Prof. (Russia, Saint-Petersburg)
Sergeevichev V.V., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Saint-Petersburg)
Sørensen O.J., PhD, Prof. (Norway, Steinkjer)
Sigurðsson B.D., PhD, Prof. (Iceland, Hvanneyri)
Tarakanov A.M., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
Khakimova F.Kh., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Perm)
Holuša O., PhD, Prof. (Czech Republic, Brno)
Chernaya N.V., Doctor of Engineering, Professor (Belarus, Minsk)
Chernykh V.L., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Yoshkar-Ola)
Shirnin Yu.A., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Yoshkar-Ola)
Shtukin S.S., Doctor of Agriculture, Prof. (Belarus, Minsk)
Engelmann H.-D., Doctor of Engineering, Prof. (Germany, Emden)

MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Babich N.A. – Chairman, Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
Biley P.V., Doctor of Engineering, Prof., Member of the National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine, Lviv)
Zalesov S.V., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Yekaterinburg)
Myasishchev D.G., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
Nakvasina E.N., Doctor of Agriculture, Prof. (Russia, Arkhangelsk)
Ugolev B.N., Doctor of Engineering, Prof. (Russia, Moscow)
Khabarov Yu.G., Doctor of Chemistry, Prof. (Russia, Arkhangelsk)



СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Б.А. Мочалов.</i> Подготовка почвы и выбор посадочного места при создании лесных культур сосны из семян с закрытыми корнями.....	9
<i>А.С. Новоселов, Г.С. Тутьгин.</i> Смолопродуктивность сосновых древостоев после осушения и комплексной рубки при подсочке с химическим воздействием	19
<i>А.Г. Третьяков.</i> Формирование цен на древесину на корню при частном лесовладении.....	26

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Ю.А. Ширнин, О.Г. Тарасова, А.В. Крнев.</i> Технологический регламент на разработку лесных участков под линейные объекты.....	35
<i>Д.А. Штаборов, В.А. Барабанов, В.Л. Рымашевский.</i> Результаты экспериментальных исследований по разгону моделей линеек из плоских сплоточных единиц.....	44
<i>С.Н. Орловский.</i> Методика расчета рабочего органа грунтомета для тушения кромки лесного низового пожара.....	52

*МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ*

<i>М.В. Дербин, В.М. Дербин.</i> Экспериментальная база для определения формы уплотнительной канавки азростатической опоры.....	61
<i>С.М. Плотников, М.С. Лурье.</i> Моделирование вращательного движения крупно-размерных древесных частиц.....	70
<i>С.П. Агеев.</i> Стохастические закономерности операционных циклов лесопильных рам.....	80
<i>С.В. Ершов, Т.И. Зыкова.</i> О двух подходах к дифференциации цен на пиловочное сырье	90

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Т.В. Торцева, Н.Р. Попова, К.Г. Боголицын.</i> Каталитическая делигнификация целлюлозного полуфабриката молекулярным кислородом в присутствии полиоксометаллатов.....	100
<i>Ю.Л. Юрьев, Н.А. Дроздова.</i> Изучение сорбционных свойств древесного окисленного угля в статических условиях.....	108
<i>Д.Н. Пошина, П.В. Поротова, К.Ю. Терентьев, Д.Г. Чухчин, Л.А. Миловидова, Е.В. Новожилов.</i> Исследование методов активации беленой сульфатной лиственной целлюлозы для повышения ее реакционной способности	113
<i>А.В. Трошина, В.И. Роцин.</i> Групповой состав и свободные кислоты экстрактивных веществ частей кроны лиственницы сибирской.....	125

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- J. Soppela.* Comparative typology about salmon angling as an attraction and interest in salmon rivers of Finnish Lapland and Kola Peninsula..... 136
- В.В. Петрик, М.А. Дербина, А.В. Грязькин.* К вопросу о применении биогумуса в лесохозяйственной практике..... 144
- В.В. Стоянов.* Деревянные конструкции в условиях Европейского Севера..... 149
- Р.Н. Ковалев, С.Н. Боярский.* Анализ состояния автопарка предприятий Свердловской области..... 154

КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Б.Н. Уголев, Г.А. Горбачева, П. Нимц.* Фундаментальные и прикладные исследования древесины в Швейцарской высшей технической школе Цюриха (ETHZ)..... 162

НОВОСТИ НАУКИ

- В.А. Захаренко.* О работе учебно-методического семинара-совещания «Эталонные и рабочие средства измерения в области теплофизики»..... 168

КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Н.А. Бабич.* Новая книга профессора Н.Н. Чернова..... 170



CONTENTS

FORESTRY

<i>B.A. Mochalov.</i> Soil Cultivation and Selection Planting Site Attached to Pine Artificial Stands Creation from Containerized Seedlings.....	9
<i>A.S. Novoselov, G.S. Tutygin.</i> Pine Stands Resin Productivity after Drainage and Complex Cutting at Chemical Action Tapping.....	19
<i>A.G. Tretyakov.</i> Formation of Stumpage Pricing in Private Forests.....	26

WOODEXPLOITATION

<i>Yu.A. Shirnin, O.G. Tarasova, A.V. Krenev.</i> Technologic Schedule on the Timberland Development for Linear Objects.....	35
<i>D.A. Shtaborov, V.A. Barabanov, V.L. Rymashevski.</i> Results of the Experimental Data Analysis of the Flat Rafting Units Assemblies Acceleration.....	44
<i>S.N. Orlovsky.</i> Design Procedure of Ground-Throwing Machine Executive Device for Extinguishing Creeping Fire Borders.....	

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>M.V. Derbin, V.M. Derbin.</i> Experimental Base for Determination Form of the Sealing Gutter Aerostatic Bearing.....	61
<i>S.M. Plotnikov, M.S. Lurie.</i> Modeling of the Rotational Motion of Large-Sized Wood Particles.....	70
<i>S.P. Ageev</i> Stochastic Pattern of the Sash Operating Cycles.....	80
<i>S.V. Ershov, T.I. Zykova.</i> About the Two Approaches to Price Differentiation for Sawlogs.....	90

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>T.V. Tortseva, N.R. Popova, K.G. Bogolitsy.</i> Catalytic Delignification of Cellulose Half-Stuff by Molecular Oxygen Using Polyoxometalates as a Catalysts.....	100
<i>Y.L. Yuriev, N.A. Drozdova.</i> The study of Getter Properties of the Wood-Oxidized Coal in Static Conditions.....	108
<i>D.N. Poshina, P.V. Porotova, K.Y. Terentyev, D.G. Chukhchin, L.A. Milovidova, E.V. Novozhilov.</i> Study of Activation Methods of the Bleached Hardwood Kraft Pulp to Increase its Reactivity.....	113
<i>A.V. Troshina, V.I. Roshchin.</i> Group Composition and Free Acids of Extractive Substances of the Crown Parts of Siberian Larch.....	125

SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING

<i>J. Soppela.</i> Comparative typology about salmon angling as an attraction and interest in salmon rivers of Finnish Lapland and Kola Peninsula.....	136
--	-----

<i>V.V. Petrik, M.A. Derbina, A.V. Gryazkin. On the Use of Vermicompost in Forestry</i>	144
<i>V.V. Stoyanov. Timber Constructions in the European North.....</i>	149
<i>R.N. Kovalev, S.N. Boyarskiy. Analysis of the Bus Fleet State at Enterprises in the Sverdlovsk Region.....</i>	154
<i>CONFERENCES AND MEETINGS</i>	
<i>B.N. Ugolev, G.A. Gorbacheva, P. Nimts. Fundamental and Applied Research on Wood in Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETHZ)</i>	162
<i>NEWS OF SCIENCE</i>	
<i>V.A. Zakharenko. About the Training and Methodological Seminar “The Reference and Ordinary Measuring Instruments in Thermal Physics”.....</i>	168
<i>CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY</i>	
<i>N.A. Babich. New Book of Professor N.N. Chernov.....</i>	170



УДК 630*232.411.1: 630*232.422

ПОДГОТОВКА ПОЧВЫ И ВЫБОР ПОСАДОЧНОГО МЕСТА ПРИ СОЗДАНИИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ ИЗ СЕЯНЦЕВ С ЗАКРЫТЫМИ КОРНЯМИ

© *Б.А. Мочалов, д-р с.-х. наук, проф.*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002
E-mail: b.mochalov@narfu.ru

На сохранность и интенсивность роста культур из посадочного материала с закрытыми корнями влияют почвенное плодородие, способы подготовки почвы и др. факторы. Цель исследований – изучить влияние почвенных условий на рост и развитие посадочного материала с закрытыми корнями в первые годы роста в культурах. В задачу исследований входило определение химических характеристик субстрата на корнях сеянцев и почвы в посадочных местах, а также параметров культур. Объектом исследования являлись культуры сосны из 1-летних сеянцев с закрытыми корнями, высаженными в пласты плуга ПЛ-1-1 и на целине. Почва подзолистая с низким плодородием минеральных горизонтов. В конце второго года после посадки содержание фосфора, калия и азота в субстрате на корнях сеянцев и в смешанных образцах почвы на пластах было в 2 – 12 раз выше, чем в минеральной почве. У сеянцев на пластах общее число корней и количество корней, вышедших из кома субстрата, было в 1,3 – 2,1 раза больше, чем на целине, разница по массе тонких, физиологически активных корней достигала 9,5 раза. Все это обусловило более интенсивный рост культур. В 2-, 4- и 6-летнем возрасте высота, диаметр и прирост по высоте у растений на пластах были в 1,4 – 2,3 раза больше, чем у растений на целине и в разрывах пластов. Установлено, что в посадочных местах при наличии органоминеральных и органогенных горизонтов с определенными водно-физическими свойствами уже на второй год у сеянцев заканчивается «послепосадочный стресс» и начинается активный рост корней и надземной части. В посадочных местах с малоплодородными минеральными почвами у них проявляется эффект хемотропизма, т. е. корни слабо выходят из кома субстрата, что снижает интенсивность роста и обуславливает непропорциональное развитие растений на довольно длительный период. Поэтому при создании культур и подготовке почвы необходимо применять технологии с максимально возможным использованием естественного плодородия почвы.

Ключевые слова: сеянцы сосны с закрытой корневой системой, лесные культуры, плодородие почвы, посадочное место, корни, рост культур.

Использование посадочного материала с закрытыми корнями (ПМЗК) для производства лесных культур является одним из перспективных направлений, так как позволяет удлинить сроки посадки и обеспечивает хороший

рост культур. По данным большинства исследователей приживаемость ПМЗК в культурах в целом характеризуется как высокая, хотя на нее и на интенсивность роста культур влияют способы подготовки и условия увлажнения почвы, размеры посадочного материала и др. факторы [1, 2, 5, 8]. Так, на вырубках с сильно развитой травянистой и кустарничковой растительностью отпад сеянцев с закрытыми корнями может достигать (без уходов) 40...60 % [11], а в культурах на бедных песчаных почвах у ПМЗК наблюдается явление хемотропизма, когда корни слабо выходят из кома субстрата, что приводит к снижению интенсивности роста культур [4, 9].

Цель наших исследований – изучить влияние почвенных условий на рост и развитие посадочного материала с закрытой корневой системой в первые годы роста в культурах. В задачу исследований входило определение физико-химических характеристик субстрата на корнях сеянцев и почвы в посадочных местах и влияния их на рост и развитие корневой системы и надземной части сеянцев в культурах.

Объектом исследования являются культуры сосны, созданные из 1-летних сеянцев с закрытыми корнями, в Вельском лесничестве Архангельской области (средняя подзона тайги). Они заложены на 6-летней вырубке из-под сосняка черничного. Естественное возобновление представлено в основном березой, подрост сосны и ели в небольшом количестве представлен средней и мелкой категориями. В напочвенном покрове преобладают брусника, черника, вейник наземный, щучка дернистая. Почва – подзол маломощный иллювиально-железистый песчаный, развивающийся на тяжелом моренном суглинке. Плодородие минеральных горизонтов очень низкое: содержание гумуса (в разрезе) – 0,48...0,87 %, подвижные фосфор и калий – соответственно 0,65 и 4,8 мг на 100 гр почвы.

Подготовка площади проведена летом предшествующего посадке года раскорчевкой полос шириной 4,0 м и нарезкой борозд (с двумя пластами) осенью плугом ПЛ-1-1. Схема размещения посадочных мест: в ряду – 0,7...0,8 м, между рядами – в среднем 4,0 м (между рядами, посаженными по двум пластам борозды – 1,5 м, между парой рядов – 6,5 м). Посадка 1-летних сеянцев сосны с закрытыми корнями проведена посадочными трубами (поттипутками). Густота посадки 3000 шт./га. Приживаемость на осень первого и третьего годов составляла соответственно 94,5 и 93,4 %. Сеянцы выращивали в кассетах «Пант-81» с ячейками 4,5×4,5×7,0 см на субстрате из смеси верхового и переходного торфа с внесением комплексного минерального удобрения в основную заправку и при подкормках.

Особенностью данных культур является посадка сеянцев в пласт и, частично, по целине (рядом с пластом и в разрывах пластов). При посадке в пласт корнезакрывающий ком субстрата большей частью длины попадает в сдвоенный погребенный слой подстилки, при посадке на целине он практически полностью располагается в наиболее бедном подзолистом горизонте. В целом культуры в конце четвертого и шестого годов роста имеют хорошее

состояние, высокую сохранность, в пластах начинается смыкание крон вдоль ряда. Растения сосны, посаженные по пластам, имеют примерно одинаковую высоту с естественным возобновлением березы и визуально отличаются значительно большими размерами от сосен, посаженных по целине.

Различия в росте растений на пластах и целине отмечаются уже к концу второго года после посадки. Анализ развития сенцев в культурах показывает их прямую зависимость от агрохимических свойств почвы в посадочных местах. Во второй половине вегетационного периода на пласту и целине были выкопаны сеянцы с комом субстрата. Для проведения химических анализов субстрат, оставшийся на корнях сеянцев, и минеральная почва в зоне корней на целине были взяты как индивидуальные образцы. Для общей характеристики почвенных условий в пластах и на целине были отобраны смешанные образцы почвы.

Результаты анализов образцов (табл. 1) показывают, что по реакции среды (почвенного раствора) субстрат и минеральная почва входят в одну группу кислотности (сильнокислые), а по обеспеченности основными элементами питания различия очень большие. Содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) в субстрате в 3,2 и 4,5 раза выше, чем в минеральной почве, азота (щелочногидролизуемого) – в 10,8 раза. Зольность в субстрате значительно ниже, чем в почве, но несколько выше, чем у переходного торфа при забивке в кассеты, где она составляет около 40,0 % [6]. Это обусловлено началом минерализации органического вещества субстрата и попаданием минеральных частиц при отборе образца. Высокое содержание органического вещества в коме субстрата (44,0 %), вокруг корней сеянца, в сравнении с минеральной почвой (3,6 %), обуславливает более благоприятные водно-физические условия его роста и развития.

Таблица 1

Химическая характеристика почвы на второй год после посадки ПМЗК

Почвенные образцы и место их отбора	Зольность, %	Гигроскопичность, %	рН	Подвижные формы, мг/100 г почвы		Азот щелочногидролизуемый, мг/кг почвы
				P_2O_5	K_2O	
<i>Индивидуальные образцы в посадочных местах</i>						
Субстрат ПМЗК	56,0	4,92	3,75	25,8	23,5	242,6
Минеральная почва	96,4	0,69	3,80	8,0	5,2	22,4
<i>Смешанные образцы</i>						
Пласт	–	–	3,72	12,5	15,0	438,2
Целина	–	–	3,95	следы	1,6	183,4

В смешанных образцах почвы, отобранных на пластах, содержание подвижных соединений фосфора и калия несколько меньше, чем в субстрате на корнях сеянца, но значительно больше, чем в образцах на целине. Кроме того, в них имеется наибольшее количество щелочногидролизуемого азота. Более высокое содержание подвижных элементов питания в образцах с пластов обусловлено большим количеством органики в спаренных горизонтах лесной подстилки (A_0). Известно, что органика в минеральной почве, тем более в сдвоенной подстилке в пластах, наряду с агрохимическими свойствами, коренным образом изменяет и водно-физические характеристики почвы, что оказывает значительное влияние на рост и развитие культур [7].

У сеянцев на пластах на второй год после посадки все параметры надземной части были значительно выше, чем у сеянцев на целине (табл. 2). Превышения по высоте и диаметру составили соответственно 72,9 и 85,7 %. Влияние высокого плодородия почвы на рост и развитие сеянцев в культурах начинает сильно проявляться уже на второй год после посадки. Если в первый год прирост в высоту на пластах был на 41,8 % больше, чем на целине, то на второй год этот показатель увеличился в 2,3 раза.

Таблица 2

**Показатели развития сеянцев в конце второго года после посадки в культуры
(в расчете на одно растение)**

Показатель	Место посадки		Различия, %
	Пласт	Целина	
Высота, см	38,2	22,1	72,9
Прирост, см:			
в первый год	9,5	6,7	41,8
на второй год	23,7	10,4	127,9
Диаметр у шейки корня, см	1,3	0,7	85,7
Длина хвои, см	8,0	4,7	70,0
Число корней, шт.	89	67	32,8
В том числе вышло из кома субстрата	62	46	34,8
Из них:			
корни первого порядка	31	15	106,7
крупные (диаметр >1 мм)	16	0	–
Общая масса в абс. сухом состоянии, г	33,1	2,5	13,2*
В том числе:			
надземная часть	26,1	2,2	11,9*
корни тонкие (< 1 мм)	1,9	0,2	9,5*

* Данные приведены в разгах.

Отмечены существенные различия в развитии корневой системы. Общее число корней у сеянцев на пластах на 32,8 % больше, чем на целине. Особенно большое значение имеет выход корней из кома субстрата в окружающую почву. По общему количеству корней различия между пластами и целиной составляли 34,8 %, по корням первого порядка и проводящим (диаметр > 1 мм) – более чем в 2 раза. На пластах корни выходят из кома субстрата в органогенный и органоминеральный слои подстилки и в минеральную часть почвы с относительно высоким содержанием элементов питания. Наличие значительного числа корней первого порядка и толстых (диаметр > 1,0 мм) дает основание предполагать, что выход корней из кома субстрата начинается уже в год посадки, на второй год у сеянцев в пластах заканчивается «послепосадочный стресс» и начинается активный рост.

В посадочном месте на целине при меньшем общем числе корней, вышедших из кома субстрата, практически нет толстых (диаметр > 1 мм) проводящих корней. Очевидно, что на целине выход корней из кома начинается в основном на второй год после посадки. При этом общее число мелких физиологически активных корней, судя по массе, то же намного меньше. Замедленный выход корней сеянцев из кома субстрата в бедную элементами питания минеральную почву на целине указывает на наличие хемотропизма. Поскольку процесс гумификации прикорневого субстрата растягивается на продолжительный срок, то значительная часть корней будет находиться в коме, а их развитие в слабо окультуренной почве минеральных горизонтов будет замедленным. Вполне естественно, что данное положение будет негативно сказываться на росте и развитии культур. Замеры, проведенные в более старшем возрасте, подтверждают это.

Известно, что при подготовке почвы под лесные культуры на вырубке нарезкой борозд качество плужных пластов часто не соответствует требованиям [10]. Нарушения заключаются в разрывах пластов, недостаточном формировании минеральной части и подстилки пласта, недостаточном обороте пласта и др. Кроме того, при посадке по пластам и при недостаточном обучении исполнителей сеянцы высаживают не в середину, а в край пласта, где бывает только подстилка с тонким слоем минеральной почвы или только небольшой слой минеральной почвы. В этом случае ком субстрата с корнями сеянца при посадке попадает большей своей частью в минеральный, чаще подзолистый, горизонт. Причинами нарушения строения пластов служат пни, корни деревьев, микрорельеф, валеж, порубочные остатки и др.

В 4-летних культурах для определения влияния посадки сеянцев в различных условиях пластов и на целине было предложено два варианта замеров: в первом варианте измерено по 80 растений одного ряда с посадкой по центру пласта (левый пласт) и одного ряда по целине (рядом с правым пластом), во втором варианте на шести рядах культур измерено 192 растения с посадкой в середине и по краям пластов (по их ширине) и 181 растение за пластом и в разрывах пластов. В табл. 3 приведены средние данные по замерам. Ошибка опыта в пластах составляла 1,7...2,5 %, по целине – 2,1...3,7 %, вариабельность – соответственно 15,2...30,4 и 24,9...41,6 %.

Таблица 3

Средние показатели роста 4-летних культур сосны

Место посадки	Число замеренных деревьев, шт.	Высота, см	Диаметр у шейки корня, мм	Прирост в высоту, см по годам			Ширина кроны, см, вдоль ряда культур
				2-й	3-й	4-й	
<i>Вариант 1</i>							
Центр пласта	80	104,4	26,7	23,1	32,6	36,6	69,3
Целина	80	65,7	14,1	13,2	18,5	27,2	39,3
Различия, %	–	59	89	75	76	35	76
t_{ϕ}^*	–	14,9	16,0	13,8	13,7	8,6	15,9
<i>Вариант 2</i>							
По всему пласту	192	94,1	23,7	20,5	29,3	35,2	59,3
Разрывы пластов	181	71,4	17,0	14,2	20,3	29,1	40,7
Различия, %	–	32	39	44	44	21	46
t_{ϕ}^{**}	–	10,4	9,1	10,3	11,1	7,3	11,9

* Достоверные различия, $t_{0,95} = 1,99$.

** $t_{0,95} = 1,98$.

Приведенные данные показывают, что условия посадочного места оказывают существенное влияние на рост и развитие культур на 2-й – 4-й годы после посадки. У растений, посаженных по центру пласта, биометрические показатели и развитие кроны выше на 35...89 %, чем у растений на целине, и на 11...17 % (на достоверном уровне), чем у растений на пластах с нарушенным строением. При расположении растений в разных частях пласта, а также на плохо сформированных пластах, различия в размерах культур по сравнению с растениями на целине несколько снижаются, но остаются высокими (21...46 %) и на достоверном уровне. Кроме того, растения, посаженные на краю пласта, ближнем к борозде, развивают однобокую корневую систему, что снижает их ветроустойчивость. Явления ветровала сосен, посаженных в кромку пласта на суглинистых почвах, отмечены нами в березово-сосновых 30-летних культурах.

Замеры культур в 6-летнем возрасте показали, что различия в росте растений на пластах и на целине продолжают сохраняться (табл. 4). Особенно значительные различия отмечены по диаметру на высоте груди и по объему стволика. У сосны на пластах уже интенсивно идет смыкание крон в рядах и начинается между рядами по пластам одной борозды.

Анализ хода роста культур за 6 лет период с года посадки показывает, что преимущество в развитии корней и росте у сеянцев на пластах продолжает сохраняться весь этот период. Если различия по высоте и приросту в высоту в 5 – 6-летнем возрасте имеют примерно одинаковые значения (23...40 %),

Таблица 4

Средние размеры 6-летних культур сосны

Показатель	Место посадки		Различие	
	Пласт	Целина	%	t_{Φ}^*
Высота, см	191,2±7,07	155,0±6,20	23,4	3,8
Диаметр, мм:				
у шейки корня	41,8±1,41	26,3±1,17	58,9	8,5
на 0,1 м	38,5±1,28	24,4±1,17	57,8	8,1
на 1,3 м	17,3±0,95	8,1±1,01	113,6	6,6
Прирост в высоту, см:				
на 5-й год	51,7±1,47	36,9±2,03	40,1	5,7
на 6-й год	44,7±1,47	35,7±1,61	25,2	4,1
Ширина кроны, см:				
вдоль	100,3±1,94	78,0±2,82	28,6	6,5
поперек	105,9±2,8	75,5±3,03	40,3	7,4
Объем стволика**, м ³	0,00066	0,00020	–	–

* $t_{st} = 2,0$ при $p = 0,95$.

** Определено по табл. 3.2 «Лесотаксационного справочника для северо-востока Европейской части СССР» [3].

то различия по диаметру и объему стволика значительны (в 2–3 раза больше). Это подтверждает, что на пластах больше развивается корневая система растений и имеется лучшая, чем на целине, база для обеспечения растений элементами питания.

Исследования в культурах сосны в черничных и кисличных типах условий [5], показали, что у сеянцев с открытыми корнями в плужных пластах ход роста в высоту и по диаметру практически идентичен сеянцам с закрытыми корнями. Это косвенно подтверждает, что в пластах создаются благоприятные условия роста и развития корней и для посадочного материала с открытой корневой системой.

Проведенные исследования показали, что при подготовке почвы под культуры и создании культур необходимо стремиться к максимально возможному использованию естественного плодородия почвы, т. е. чтобы при посадке корневая система сеянцев большей своей частью располагалась в органо-генном или органо-минеральном горизонтах. Последние должны иметь оптимальные для роста и развития корней водно-физические свойства, в частности, по плотности и пористости. Наиболее полно таким требованиям отвечают качественно выполненные плужные пласты и микроповышения, создаваемые оборачиванием верхних слоев почвы и формированием сдвоенных органо-генных горизонтов на уровне расположения корней сеянцев. Интенсивный рост культур в первые годы после посадки является залогом их сохранности.

Они быстрее выходят из-под влияния травостоя по световому режиму и опасности завала опадом (ветошью), в результате чего снижаются количество и интенсивность трудоемких и дорогостоящих агротехнических (и лесоводственных) уходов за культурами.

Важными условиями успешности культур являются обучение исполнителей (сажальщиков) перед началом посадочных работ с теоретическим обоснованием качества работ и практическим показом на участке создаваемых культур правил выбора посадочного места, а также контроль за соблюдением качества посадки и заделки корней и кома субстрата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жигунов А.В.* Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. СПб., 2000. 294 с.
2. *Жигунов А.В., Шевчук С.В.* Лесные культуры сосны и ели из посадочного материала, выращенного комбинированным методом // Лесн. журн. 2006. № 6. С. 13–19. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Лесотаксационный справочник для северо-востока Европейской части СССР. Нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР. Архангельск, 1986. 357 с.
4. *Майсеенок А.П., Копытков В.В.* Рост культур сосны, созданных различным посадочным материалом // Лесн. хоз-во. № 3. 1993. С. 32–33.
5. *Мочалов Б.А.* Использование разных видов посадочного материала для лесовосстановления в зоне тайги европейской части России // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере: сб. науч. тр. СевНИИЛХ. Архангельск, 2005. С. 123–136.
6. *Мочалов Б.А., Мочалова Г.А.* К оценке субстратов для выращивания сеянцев сосны с закрытыми корнями // Генезис, география, антропогенные изменения и плодородие почв. Сибирцевские чтения: тр. XI съезда РГО. Т. 6. СПб., 2000. С. 85–86.
7. *Мочалов Б.А., Сеньков А.О., Мочалова Г.А., Артемьева Н.Р.* Изменение условий среды на вырубке при подготовке почвы и влияние их на рост культур сосны из сеянцев с закрытыми корнями // Сохраним планету Земля: сб. докл. Междунар. экологического форума, 1–5 марта 2004 г. СПб., 2004. С. 333–337.
8. *Мочалов Б.А., Сеньков А.О.* Рост сеянцев сосны с закрытыми и открытыми корнями в культурах таежной зоны // Лесн. журн. 2007. № 4. С. 144–146. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. *Родин А.Р.* Явление хемотропизма при создании культур хвойных пород саженцами с закрытой корневой системой // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: межвуз. сб. науч. тр. ЛТА. Л., 1978. Вып. 7. С. 98–102.
10. *Синников А.С., Мочалов Б.А., Ярков В.И.* Качество подготовки почвы плугом ПКЛ-70 на свежей вырубке // Материалы годичной научной сессии за 1972 г. Архангельск: АИЛиЛХ, 1973. С. 60–61.
11. *Alm A.A.* Status of containerized forest seedling research in Minnesota // Minn. Acad. Sci. J. 1975. 41. P. 18–21.

Поступила 28.02.12

Soil Cultivation and Selection Planting Site Attached to Pine Artificial Stands Creation from Containerized Seedlings

B.A. Mochalov, Doctor of Agriculture

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia
E-mail: b.mochalov@narfu.ru

The soil fertility, soil cultivation methods and other factors affect safety and growth intensity of containerized planting material. The aim of the research is to study the influence of soil conditions on the growth intensity of containerized planting material growth and development in the first years of growth in croppers. The aim of the research included determination of chemical characteristics of substrate on seedling roots and soil in planting spots, and also cropper parameters. The object of the research is pine cropper from the 1-year containerized seedlings, planted on layers of the plough PL-1 and on the virgin soil. The soil is podzol with low fertility of mineral horizons. At the end of the second year of growth the content of phosphorous, potassium and nitrogen on the substrate on seedling roots and in mixed soil samples on the layers was 2-12 times higher than in mineral soil. The seedlings on the layers had total amount of roots emerged from the substrate which was 1,3 – 2,1 times more than on the virgin soil; the difference of weight of thin, physiologically active roots reached 9,5 times. All this has conditioned more intense growth of the croppers. In the age of 2, 4 and 6 years height, diameter and amount of growth of the plants on layers were 1,4 – 2,3 times higher than of those on the virgin soil and in the layer breaks. It has been stated that “after-planting stress” of the seedlings in the planting spots with organic-mineral and organogenic horizons possessing certain hydrophysical properties ends on the second year already, and active growth of roots and above-ground part begins. The effect of chemotropism develops in the planting material in the planting spots with low-fertile mineral soils, i.e. the roots weakly emerge from the substrate which decreases the growth intensity and conditions disproportionate development of plant for a long period. That is why it is necessary to apply the technologies with maximum possible use of the natural soil fertility at cropper creation and soil cultivation.

Keywords: containerized seedlings of pine, artificial crops, soil productivity, planting spot, roots, cropper growth.

REFERENCES

1. Zhigunov A.V. *Teoriya i praktika vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Theory and Practice of Containerized Planting Material Growing]. St.-Petersburg, 2000. 294 p.
2. Zhigunov A.V., Shevchuk S.V. Lesnye kul'tury sosny i eli iz posadochnogo materiala, vyrashchennogo kombinirovannym metodom [Forest Cultures of Pine and Spruce from Planting Material Grown by Combined Method]. *Lesnoy zhurnal*, 2006, no. 6, pp. 13–19.
3. *Forest Inventory Guide for the North-East of the European Part of the USSR* (Standards for the Arkhangelsk and Vologda Regions, and the Komi ASSR). Arkhangelsk, 1986. 357 p. (in Russian)
4. Maiseenok A. P., Kopytkov V.V. Rost kul'tur sosny, sozdannykh razlichnym posadochnym materialom [Growth of Pine Cropper, Created Using Different Planting Material]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1993, no. 3, pp. 32–33.

5. Mochalov B.A. Ispol'zovanie raznykh vidov posadochnogo materiala dlya lesovosstanovleniya v zone taygi Evropeyskoy chasti Rossii [Using of Different Types of Planting Material for Reforestation on the European Part of Russia]. *Voprosy taezhnogo lesovodstva na Evropeyskom Severe : sb. nauch. tr.* [Issues of the Taiga Silviculture on the European North: Collected Papers]. Arkhangelsk, 2005. pp. 123–136.

6. Mochalov B.A., Mochalova G.A. K otsenke substratov dlya vyrashchivaniya seyantsev sosny s zakrytymi kornyami [On the assessment of Substrates for Containerized Pine Seedlings Growing]. *Genezis, geografiya, antropogennye izmeneniya i plodorodie pochv. Sibirtsevskie chteniya. Trudy XI s"ezda RGO* [Genesis, Geography, Anthropogenic Changes and Soil Fertility. Sibirtsev's Readings. Proceeding of the 11th RGS congress]. St.-Petersburg, 2000, vol. 6, pp. 85–86.

7. Mochalov B.A., Senkov A.O., Mochalova G.A., Artemyeva N.R.. Izmenenie usloviy sredy na vyrubke pri podgotovke pochvy i vliyanie ikh na rost kul'tur sosny iz seyantsev s zakrytymi kornyami [Environment Conditions Changes in Cutting Area when Soil Cultivation and Their Affection on Growth of Pine Croppers Obtained from Containerized Pine Seedlings]. *Sokhranim planetu Zemlya: sb. dokl. Mezhdunar. Ekologicheskogo foruma, 1-5 marta 2004 goda* [Save the Planet Earth: Proc. Int. Ecol. Forum]. 1–5 March 2004, pp. 333–337.

8. Mochalov B.A., Senkov A.O. Rost seyantsev sosny s zakrytymi i otkrytymi kornyami v kul'turakh taezhnoy zony [Growth of Bare-root and Containerized Pine Seedlings in Cultures of Taiga Zone]. *Lesnoy zhurnal*, 2007, no. 4, pp. 144–146.

9. Rodin A. R. Yavlenie khemotropizma pri sozdanii kul'tur khvoynykh porod sazhentsami s zakrytoy kornevoy sistemoy [Chemotropism effect at creating Coniferous Species Cultures Using Containerized Seedlings] *Lesovodstvo, lesnye kul'tury i pochvovedenie. Mezhdvuz. Sborn. nauchn. Tr.* [Forestry, Artificial Crops and Forest Soils: Collected Papers]. Leningrad, 1987, iss. 7, pp. 98 – 102.

10. Sinnikov A.S., Mochalov B.A., Yarkov V.I. Kachestvo podgotovki pochvy plugom PKL-70 na svezhey vyrubke [Plow (PKL-70) Soil Preparation Quality on Fresh Cutting Area]. *Materialy godichnoy nauchnoy sessii za 1972 god* [Materials of Year Science Session for 1972]. Arkhangelsk, 1973. pp. 60–61.

11. Alm A.A. *Status of containerized forest seedling research in Minnesota*. Minn. Acad. Sci. J. 1975. 41. pp. 18–21.

УДК 630*284.2:630*385.1

СМОЛОПРОДУКТИВНОСТЬ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ПОСЛЕ ОСУШЕНИЯ И КОМПЛЕКСНОЙ РУБКИ ПРИ ПОДСОЧКЕ С ХИМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

© *А.С. Новоселов¹, канд. с-х. наук, доц.*

Г.С. Тутыгин², канд. с-х. наук, доц.

¹Вологодский государственный технический университет, ул. Ленина, 15, г. Вологда, Россия, 160000

E-mail: tolyannow@mail.ru

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, ул. Набережная Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002

E-mail: g.tutygin@narfu.ru

По результатам исследований 2011 г., проведенных в Сокольском районе Вологодской области, сделан ряд выводов о влиянии экспериментального неагрессивного стимулятора смолы выделения на смолопродуктивность осушаемых сосновых древостоев, претерпевших влияние несплошной рубки в 2005 г. В качестве объектов исследования были выбраны осушаемые сосняки на переходной торфяной залежи с проведенной в них комплексной рубкой и древостой той же породы в естественно-заболоченных условиях (контроль). Древостой после рубки характеризуется IV классом бонитета и умеренно-интенсивной выборкой деревьев по запасу (40 %).

Было установлено, что на выделение живицы у заболоченного (контрольного) осоково-сфагнового сосняка стимулятор влияет отрицательно. На объекте несплошной (комплексной) рубки полученные результаты свидетельствуют о преждевременности опытной подсочки, указывая на продолжающуюся стрессовую ситуацию осушаемого древостоя. Теснота связи между выходом живицы с карры и таксационным диаметром при подсочке со стимулятором высокая, т. е. чем полндревеснее стволы сосны, тем больше живицы можно получить при их подсочке.

В целом экспериментальный стимулятор оказал позитивное воздействие на выход живицы при подсочке в осушаемом и пройденном несплошной рубкой сосняке, что подтвердило целесообразность применения такого рода веществ при заготовке живицы в аналогичных условиях.

Ключевые слова: подсочка сосны, сосновая живица, гидролесомелиорация, несплошная рубка, смолопродуктивность, сосновый древостой, стимулятор смолы выделения.

Введение

Пути многоцелевого использования сосновых насаждений в настоящее время четко определены. Особенно актуальна максимальная эксплуатация объектов гидролесомелиорации.

В настоящее время имеется много публикаций об эффективности применения стимуляторов при подсочке суходольных сосняков [4–7, 10 и др.] и подробно отражены аспекты влияния стимуляторов на смолопродуктивность сосняков, пройденных рубками ухода [5, 7, 12 и др.].

Публикации о влиянии лесосушения на смолопродуктивность сосняков и воздействии стимуляторов на выход живицы можно встретить в регулярных изданиях и монографиях [5– 9, 11 и др.]. Однако на сегодняшний день не достаточно изученным остается вопрос воздействия неагрессивных стимуляторов при подсочке осушаемых древостоев сосны, претерпевших стресс после проведения в них сплошной рубки. Именно этот аспект послужил целью проведенного в 2011 г. научного эксперимента и настоящей публикации.

Объекты исследования и методика работ

В качестве объектов исследования были выбраны осушаемые сосняки с переходной торфяной почвой (мощность до 30 см), пройденные в 2005 г. комплексной рубкой (стационар «Дор») и контрольный неосушенный древостой сосны (стационар «Кузнецово») с переходной торфяной залежью в Сокольском районе Вологодской области.

На каждой из трех пробных площадей (ПП) в опытную подсочку вовлекалось не менее 60 экз. деревьев сосны обыкновенной. Древостой на пробах разбивали на две группы по 30 экз., одну из которых подсачивали с водным раствором неагрессивного стимулятора [1], другую – без стимулятора.

Опытную подсочку проводили согласно ОСТ [3]. На каждом дереве на высоте 1,3 м выполняли «подрумянивание» и проводили желобок. В качестве приемников для живицы использовали полиэтиленовые пакеты, устанавливаемые «в шап». Первые «усы» и регулярные подновки при обычной подсочке наносили универсальным хаком с резцом № 1. Подсочку сосен проводили в период с июля по август восходящим способом односторонней каррой шириной 10 см с шагом 12 мм, углом 45° и глубиной подновки 4 мм. Пауза вздымки составляла 3,5 дн. На каждом объекте было выполнено восемь обходов.

Для подсочки с неагрессивным стимулятором использовали пневмохак 3ВМ. Параметры подсочки были идентичны подсочке без стимулятора. В конце вздымки выполнено подеревное взвешивание накопившейся в приемниках живицы на технических электронных весах CAS SW-05 с точностью ± 1 г.

Смолопродуктивность оценивали по выходу живицы с карродециметрподновки (КДП). Для изучения температурного режима почв (на поверхности и на глубине 10 и 20 см) и воздуха на высоте расположения карр использовали электронный термометр для торфяных почв. Лесотаксационные показатели устанавливали согласно общепринятой в лесоводстве методике и справочным данным [2].

Результаты и их обсуждение

Осушаемые насаждения (табл. 1) характеризуются IV бонитетом и умеренно-высокой интенсивностью выборки древостоя (40 % по запасу). В последние годы (2010 – 2011 гг.) засуха в летние месяцы привела к тому, что с территории осушаемых сосняков (из корнеобитаемого слоя) полностью отводилась избыточная влага и в летнюю межень в руслах каналов не было воды.

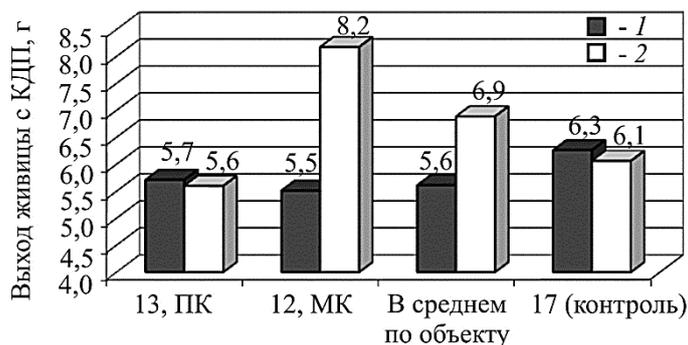
Таблица 1

Таксационная характеристика пробных площадей

Номер ПП	Индекс типа леса	Со-став	Средние показатели				Полнота		По-рода	За-пас, м ³ /га
			Воз-раст, лет	Вы-со-та, м	Диа-метр, см	Гу-стога, экз./га	абсо-лют-ная, м ² /га	от-но-ситель-ная		
17 (контроль)	С. оск.-сф.	9С1Б	120	12,5	15,8	1511	27,9	1,0	С	160
				11,0	11,9		2,4	0,1	Б	11
12	С. чер., ос.	9С1Е	63	19,0	17,5	407	9,6	0,3	С	87
				14,0	13,6		0,6	0,1	Е	4
13	С. чер., ос.	10С	66	21	16,5	800	18	0,5	С	168

В ходе эксперимента температура воздуха на высоте нахождения карр в дневное время большей частью находилась на отметке 30 °С, почва на глубине 20 см прогревалась до 15 °С. Известно, что повышенная (свыше 25 °С) температура воздуха в дневные часы может отрицательно сказаться на выделении живицы [2], что отражают и наши данные (см. рисунок).

Выход сосновой живицы с КДП: 1 – обычная подсочка; 2 – подсочка с неагрессивным стимулятором (ПК – приканальное положение проб, МК – межканальное положение проб)



Согласно классификации В.И. Суханова по выходу живицы с КДП [2], при обычной подсочке этот показатель соответствует категории низкой смолопродуктивности. При воздействии стимулятора смолопродуктивность возрастает до средней. В неосушенном древостое смолопродуктивность находится в средней категории. Можно полагать, что последнее является следствием достаточной для нормальной жизнедеятельности деревьев влажности почвы. Тем не менее, как видно из гистограммы (см. рисунок), при подсочке со стимулятором выход живицы с КДП на ПП 12 достиг высокой отметки (> 8,0 г).

Для выявления степени влияния стимулятора (табл. 2) необходимо учесть диаметр импактных деревьев, т. е. установить истинную нагрузку деревьев каррами и провести перерасчет (для нивелирования этого показателя) на нагрузку в 50,0 %. Действие стимулятора оказалось наивысшим в межканальной полосе (40,4%) и соответствовало эффективности экстракта или настоя кормовых дрожжей. В приканальной полосе результаты подсочки

гораздо хуже. Последнее связано с близостью расположения деревьев к мелиоративному каналу и искусственно увеличенной изреженностью древостоя, способствующих усилению движения воздушных масс и продолжению адаптационного процесса после рубки. В неосушенном сосняке применение стимулятора на 4,5 % снизило выход живицы относительно ее валовой массы при обычной подсочке.

Таблица 2

Смолопродуктивность сосновых древостоев

Номер ПП*	Градация	Средние показатели $\pm m_M^{**}$			
		Таксационный диаметр заподсоченных деревьев, см	Общая масса живицы с дециметровой карры, г	Фактическая нагрузка деревьев каррами, %	Выход живицы, г, при перерасчете на нагрузку в 50 %
12 (МК)	Обычная подсочка	20,1 \pm 0,93	44,1 \pm 4,74	17,4 \pm 1,27	141,3 \pm 19,21
	Подсочка с неагрессивным стимулятором	22,6 \pm 0,32	65,4 \pm 5,30	14,2 \pm 0,22	236,9 \pm 21,42
	Воздействие стимулятора, %	–	32,6	–	40,4
13 (ПК)	Обычная подсочка	18,6 \pm 0,47	45,7 \pm 2,98	17,5 \pm 0,46	136,4 \pm 11,21
	Подсочка с неагрессивным стимулятором	19,8 \pm 0,50	44,8 \pm 2,54	16,4 \pm 0,41	138,9 \pm 8,30
	Воздействие стимулятора, %	–	–2,0	–	1,8
В среднем по объекту	Обычная подсочка	19,3 \pm 0,75	44,9 \pm 3,96	17,4 \pm 0,96	138,9 \pm 15,74
	Подсочка с неагрессивным стимулятором	21,2 \pm 0,49	55,1 \pm 4,55	15,3 \pm 0,38	187,9 \pm 18,48
	Воздействие стимулятора, %	–	18,5	–	26,1
17 (контроль)	Обычная подсочка	19,8 \pm 0,85	50,1 \pm 5,64	16,9 \pm 0,74	165,3 \pm 24,51
	Подсочка с неагрессивным стимулятором	20,0 \pm 0,78	48,5 \pm 3,71	16,7 \pm 0,73	158,1 \pm 15,07
	Воздействие стимулятора, %	–	–3,3	–	–4,5

*Здесь и далее, в табл. 3, индекс типа леса и формулу состава древостоя ПП см. в табл. 1.

** m_M – ошибка среднего значения.

В среднем на объекте комплексной рубки неагрессивный стимулятор положительно повлиял на увеличение выхода живицы из поранений (26 %), что несколько ниже, чем в приведенных литературных данных по использованию дрожжевых стимуляторов для подсочки осушаемых сосновых древостоев [8–10 и др.].

Для анализа тесноты связи между диаметрами заподсоченных деревьев и расчетными выходами живицы с карр при нагрузке 50 % воспользовались корреляцией Пирсона. Наибольшей она (табл. 3) оказалась при подсочке со стимулятором в межканальном пространстве (ПП 12, корреляция высокая) и приканальной полосе при обычной подсочке (ПП 13, корреляция высокая). В большинстве случаев при подсочке со стимулятором связь варьирует от слабой до умеренной.

Таблица 3

Теснота связи между выходом сосновой живицы с карры и диаметром деревьев на высоте груди

Номер ПП	Градация	Коэффициент корреляции и его достоверность	
		r	t
12 (МК)	Обычная подсочка	0,23	1,26
	Подсочка с неагрессивным стимулятором	0,57	4,77
13 (ПК)	Обычная подсочка	0,52	3,72
	Подсочка с неагрессивным стимулятором	-0,08	-0,47
В среднем по объекту	Обычная подсочка	0,31	2,52
	Подсочка с неагрессивным стимулятором	0,40	3,86
17 (контроль)	Обычная подсочка	0,44	2,89
	Подсочка с неагрессивным стимулятором	0,39	2,60

Выводы

1. Установлено, что древостой на объекте комплексной рубки испытывает стресс после интенсивного изреживания, в связи с чем средняя на межканальной полосе смолопродуктивность без химического воздействия низкая (5,6 г с КДП).

2. Выявлено положительное влияние неагрессивного стимулятора на увеличение валового выхода живицы при подсочке осушаемых и пройденных комплексной рубкой сосняков.

3. Теснота связи между выходом живицы с карры и таксационным диаметром при подсочке со стимулятором оценивается как высокая, т. е., чем полндревеснее стволы сосны, тем больше живицы можно получить при их подсочке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. 1550649 СССР, А 01 G 23/10. Стимулятор для подсочки деревьев хвойных пород / Гельфанд Е.Д., Тутыгин Г.С., Невмержицкий Ю.Н. 1989. Бюл. № 44.
2. Лесотаксационный справочник для Северо-востока Европейской части СССР (нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР). Архангельск: АИЛ и ЛХ, 1986. 358 с.
3. Новоселов А.А. Влияние среднего диаметра ствола на смолопродуктивность сосновых древостоев на торфяных почвах после лесохозяйственных мероприятий // Лесн. журн. 2012. № 6. С. 37–43. (Изв. высш. учеб. заведений).

4. Петерсон О.А. Лесоводственно-технологическое обоснование применения новых химических стимуляторов при подсочке сосны обыкновенной в условиях Среднего Урала: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Свердловск, 1974. 26 с.
5. Петрик В.В., Высоцкий А.А., Фролов Ю.А., Подольская В.А. Методы повышения смолопродуктивности сосняков. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2006. 200 с.
6. Суханов В.И., Дружинин Н.А., Бобрецов П.Е. Влияние гидролесомелиорации на смолопродуктивность заболоченных сосновых насаждений // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1977 г. Архангельск: АИЛиЛХ, 1984. С. 55–57.
7. Суханов В.И., Ярунов А.С., Петрик В.В., Федяев А.Л. Технологические и лесоводственные методы интенсификации подсочки сосновых насаждений. Архангельск: АИЛиЛХ, 1991. 32 с.
8. Федяев А.Л. Влияние осушения на смолопродуктивность сосновых древостоев Вологодской области и эффективность их промышленной подсочки: дис. ... канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 1995. 167 с.
9. Федяев А.Л., Суханов В.И., Петрик В.В. Эффективность подсочки осушенных сосняков Вологодской области // Повышение продуктивности лесов Европейского Севера. Архангельск: АИЛ и ЛХ, 1992. С. 191–198.
10. Фролов Ю.А. Лесоводственно-биологические и технологические основы подсочки сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). СПб.: СПбНИИЛХ, 2001. 448 с.
11. Фролов Ю.А., Подольская В.А., Александров В.В., Федяев А.Л. Совершенствование технологии и расширение лесосырьевой базы подсочки сосны в Европейской части России. СПб.: СПбНИИЛХ, 1995. 104 с.
12. Чудный А.В. Рубки ухода на селекционной основе как метод формирования высокосмолопродуктивных насаждений сосны // Лесн. хоз-во. 1969. № 6. С. 65–67.

Поступила 02.11.11

Pine Stands Resin Productivity after Drainage and Complex Cutting at Chemical Action Tapping

A.S. Novoselov¹, Candidate of Agriculture, Associate Professor

G.S. Tutygin², Candidate of Agriculture, doz.

¹Vologda State Technical University, Lenina, 15, Vologda, 160000, Russia

E-mail: tolyannow@mail.ru

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia

E-mail: g.tutygin@narfu.ru

The analysis has been made according to the results of research of 2011 in the Sokol Area of the Vologda Region, and it has resulted in some conclusions about the impact of experimental non-aggressive resin exudation stimulator on resin productivity of drained pine stands, undergone the influence of discontinuous cutting in 2005. The dried pine forests on transitional peat deposit with complex cutting as well as pine stands in naturally waterlogged conditions was chosen as objects of the research (to control the results). After cutting the stand are characterized by IV class of forest site and moderately intensive trees selection by a stock (40 %).

It has been determined that the stimulator has negative influence on galipot exudation of a waterlogged sedge-sphagnous pine tree (the control one). At the place of discontinuous (complex) cutting the received results indicate prematurity experimental tapping, pointing out to continued stressful situation of the drained stand. The closeness of the link between galipot output from a resin blaze and taxational diameter at stimulator tapping is high, that is, the more full-boled trunks of pines are, the more galipot can be got by their tapping.

In general, the experimental stimulator has had positive influence on the galipot output at tapping in a drained pine forest with discontinuous cutting; it has shown expediency of application such agents at galipot production under the similar conditions.

Keywords: pine tapping, pine galipot, hydroforestmelioration, discontinuous cutting, resin productivity, pine stand; resin exudation stimulator.

REFERENCES

1. Gel'fand E.D., Tutygin G.S. *Nevmerzhitskiy Yu.N. Stimulyator dlya podsochki derev'ev khvoynykh porod* [Stimulator for Conifer Tapping]. Certificate of Authorship (the USSR), no. 1550649, 1989.
2. *Forest Inventory Guide for the North-East of the European Part of the USSR* (Standards for the Arkhangelsk and Vologda Regions, and the Komi ASSR). Arkhangelsk, 1986. 358 p. (in Russian)
3. Novosyolov A.S. Vliyanie srednego diametra stvola na smoloproduktivnost' sosnovykh drevostoev na torfyanykh pochvakh posle lesokhozyaystvennykh meropriyatiy [Link Between Inventory Diameter and Resin Productivity of the Pine Stands on Peat Soils Subsequent to Silvicultural Practice]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no.6, pp. 37-43.
4. Peterson O.A. Lesovodstvenno-tekhnologicheskoe obosnovanie primeneniya novykh khimicheskikh stimulyatorov pri podsochke sosny obyknovnoy v usloviyakh Srednego Urala: avtopref. dis. ... kand. s.-kh. nauk [Forestry and Technological Rationale for the Application of New Chemical Stimulators at Scots Pine Tapping in the Middle Urals conditions: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs.] Sverdlovsk, 1974. 26 p.
5. Petrik V.V., Vysotskiy A.A., Frolov Yu.A., Podol'skaya V.A. *Metody povysheniya smoloproduktivnosti sosnyakov* [Methods to Increase Pine Trees Resin Productivity] Arkhangelsk, 2006. 200 p.
6. Sukhanov V.I., Druzhinin N.A., Bobretsov P.E. Vliyanie gidrolesomelioratsii na smoloproduktivnost' zabolochennykh sosnovykh nasazhdeniy [The Influence of Hydroforestmelioration on Resin Productivity of Waterlogged Pine Trees] *Materialy otchetnoy sessii po itogam NIR za 1977 g.* [Proceedings of Accounting Session – Results of 1977 Research Effort] Arkhangelsk, 1984. pp. 55–57.
7. Sukhanov V.I., Yarusov A.S., Petrik V.V., Fedyaev A.L. *Tekhnologicheskie i lesovodstvennye metody intensivifikatsii podsochki sosnovykh nasazhdeniy* [Technological and Forestry Methods of Intensifying of Pine Trees Tapping]. Arkhangelsk, 1991. 32 p.
8. Fedyaev A.L. *Vliyanie osusheniya na smoloproduktivnost' sosnovykh drevostoev Vologodskoy oblasti i effektivnost' ikh promyshlennoy podsochki*: dis. ... kand. s.-kh. nauk [The Influence of Drainage on Resin Productivity of Pine Stands in the Vologda Region and the Efficiency of Their Industrial Tapping: Cand. Agric. Sci. Diss.]. Yekaterinburg, 1995. 167 p.
9. Fedyaev A.L., Sukhanov V.I., Petrik V.V. *Effektivnost' podsochki osushennykh sosnyakov Vologodskoy oblasti* [The Efficiency of Drained Pine Trees Tapping in the Vologda Region]. *Povyshenie produktivnosti lesov Evropeyskogo Severa* [The Increase of Forest Productivity in the European North]. Arkhangelsk, 1992. pp. 191–198.
10. Frolov Yu.A. *Lesovodstvenno-biologicheskie i tekhnologicheskie osnovy podsochki sosny obyknovnoy (Pinus Sylvestris L.)* [Forestry-Biological and Technological Foundations of Scots Pine Tapping (Pinus Sylvestris L.)] St.-Petersburg, 2001. 448 p.
11. Frolov Yu.A., Podol'skaya V.A., Aleksandrov V.V., Fedyaev A.L. *Sovershenstvovanie tekhnologii i rasshirenie lesosyr'evoy bazy podsochki sosny v Evropeyskoy chasti Rossii* [Improving of the Technology and Expansion of Forest Resources of Pine Tapping in European Part of Russia]. St.-Petersburg, 1995. 104 p.
12. Chudnyi A.V. *Rubki ukhoda na selektsionnoy osnove kak metod formirovaniya vysokosmoloproduktivnykh nasazhdeniy sosny* [Thinning on Selection Basis as a Method of Forming High Resin Productivity of Pine Trees]. *Lesnoe khozyaystvo*, Moscow, 1969, no. 6, pp. 65–67.

УДК 630*61

ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕН НА ДРЕВЕСИНУ НА КОРНЮ ПРИ ЧАСТНОМ ЛЕСОВЛАДЕНИИ

© *А.Г. Третьяков, канд. эконом. наук*

Федеральное агентство лесного хозяйства, ул. Пятницкая, 59/19, Москва, Россия, 115184

E-mail: tretyakov@rosleshoz.ru

Изучен опыт зарубежных стран в формировании цен на древесину на корню при частном лесовладении. Рассмотрены экономические отношения в системе частного лесовладения, регулируемые лесным и налоговым законодательствами, а также механизм формирования цен на лесные ресурсы при частном лесовладении, определяемый по методу установления лесной ренты, и требования к уровню попенной платы со стороны лесовладельцев. Проанализированы используемые в зарубежной практике системы налогообложения, оказывающие влияние на уровень попенной платы и на принятие частными лесовладельцами экономических решений. В качестве объектов изучения выбраны страны с преимущественно частным лесовладением – Швеция и Финляндия. На примере налогообложения частных лесовладельцев в Швеции рассмотрен механизм, обеспечивающий стимулирование инвестиций в лесохозяйственное производство.

Ключевые слова: частные леса, лесовладелец, цена древесины на корню, лесная рента, налогообложение, организация лесного хозяйства.

Экономическая эффективность ведения лесного хозяйства в значительной степени определяется уровнем развития экономических отношений в данном секторе экономики, в том числе системой формирования лесного дохода. Механизм установления цен на лесные ресурсы и, в первую очередь, на древесину на корню предопределяет уровень доходов собственника лесов, его финансовые возможности по осуществлению воспроизводства, охраны и защиты лесов. Современный уровень развития лесного хозяйства в Российской Федерации в значительной мере формируется такими экономическими условиями, при которых поступление в федеральный бюджет от использования лесов значительно ниже расходов федерального бюджета на ведение лесного хозяйства. Результаты анализа зарубежного опыта в области экономической оценки лесных ресурсов и ценообразования на них могут быть использованы при формировании нашей государственной политики в рассматриваемой сфере лесных отношений.

В мировой зарубежной практике из трех экономических систем ведения лесного хозяйства [1] можно выделить две основные: рыночную систему организации лесного хозяйства с частным лесовладением и регулируемые рыночные отношения с различными формами собственности на леса. Третья система – централизованно планируемая с бюджетным финансированием лесохозяйственной деятельности, в настоящее время используется только в неко-

торых странах (Куба и Монголия) [3], но она не соответствует требованиям развития рыночных отношений в лесном хозяйстве.

Ранее нами [2] на примере Канады были рассмотрены вопросы формирования рыночных цен древесины на корню для условий, когда осуществляется государственное регулирование лесного хозяйства в условиях рыночной экономики при обеспечении баланса интересов государства и предприятий, осуществляющих лесозаготовки.

В данной статье рассмотрены механизмы формирования цены на древесину при преимущественно частном лесовладении. Частное лесовладение широко распространено в странах Европы и США. Это обусловлено историческими традициями, высокой транспортной доступностью лесов и большой плотностью населения.

Ниже приведен перечень стран в порядке снижения процента частных лесов на их территории [5, 6]: Норвегия (86 %), Словения (77 %), Дания (75 %), Австрия (74 %), Франция (74 %), Швеция (73 %), Испания (71 %), Финляндия (70 %), Великобритания (67 %), Италия (66 %), Исландия (60 %), США (56 %), Эстония (53 %), Латвия (50 %), Сербия (49 %), Германия (48 %), Словакия (46 %), Венгрия (40 %), Литва (36 %), Румыния (32 %), Хорватия (27 %), Чехия (23 %), Греция (22 %), Польша (18 %), Болгария (11 %).

Частными лесовладельцами являются физические лица (граждане) и юридические лица (частные лесные компании, организации).

В странах Европы основная доля частных лесов принадлежит частным лесовладельцам: в Финляндии количество – около 500 тыс., в Швеции – около 600 тыс., в каждой из стран Балтии – более 100 тыс. В США число частных лесовладений составляет около 11 млн, они занимают 56 % лесной территории страны.

Отношения в системе частного лесовладения регулируются лесным и налоговым законодательствами.

Частный собственник:

распоряжается лесной землей, всеми видами лесных ресурсов, а также другими ресурсами, не связанными с лесом (внутренними водоемами, запасами минеральных ископаемых);

имеет право на продажу лесной земли полностью или частично в соответствии с установленными законодательством процедурами;

свободен в принятии решений, не противоречащих лесному законодательству и связанных с использованием лесных ресурсов, в частности с заготовкой древесины, руководствуясь только экономическими соображениями и не имея таких ограничений, как размер расчетной лесосеки;

обязан извещать орган государственной власти в области управления лесами о всех мероприятиях, предполагающих хозяйственную деятельность в лесу (рубка леса, реконструкция насаждений, строительство дорог и т.п.);

следовать всем ограничениям в использовании лесов и других видах хозяйственной деятельности, установленным лесным и природоохранным законодательствами; должен платить налоги в соответствии с требованиями налогового законодательства и проводить все мероприятия по лесовосстановлению

за свой счет или с привлечением бюджетных субсидий, если это разрешено законодательством.

Как и в случае с управлением государственными лесами, цена на лесные ресурсы при частном лесовладении определяется по методу установления лесной ренты в пользу лесовладельца на базе остаточной стоимости по следующей формуле:

$$P = R - C, \quad (1)$$

где P – лесная рента, реализуемая в виде рыночной цены ресурса, при заготовке древесины ее цена на корню выражается попенной платой, или корневой стоимостью;

R – доход лесовладельца от реализации лесного ресурса по ценам круглых лесоматериалов;

C – текущие затраты на заготовку древесины и ее доставку к пунктам продажи.

В текущие затраты входят: расходы на оплату труда наемной рабочей силы; расходы на содержание и эксплуатацию техники; прибыль на используемый капитал; налоги на имущество.

В текущие затраты не входят расходы на проведение лесохозяйственных работ в соответствии с лесным планом лесовладельца. Финансирование лесохозяйственных работ и уплата налогов на собственность осуществляется за счет лесного дохода, полученного от взимания попенной платы с получателей древесины на корню.

В силу сказанного при определении попенной платы в виде рыночной цены должно соблюдаться следующее правило:

$$P \geq C_f + t, \quad (2)$$

где C_f – затраты на проведение лесохозяйственных работ в соответствии с лесным планом;

t – налоговые выплаты.

В первую очередь, при рассмотрении затрат на проведение лесохозяйственных работ, учитывают средства на оплату лесовосстановительных работ и работ по уходу за лесом.

Обязательность лесовосстановления на вырубках с последующим уходом за молодняками является законодательной основой частного лесовладения. Механизмом реализации данного требования выступает лесной план лесовладельца, который разрабатывается с привлечением специалистов и подлежит согласованию с территориальным органом управления лесами.

В тех странах, где разрешено бюджетное субсидирование расходов на ведение лесного хозяйства*, частный лесовладелец может получить субсидию

* В настоящее время из всех стран, входящих в Евросоюз, только Финляндии в порядке исключения разрешено бюджетное субсидирование лесохозяйственных работ, выполняемых частными лесовладельцами.

при условии, если проведение мероприятия обусловлено лесным планом и поддерживается органом государственной власти [7].

При определении рыночной цены древесины на корню доход лесовладельца зависит от цен на круглые лесоматериалы и принимаемого им решения, в каком виде будет продан ресурс.

При этом для лесовладельца есть три варианта для принятия решений.

1. Продать древесину на корню, полностью устранившись от выполнения хозяйственных работ по заготовке и транспортировке древесины. В этом случае условие эффективности продажи выражается формулой (2) и определяется уровнем рыночных цен древесины на корню.

2. Заготовить древесину собственными силами и продать ее в круглом виде, тогда условие эффективности приобретает следующий вид:

$$R_f - C_1 \geq C_f + t, \quad (3)$$

где R_f – цена древесины в круглом виде с учетом сортиментного состава при ее реализации на определенном франко;

C_1 – затраты лесовладельца на заготовку и транспортировку круглого леса.

3. Заготовить древесину силами подрядчика (контрактора) и продать ее в круглом виде. Условие эффективности меняется по сравнению с предыдущим вариантом и имеет следующий вид:

$$R_f - C_2 \geq C_f + t, \quad (4)$$

где C_2 – затраты на оплату услуг подрядчика (контрактора) при выполнении им работ по заготовке и транспортировке древесины.

Из сравнения трех подходов можно сделать вывод, что во всех случаях главным определителем размера и дифференциации попенной платы являются цены на лесопroduкцию, прежде всего цены на продукцию ее конечного потребления.

Прогноз динамики попенной платы во всех странах основан на динамике цен на продукцию конечного потребления (пиломатериалы, фанера, целлюлоза, бумага и т.п.). Во всех странах интересы отдельных частных лесовладельцев представляют их ассоциации (добровольные объединения), проводящие большую аналитическую работу по сбору и анализу информации, необходимой для расчета ставок попенной платы и принятия рекомендаций по уровню и дифференциации последней. При этом конкретные решения по установлению размеров ставок принимаются только частным лесовладельцем в результате переговорного процесса, второй стороной которого выступает покупатель либо древесины на корню, либо заготовленных круглых лесоматериалов.

В странах Европы, которые являются членами Евросоюза, ассоциациям лесовладельцев запрещено принимать подобные решения в целях поддержания конкурентной рыночной среды на рынке древесины на корню. Именно этот фактор делает оценку рыночной стоимости лесных ресурсов (древесины на корню) при частном лесовладении наиболее эффективным инструментом,

позволяющим получать достоверные данные об уровне рыночных цен на древесину на корню.

Наряду с затратами на ведение лесохозяйственных работ, большую роль в установлении попенной платы играет система налогообложения частных лесовладельцев. Через систему налогообложения государство может оказывать большое влияние на формирование попенной платы, не прибегая при этом к мерам административного воздействия [4].

Системы налогообложения частных лесовладельцев различаются по странам и являются элементами их национальной политики. В основе различий лежит выбор налогооблагаемой базы, которую могут представлять:

текущий годовой расчетный прирост древесины в стоимостном выражении. Эта система эффективно использовалась в практике налогообложения частных лесовладельцев в Финляндии (в 1992 г. она была заменена более удобной для администрирования системой);

фактический доход от продажи древесины на корню или круглых лесоматериалов. Система используется в скандинавских странах и странах Прибалтики. На эту систему после 1992 г. перешла и Финляндия;

стоимостная оценка лесных земель как имущества, осуществляемая налоговыми органами (США).

Для экономической оценки лесных ресурсов наиболее интересна система, которая применялась в Финляндии до 1992 г. Суть этой системы заключается в следующем.

1. Текущий годовой расчетный прирост устанавливался исходя из характеристик лесного участка, находящегося в частной собственности (бонитет, продуктивность, породный состав и т.п.).

2. Расчетный лесной доход лесовладельца в стоимостном выражении определялся умножением годового текущего прироста на действовавшие в регионе ставки попенной платы.

3. Расчетный лесной доход приравнивался к реальным доходам лесовладельца, полученным от других видов деятельности.

4. Налог взимался с суммарного дохода по ставкам существовавшей прогрессивной шкалы и поступал в бюджет.

Для иллюстрации этого ниже приведен пример.

Исходные данные: площадь участка под частным владением – 50 га; годовой расчетный текущий прирост (определяется по лесоводственным таблицам) – 3 м³/га; средняя ставка попенной платы в регионе – 20 евро; ставка подоходного налога – 30 %.

Результаты расчета:

валовый расчетный лесной доход

$$20 \cdot 50 \cdot 3 = 3000 \text{ евро};$$

сумма налога с лесного дохода

$$3000 \cdot 0,3 = 900 \text{ евро}.$$

Рассмотренный выше механизм взимания налогов с частных лесовладельцев создал экономические условия для замены сплошных рубок выборочными, когда лесной доход, необходимый для ежегодного внесения налогов, поступал лесовладельцу периодически, а не один раз при проведении главной рубки.

Когда была достигнута цель перевода пользования древесиной на выборочные рубки, названный механизм был заменен на менее трудоемкий в исполнении метод налогообложения, который иллюстрируется опытом Швеции, где 73 % лесов находится в частной собственности.

Доход от взимания попенной платы приравнивается по условиям налогообложения к любому другому заработанному доходу. Ставки налога устанавливаются таким образом, чтобы стимулировать вложения финансовых средств в проведение лесохозяйственных мероприятий, поскольку эти средства, как и любые другие инвестиции, освобождаются от уплаты налогов. 40 % дохода облагаются налогом в тот год, когда лесовладелец получает доход. Оставшаяся часть дохода (60 %) хранится на специальном (лесном) счете в банке максимум 10 лет. Эта часть дохода облагается лишь тогда, когда деньги снимаются со счета. Лесовладелец может снимать деньги со счета в любое время при соблюдении одного условия, что все деньги со счета должны быть сняты за 10-летний период.

Поскольку в Швеции применяется прогрессивная система налогообложения, лесовладелец должен планировать свои доходы и расходы так, чтобы минимизировать налоговые выплаты. Такой подход иллюстрирует приводимый ниже пример.

Гражданин с годовой зарплатой 200 тыс. швед. крон имеет частный лес. В 2005 г. владелец провел главную рубку, обеспечившую ему дополнительный доход в 100 тыс. крон. Согласно лесному плану в 2007 г. он провел лесовосстановление на вырубке с затратами 10 тыс. крон, а в 2013 г. запланировал выполнить осветление и прочистки с затратами 5 тыс. крон.

Ниже, в таблице, приведено распределение дохода лесовладельца по годам.

Вначале 60 % дохода (60 тыс. швед. крон) направляются на специальный счет, а затем лесовладелец действует так, как показано в таблице.

При рассмотренной системе лесовладелец распределяет свой доход, уменьшая налоговые выплаты и осуществляя финансирование лесохозяйственных мероприятий.

Приведенный пример свидетельствует о том, что налогообложение частных лесовладельцев не только должно выполнять фискальные задачи, но и стимулировать инвестиции в лесохозяйственное производство, поскольку такого рода инвестиции не облагаются налогом.

**Условный пример налогообложения частного лесовладельца (опыт Швеции)
на базе его фактических доходов, тыс. швед. крон**

Год	Годовая зарплата владельца	Доход от заготовки древесины	Расходы на лесное хозяйство	Доход в качестве налогооблагаемой базы
2005	200	40,0	–	240,0
2006	200	4,5	–	204,5
2007	200	14,5	10	204,5
2008	200	4,5	–	204,5
2009	200	4,5	–	204,5
2010	200	4,5	–	204,5
2011	200	4,5	–	204,5
2012	200	4,5	–	204,5
2013	200	9,5	5	204,5
2014	200	4,5	–	204,5
2015	200	4,5	–	204,5
Итого	2200	100	15	2285,0

Добавим еще ряд положений, которые характеризуют экономические отношения при частном лесовладении.

1. Плата взимается только с фактически заготовленной и доставленной в пункты потребления древесины, причем обмер древесины в большинстве стран производится независимой организацией.

2. Если частные леса интегрированы в промышленную компанию, то попенная плата в данном случае отсутствует. При этом лесопромышленная компания проводит все лесохозяйственные работы за счет собственных доходов. Государство предъявляет требования только к соблюдению компанией природоохранных и экологических стандартов.

3. Законодательство по частным лесам устанавливает свободный и бесплатный доступ населения в леса для целей рекреации, сбора дикорастущих грибов и ягод.

В странах с высокой долей частных лесов уровень платы лесовладельцам за древесину на корню значительно выше, чем в странах, где преобладают леса в государственной собственности, что позволяет производителям аккумулировать финансовые средства для расширенного воспроизводства лесных ресурсов. Причинами высокого уровня платы за древесину являются наличие конкурентных рынков с большим количеством продавцов и покупателей, а также более высокая ответственность частных лесовладельцев за управление затратами на заготовку древесины и проведение лесохозяйственных мероприятий, которая воспитывалась и формировалась на протяжении столетий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайсумова Л.Д., Бирсов А.Х. Анализ зарубежного и отечественного опыта организации лесоуправления и лесопользования // Эконом. вестн. Ростовского гос. ун-та. 2007. № 4, ч. 2. С. 80–84.
2. Третьяков А.Г. Формирование рыночных цен на древесину на корню провинций Канады // Лесн. вестн. 2014. Т. 18, № 3. С. 32–42.
3. Хозяинов А.С., Большаков Н.М. Изучение зарубежного опыта организации государственного управления воспроизводством лесов: США, Канада, Финляндия // Вестн. Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского гос. ун-та. 2012. № 2.
4. Экономические отношения в лесном хозяйстве: зарубежный и отечественный опыт // Материалы науч.-практ. конф. «Развитие лесного сектора Российской Федерации: вызов рынка», 19 июня 2012 г. 98 с.
5. Smith B.W., Miles P.D., Perry Ch.H., Pugh S.A. Forest Resources of the United States, 2007. A Technical Document Supporting the Forest Service 2010 RPA Assessment. 348 p.
6. State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. FOREST EUROPE, Liaison Unit Oslo, 2011. 344 p.
7. State of Finland's Forest 2011. Forest research institute (Metla), Ministry of agriculture and forestry. 2011. 98 p.

Поступила 21.01.14

Formation of Stumpage Pricing in Private Forests

A.G. Tretyakov, Candidate of Economics

Federal Forestry Agency, Pyatnitskaya street, 59/19, Moscow, 115184, Russia
E-mail: tretyakov@rosleshoz.ru

The article is dedicated to the research experience of foreign countries in the formation of stumpage prices in private forests. The objects of study are the countries with predominantly private forests – Sweden and Finland. The author examined economic relations in private forests, pricing mechanism for forest resources in private forests which is determined by the method of establishing the timber rent and requirements of forest owners to the level of stumpage fees. The article also includes the analysis of international tax systems practice that affects the level of stumpage prices and private forest owners' economic decisions. The mechanism of incentive investments in forestry production is examined through the example of taxation of private forest owners in Sweden.

Keywords: private forests, the forest owner, stumpage price, timber rent, taxation, organisation of forestry.

REFERENCES

1. Gaysumova L.D., Birsov A.Kh. Analiz zarubezhnogo i otechestvennogo opyta organizatsii lesoupravleniya i lesopol'zovaniya [Analysis of Foreign and Domestic Experience of Forest Management Organization]. *Ekonomicheskiy vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2007, no. 4, pp.80-84.
 2. Tret'yakov A.G. Formirovanie rynochnykh tsen na drevesinu na kornyu provintsiy Kanady [Formation of Market Stumpage Prices in the Canadian Provinces] *Lesnoy vestnik*, 2014, vol. 18, no.3, pp. 32-42.
 3. Khozyainov A.S., Bol'shakov N.M. Izuchenie zarubezhnogo opyta organizatsii gosudarstvennogo upravleniya vosproizvodstvom lesov: SShA, Kanada, Finlyandiya [Study of foreign experience in organizing government reforestation: United States, Canada, Finland]. *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo tsentra korporativnogo prava, upravleniya i venchurnogo investirovaniya Syktyvskarskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, no. 2.
 4. Ekonomicheskie otnosheniya v lesnom khozyaystve: zarubezhnyy i otechestvennyy opyt [Economic relations in the forestry sector: foreign and domestic experience]. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Razvitie lesnogo sektora Rossiyskoy Federatsii: vyzov rynka»* [Proc. of the Scientific-Practical Conference "Development of the Forest Sector in the Russian Federation: the Challenge of the Market"]. June 19, 2012. 98 p.
 5. Smith B. W., Miles P. D., Perry Ch. H., Pugh S. A. *Forest Resources of the United States, 2007*. A Technical Document Supporting the Forest Service 2010 RPA Assessment. 348 p.
 6. State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe. *Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. FOREST EUROPE*, Liaison Unit Oslo, 2011. 344 p.
 7. State of Finland's forest 2011. Forest research institute (Metla), Ministry of agriculture and forestry. 2011. 98 p.
-



УДК 630*3

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ НА РАЗРАБОТКУ ЛЕСНЫХ УЧАСТКОВ ПОД ЛИНЕЙНЫЕ ОБЪЕКТЫ

© Ю.А. Ширнин, д-р техн. наук, проф.

О.Г. Тарасова, канд. техн. наук, доц.

А.В. Кренин, асп.

Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, 3,

г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия, 424000

E-mail: shirninya@volgatech.net

Предложен технологический регламент на работы по заготовке и вывозке древесины на лесных участках, выделенных под линейные объекты: нефтегазопроводы, линии электропередач, дороги и др.

Подробно изложены технологические операции, осуществляемые на линейных объектах, рассмотрено обустройство вдоль трассовых проездов путем укладки порубочных остатков в будущую дорогу.

Разрубка линейных объектов на лесных территориях имеет свои специфические особенности, поэтому разработка документации, обеспечивающей необходимой и достаточной информацией процессы управления, заготовки и вывозки древесины, является залогом качественного выполнения работ. Технический регламент позволяет устанавливать в комплексе способы производства, технологические нормативы; технические средства; условия и порядок выполнения технологических операций; обеспечивающих получение готовой продукции (объекта) с показателями качества, которые отвечают требованиям нормативных или технических документов; безопасность ведения работ и достижение оптимальных технико-экономических показателей.

Технологические операции, рассмотренные в регламенте:

вынос в натуру и закрепление на местности всех основных точек, определяющих положение трассы;

валка деревьев и укладка их по обе стороны от полосы движения;

валка, перемещение и укладка деревьев на середину пачки со второй ленты;

очистка деревьев от сучьев с последующей укладкой в будущую дорогу;

валка, укладка и очистка деревьев на следующих участках трассы;

погрузка и вывозка сортиментов;

контроль качества трассы и дороги.

Работы по техническому регламенту обеспечиваются принятыми правовыми актами, правилами промышленной безопасности производственных объектов, общими правилами пожаробезопасности для соответствующих видов производств, требованиями техники безопасности, рекомендациями, руководящими документами и т.д.

Предложенный способ разрубки трасс с одновременным обустройством лесовозной дороги рекомендуется применять при работе на переувлажненных грунтах на вывозке

заготовленной древесины. Порядок выполнения технического регламента возможно использовать при обучении операторов валочно-сучкорезно-раскряжовочной машины.

Ключевые слова: линейные объекты, разработка лесных территорий, заготовка и вывозка древесины, технологический регламент.

Одна из основных задач для выполнения строительно-монтажных работ при прокладке по лесным территориям НПП, ЛЭП и других объектов – разрубка линейных объектов на этих территориях, имеющая свои специфические особенности [3, 4]. Разработка документации, обеспечивающей необходимой и достаточной информацией процессы управления [11], заготовки и вывозки древесины, является залогом качественного выполнения работ.

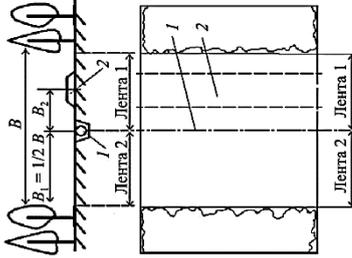
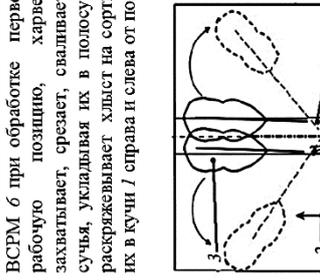
Цель данной статьи – разработка технологического регламента (ТР) на работы по заготовке и вывозке древесины на лесных участках, выделенных под линейные объекты.

Предметом исследования являются обусловленные техническими документами технологические операции по заготовке и вывозке древесины на линейных объектах, обустройство трассовых проездов путем укладки порубочных остатков в будущую дорогу.

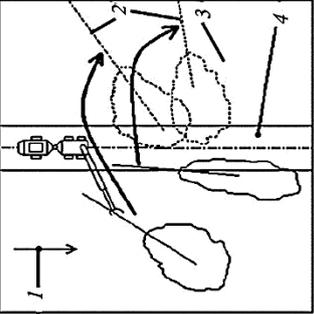
Анализ основных документов Единой системы технологических документов (ЕСТД) по ГОСТ 3.1102 [2] позволил установить, что ТР не входит в данный перечень документов, однако многие промышленные предприятия предпочитают разрабатывать внутренний технический нормативный документ организации, являющийся основным рабочим документом для инженерно-технического персонала и рабочих, поскольку он в комплексе устанавливает способы производства, технологические нормативы; технические средства; условия и порядок выполнения технологических операций, обеспечивающих получение готовой продукции (объекта) с показателями качества, отвечающими требованиям нормативных или технических документов; безопасность ведения работ и достижение оптимальных технико-экономических показателей [10]. Работы по ТР регламентируются правовыми актами, правилами промышленной безопасности производственных объектов, общими правилами пожаробезопасности для соответствующих видов производств, требованиями техники безопасности, рекомендациями, руководящими документами и т.д. [1, 4–9].

Наличие ТР на работы по разрубке трассы позволит совершенствовать организацию, планирование, осуществление работ и оценку соответствия полученных результатов установленным требованиям. Процесс разработки лесных территорий трасс линейных объектов (НПП, ЛЭП, дорог и т.д.) может осуществляться при использовании различных комплектов машин.

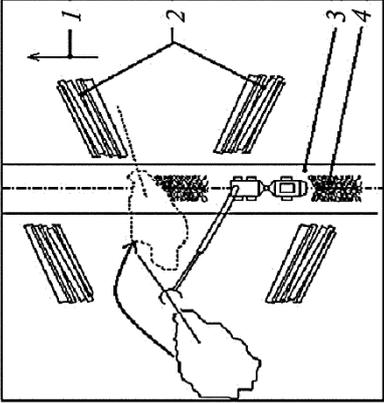
В данной работе рассматривается использование валочно-сучкорезно-раскряжовочной машины (ВСРМ) и самопогружающегося автопоезда [7]. Краткая версия технологического регламента представлена в таблице.

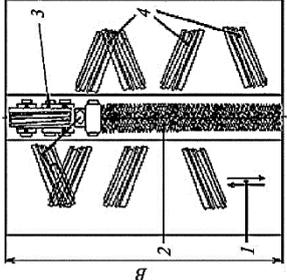
Технологическая операция	Оборудование (нормативный документ)	Описание и (или) схема технологической операции	Нормативные и технические документы	Контролируемые параметры
<p>1. Вынос в натуру и закрепление на местности всех основных точек, определяющих положение трассы.</p>	<p>Нивелир ЗН-5Л (ГОСТ 10528-90). Теодолит ТТ-30 (ГОСТ 10529-96).</p>	 <p>Рис. 1. Схема операции 1: 1 – ось трубопровода; 2 – полоса будущей дороги</p>	<p>СНиП 3.01.01-85. Организация строительного производства. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. СП 103-34-96. Свод правил по сооружению магистральных газопроводов. Подготовка строительной полосы.</p>	<p>Направление и ширина <i>B</i> отводной полосы леса под линейный объект 1.</p>
<p>2. Валка деревьев и укладка их по обе стороны от полосы движения.</p>	<p>Валочно-сучкорезно-раскряжовочная машина Valmet 911.</p>	<p>ВСРМ 6 при обработке первой ленты 4 занимает рабочую позицию, харвестерной головкой захватывает, срезает, сваливает дерево 3, обрезает сучья, укладывая их в полосу своего движения 5, раскряжовывает хлыст на сорimente и укладывает их в кучи 1 справа и слева от полосы.</p>  <p>Рис. 2. Схема по операции: 1 – сорimente; 2 – направление движения ВСРМ; 3 – поваленное дерево в первой позиции; 4 – первая лента; 5 – рубочные остатки; 6 – харвестер</p>	<p>ГОСТ 12.3.015-78 ССБТ. Работы лесозаготовительные. Требования безопасности. ГОСТ Р ИСО 11850-2005. Машины для леса самоходные. Требования безопасности.</p>	<p>1) Количество сваленных деревьев (объем заготовленной древесины). 2) Расположение штабелей сорimente относительно трассы дороги. 3) Чистота обработанной первой ленты (наличие и высота пеньков от сваленных деревьев). 4) Положение порубочных остатков на будущей трассе дороги.</p>

Продолжение таблицы

Технологическая операция	Оборудование (нормативный документ)	Описание и (или) схема технологической операции	Нормативные и технические документы	Контролируемые параметры
3. Валка, перемещение и укладка деревьев на середину ласеки со второй ленты.	Валочно-сучкорено-раскряжовочная машина Valmet 911.	<p>Описание и (или) схема технологической операции</p>  <p>Рис. 3. Схема операции 3: 1 – направление движения ВСКМ; 2 – положение деревьев после валки, перемещения и укладки; 3 – середина трассы; 4 – вторая лента</p> <p>ВСКМ, обработав деревья на рабочей позиции и пройдя расстояние, равное, например, половине длины ленты набора пачки автопоезда, разворачивается и пересажает на вторую ленту, на которой при движении в обратном направлении деревья после срезания укладываются комлевой частью на полном вылете манипулятора в сторону первой ленты.</p>	<p>Нормативные и технические документы</p> <p>ГОСТ Р ИСО 11850–2005 Машины для леса самходильные. Требования безопасности.</p>	<p>Контролируемые параметры</p> <p>1) Положение сваленных и уложенных деревьев со второй ленты. 2) Чистота трассы на второй ленте (наличие и высота пеньков от сваленных деревьев). 3) Расположение штабелей сортиментов относительно трассы дороги.</p>

Продолжение таблицы

Технологическая операция	Оборудование (нормативный документ)	Описание и (или) схема технологической операции	Нормативные и технические документы	Контролируемые параметры
<p>4. Очистка деревьев от сучьев с последующей укладкой в будущую дорогу.</p>	<p>Валочно-сучкорено-раскряжовочная машина Valmet 911.</p>	 <p>Рис. 4. Схема операции 4: 1 – направление движения ВСРМ; 2 – сортименты; 3 – первая лента; 4 – полоса уложенных сучьев</p> <p>ВСРМ, обработав вторую ленту, возвращается на первую ленту и, двигаясь по полосе уложенных сучьев, обрабатывает уложенные со второй ленты деревья, укладывая полученные сортименты рядом с трассой будущей лесовозной дороги в кучи, сучья – на трассу будущей дороги.</p>	<p>ГОСТ Р ИСО 11850–2005. Машинны для леса самоходные. Требования безопасности.</p>	<p>Параметры будущей дороги из порубочных остатков (высота и ширина, плотность укладки порубочных остатков).</p>
<p>5. Валка, укладка и очистка деревьев на следующих участках трассы.</p>	<p>Валочно-сучкорено-раскряжовочная машина Valmet 911.</p>		<p>Технологические операции 2, 3 и 4</p>	

Окончание таблицы				
Технологическая операция	Оборудование (нормативный документ)	Описание и (тип) схема технологической операции	Нормативные и технические документы	Контролируемые параметры
6. Погрузка и вывозка сортиментов.	Лесовозный автопоезд MAN TGA 33.480 6 X 4 BB-WW.	 <p>Рис. 5. Схема операции движения лесовозного автопоезда; 2 – полоса уложенных сучьев; 3 – лесовозный автопоезд; 4 – сортименты</p> <p>Лесовозный автопоезд 3 заезжает задним ходом по полосе уложенных сучьев 2, останавливается, проехав расстояние <i>B</i>, равное длине набора пачки. При помощи гидроманипулятора захватывает и погружает сортименты. Погрузив штабеля сортиментов, расположенные в пределах досягаемости манипулятора, лесовоз передним ходом переезжает на смежную рабочую позицию, где осуществляет погрузку. Процесс повторяется до сбора полноценной пачки. Полностью загрузившись, автопоезд производит вывозку древесины потребителю.</p>	ГОСТ Р 518630150–2002. Машины лесозаготовительные. Тракторы лесопромышленные и лесохозяйственные. Требования безопасности.	1) Направление и скорость передвижения лесовоза по трассе. 2) Порядок и качество погрузки сортиментов на лесовоз.
7. Контроль качества трассы и дороги.	Визуально.		Требования проекта.	1) Параметры разрушенной трассы: направление; ширина; высота пней. 2) Параметры обустроенной дороги: ширина; толщина слоя порубочных остатков (высота настила).

Выводы

1. Разработка и применение технологического регламента позволяют детально описывать не только технологические операции лесозаготовительных работ, но и применяемое оборудование, документы и контролируемые параметры объектов.

2. Учитывая жесткие требования к разрубке трасс линейных объектов, изложенный технологический регламент имеет практическую значимость для контроля качества выполнения работ.

3. Предложенный способ разрубки трасс с одновременным обустройством лесовозной дороги рекомендуется применять при вывозке заготовленной древесины на переувлажненных грунтах.

4. Порядок выполнения технологического регламента предложено использовать при обучении операторов ВСРМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.3.015–78 ССБТ. Работы лесозаготовительные. Требования безопасности. Введ. 01.01.79. М.: Изд-во стандартов, 1978. 20 с.
2. ГОСТ 3.1102–81. Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов. Введ. 01.07.82. М.: Изд-во стандартов, 1981. 10 с.
3. ГОСТ 17461–84. Технология лесозаготовительной промышленности. Термины и определения. Введ. 01.01.86. М.: Изд-во стандартов, 1984. 64 с.
4. Лесной кодекс Российской Федерации. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/newwood/>
5. СНиП 3.01.03–84. Строительные нормы и правила. Геодезические работы в строительстве. Введ. 01.07.85. М.: Госстрой СССР, 1985. 19 с.
6. СНиП 2.05.02–85. Строительные нормы и правила. Автомобильные дороги. Введ. 01.01.87. М.: Госстрой СССР, 1985. 91 с.
7. СНиП 3.01.01–85. Строительные нормы и правила. Организация строительного производства. Введ. 01.01.86. М.: Госстрой СССР, 1985. 44 с.
8. СНиП 3.06.03–85. Строительные нормы и правила. Автомобильные дороги. Введ. 01.01.86. М.: Госстрой СССР, 1985. 78 с.
9. СП 103–34–96. Свод правил по сооружению магистральных газопроводов. Подготовка строительной полосы (утверждено РАО «Газпром»). Введ. 01.10.96. М.: Изд-во стандартов, 1996. 14 с.
10. Тарасова О.Г., Салдаева Е.Ю. Технологические аспекты и контроль качества продукции: учеб. пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. 344 с.
11. Ширнин Ю.А., Тарасова О.Г., Лебедева Н.Ю., Федорова И.Я. Процедура управления разрубкой трасс нефтегазопроводов на лесных территориях // Политематический сетевой электронный журнал КубГАУ. 2012. № 8 (82). С. 439–449.

Поступила 13.03.13

Technologic Schedule on the Timberland Development for Linear Objects

Yu.A. Shirnin, Doctor of Engineering, Professor

O.G. Tarasova, Candidate of Engineering, Associate Professor

A.V. Krenev, Postgraduate Student

Volga State University of Technology, Pl. Lenina, 3, Yoshkar-Ola, 424000, Russia

E-mail: shirninya@volgatech.net

The technologic schedule on the wood harvesting and hauling of timber work in the timberland, allocated for the linear objects: oil and gas pipelines, transmission facilities, roads and others is proposed.

The detail technologic operations on linear objects are stated, the arrangement along the routes by stacking felling debris in future road is considered.

The linear objects chopping-off in timberlands has its specific peculiarities, so the working-out documentation, providing management and technologic process of the wood harvesting and hauling of timber by the necessary and sufficient information, is the key to quality performance. Technologic schedule, fixing the safety working and achievement the optimal technical-economic criterion, institutes in the complex: methods of generation; technologic guidelines; technical facilities; the conditions and technologic operations procedure, ensuring the receipt of finished product (the object) with quality indexes agreeable the regulations or technical documents.

Technologic operations, considered in the schedule:

ground work and consolidation on site all the major points, defining the location of a route;

tree felling and laying along both sides of the lane;

tree felling, moving, and laying on the middle of apiary with the second tape;

loping the trees with subsequent packing into the future road;

felling, laying and loping the trees on the following sections of route;

lading and removal of assortments;

quality control of route and road.

The technologic schedule working are provided by the passed legal acts, industrial safety rules of manufacturing entity, the general preventive fire-fighting regulations according to branch of industry, safety requirements, recommendations, guidelines, etc.

The introduced method of cutting routes with simultaneous lumber road arrangement is recommended to use on hydromorphic soils for removal logged timber. The technologic schedule procedure is possible to use during the training of Feller - bed processor operators.

Keywords: linear objects, timberland development, harvesting and removal timber, technologic schedule.

REFERENCES

1. *GOST 12.3.015-78. Raboty lesozagotovitel'nye. Trebovaniya bezopasnosti* [State Standard 12.3.015-78. Harvesting Operations. Security Requirements]. Moscow, 1978. 20 p.

2. *GOST 3.1102 – 81. Edinaya sistema tekhnologicheskoy dokumentatsii. Stadii razrabotki i i vidy dokumentov* [State Standard 3.1102 – 81. Unified System of Design Documentation. Development Stage and Document Types]. Moscow, 1981. 10 p.

3. *GOST 17461-84. Tekhnologiya lesozagotovitel'noy promyshlennosti. Terminy i opredeleniya*. [State Standard 17461-84. Technology of the Logging Industry. Terms and definitions]. Moscow, 1984. 64 p.
 4. *Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii* [Forestry Code of Russian Federation]. Available at: <http://www.consultant.ru/popular/newwood/>
 5. *SNiP 3.01.03-84. Geodezicheskie raboty v stroitel'stve* [Construction Norms and Rules 3.01.03-84. Geodetic Engineering in Construction]. Moscow, 1985. 19 p.
 6. *SNiP 2.05.02-85. Avtomobil'nye dorogi* [Construction Norms and Rules 2.05.02-85. Highways]. Moscow, 1985. 91 p.
 7. *SNiP 3.01.01-85. Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva* [Construction Norms and Rules 3.01.01-85. Organization of Construction Production]. Moscow, 1985. 44 p.
 8. *SNiP 3.06.03-85. Avtomobil'nye dorogi* [Construction Norms and Rules 3.06.03-85. Highways]. Moscow, 1985. 78 p.
 9. *SP 103-34-96. Podgotovka stroitel'noy polosy*. [Set of Rules 103-34-96. Preparation of the Construction Strip]. Moscow, 1996. 14 p.
 10. Tarasova O.G., Saldaeva E.Ju. *Tekhnologicheskie aspekty i kontrol' kachestva produktsii* [Technological basis and control of production quality]. Yoshkar-Ola. 2011. 344 p.
 11. Shirnin Yu. A., Tarasova O.G., Lebedeva N.Yu., Fedorova I.Ya. Protsedura upravleniya razrubkoy trass neftegazoprovodov na lesnykh territoriyakh [The Control Procedure for Chopping-off Routes of Gas Pipelines on the Timberland]. *Politematicheskiy setevoy elektronnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. Krasnodar, 2012., no. 8 (82), pp. 439–449.
-

УДК 634*378.33

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПО РАЗГОНУ МОДЕЛЕЙ ЛИНЕЕК
ИЗ ПЛОСКИХ СПЛОТОЧНЫХ ЕДИНИЦ**

© *Д.А. Штаборов, ассист.*

В.А. Барабанов, канд. техн. наук, доц.

В.Л. Рымашевский, канд. техн. наук, доц.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002

E-mail: d.shtaborov@narfu.ru

Знания особенностей гидродинамического и инерционного взаимодействия линеек из плоских сплottedных единиц с потоком жидкости при неустановившемся движении необходимы для разработки современных технологий навигационной сплотки лесоматериалов по малым и средним рекам.

Исследование инерционных процессов движения линеек в различных режимах (в частности – в период разгона) необходимо для правильного выбора средств буксировки и перестановки линеек, конструкций плотостоянок и их крепления, а также эффективного проведения технологических и транспортных расчетов по навигационной сплотке линеек.

Для этого разработана методика и выполнены экспериментальные исследования инерционных характеристик линеек из плоских сплottedных единиц. По результатам исследования установлены зависимости мгновенных значений пути, скорости, ускорения и коэффициента нестационарности от времени и безразмерной скорости. Рассчитана нестационарная часть сопротивления движению модели линейки. С учетом допущения о природе сопротивления, как преимущественно сопротивлению формы, рассчитан коэффициент нестационарной части сопротивления. Конечные результаты экспериментальных исследований по разгону моделей линеек представлены в виде зависимостей коэффициента нестационарности от геометрических характеристик моделей.

Полученные результаты дают возможность рассчитать коэффициент нестационарности, который по своей сути является функцией не менее пяти взаимозависимых величин на любом участке разгона линейки.

Выражения для определения коэффициентов, полученные в безразмерном виде, могут непосредственно применяться для натуральных условий при буксировке линеек по малым и средним извилистым рекам с недостаточными глубинами.

Ключевые слова: плоская сплottedная единица, коэффициент нестационарности, скорость, ускорение, безразмерная скорость.

Для разработки современных технологий навигационной сплотки лесоматериалов по малым и средним рекам необходимо знать особенности гидродинамического и инерционного взаимодействия линеек из плоских сплottedных единиц (ПСЕ) с потоком жидкости при неустановившемся движении.

Цель нашей работы – исследование инерционных процессов движения линеек из ПСЕ в различных режимах (в частности – в период разгона) для правильного выбора средств буксировки и перестановки линеек из ПСЕ, конструкции плотостоянок и их крепления, а также эффективного выполнения технологических и транспортных расчетов по навигационной сплотке.

Методика проведения исследований инерционных характеристик линеек из ПСЕ и описание оборудования опытового бассейна приведены в работах [4, 5]. Точность полученных опытных данных оценивали по скорости равномерного движения $v_{p,m}$ моделей линеек из ПСЕ. При этом получены среднее квадратичное отклонение $S_v = 0,045...0,537$ см/с, коэффициент вариации $\varphi = 0,140...1,908$ %, средняя ошибка среднего арифметического $S_{v_m} = 0,02...0,24$ см/с для уровня значимости $q = 0,05$ в пределах точности $P = 0,063...0,853$ %.

В данной статье приведены лишь результаты исследований по разгону моделей линеек из ПСЕ.

При обработке результатов исследований рассчитан коэффициент нестационарности [1–3]:

$$n = \frac{\lambda_m + M_b \pm \Delta R_{\text{нест}} / \frac{dv_m}{dt}}{M_d},$$

где λ_m – присоединенная масса, кг;

M_b – масса воды, заполняющей пустоты внутри линейки, кг;

$\Delta R_{\text{нест}}$ – дополнительное сопротивление, вызванное нестационарностью движения, Н;

$\frac{dv_m}{dt}$ – ускорение движения модели, м²/с;

M_d – масса древесины модели линейки ПСЕ, кг.

Коэффициент нестационарности n учитывает совокупное влияние взаимодействия линейки из ПСЕ с M_b , λ_m и $\Delta R_{\text{нест}}$.

При расчете коэффициента нестационарности для случая разгона моделей использовали выражение

$$n = \frac{P_m - av_m^b}{M_d \frac{dv_m}{dt}} - 1,$$

где P_m – усилие буксировки моделей, Н;

a, b – коэффициенты.

Отсюда при известных значениях M_b , a , b и M_d , а также мгновенных скоростей и ускорений рассчитывали коэффициент n в каждой фиксированной точке пути модели.

Полученные экспериментально значения мгновенных скоростей и ускорений аппроксимированы выражениями вида [3]:

$$v_m = v_{p,m} - a_v e^{-qt}, \quad (1)$$

$$\frac{dv_M}{dt} = a_a e^{-qt}, \quad (2)$$

где a_a, a_v, q – параметры эмпирических формул;
 t – время, с.

Параметры формул (1) и (2) рассчитаны методом наименьших квадратов. Пример обработки результатов опыта А1021 приведен в виде графиков на рис.

1, из которого видно, что зависимость $n = f\left(\frac{v_M}{v_{p.M}}\right)$ практически линейная:

$$n = 0,12 \frac{v_M}{v_{p.M}} + 1,06.$$

По данным обработки можно отметить отсутствие в принятых координатах зависимости коэффициента n от конечной скорости разгона $v_{p.M}$ для всех моделей.

Принимая во внимание вывод о практически постоянном значении $\lambda_M + M_B$ в каждом конкретном опыте, подсчитываем нестационарную часть сопротивления движению модели $\Delta R_{\text{нест}}$ для разных значений безразмерной скорости $\frac{v_M}{v_{p.M}}$

по формуле [2]:

$$\Delta R_{\text{нест}} = M_d (n - n_0) \frac{dv_M}{dt}.$$

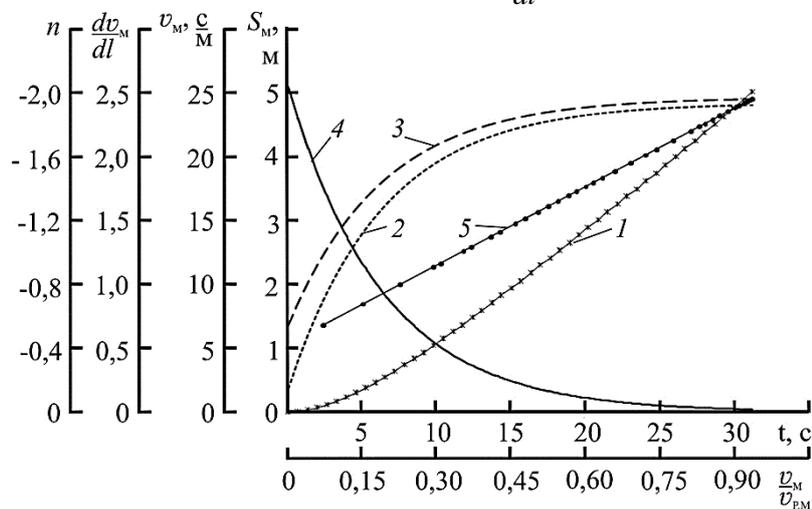
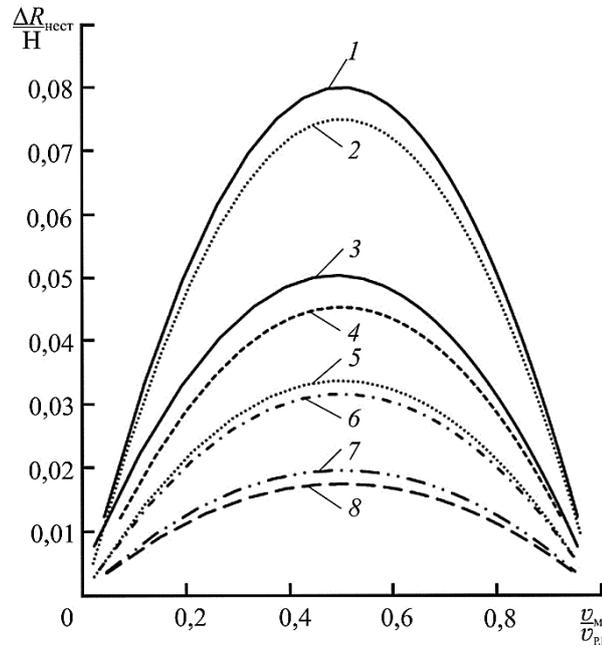


Рис. 1. Зависимость мгновенных значений пути S_M (1), скорости v_M (2), коэффициента n (3), ускорения $\frac{dv_M}{dt}$ (4) от времени t и коэффициента n от безразмерной скорости $\frac{v_M}{v_{p.M}}$ для опыта А1021

Результаты вычислений $\Delta R_{\text{нест}}$ для ряда опытов приведены в виде графиков на рис. 2.

Рис. 2. Зависимости $\Delta R_{\text{нест}} = f\left(\frac{v_M}{v_{p.M}}\right)$ для различных опытов: 1 – А1265; 2 – С1144; 3 – А1144; 4 – Д1121; 5 – А5141; 6 – А4041; 7 – В3041; 8 – В2161



По приведенным графикам можно сделать вывод, что определяющее влияние на $\Delta R_{\text{нест}}$ оказывает ширина модели линейки B_M из ПСЕ.

Следует отметить, что $\Delta R_{\text{нест}}$ получились различными по величине, но концы графиков направлены к значениям безразмерной скорости $v_M/v_{p.M} = 0$ и к 1. Это можно объяснить тем, что когда тело относительно потока жидкости неподвижно (ускорение отсутствует), инерционные силы и сопротивление $\Delta R_{\text{нест}}$ равны нулю. То же самое и при $\frac{v_M}{v_{p.M}}$ близком к единице, так как в этом

случае ускорение настолько мало, что уже не может иметь существенного влияния на характер взаимодействия моделей с потоком.

Для расчета нестационарной части сопротивления использовали следующую формулу [2]:

$$\Delta R_{\text{нест}} = \xi_n \frac{\rho}{2} F_x v_M^2,$$

где ξ_n – безразмерный коэффициент;
 ρ – плотность воды, кг/м³;
 F_x – характерная площадь, м².

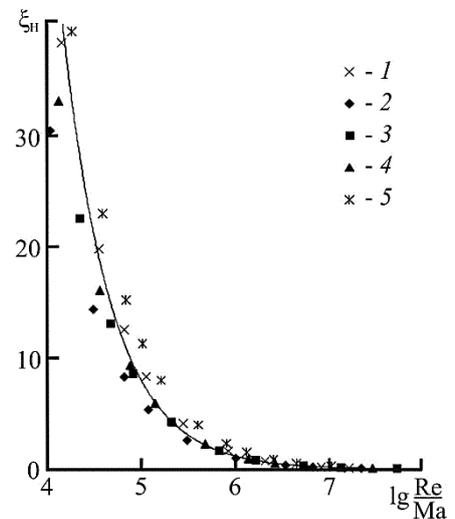
Так как для линеек из ПСЕ доля волнового сопротивления незначительна, то допускаем, что сопротивление $\Delta R_{\text{нест}}$ по своей природе является преимущественно сопротивлением трения или формы. Приняв за характер-

ную площадь F_x произведение ширины B_m на осадку T_m , рассчитали безразмерный коэффициент нестационарной части сопротивления ξ_n . Результаты вычислений приведены в виде графиков на рис. 3, где по оси абсцисс отложены значения логарифмов отношения числа Рейнольдса к числу Марчи [2]:

$$\lg \frac{Re}{Ma} = \lg \frac{v_M^3}{v \frac{dv_M}{dt}},$$

где v – коэффициент кинематической вязкости воды, m^3/c .

Рис. 3. Зависимость $\xi_n = f(\lg \frac{Re}{Ma})$ для различных опытов: 1 – В2021; 2 – А5025; 3 – А1025; 4 – В2023; 5 – В5225



Зависимость $\xi_n = f(\lg \frac{Re}{Ma})$ при достоверной аппроксимации $R^2 = 0,98$ имеет следующий вид:

$$\xi_n = 97439e^{-1,931 \lg \frac{Re}{Ma}}.$$

Конечные результаты экспериментальных исследований разгона моделей леек из ПСЕ представлены в виде зависимостей коэффициента n от геометрических характеристик моделей леек.

Полученные для всех моделей зависимости $n = f(\frac{v_M}{v_{p.m}})$ аппроксимированы линейными уравнениями

$$n = n_1 + n_2 \frac{v_M}{v_{p.m}}, \tag{3}$$

где n_1, n_2 – параметры эмпирических формул.

Как уже отмечалось выше, сопротивление $\Delta R_{\text{нест}}$ главным образом зависит от ширины линейки B_M из ПСЕ, а присоединенная масса λ_M и масса воды M_B – в большей степени от объема и формы погруженной части линейки из ПСЕ. Поэтому коэффициенты n_1 и n_2 в выражении (3) являются функцией от параметра k (4), представляющего собой сочетание этих величин:

$$k = \frac{B_M}{\sqrt[3]{\frac{\rho_{\text{д}}}{\rho} B_M L_M T_M}}; \quad (4)$$

$$n_1 = f(k); n_2 = f(k). \quad (5)$$

Полученные для моделей линеек из ПСЕ расчетные формулы определения коэффициентов n_1 и n_2 в выражении (5) имеют следующий вид:

$$n_1 = 0,17k - 0,08; \quad (6)$$

$$n_2 = 0,16k + 0,94. \quad (7)$$

Линейность зависимостей (6) и (7) подтверждается графиками, представленными на рис. 4.

Полученные результаты дают возможность рассчитать на любом участке разгона линейки из ПСЕ коэффициент нестационарности n , который по своей сути является функцией не менее пяти взаимозависимых величин, объединенных в параметр k .

Выражения для определения коэффициентов n_1 и n_2 , полученные в безразмерном виде, могут непосредственно применяться для натуральных условий.

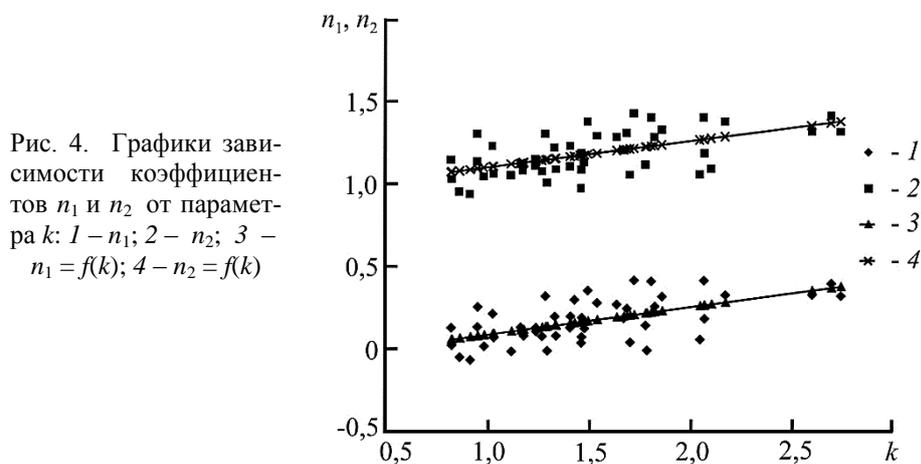


Рис. 4. Графики зависимости коэффициентов n_1 и n_2 от параметра k : 1 – n_1 ; 2 – n_2 ; 3 – $n_1 = f(k)$; 4 – $n_2 = f(k)$

Приведенную методику можно использовать для линеек из ПСЕ длиной 13,0...44,0 м, шириной 4,5...6,0 м, осадкой 0,2...1,0 м с коэффициентом полндревесности 0,42...0,49 при буксировке по малым и средним извилистым рекам с недостаточными глубинами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Войткунский Я.И.* Соппротивление воды движению судов. Л.: Судостроение, 1964. 412 с.
2. *Митрофанов А.А.* О точности расчета инерционных характеристик плотов по разным методикам // Лесн. журн. 2005. № 6. С. 48–56. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Митрофанов А.А.* Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение: моногр. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 492 с.
4. *Перфильев П.Н., Штаборов Д.А.* Проблемы лесосплава и методика исследований гидродинамических и инерционных характеристик линеек из плоских сплотовых единиц // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы IV всеросс. научн.-техн. конф. Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. Ч. 2. С. 46–49.
5. *Штаборов Д.А., Митрофанов А.А.* Обоснование методики исследований инерционных характеристик линеек из плоских сплотовых единиц // Современная наука и образование в решении проблем экономики Европейского Севера: материалы междунар. научн.-техн. конф., посвященной 80-летию АЛТИ-АГТУ. Архангельск: АГТУ, 2009. С. 58–62.

Поступила 05.06.12

Results of the Experimental Data Analysis of the Flat Rafting Units Assemblies Acceleration

D.A. Shtaborov, Teaching Assistant

V.A. Barabanov, Candidate of Engineering

V.L. Rymashevski, Candidate of Engineering, Associate Professor

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia
E-mail: d.shtaborov@narfu.ru

Knowledge of specificity of the hydrodynamic and inertial interaction between the flat rafting units lines and a fluid flow during nonstationary current is necessary for engineering of navigation rafting state-of-the-art technology at small and medium rivers.

Research of the inertial moving processes of the units at the various regimes (specifically – during acceleration) is necessary for correct choice of facilities for tugging and transposition of the units and proper design of raft moorages. Besides that, this information allows to increase correctness of the technological and traffic calculations concerning the navigational rafting of the lines.

The technique of experimental studies of inertial features (acceleration) of the lines was developed for this. By the research results, following dependencies have been derived: instantaneous value of a route, velocity, acceleration, coefficient of nonstationarity, by the time and dimensionless velocity.

The nonstationary member of the tractive resistance of the line model, was computed. Taking into account an assumption of the character of resistance, as a shape

based one, the coefficient of a resistance transient part, has been designed. The final results of the experimental studies of the lines acceleration are presented in a form of dependence of nonstationarity coefficient, on the geometric characteristics of the FRU lines models.

The findings allow to compute the nonstationarity coefficient, which inherently is a function of at least five interdependent values, at any section of a line acceleration, on the base of the features of a line, combined in a parameter.

The formulas for deriving the coefficients, obtained in a dimensionless form, may be applied directly for full-size conditions during towing of the lines at the small and medium shallow rivers.

Keywords: flat rafting units, coefficient of nonstationary, velocity, acceleration, dimensionless velocity.

REFERENCES

1. Voytkunskiy Ya.I. *Soprotivlenie vody dvizheniyu sudov* [Water Resistance to Vessel Moving]. Leningrad, 1964. 412 p.
 2. Mitrofanov A.A. O tochnosti rascheta inertsionnykh kharakteristik plotov po raznym metodikam [On Calculation Accuracy of Raft Inertial Characteristics Based on Different Methods]. *Lesnoy zhurnal*, 2005, no. 6, pp. 48–56.
 3. Mitrofanov A.A. *Lesosplav. Novye tekhnologii, nauchnoe i tekhnicheskoe obespechenie* [Timber Floating. New Technologies, Scientific and Technical Provisions]. Arkhangelsk, 2007. 492 p.
 4. Perfil'ev P.N., Shtaborov D.A. Problemy lesosplava i metodika issledovaniy gidrodinamicheskikh i inertsionnykh kharakteristik lineek iz ploskikh splotochnykh edinits [Problems of the Timber Floating and Research Procedure of the Hydrodynamic and Inertial Characteristics of Flat Rafting Units Lines]. *Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii* [The Youth Scientific Creativity – For The Forest Complex of Russia: Proc. 4th All-Russian Sci. and Tech. Conf.]. Yekaterinburg, 2008. Part 2, pp. 46–49.
 5. Shtaborov D.A., Mitrofanov A.A. Obosnovanie metodiki issledovaniy inertsionnykh kharakteristik lineek iz ploskikh splotochnykh edinits [Vindication of the Research Procedure of Flat Rafting Units Lines Inertial Characteristics]. *Sovremennaya nauka i obrazovanie v reshenii problem ekonomiki evropeyskogo severa. Materialy mezhdunarodnoy nauchn.-tekhn.konf., posvyashchennoy 80-letiyu ALTI-AGTU* [Contemporary Science and Education in Economics Problem-Solving of the European North: Proc. Int. Sci. and Tech. Conf.]. Arkhangelsk, 2009. pp. 58–62.
-

УДК 630*432

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАБОЧЕГО ОРГАНА ГРУНТОМЕТА
ДЛЯ ТУШЕНИЯ КРОМКИ ЛЕСНОГО НИЗОВОГО ПОЖАРА**© *С.Н. Орловский, канд. техн. наук, доц.*

Красноярский государственный аграрный университет, просп. Мира, 90,

г. Красноярск, Россия, 660049

E-mail: Orlovskiysergey@mail.ru

При проектировании грунтометов, осуществляющих направленное метание струи грунта на кромку лесного пожара, актуальным является определение на стадии проектирования основных параметров рабочего органа и тракторного агрегата. Необходимо получить обобщенные математические зависимости для определения удельных затрат энергии по элементам технологического процесса резания и метания грунта и лесной подстилки, позволяющие в дальнейшем решить задачу оптимизации конструктивных и геометрических параметров рабочих органов, а также режимов их работы по критерию минимума энергоемкости. Лесная подстилка представляет собой волокнистую среду, для которой теоретические основы расчета процессов резания грунтов не подходят. Они могут быть заменены с большей точностью математическими зависимостями, основывающимися на законах теории упругости и пластичности. Их использование позволило разработать методику и уравнения для определения аналитическим методом энергоемкости резания и метания лесных почв с подстилкой, а также с древесными включениями, активным рабочим органом грунтомета. Получены математические зависимости затрат удельной работы на преодоление упругих сил резания грунта и подстилки; преодоление сопротивления вязкопластического течения продуктов резания при прохождении ножом дуги контакта с залежью и протаскивании по вращающемуся кожуху; резание древесных включений (корней и валежа); со-общение кинетической энергии продуктам резания. По данным математическим зависимостям произведен расчет энергоемкости тушения кромки низового лесного пожара, определен баланс затрат мощности на выполнение технологического процесса при заданных параметрах рабочего органа и режимах резания. Сравнение зависимостей энергоемкости, полученных экспериментально и расчетным путем, показывает, что отклонения не превышают 6...14 %. На основании полученных результатов можно определить рациональную скорость резания, углы заточки и установки ножей, форму лопасти метателя, диаметр вращающегося кожуха, производительность и дальность метания, а также затраты мощности на выполнение технологического процесса. Анализ полученных результатов показал, что рациональная скорость резания составляет 5...6 м/с. Предложенная методика аналитического определения энергоемкости резания и метания лесных почв дает возможность выбирать режимы резания и параметры рабочего органа с одновременной оценкой затрат удельной работы на выполнение технологического процесса по элементам, что позволяет достичь минимальных значений энергоемкости создаваемых орудий на стадии проектирования. Кроме того, учет влияния подстилки повышает точность расчетов на 13...21 %, а реализация результатов исследований позволит повысить технический уровень лесопожарных агрегатов, обеспечивающих выполнение работ по энергосберегающим технологиям при минимальных нарушениях окружающей среды.

Ключевые слова: грунтометы, лесные почвы, энергоемкость, затраты энергии, баланс мощности.

Грунтомет представляет собой навесной механизм, агрегируемый с гусеничным трелевочным трактором, оборудованным гидравлической системой отбора мощности и передней навеской. Особенность грунтомета рассматриваемой конструкции заключается в отделении процесса резания грунта от его метания. Вращающийся кожух своими ножами разрабатывает грунт, захватывает его внутрь и лопастями метателя переносит в точку выброса, сообщая ему дополнительную скорость. Процесс забора и выброса грунта повторяется два раза за один оборот рабочего органа. Резание грунта в рассматриваемой конструкции грунтомета производится на обоснованно низкой скорости, что обеспечивает снижение энергоемкости технологического процесса по сравнению с аналогами.

Цель исследований – теоретический анализ резания и метания лесных почв активным рабочим органом грунтомета.

При этом необходимо получить обобщенные математические зависимости для определения удельных затрат энергии по элементам технологического процесса резания и метания грунта, позволяющие в дальнейшем решить задачу оптимизации конструктивных и геометрических параметров рабочих органов, а также режимов их работы по критерию минимума энергоемкости.

Лесная подстилка представляет собой волокнистую среду, для которой теоретические основы расчета процессов резания грунтов не подходят и могут быть заменены математическими зависимостями, основывающимися на законах теории упругости и пластичности и на теоретических работах В.К. Фомина, С.Н. Орловского и А.И. Карнаухова [2–4].

Их использование позволило на основе физико-математической модели разработать методику и уравнения для определения аналитическим методом энергоемкости резания и метания рабочим органом грунтомета лесных почв с подстилкой, а также с древесными включениями.

Для условий работы грунтомета удельная работа e_{Σ} представлена в виде суммы затрат энергии на преодоление упругих сил резания грунта $e_{упр.г}$ и подстилки $e_{упр.п}$; преодоление сопротивления вязкопластического течения продуктов резания при прохождении ножом дуги контакта с залежью и протаскивании по вращающемуся кожуху e_{λ} ; резание древесных включений (корней и валежа) $e_{п}$; сообщение кинетической энергии продуктам резания $e_{отбр}$; преодоление трения в трансмиссии привода рабочего органа орудия $e_{тр}$.

Схема взаимодействия грунтомета с разрабатываемой средой представлена на рис. 1.

Энергетический баланс работы грунтомета можно представить в виде уравнения

$$e_{\Sigma} = e_{упр.г} + e_{упр.п} + e_{\lambda г} + e_{\lambda п} + e_{п} + e_{отбр} + e_{тр}. \quad (1)$$

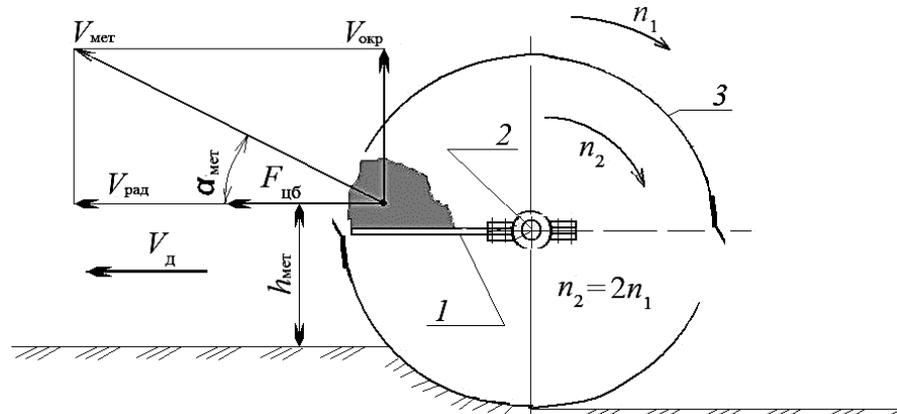


Рис. 1. Взаимодействие грунтмета с разрабатываемой средой: 1 – лопасть метателя, 2 – вал со ступицей, 3 – вращающийся кожух (n_1 и n_2 – частота вращения соответственно кожуха и метателя)

Удельная работа на преодоление упругих сил резания грунта $e_{упр.г}$ и подстилки $e_{упр.п}$ определяется с учетом взаимодействия ножа грунтмета с разрабатываемой средой [2]:

$$e_{упр} = \tau \left(\frac{1}{\text{tg}\psi'_0} + \frac{1}{\text{tg}\psi} \right), \quad (2)$$

где τ – сопротивление разрабатываемой среды сдвигу, Па;

ψ'_0 – угол сдвига стружки в плоскости резания, град;

ψ – угол сдвига стружки относительно плоскости резания, град.

Угол сдвига стружки для подстилки $\psi'_п$ и минерального грунта $\psi'_г$ в плоскости резания (рис. 2) определим по известной формуле К.А. Зворыкина [1]:

$$\psi'_0 = 90 - \frac{\varphi - \rho + \beta'_0}{2}, \quad (3)$$

где φ и ρ – углы внешнего и внутреннего трения, град;

β'_0 – угол резания, приведенный к направлению подачи, град.

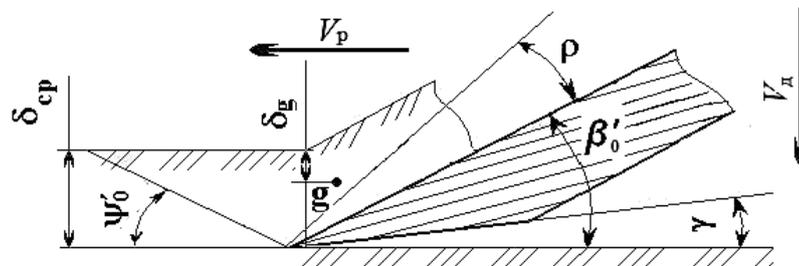


Рис. 2. Схема резания грунта ножом вращающегося кожуха грунтмета

Угол сдвига стружки относительно плоскости резания

$$\Psi = 90 - \frac{(90 - \alpha) + \varphi + \rho}{2},$$

где α – угол расположения режущей кромки относительно плоскости, перпендикулярной плоскости резания, град.

Соппротивление сдвигу τ продуктов резания найдем по уравнению Кулона:

$$\tau = \theta + P_n f_2, \quad (4)$$

где θ – предельное напряжение сдвига подстилки и минерального грунта, Па;

P_n – нормальное давление от действия инерционных сил в плоскости, проходящей под углом Ψ к направлению подачи, Па;

f_2 – коэффициент внутреннего трения разрабатываемого материала (грунт, подстилка).

Нормальное давление стружки на поверхность ножа от действия инерционных сил P_n с учетом абсолютной скорости движения ножа:

$$P_n = \frac{\gamma_0 V_p^2 \sin \beta'_0 \sin \psi'_0 \cos^2 \alpha \cos^2 \psi \sin(\varphi + \psi'_0 + \beta'_0 - 90)}{q \cos \varphi \sin^2(90 - \psi + \alpha)}, \quad (5)$$

где γ_0 – удельный вес разрабатываемого материала, Н/м³;

V_p – скорость резания, м/с;

q – ускорение свободного падения, м/с².

Затраты мощности на преодоление упругих сил резания грунта и подстилки $N_{упр}$ определяются как сумма произведений работы по преодолению упругих сил резания грунта и подстилки на соответствующую производительность рабочего органа:

$$N_{упр\Sigma} = P_n e_{упр.п} + P_r e_{упр.г}, \quad (6)$$

где P_n и P_r – производительность, м³/с, рабочего органа по резанию подстилки и грунта,

$$P = baV_d;$$

b – ширина прорезаемой полосы, м;

a – глубина резания, м;

V_d – поступательная скорость движения, м/с.

Удельная работа (e_λ , Дж/м³), происходящая при воздействии лопасти метателя на продукты резания, складывается из степени ее воздействия в процессе резания при свободном λ_{po} и стесненном $\lambda_{рт}$ заполнении пространства секции, а также за счет протаскивания продуктов резания по кожуху λ_k :

$$e_\lambda = K_{0cp} \lambda_{po}, \quad (7)$$

где K_{0cp} – коэффициент сопротивления вязкопластическому течению (средний от начала до конца фрезерующего устройства) [3].

На основании проведенных исследований предложено следующее уравнение:

$$\lambda_{po} = \sqrt{2} (l - l_\tau) \left[\frac{\cos \alpha \sin \beta'_0 \sin(\varphi_M - \psi'_0 + \beta'_0 - 90) \cos \psi_M}{2 \delta_{cp} \sin(90 - \psi_M + \alpha)} \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha \operatorname{tg}^4 \psi_M} + \frac{1}{B} \right], \quad (8)$$

где l, l_τ – длина дуги волочения при свободном и стесненном заполнении секции, м;

B – ширина лопасти метателя, м.

В данном выражении все значения углов применяются для случая трения грунта по металлу вращающегося кожуха (нижний индекс «м»).

Условия свободного заполнения продуктами резания площади лопасти метателя $F_{вп}$ определяются конструктивными особенностями ее передней грани и углами установки. Свободное заполнение лопасти метателя с плоской передней гранью возможно до величины удельного объема на единицу ширины:

$$F_{вп} = \frac{1}{2} h_{л}^2 [\operatorname{tg}(90 - \beta_0) - \operatorname{tg}\rho_m], \quad (9)$$

где $h_{л}$ – высота лопасти по радиусу, м.

У лопасти метателя, имеющей переднюю грань вогнутой цилиндрической формы, площадь впадины определим по следующему выражению (рис. 3):

$$F_{вп} = \frac{R_{вп}^2}{2B} \left(\pi \frac{\alpha_{вп}}{180} - \frac{1}{2} \sin \alpha_{вп} \right) \left\{ \frac{1}{\sin \beta'_0} \left[h - \frac{h_{вп} \sin \gamma}{\sin(\beta'_0 - \gamma)} - \frac{h_{вп} \operatorname{tg}(\beta'_0 + \rho_m)}{2} \right] \right\} + \frac{1}{2} \left\{ h_{н} - h_{вп} \left[\frac{\cos \rho_m}{\cos(\rho'_0 + \rho_m)} + \frac{\sin \gamma}{\sin(\beta'_0 - \gamma)} \right] \right\}^2 [\operatorname{tg}(90 - \beta'_0) - \operatorname{tg}\rho_m]. \quad (10)$$

Удельная работа резания древесных включений $e_{п}$ рассчитывается по эмпирическим зависимостям, приведенным в работе [2]:

$$e_{п} = \left[78 - V_p \left(0,9 - \frac{9,55z}{V_{л} R_{фп}} \right) \right] 10 \xi_{п}, \quad (11)$$

где z – число ножей на рабочем органе, шт.;

$R_{фп}$ – радиус вращающегося кожуха, м;

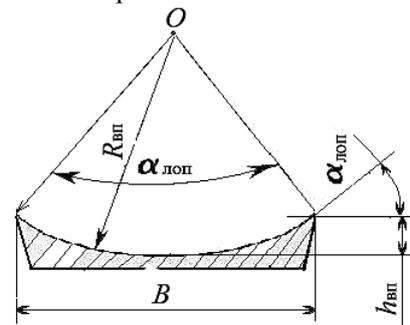
$\xi_{п}$ – степень пнистости (отношение объема фрезеруемых древесных включений к объему вырезаемого грунта), %.

Удельная работа на сообщение кинетической энергии продуктам резания

$$e_{отбр} = \frac{\gamma_0 V_p^2 \eta_{отбр}}{2}, \quad (12)$$

где $\eta_{отбр}$ – КПД отбрасывания разрабатываемого материала.

Рис. 3. Схема лопасти метателя с передней гранью, имеющей вогнутую цилиндрическую форму



Удельная работа на выполнение технологического процесса определяется как сумма всех его элементов по выражению (1). По приведенным выше математическим зависимостям произведены расчеты энергоемкости тушения кромки низового лесного пожара при суммарной мощности почвенных горизонтов A_0 и A_1 0,07 м и глубине резания 0,21 м. Результаты расчетов представлены на гистограмме (рис. 4), где $N_{упр}$ – затраты мощности на преодоление упругих сил резания, N_{λ} – то же сопротивления вязкопластического течения продуктов резания, $N_{п}$ – резание древесных включений, $N_{отбр}$ – сообщение кинетической энергии продуктам резания, $N_{тр}$ – преодоление трения в трансмиссии привода рабочего органа орудия, $N_{передв}$ – передвижение агрегата. Параметры процесса: скорость движения – 0,60 м/с; диаметр рабочего органа – 1 м; частота его вращения – 3 с⁻¹; ширина прорезаемой полосы – 1,2 м; производительность по метанию – 0,144 м³/с (518 м³/ч). Механические свойства грунта взяты из табл. 2.5 работы [2]. При испытаниях макетного образца орудия затраты мощности определялись по результатам замеров давления в гидросистеме привода рабочего органа и составляли 52,0...57,0 кВт. Расчетные затраты мощности на выполнение технологического процесса – 49,2 кВт.

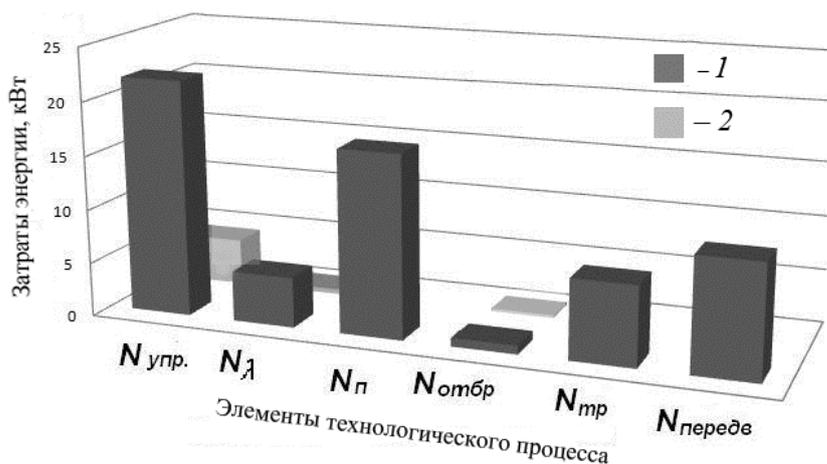


Рис. 4. Гистограмма баланса затрат мощности на выполнение технологического тушения кромки пожара грунтометом при скорости резания 9,42 м/с: 1 – грунт; 2 – подстилка

Расчетная энергоемкость технологического процесса тушения составила 0,095 кВт·ч/м³. Для сравнения энергоемкость грунтомета АЛФ-10 составляет 0,82 кВт·ч/м³ при производительности 175 м³/ч [2].

Дальность отбрасывания грунта по горизонтали (S , м) при заданной скорости метания определяли по выражению

$$S = \frac{V_0^2}{g} K_y \sin 2\alpha, \quad (13)$$

где V_0 – скорость метания, м/с;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 K_y – коэффициент уменьшения дальности полета грунта;
 α – угол метания к горизонту, град.

Для приведенного выше режима работы грунтомета при ограничении по высоте траектории 2,5...3,0 м (высота крон, мешающих полету струи грунта) дальность метания составляла 29,0 м, что свидетельствует о возможности снижения скоростей резания и метания и, соответственно, энергоемкости рабочего процесса. Сравнение зависимостей энергоемкости, полученных экспериментально и расчетным путем, показало, что эти значения достаточно точно согласуются. Определение энергосберегающих режимов резания, конструктивных и геометрических параметров грунтометров для параметрического ряда тракторов может быть выполнено методом сопряженных градиентов [2].

Выводы

1. Снижение скорости резания и метания во всех случаях обеспечивает снижение затрат мощности на выполнение работ; пределы снижения скорости лимитируются дальностью отбрасывания экскавированного грунта и высотой траектории его полета, рациональная скорость резания составляет 5...6 м/с.

2. Предложенная методика аналитического определения энергоемкости резания и метания лесных почв дает возможность выбирать режимы резания и параметры рабочего органа с одновременной оценкой затрат удельной работы на выполнение технологического процесса по элементам, что позволяет достичь минимальных значений энергоемкости создаваемых орудий на стадии проектирования.

3. Учет влияния подстилки повышает точность расчетов на 13...21 %.

4. Реализация результатов исследований позволит повысить технический уровень лесопожарных агрегатов, обеспечивающих выполнение работ по энергосберегающим технологиям при минимальных нарушениях окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зеленин А.Н. Лабораторный практикум по резанию грунтов. М.: Высш. шк., 1969. 310 с.
2. Карнаухов А.И. Лесопожарные агрегаты с торцевой фрезой. Концепция энергосбережения: моногр. Красноярск: СибГТУ, 2011. 220 с.
3. Орловский С.Н. Определение энергетических и динамических параметров тракторов, режимов резания активных рабочих органов машинно-тракторных агрегатов: моногр. Красноярск, КрасГАУ, 2011. 376 с.
4. Фомин В.К., Фомина Н.Ф. Методика определения энергоемкости процесса резания торфа дисковыми фрезами аналитическим методом // Торф. пром-сть. 1979. № 5. С. 9–13.

Поступила 17.10.12

Design Procedure of Ground-Throwing Machine Executive Device for Extinguishing Creeping Fire Borders

S.N. Orlovsky, Candidate of Engineering, Associate Professor

Krasnoyarsk State Agricultural University, Prospect Mira, 90, Krasnoyarsk, 660049, Russia
E-mail: orlovskiysergey@mail.ru

In the engineering of ground-throwing machines, accomplished direct jet soil on forest fire borders, characterization the major parameters of executive device and tractor-driven units is topical on the blue-print stage. It is necessary to receive generalized mathematical relationships to determine specific energy demands for the elements of cutting process and ground throwing. Such calculation allows to determine optimization problem of the constructive and geometrical parameters of executive devices and operating regimes in energy intensity criterion.

Forest litter is a fibrous surroundings falling out of any theoretical calculations of the ground cutting processes. So, mathematical relations, based on the rules of elasticity and plasticity theory, can be more reliable. Usage of these rules made possible elaboration of the methods and equations for calculation of power consumption during the ground cutting and throwing of forest soil containing forest litter and dead-wood fragments by the executive device of ground-throwing machine. Mathematical relationships of specific work charges were determined for:

- overcoming of elastic force demanded for cutting ground and litter;
- crossing resistance of viscoplastic cutting products stream under cutter operating on contact arc with fallow and carrying on revolving encasement;
- cutting of roots and dead-wood;
- kinetic energy of cut wood and soil.

These mathematic functions allowed to calculate the power waste demanded for extinguishing creeping fire borders, to estimate the balance of power expenditure at processing, depending on executive device parameters and different regimes of ground cutting. Comparison between experimental and calculated energy intensity shows that discrepancy does not exceed 6-14 %. As a results of the conducted research, rational cutting velocity, sharpening angles and blade angles, form of throwing unit fans, revolving encasement diameter, capability and range of throw, power waste necessary for the whole technological process can be determinated.

The analysis of obtained results has shown that the rational cutting velocity is 5-6 $m \cdot s^{-1}$; the suggested methods of analytical energy intensity definition of forest soil cutting and throwing give possibility to choose the cutting regimes and executive device parameters with simultaneous assessment of energy usage at the technological process on all its stages. This methods allow to reach minimum energy intensity of designing the forest fire extinguishing machines.

The influence consideration of forest litter enhances accuracy of calculations for 13-21%. Realization of these methods would make possible to raise the technical level of fire extinguishing machines at the lowest damage to forest ecosystems.

Keywords: ground throwers, forest soil, energy intensity, energy consumption, power balance.

REFERENCES

1. Zelenin A.N. *Laboratornyy praktikum po rezaniyu gruntov* [Laboratory Practice of Ground Cutting] Moscow, 1969. 310 p.
 2. Karnaukhov A.I. *Lesopozharnye agregaty s tortsovoy frezoy. Kontseptsiya energosberezheniya* [Forest Fire Eliminating Machines Equipped with End Mill. Strategy of Energy Saving]. Krasnoyarsk, 2011. 220 p.
 3. Orlovsky S.N. *Opreделение энергетических и динамических параметров тракторов, режимов резания активныkh рабочих органов машинно-тракторныkh агрегатов* [Characterization of Tractor Energy and Dynamic Parameters, Cutting Conditions of active tractor aggregates executive devices]. Krasnoyarsk, 2011. 376 p.
 4. Fomin V.K., Fomina N.F. *Metodika opredeleniya energoemkosti protsessa rezaniya torfa diskovymi frezami analiticheskim metodom* [Methods for analytical determination of turf cutting energy intensity by disc cutter] *Torfyannaya promyshlennost'*, 1979, no. 5, pp. 9–13.
-
-



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.933.2

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМЫ
УПЛОТНИТЕЛЬНОЙ КАНАВКИ АЭРОСТАТИЧЕСКОЙ ОПОРЫ**

© *М.В. Дербин, канд. техн. наук, ст. преп.*

В.М. Дербин, канд. техн. наук, доц.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002

E-mail: m.v.derbin@mail.ru

Приведены ссылки на теоретические исследования аэростатических опор и методику их расчета для выбора параметров аэростатической направляющей. Расчет выполнен численным методом, основанным на аппроксимации поля давления в зазоре разностными алгебраическими уравнениями, учитывающим двухмерность потока смазки в опорах различной конфигурации и дающим результаты, близкие к реальным. По принятым допущениям, обеспечивающим упрощение расчетов, не учитываются отклонения линий потока от направления, перпендикулярного микроканавкам, при увеличении зазора и уменьшении сечения микроканавки; движение воздуха в канавках принимается ламинарным; не учитываются силы инерции в потоке смазки. Приведена схема аэростатической опоры с заданными параметрами, которыми являются ширина и длина. Секция опоры включает замкнутую прямоугольную микроканавку, на середине продольных сторон которой выполнены отверстия поддува. Обособленная аэростатическая опора разбита сеткой. Разработана программа расчета аэростатических опор с использованием специального математического пакета. При экспериментальных исследованиях для оценки влияния уплотнительных канавок на грузоподъемность аэростатических опор была взята аэростатическая опора с заданными параметрами. Приведены схема рабочей поверхности аэростатической опоры с уплотнительной канавкой и общий вид стенда для исследования аэростатических опор. Дано описание схемы пневматической системы экспериментальной установки, которая включает компрессор, воздухопроводящую магистраль, состоящую из резиновых напорных рукавов, фильтр-влагодетель для удаления из сжатого воздуха механических включений и влаги, игольчатый пневмоклапан для регулировки давления воздуха, встроенный в ротаметр, и газовый манометр. Для экспериментальных исследований использовали электронный ротаметр, имеющий ряд существенных преимуществ перед ротаметром со стеклянной трубкой. Приведено описание устройства и принципа работы стенда для исследования плоских аэростатических опор. В процессе экспериментальных исследований рассмотрено 4 разных профиля канавок. Проведены экспериментальные исследования высоты подъема плиты для канавок с различным профилем. Установлено, что при одинаковых условиях наибольшая высота подъема плиты достигается для аэростатической опоры с каплевидным профилем.

Ключевые слова: газовая смазка, аэростатические опоры, уплотнительная канавка, грузоподъемность.

Теоретические исследования аэростатических опор нашли свое отражение в научно-исследовательских разработках [1–3, 5, 6, 8]. В работе [5] приведена методика расчета аэростатических опор для выбора конструкций и параметров аэростатической отжимной направляющей и аэростатической направляющей линейки.

Расчет аэростатической опоры выполнен численным методом, разработанным в ЭНИМСе [7]. Он основан на аппроксимации поля давления в зазоре разностными алгебраическими уравнениями. Метод учитывает двухмерность потока смазки в опорах различной конфигурации и дает результаты, близкие к реальным. При этом приняты следующие допущения.

1. Не учитываются отклонения линий потока от направления, перпендикулярного микроканавкам, при увеличении зазора и уменьшении сечения микроканавки.

2. Движение воздуха в канавках принимается ламинарным. Однако в процессе формирования ламинарного потока проявляется беспорядочность и завихрения. Так как в турбулентном потоке по сравнению с ламинарным сопротивление движению газа больше, то давление в реальной микроканавке падает быстрее, чем в расчетной. Это приводит к некоторому завышению расчетных значений подъемной силы.

3. Не учитываются силы инерции в потоке смазки. В реальных опорах имеет место «скачок» давления в зазоре вблизи отверстия. Это связано с тем, что при выходе из отверстия в зазор каждая частица воздуха испытывает значительное увеличение объема и скорости, его плотность и давление резко падают. Это приводит к некоторому завышению расчетных значений подъемной силы.

Учет влияния указанных явлений привел бы к неоправданному усложнению расчетов. Создаваемая при этом погрешность усреднена поправочной величиной.

На рис. 1 приведена обособленная аэростатическая опора шириной B и длиной L . Секция включает замкнутую прямоугольную микроканавку со сторонами b и l . На серединах продольных сторон выполнены отверстия поддува диаметром d . Обособленная аэростатическая опора разбита сеткой с шагом Δy и Δx по соответствующим осям. Шаг сетки:

$$\Delta y = \frac{B}{k}; \quad \Delta x = \frac{L}{n},$$

где k, n – целые положительные числа, определяющие шаг сетки.

Чем больше k, n и, соответственно, меньше шаг сетки, тем точнее аппроксимация распределения давления в зазоре разностными уравнениями. Рассмотрим случай, когда перекокс отсутствует, т. е. зазор в опоре постоянен ($h = const$).

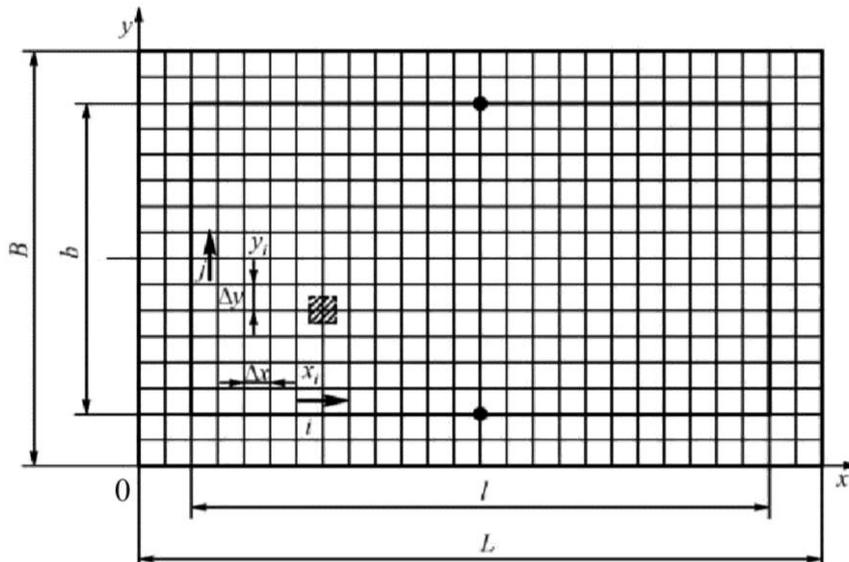


Рис. 1. Расчетная схема аэростатической опоры

Для проведения исследований была разработана программа расчета аэростатических опор с использованием математического пакета Maple 12.0 фирмы «Waterloo Maple Inc». Для подъемных плит размером 150×100 и 130×80 мм количество уравнений было выбрано равным 551 и 375 соответственно. Расчеты выполнены при следующих значениях факторов: коэффициент динамической вязкости воздуха $\mu = 17,95 \cdot 10^{-6}$ Па·с; плотность атмосферного воздуха $\rho_a = 1,2$ кг/м³; атмосферное давление $p_a = 9,81 \cdot 10^4$ Па; коэффициент истечения воздуха $\alpha = 0,85$.

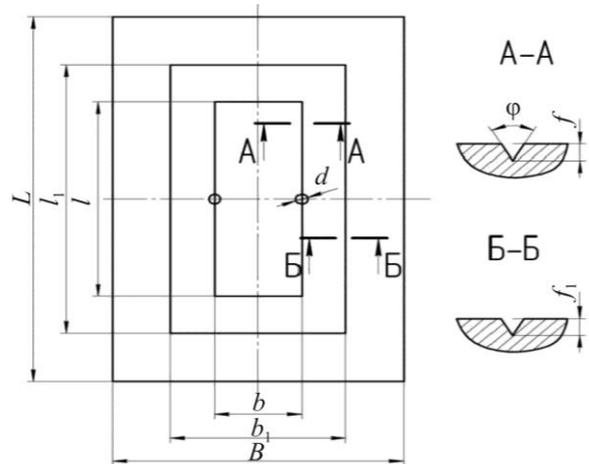
В ходе эксперимента определено влияние уплотнительной канавки на грузоподъемность аэростатической опоры.

Для оценки этого влияния была взята аэростатическая опора, имеющая следующие параметры:

- размеры аэростатической опоры $B \times L = 100 \times 150$ мм;
- размеры распределительной канавки $b \times l = 40 \times 90$ мм;
- глубина распределительной канавки $t = 0,4$ мм;
- размеры уплотнительной канавки $b_1 \times l_1 = 60 \times 110$ мм;
- глубина уплотнительной канавки $t_1 = 1,0$ мм;
- диаметр отверстий поддува $d = 0,6$ мм;
- число отверстий поддува $z = 2$;
- избыточное давление подводимого воздуха $p_{и} = 0,4$ МПа;
- угол профиля микроканавки $\varphi = 60^\circ$.

Схема рабочей поверхности аэростатической опоры приведена на рис. 2.

Рис. 2. Схема рабочей поверхности аэростатической опоры с уплотнительной канавкой



Общий вид станда для исследования характеристик аэростатических опор показан на рис. 3, пневматическая схема экспериментальной установки [4] – на рис. 4.

Пневмосистема включает компрессор (номинальная производительность – 630 л/мин, максимальное давление сжатого воздуха – 1,0 МПа, объем ресивера – 150 л); воздухопроводящую магистраль, состоящую из резиновых напорных рукавов; фильтр-влагодетель типа В41-13 для удаления из сжатого воздуха механических включений и влаги; игольчатый пневмоклапан для регулировки давления воздуха, встроенный в ротаметр; манометр газовый с верхним пределом измерения давления воздуха 0,6 МПа.

Объемный расход воздуха определяется с помощью электронного ротаметра-регулятора расхода для газов MASS-VIEW MV-306 компании «Bronkhorst High-Tech B.V.», который имеет ряд существенных преимуществ перед ротаметром со стеклянной трубкой:

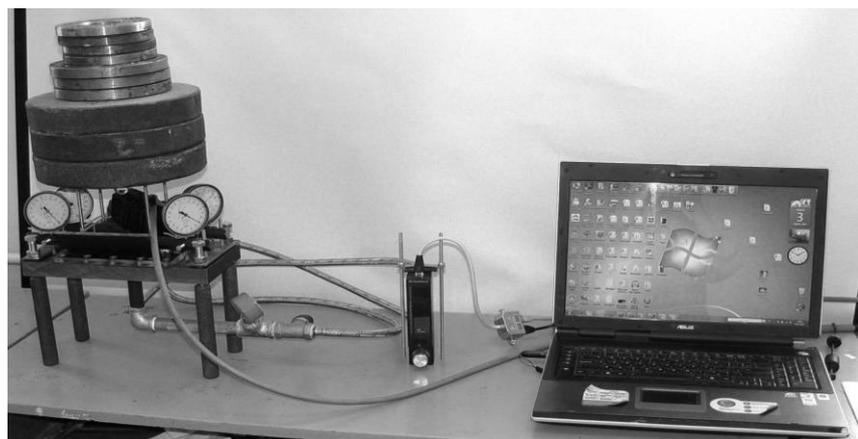
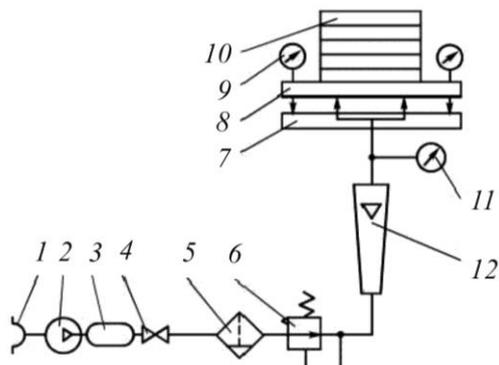


Рис. 3. Общий вид станда для исследований плоских аэростатических опор

Рис. 4. Схема пневматической системы экспериментальной установки для исследования плоских аэростатических опор: 1 – заборник воздуха; 2 – компрессор; 3 – ресивер; 4 – вентиль запорный проходной; 5 – фильтр-влагоотделитель; 6 – игольчатый пневмоклапан; 7 – опора; 8 – подъемная плита; 9 – индикаторы часового типа 1МИГ; 10 – груз; 11 – манометр; 12 – ротаметр



отображение на экране текущего расхода (число и гистограмма), единиц измерения расхода, типа газа, полного расхода;
 яркий OLED-дисплей, широкий угол обзора;
 независимость от положения монтажа, температуры и давления;
 низкий перепад давления;
 широкий диапазон расходов;
 быстрый отклик и высокая точность;
 электронный, аналоговый (0...5 В) и цифровой выходы;
 Modbus-RTU, RS232 интерфейсы;
 защита паролем;
 функции сигнализатора и счетчика;
 цифровая калибровка.

Стенд для исследования плоских аэростатических опор (рис. 5) состоит из рамы, к которой винтами крепится исследуемая опора с жестко закрепленной направляющей. Относительно опоры в вертикальном направлении перемещается подъемная плита. На плите установлена жесткая рамка с закрепленными на ней четырьмя индикаторами часового типа 1МИГ (ГОСТ 9696–75), шкала которых имеет цену деления 1 мкм. По показаниям индикаторов

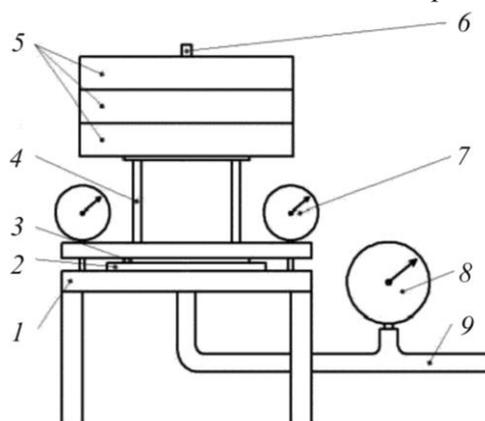


Рис. 5. Схема стенда для исследования плоских аэростатических опор: 1 – основание стенда; 2 – аэростатическая опора; 3 – подъемная плита; 4 – жесткая рамка; 5 – груз; 6 – направляющий стержень; 7 – индикатор часового типа 1МИГ; 8 – манометр; 9 – рукав

определяется зазор между рабочей поверхностью опоры и подъемной плитой. В средней части жесткой рамки закреплен вертикальный направляющий стержень, на котором крепится груз, представляющий собой стальные диски с отверстием в центре.

Сжатый воздух по напорному рукаву подводится через отверстие в нижней части исследуемой опоры. Давление подводимого сжатого воздуха определяется по манометру. Сжатый воздух проходит через отверстия поддува, распределяется по микроканавкам и выходит в атмосферу. Между рабочей поверхностью опоры и подъемной плитой образуется зона повышенного давления, которая определяет грузоподъемную силу и величину зазора. В некоторых вариантах опоры были выполнены уплотнительные микроканавки.

Работа на экспериментальной установке проводится следующим образом. На основании стенда закрепляется исследуемая опора. Подъемная плита устанавливается на опору и загружается стальными дисками. Стрелки индикаторов устанавливаются на нулевые отметки. К опоре подается сжатый воздух (заданное давление контролируется по манометру). Замеряются зазор между опорой и подъемной плитой по индикаторам и расход воздуха по показанию ротаметра.

При экспериментальных исследованиях рассмотрено 4 разных профиля канавок (рис. 6) с постоянной глубиной $t_1 = 1,0$ мм. Для канавки с профилем равностороннего треугольника высота подъема плиты составила 48 мкм, для канавки с треугольным профилем с одной стороной, перпендикулярной к поверхности опоры, – 49 мкм, для канавки с треугольным профилем с одной криволинейной стороной – 52 мкм, для канавки с профилем, близким к каплевидной форме, – 55 мкм.

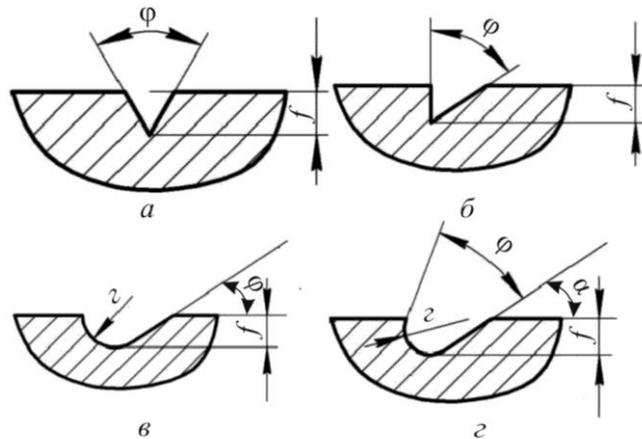


Рис. 6. Профили уплотнительных микроканавок: *a* – равносторонний треугольник, *б* – треугольный профиль с одной стороной, перпендикулярной к поверхности опоры, *в* – треугольный профиль с одной криволинейной стороной, *г* – профиль, близкий к каплевидной форме

Таким образом, при одинаковых условиях наибольшая высота подъема плиты достигается для аэростатической опоры с каплевидным профилем, что соответствует наибольшей подъемной силе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баласаньян В.С. Плоская прямоугольная аэростатическая опора с микроканавкой // Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. 1973. № 4. С. 8–15.
2. Берлин Э.П. О методах повышения устойчивости ленточных пил // Науч. тр. ЦНИИМОД. Архангельск, 1968. С. 119–123.
3. Берлин Э.П. Экспериментальные исследования силовых характеристик аэростатических направляющих для ленточных пил // Науч. тр. ЦНИИМОД. Архангельск, 1968. С. 253 – 260.
4. Иванкин И.И. Определение основных эксплуатационных показателей делительного ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими: дис. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2001. 146 с.
5. Иванкин И.И., Прокофьев Г.Ф., Дундин Н.И., Банников А.А. Теоретические исследования плоских аэростатических опор // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. науч. тр. 1998. Вып. 4. С. 32–39.
6. Прокофьев Г.Ф., Дербин М.В. Определение напряжений в ленточной пиле при применении отжимных направляющих // Лесн. журн. 2011. № 5. С 131 – 137. (Изв. высш. учеб. заведений).
7. Шейнберг С.А., Жедь В.П., Шишеев М.Д., Баласаньян В.С., Заблоцкий Н.Д. Опоры скольжения с газовой смазкой. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1979. 396 с.
8. Шубный П.Б., Дербин М.В., Ковалев Л.Н. Определение возможности использования аэростатических направляющих для охлаждения круглых пил при пилении древесины // Лесн. журн. 2011. № 5. С 138 – 140. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 01.04.13

Experimental Base for Determination Form of the Sealing Gutter Aerostatic Bearing

Derbin M.V., Candidate of Engineering, Teaching Assistant

Derbin V.M., Candidate of Engineering, Associate Professor

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya

Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia

E-mail: m.v.derbin@mail.ru

Links to theoretical research aerostatic bearings and the method of their calculation for choosing options aerostatic directing are provided. The calculation is made by a numerical method, based on approximation of field pressure in the gap differential algebraic equations, taking into account the two-dimensionality of the grease flow in the bearings of various configuration and giving results close to the actual. With the adopted assumptions, providing the simplification of calculations, not taken into account deviations of the lines flow from the direction perpendicular to micro gutter, with increasing the gap and reducing

cross-section of micro gutter; air motion in the groove is assumed laminar; inertial forces in the grease flow are not considered. The scheme of the aerostatic bearing with the given parameters, which are the width and length, is shown. The bearing section includes a closed rectangular micro gutter, by the middle of longitudinal sides of which blowing holes are made.

Separate aerostatic bearing is partitioned by array. Using special mathematical package for calculation of aerostatic bearings a program is developed. In experimental studies to evaluate the impact of the sealing gutters on the carrying capacity of aerostatic bearings was taken aerostatic bearing with the given parameters. The scheme of working surface aerostatic bearings with sealing gutter and the general appearance of the stand for investigation of aerostatic bearings are shown. Circuit description of the pneumatic system of experimental setup is given, it includes a compressor, the air-conducting magistral, consisting of rubber pressure hoses, the filter- moisture separator for removal mechanical impurities and moisture from the compressed air, the needle pneumatic valve to adjust air pressure, integral in rotameter, and the absolute manometer.

For experimental studies the electronic rotameter is used, which has a number of advantages over the rotameter with a glass pipe. The description of widget and principle of the stand work for investigation of flat aerostatic bearings is shown. In experimental studies 4 profile of grooves is examined. The findings of experimental studies of the lifting plates height for gutters with different profile are given. It has been stated under the same conditions, the maximum height of lifting plates achieves for aerostatic bearings with teardrop-shaped profile that corresponds to the greatest ascensional force of aerostatic bearings.

Keywords: gas film, aerostatic bearings, sealing gutter, lifting power.

REFERENCES

1. Balasanyan V.S. Ploskaya pryamougol'naya aerostaticeskaya opora s mikrokanavkoy [Flat Rectangular Aerostatic Bearing with Micro Gutter]. *Izvestiya AN SSSR, Mekhanika zhidkosti i gaza*, 1973, no. 4, pp. 8–15.
2. Berlin E.P. O metodakh povysheniya ustoychivosti lentochnykh pil [About the Methods of Increasing Resistance Band Saws]. *Nauch. tr. TsNIMOD* [Scientific Works]. Arkhangelsk, 1968. pp. 119–123.
3. Berlin E.P. Eksperimental'nye issledovaniya silovykh kharakteristik aerostaticeskikh napravlyayushchikh dlya lentochnykh pil [Experimental Studies of Aerostatic Guides Power Characteristics for Band Saws] *Nauch. tr. TsNIMOD* [Scientific Works]. Arkhangelsk, 1968. pp. 253–260.
4. Ivankin I.I. *Opreделение osnovnykh ekspluatatsionnykh pokazateley delitel'nogo lentochnopil'nogo stanka s krivolineynymi aerostaticeskimi napravlyayushchimi*: dis... kand. tehn. nauk. [Definition of the Basic Operational Indicators the Dividing Band Saw with Curvilinear Aerostatic Guides: Cand. Tech. Sci. Diss.]. Arkhangelsk, 2001. 146 p.
5. Ivankin I.I., Prokofev G.F., Dundin N.I., Bannikov A.A. Teoreticheskie issledovaniya ploskikh aerostaticeskikh opor [Theoretical Research of Flat Aerostatic Bearings] *Okhrana okruzhayushchey sredy i ratsional'noe ispol'zovanie prirodnnykh resursov: sb. nauch. tr.* [Environmental Protection and Rational Use of Natural Resources: Collected Papers]. 1998, vol. 4, pp. 32–39.

6. Prokofev G.F., Derbin M.V. Opredelenie napryazheniy v lentochnoy pile pri primeneniі otzhimnykh napravlyayushchikh [Determination of Stresses in the Band Saw when Applying Wringer Guides]. *Lesnoy zhurnal*, 2011, no. 5, pp.131–137.

7. Sheynberg S.A., Zhed' V.P., Shisheev M.D., Balasanyan V.S., Zablotskiy N.D. *Opory skol'zheniya s gazovoy smazkoy* [Sliding Bearing with Gas Film]. Moscow, 1979. 396 p.

8. Shubnyy P.B., Derbin M.V., Kovalev L.A. Opredelenie vozmozhnosti ispol'zovaniya aerostaticeskikh napravlyayushchikh dlya okhlazhdeniya kruglykh pil pri pilenii drevesiny [Determining the Possibility of Circular Saw Aerostatic Guides for Cooling Saws in the Process of Sawing Timber]. *Lesnoy zhurnal*, 2011, no. 5, pp. 138–140.

УДК 674.815-41

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КРУПНОРАЗМЕРНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ

© С.М. Плотников, д-р техн. наук, проф.

М.С. Лурье, д-р техн. наук, проф.

Сибирский государственный технологический университет, ул. Мира, 82,

г. Красноярск, Россия, 660049

E-mail: smplochnikov@rambler.ru

Для минимизации угла укладки частиц в стружечный ковер при изготовлении плит OSB необходимо выбрать оптимальную скорость направляющих элементов ориентирующего устройства, оценив замедление вращения частицы.

С учетом ламинарного характера обтекания древесных частиц воздушной средой был проведен численный эксперимент, в результате которого получены поля скоростей потоков, обтекающих вращающуюся частицу, определен коэффициент аэродинамического сопротивления частицы, который принимает значения от 1,12 до 1,20. Моделирование проводили для частиц длиной до 150 мм, шириной 4...30 мм, толщиной 0,2...1,0 мм, применяемых в производстве плит OSB.

Имитационное моделирование с помощью пакета Simulink программы MatLab показало, что действующая на вращающуюся частицу погонная сила аэродинамического сопротивления возрастает нелинейно с увеличением размеров частицы, за время ориентирования угловая скорость частиц длиной 150 мм снижается относительно начальной скорости на 18 %, частиц длиной 75 мм – на 12 %. Данное снижение линейно возрастает с уменьшением плотности частиц. Интенсивность замедления плоской частицы при вращении пропорциональна ее толщине, обратно пропорциональна ее плотности и не зависит от размеров частицы по ширине.

Результаты моделирования подтверждены скоростной видеосъемкой.

Угловая скорость частицы, при которой угол ее укладки в ковер минимален, определяется с учетом аэродинамического замедления частицы при падении и вращении, времени разворота (падения) и начального угла схода частицы с направляющих элементов, который зависит от расстояния между элементами и длины частицы.

Уточненное значение скорости вращения крупноразмерных частиц позволит минимизировать угол укладки их в стружечном ковре благодаря приданию частицам соответствующего вращательного импульса. За счет этого можно повысить прочность на изгиб готовых плит OSB.

Ключевые слова: плоская частица, имитационная модель, момент инерции, импульс вращения, коэффициент аэродинамического сопротивления, OSB.

В современном производстве плит из крупноразмерной ориентированной стружки (OSB) используются преимущественно механические ориентирующие устройства. В таких устройствах древесные частицы разворачиваются направляющими элементами (дисками, пластинами, струнами и т.д.), сходят с них и, продолжая разворот, укладываются в стружечный ковер. При

этом плоские частицы падают навстречу среде преимущественно широкой плоскостью.

В результате моделирования поступательного движения частицы в [2] получена зависимость времени ее падения от ее размеров и высоты падения. Было установлено, что данное время зависит от толщины и плотности частицы, но не зависит от ее длины и ширины, причем скорость падения частиц из-за сопротивления воздуха снижается до 20 %, т. е. частицам следует придавать меньшую (на 20 %) угловую скорость.

Частицы вращаются навстречу среде узкой гранью, поэтому площадь их сопротивления уменьшается на порядок. Однако сопротивление воздуха замедляет также разворот частиц, поэтому при ориентировании частицам, напротив, следует придавать большую угловую скорость.

Для уменьшения угла укладки частиц в стружечный ковер необходимо подобрать оптимальную скорость перемещения направляющих элементов ориентирующего устройства, оценив замедление вращения частицы. При этом расчеты падения и вращения частицы в корне отличаются: при падении на частицу действует сила тяжести, при вращении – инерционность частицы. Другим будет и коэффициент лобового сопротивления.

Рассмотрим случай плоской прямоугольной частицы длиной L , шириной B и толщиной h , вращающейся вокруг оси OO^1 с угловой скоростью ω (рис. 1).

Сила аэродинамического сопротивления F по длине частицы будет изменяться, поскольку разные ее участки будут двигаться с разной линейной скоростью относительно воздуха. Рассмотрим бесконечно малый участок частицы длиной dr на расстоянии r от оси вращения. Элементарная сила сопротивления dF , действующая на участок частицы длиной dr и шириной B :

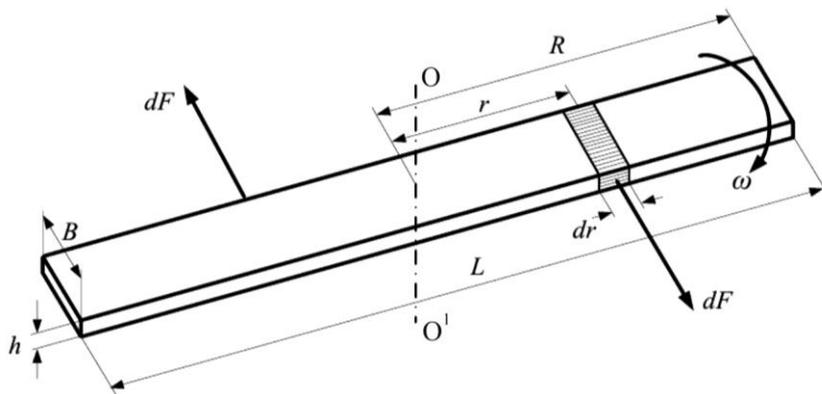


Рис. 1 Свободное вращение частицы прямоугольного сечения в воздухе ($R = L/2$; dF – элементарная сила сопротивления; ω – угловая скорость вращения частицы; r – текущая координата рассматриваемого участка частицы)

$$dF = C_x \rho_b B dr \frac{V_k^2}{2},$$

где C_x – коэффициент аэродинамического (лобового) сопротивления при вращении частицы;

ρ_b – плотность воздушной среды, $\rho_b = 1,29 \text{ кг/м}^3$;

V_k – линейная скорость перемещения краев частицы, м/с.

Выразив линейную скорость через угловую $V_k = r \omega$, получим

$$dF = C_x \rho_b B dr \frac{\omega^2 r^2}{2}. \quad (1)$$

Поскольку длина частицы в десятки раз больше ее поперечных размеров, то для сокращения машинного времени моделирования решалась плоская задача, при которой аэродинамическое сопротивление на концах частицы не учитывалось. Это приводит к погрешности не более 2 ... 3 %.

Особенность движения частиц в механических ориентирующих устройствах – ламинарный характер обтекания частиц воздушной средой. Так, для характерных размеров частиц (длина – до 150 мм, ширина – до 30 мм, толщина – до 1,0 мм) [4] при вращении с угловой скоростью 1...8 рад/с число Рейнольдса $Re = 10...800$, что соответствует ламинарному режиму.

Ламинарный режим движения однородных сред и их взаимодействие с обтекаемыми телами хорошо подчиняется численным методам расчета, поэтому для определения коэффициента C_x был применен численный эксперимент, состоящий из следующих шагов:

производится расчет стационарного процесса движения частицы в потоке воздуха при нормальных условиях методом численного моделирования с помощью программы Comsol Multiphysics 3.5. Для того чтобы в процессе 2D-моделирования учесть длину частицы, при постпроцессорной обработке результатов определялась погонная сила (F/L , Н/м), действующая на обтекаемое тело в направлении, противоположном движению частицы;

по рассчитанному значению погонной силы определяется коэффициент аэродинамического сопротивления частицы;

результаты, полученные для частиц близкой формы, усредняются;

усредненные результаты аппроксимируются аналитическими выражениями, которые будут пригодны для дальнейших расчетов.

Сила взаимодействия потока с обтекаемым им телом описывается следующей формулой [1]:

$$\frac{F}{L} = C_x \rho_b B \frac{V_k^2}{2}.$$

Тогда может быть найден коэффициент аэродинамического сопротивления:

$$C_x = \frac{\left(\frac{F}{L}\right)}{\rho_b B \frac{V_k^2}{2}} = \frac{2\left(\frac{F}{L}\right)}{\rho_b B V_k^2}. \quad (2)$$

Элементарный тормозящий момент с учетом силы, действующей на вторую половину частицы,

$$dM = 2dF \cdot r = Cx \rho_b B \omega^2 r^3 dr. \quad (3)$$

Для определения суммарного тормозящего момента необходимо проинтегрировать выражение (3) по длине частицы от оси вращения до ее конца:

$$M = \int_0^R dM = \int_0^R Cx \rho_b B \omega^2 r^3 dr = \rho_b B \omega^2 \int_0^R Cx r^3 dr = K \int_0^R Cx r^3 dr, \quad (4)$$

где $K = \rho_b B \omega^2$.

Коэффициент аэродинамического сопротивления Cx в (4) зависит от скорости движения частицы относительно воздуха, которая, в свою очередь, определяется текущей координатой рассматриваемого участка r и угловой скоростью ω . Для общности последующих выводов будем считать, что коэффициент Cx имеет следующий вид:

$$Cx = A + \frac{C}{\sqrt{V}} = A + \frac{C}{\sqrt{\omega r}} = A + \frac{C}{\sqrt{\omega} \sqrt{r}}. \quad (5)$$

При моделировании частицы шириной $B = 4; 15$ и 25 мм и толщиной $h = 0,2; 0,5$ и $1,0$ мм располагались широкой стороной вдоль и поперек потока. Пример полученных зависимостей погонной силы от скорости вращения частиц приведен на рис. 2.

После расчета по выражению (2), усреднения результатов и аппроксимации кривых средствами программы MatLab получены выражения, позволяющие для каждой из групп частиц определять коэффициент Cx с точностью до 10 %.

Для частиц, расположенных шириной B вдоль и поперек потока, соответственно имеем:

$$Cx^B = -3,4490 + \frac{407,1400}{\sqrt{Re}}; \quad Cx^П = 1,3293 + \frac{2,5227}{\sqrt{Re}}. \quad (6)$$

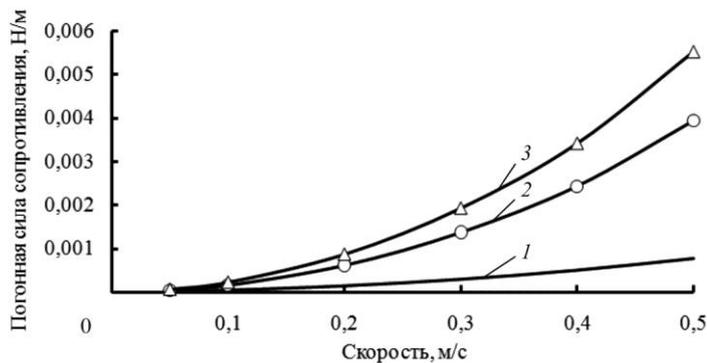


Рис. 2. Погонная сила, действующая на частицы разной ширины: 1 – 4 мм; 2 – 15 мм; 3 – 25 мм

Выражения (6) получены для аргумента, которым является число Рейнольдса. Это общепринятый критерий движения потоков среды, однако для практического расчета движения древесных частиц в системах ориентирования он неудобен, так как скрытно содержит размеры частиц и их скорость, которые приходится аналитически интегрировать в процессе расчета. В нашем частном случае для последующего анализа удобнее выразить C_x как функцию скорости движения частиц относительно воздуха. Для частиц, расположенных шириной B вдоль и поперек потока, имеем соответственно:

$$C_x^B = -3,4490 + \frac{11,2180}{\sqrt{V}}; \quad C_x^H = 1,2380 + \frac{0,1500}{\sqrt{V}}.$$

Подставив (5) в (4), получим:

$$M = K \int_0^R A r^3 dr + K \int_0^R \frac{C}{\sqrt{\omega} \sqrt{r}} r^3 dr = K A \int_0^R r^3 dr + \frac{K C}{\sqrt{\omega}} \int_0^R \frac{r^3}{\sqrt{r}} dr. \quad (7)$$

Выражение (7) содержит два интеграла:

$$\int_0^R r^3 dr = \frac{R^4}{4}; \quad \int_0^R \frac{r^3}{\sqrt{r}} dr = \frac{2}{7} R^3 \sqrt{R}. \quad (8)$$

Подставим (8) в (7):

$$M = \frac{K A R^4}{4} + \frac{2K C R^3 \sqrt{R}}{7\sqrt{\omega}}.$$

Тогда из (7) получим выражение тормозящего момента:

$$M = \frac{\rho_B B A R^4}{4} \omega^2 + \frac{2\rho_B B C R^3 \sqrt{R}}{7} \frac{\omega^2}{\sqrt{\omega}}. \quad (9)$$

Введем следующие обозначения:

$$a = \frac{\rho_B B A R^4}{4}; \quad b = \frac{2\rho_B B C R^3 \sqrt{R}}{7}. \quad (10)$$

Тогда зависимость аэродинамического момента торможения от размеров частицы и ее угловой скорости примет окончательный вид:

$$M = a\omega^2 + b \frac{\omega^2}{\sqrt{\omega}}. \quad (11)$$

Для определения закона движения частицы, запишем второй закон Ньютона для вращающейся частицы:

$$J \frac{d\omega}{dt} = -M, \quad (12)$$

где J – момент инерции частицы относительно оси OO^1 , $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Для пластины массой m и длиной L момент инерции по [3]

$$J = \frac{1}{12} m L^2 = \frac{1}{12} m (2R)^2 = \frac{m R^2}{3}. \quad (13)$$

Массу частицы определим по известной формуле

$$m = B L h \rho_{\text{ч}}, \quad (14)$$

где $\rho_{\text{ч}}$ – плотность материала частицы, $\rho_{\text{ч}} = 400 \dots 700 \text{ кг/м}^3$.

Подставим (13) и (11) в (12):

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{3}{mR^2} \left(a\omega^2 + b\frac{\omega^2}{\omega} \right). \quad (15)$$

После интегрирования обеих частей дифференциального уравнения (15) получим

$$\omega = -\frac{3}{mR^2} \int \left(a\omega^2 + b\frac{\omega^2}{\sqrt{\omega}} \right) dt. \quad (16)$$

Масса частицы m не входит в коэффициенты уравнения (10), поэтому, согласно (16), она определяет скорость вращения частицы в обратной пропорции.

Уравнение (16) нелинейно, поэтому для его интегрирования применим численные методы – имитационное моделирование с помощью пакета Simulink программы MatLab. Общий вид модели для плоских частиц представлен на рис. 3.

Блок подготовки данных вычисляет коэффициенты уравнения (16), блок решения дифференциальных уравнений решает (16), интегрируя его правую часть. Блок обработки данных вычисляет угловую скорость частицы во времени. При этом вычисляются два значения углового отклонения частицы: с учетом сил аэродинамического торможения и без учета данных сил (идеальное). Данные значения индицируются на дисплеях Angle_degrees (в градусах)

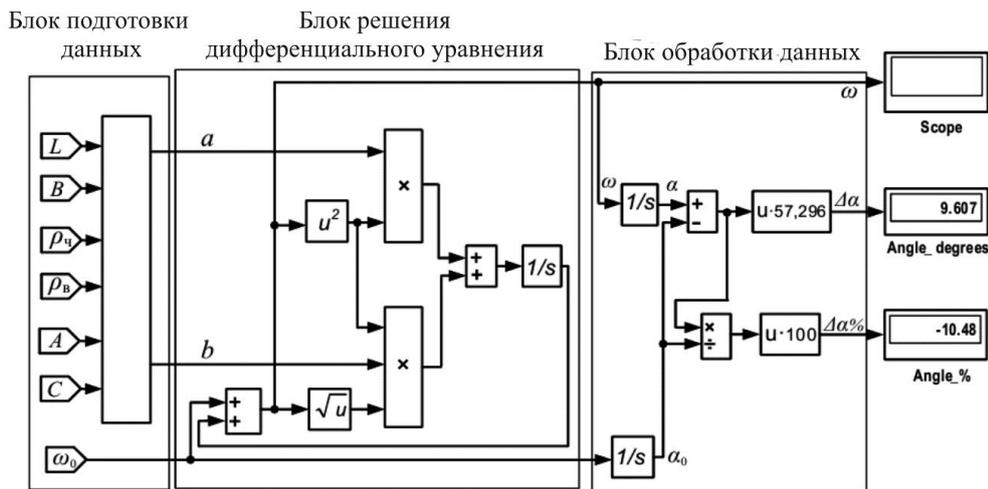


Рис. 3. Имитационная модель вращения плоской частицы

и Angle_% (в процентах от идеального значения). Осциллограф Score показывает процесс изменения угловой скорости при движении частицы во времени.

Моделирование проводили для плотности воздуха $1,204 \text{ кг/м}^3$, его кинематической вязкости $1,51 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ и плотности частицы 400 кг/м^3 .

Толщина B частицы, встречающей поток, не влияет на замедление частицы при вращении. Это следует из выражений (10) и (11). Коэффициенты a и b в выражении (10) прямо пропорциональны ширине частицы B . Но масса плоской частицы, определяемая по формуле (14), в формуле момента инерции (13) также пропорциональна ширине частицы B .

Учитывая, что $R = L/2$, проведем сокращения:

$$\omega = -\frac{12}{h \rho_{\text{ч}}} \int_0^R \left(\frac{\rho_{\text{в}} A L^3}{16} \omega^2 + \frac{\rho_{\text{в}} C L^2 \sqrt{L}}{7\sqrt{2}} \frac{\omega^2}{\sqrt{\omega}} \right) dt. \quad (17)$$

Толщина частицы h оказывает влияние на скорость замедления. Чем она больше, тем меньше замедляет вращение частица. Это можно объяснить тем, что увеличение h приводит к росту момента инерции частицы, но мало влияет на аэродинамическое сопротивление. Однако следует учитывать, что вследствие повышения площади трения частицы о воздух с увеличением ее толщины h аэродинамическая сила торможения также несколько возрастает. Это приводит к увеличению скорости торможения частицы.

Полученные в результате численного эксперимента поля скоростей потоков при обтекании вращающейся частицы (без учета ее падения) представлены на рис. 4, графики изменения угловой скорости частицы – на рис. 5.

Результаты моделирования показали, что при вращении частицы действующая на нее погонная сила аэродинамического сопротивления возрастает нелинейно с увеличением размеров частицы. Угловая скорость частиц снижается относительно начальной скорости по закону, близкому к линейному, причем за время ориентирования для частиц длиной 150 мм угловая скорость снижается на 20 %, для частиц длиной 75 мм – на 12 %. Данное снижение линейно возрастает с уменьшением плотности частиц.

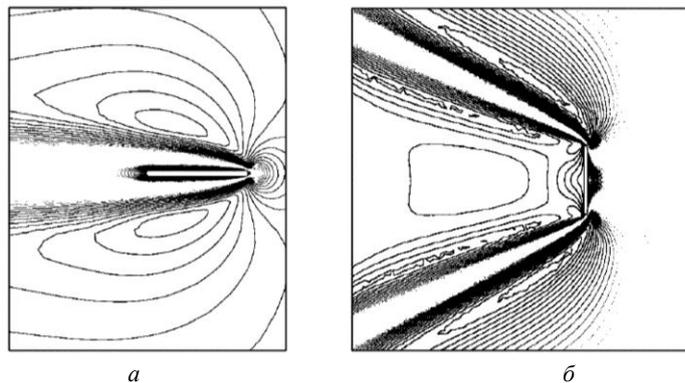


Рис. 4. Поля скоростей потоков, обтекающих частицу с параметрами $B = 20 \text{ мм}$, $h = 0,7 \text{ мм}$: a – плоскость частицы расположена вдоль потока; b – поперек потока

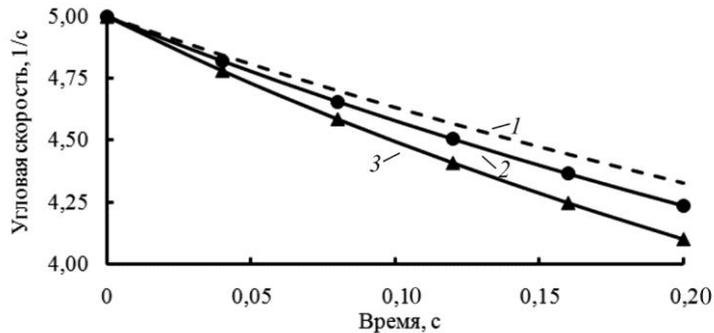


Рис. 5. Зависимость $\omega = f(t)$ для частицы с параметрами $B = 20$ мм, $h = 0,5$ мм, движущейся узкой гранью навстречу потоку, при разной ее длине: 1 – 75 мм; 2 – 100 мм; 3 – 150 мм

Полученные результаты экспериментально проверены с помощью скоростной цифровой видеокамеры Fastvideo-400 путем фиксации (вид сверху) вращения частицы из древесины сосны длиной 75 и 150 см, шириной 25 см, толщиной 0,07 см при падении ее с высоты 0,5 м. Начальная угловая скорость задавалась встречным перемещением двух направляющих элементов, на которых находилась частица, и составляла 50 об/мин (5,2 рад/с). При $L = 150$ см усредненная конечная скорость вращения частиц составила 4,12 рад/с, при $L = 75$ см – 4,52 рад/с, т. е. замедление вращения частиц соответствовало полученным при моделировании результатам с погрешностью, не превышающей 5 %.

Таким образом, угловую скорость частицы (ω , рад/с), при которой угол ее укладки в ковер минимален, можно определить из следующего выражения:

$$\omega = \frac{k_v}{k_n} \frac{2\pi n + \alpha_{\text{нач}}}{T_o}, \quad (18)$$

где k_v, k_n – аэродинамические коэффициенты, учитывающие замедление частицы соответственно при вращении и падении;

n – число оборотов, задаваемое частице;

$\alpha_{\text{нач}}$ – угол схода частицы с направляющих, зависящий от расстояния между направляющими и длины частицы, рад;

T_o – время падения (разворота) частицы, с.

Согласно [2], можно принять $k_v = 1,2$, тогда коэффициент k_n принимает значения от 1,12 до 1,20 и зависит от размеров частиц, их плотности, начальной скорости вращения и времени разворота T_o , которое пропорционально высоте ориентирующего устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лойцянский Л.Г.* Механика жидкости и газа. 7-е изд. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
2. *Плотников С.М., Лурье М.С.* Моделирование движения плоской древесной частицы при ориентировании // Лесн. журн. 2012. № 6. С. 89–95. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. *Фаворин М.В.* Моменты инерции тел.: справ. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 514 с.
4. *Thoeten H., Irle M., Sernek M.* Wood-Based Panels: An Introduction for Specialists // Brunel University Press. London, 2010. 283 s.

Поступила 18.03.13

Modeling of the Rotational Motion of Large-Sized Wood Particles

Plotnikov S.M., Doctor of Engineering, Professor

Lurie M.S., Doctor of Engineering, Professor

Siberian State Technological University, Mira, 82, Krasnoyarsk, 660049, Russia

E-mail: smplotnikov@rambler.ru

For the angle minimization of particles packing in shaving mat at the OSB manufacturing the optimal velocity of orienting tool directional elements must be chosen, considering the deceleration of particle rotation.

Taking into account the laminar streamline of air wood particles the numerical experiment was run. As a result the velocity field of flow around rotating particle is received, the particle aerodynamic drag coefficient is defined, which takes values from 1.12 to 1.20. The modeling was carried out for the particles, used in the manufacture of OSB, with a length of 150 mm, a width of 4...30 mm, a thickness of 0.2...1 mm.

Service simulating test with the packaged programs MatLab Simulink showed that actuating linear aerodynamic drag force during the rotation of particles increases nonlinearly with the augment of particle size. During the orientation the angular rate of the particle with length of 150 mm decreases comparatively to the initial velocity by 18%, and the particles with length 75 mm – by 12%. This degradation increases linearly with decreasing density of particles. Deceleration intensity of the flat particles during rotation is proportional to its thickness, is inversely to its compactness and is not dependent on the width of the particle.

The modeling results is substantiated by speed camera shooting.

The angular rate of the particles, which has the minimal angle of laying in the mat, is determined subject to the aerodynamic deceleration of the particles from falling and rotation, turning (falling) time, and the initial descent of the particles from the directional elements, which depends on the distance between the elements and the particle length.

Improved value of the rotational velocity of large-sized particles minimizes stacking angle them in shaving mat owing to impart the angular impulse. This increases the flexural strength of the finished OSB.

Keywords: flat particle, simulation model, moment of inertia, angular impulse, aerodynamic drag coefficient, OSB.

REFERENCES

1. Loytsyanskiy L.G. *Mekhanika zhidkosti i gaza* [Fluid Mechanics]. Moscow, 2003. 840 p.
 2. Plotnikov S.M., Lur'e M.S. Modelirovanie dvizheniya ploskoy drevesnoy chastitsy pri orientirovani [Modeling of a Flat Wood Particle Motion During Alignment]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no. 6, pp. 89-95.
 3. Favorin M.V. *Momenty inertsii tel* [Inertial Moments of Objects]. Moscow, 1977. 514 p.
 4. Thoemen H., Irle M., Sernek M. *Wood-Based Panels: An Introduction for Specialists*. London, 2010. 283 p.
-
-

УДК 621.311

СТОХАСТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОПЕРАЦИОННЫХ ЦИКЛОВ ЛЕСОПИЛЬНЫХ РАМ

© Агеев С.П., д-р техн. наук, доц.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002

E-mail: doctor.mart11@mail.ru

Характерной особенностью процессов деревообработки является то, что в них постоянно проявляется воздействие различных случайных факторов. Поэтому для более полного изучения основных закономерностей функционирования производственных процессов на деревообрабатывающих предприятиях необходимо рассматривать их как разновидности случайных процессов. Одним из наиболее энергоемких деревообрабатывающих производств является лесопильное производство. При этом лесопильная рама, со сравнительно небольшой околостаночной механизацией составляющая отдельный участок, как наиболее мощный электроприемник в значительной степени определяет характер его электропотребления. Цель настоящей статьи – установление вероятностных закономерностей рабочих циклов распиловки древесины на лесопильных рамах.

Для проведения исследований предложена математическая модель нагружения механизма резания главного привода лесопильной рамы, согласно которой лесопильная рама рассматривается как система массового обслуживания. Для анализа продолжительности распиловки отдельных бревен использован метод этапов, разработанный А.К. Эрлангом.

С использованием предложенной модели найден закон распределения длительности рабочих циклов лесопильной рамы, показана зависимость параметров закона распределения от ее режимных параметров и геометрических характеристик распиливаемого сырья.

В результате исследований установлено, что длительность рабочих циклов лесопильных рам как случайная величина подчинена обобщенному закону распределения Эрланга $(k + 1)$ -го порядка. Согласно центральной предельной теореме при увеличении k обобщенный закон Эрланга неограниченно приближается к нормальному. Как показала практика моделирования технологических и энергетических процессов деревообработки, вполне удовлетворительную точность можно получить при аппроксимации законов Эрланга нормальным законом уже при $k \geq 15$. При этом средняя ошибка аппроксимации не более 0,001 %.

Полученные результаты могут быть использованы при анализе производительности и оптимизации параметров оборудования поточных линий, а также при решении вопросов нормирования электропотребления процессов лесопиления.

Ключевые слова: лесопильная рама, рабочий цикл лесопильной рамы, система массового обслуживания, плотность распределения вероятностей, дифференциальные уравнения, преобразование Лапласа, теорема свертывания, геометрические характеристики распиливаемого сырья.

Как известно, энергетические и технологические режимы в большинстве производственных процессов деревообработки взаимосвязаны. Поэтому при анализе электропотребления необходимо одновременно учитывать и особенности протекания технологических процессов с учетом влияния факторов, характеризующих как сам процесс, так и отдельные его операции.

Одним из наиболее энергоемких деревообрабатывающих производств является лесопильное. При этом лесопильная рама (ЛР) со сравнительно небольшой околостаночной механизацией составляет отдельный участок и как наиболее мощный электроприемник в значительной степени определяет характер его электропотребления [3].

Характерной особенностью процесса лесопиления является то, что в нем постоянно проявляется воздействие различных случайных факторов (форма и размеры пиловочных сортиментов, изменчивость продолжительности технологических операций и др.) [1]. В результате подача сырья к технологическим агрегатам происходит не ритмично, а с разными интервалами времени. Такие процессы не могут быть детерминированными, их необходимо рассматривать как разновидности случайных процессов.

Целью данной статьи является установление вероятностных закономерностей рабочих циклов распиловки древесины на лесопильных рамах, необходимых для решения задач нормирования электропотребления процессов деревообработки.

В работе [2] была представлена математическая модель нагружения механизма резания главного привода ЛР. Согласно этой модели лесопильная рама рассматривается как система массового обслуживания (СМО). Для анализа продолжительности распиловки отдельных бревен был использован метод этапов, разработанный А.К. Эрлангом [6]. По этому методу распиловка бревен рассматривается как случайный дискретный процесс, состоящий из ряда последовательно выполняемых этапов (стадий).

Пусть для распиловки некоторого бревна требуется выполнить k стадий процесса. Тогда моменты начала стадий будут характеризовать следующие состояния СМО: E_1, E_2, \dots, E_k . Рассматриваемая СМО действует таким образом, что когда обслуженное требование (бревно) покинет СМО, на ее вход поступает новое требование. Это новое требование занимает этап 1 (СМО переходит в состояние E_1) и находится в нем случайное время T_1 . После ухода из этапа 1 требование поступает на этап 2 (СМО переходит в состояние E_2) и будет находиться там случайное время T_2 и т.д. После окончания k -й стадии требование покидает СМО, а сама СМО переходит в состояние E_0 , обусловленное межторцовыми разрывами между бревнами. Только после этого в СМО может поступить новое требование, и она вновь переходит в состояние E_1 .

Найдем закон распределения длительности рабочих циклов $T_{ц}$ лесопильной рамы. Эта задача сводится к нахождению закона распределения времени пребывания СМО в состояниях $E_1, E_2, \dots, E_k, E_0$. Полагая, что переход требования от одного этапа к следующему осуществляется под воздействием

пуассоновского потока событий с интенсивностью λ , построим размеченный граф состояний СМО (рис. 1). Состояние E_{11} является поглощающим. Переход в него означает окончание текущего рабочего цикла и начало следующего.

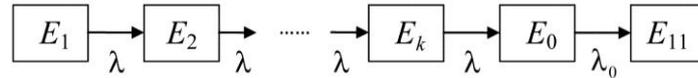


Рис.1. Размеченный граф состояний

Соответствующая этому графу система дифференциальных уравнений имеет следующий вид:

$$\frac{dp_1(t)}{dt} = -\lambda p_1(t); \quad \frac{dp_2(t)}{dt} = -\lambda p_2(t) + \lambda p_1(t);$$

.....

$$\frac{dp_k(t)}{dt} = -\lambda p_k(t) + \lambda p_{k-1}(t); \quad \frac{dp_0(t)}{dt} = -\lambda_0 p_0(t) + \lambda p_k(t).$$

Начальные условия, при которых нужно интегрировать эти уравнения:

$$p_1(0) = 1; \quad p_2(0) = p_3(0) = \dots = p_0(0) = 0.$$

В соответствии с [1] вероятность

$$p_1(t) = e^{-\lambda t}.$$

Для отыскания вероятности $p_2(t)$ получим дифференциальное уравнение

$$\frac{dp_2(t)}{dt} + \lambda p_2(t) = \lambda e^{-\lambda t}.$$

Преобразуем это уравнение по Лапласу:

$$sP_2(s) + \lambda P_2(s) = \frac{\lambda}{s + \lambda},$$

где s – параметр преобразования;

$P_2(s)$ – изображение функции $p_2(t)$.

Следовательно,

$$P_2(s) = \frac{\lambda}{(s + \lambda)^2}.$$

Используя таблицы изображения основных функций [7], найдем оригинал:

$$p_2(t) = \lambda t e^{-\lambda t}.$$

Рассуждаем аналогично:

$$p_i(t) = \frac{(\lambda t)^{i+1}}{(i-1)!} e^{-\lambda t}; \quad i = 1, 2, \dots, k.$$

Для отыскания вероятности $p_0(t)$ составим дифференциальное уравнение

$$\frac{dp_0(t)}{dt} + \lambda_0 p_0(t) = \lambda p_k(t).$$

Преобразуя это уравнение по Лапласу, получим

$$sP_0(s) + \lambda_0 P_0(s) = \lambda P_k(s) = \lambda \frac{\lambda^{k-1}}{(s + \lambda)^k},$$

откуда

$$P_0(s) = \frac{\lambda^k}{(s + \lambda_0)(s + \lambda)^k}. \quad (1)$$

Для нахождения оригинала функции $p_0(t)$ рассмотрим один из возможных методов, использующих теорему свертывания [7]. Для этого представим изображение (1) как произведение двух изображений:

$$P_0(s) = P_{01}(s)P_{02}(s), \quad (2)$$

где $P_{01}(s) \rightarrow p_{01}(t)$; $P_{02}(s) \rightarrow p_{02}(t)$.

Согласно теореме свертывания произведение (2) есть L -изображение функции $p_0(t)$, определенной интегралом с переменным верхним пределом:

$$P_0(s) = P_{01}(s)P_{02}(s) \rightarrow \int_0^t p_{01}(x)p_{02}(t-x)dx. \quad (3)$$

Приняв

$$P_{01}(s) = \frac{\lambda^k}{(s + \lambda)^k} \rightarrow \lambda^k \frac{t^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\lambda t} = p_{01}(t);$$

$$P_{02}(s) = \frac{1}{(\lambda_0 + s)} \rightarrow e^{-\lambda_0 t} = p_{02}(t),$$

согласно (3) получим

$$P_0(s) = \lambda^k \int_0^t \frac{x^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\lambda x} e^{-\lambda_0(t-x)} dx,$$

или

$$p_0(t) = \lambda^k \frac{e^{-\lambda_0 t}}{(k-1)!} \int_0^t x^{k-1} e^{x(\lambda_0 - \lambda)} dx.$$

Функция распределения $F(t) = p(T_{11} \leq t)$ равна вероятности того, что к моменту времени t СМО выйдет из состояния E_0 (закончится холостой ход) и окажется в состоянии E_{11} (лесопильная рама приступит к распиловке очередного бревна).

Следовательно, $F(t) = p_{11}(t)$, откуда плотность распределения случайной величины T_{11}

$$f(t) = \frac{F(t)}{dt} = \frac{dp_{11}(t)}{dt} = \lambda_0 p_0(t),$$

или

$$f(t) = \lambda_0 \lambda^k \frac{e^{-\lambda_0 t}}{(k-1)!} \int_0^t x^{k-1} e^{x(\lambda_0 - \lambda)} dx. \quad (4)$$

Закон распределения, имеющий такую плотность вероятности, называется обобщенным законом Эрланга $(k + 1)$ -го порядка, так как случайная величина $T_{ц}$ является суммой $(k + 1)$ независимых случайных величин, распределенных по показательному закону. У этого закона k параметров равны λ , а один – λ_0 .

Для практического использования формулы (4) вычислим интеграл методом по частям. Тогда

$$f(t) = \lambda_0 \lambda^k e^{-\lambda_0 t} \left[\sum_{j=1}^k \frac{(-1)^{j+1} t^{k-j}}{(k-j)! (\lambda_0 - \lambda)^j} e^{(\lambda_0 - \lambda)t} + \frac{1}{(\lambda_0 - \lambda)^k} \right]. \quad (5)$$

Параметры закона распределения могут быть определены следующим образом.

В работе [2] было получено

$$\lambda = \frac{MT_p}{DT_p},$$

где MT_p – математическое ожидание времени распиловки одного бревна, с;

DT_p – дисперсия времени распиловки одного бревна, с².

Учитывая, что

$$MT_p = M\left(\frac{L}{u}\right) = \frac{ML}{u};$$

$$DT_p = D\left(\frac{L}{u}\right) = \frac{1}{u^2} DL,$$

имеем

$$\lambda = u \frac{ML}{DL},$$

где u – скорость подачи, м/с;

L – длина бревен, м;

ML, DL – математическое ожидание и дисперсия L в сортировочной партии.

Таким образом, параметр λ зависит от геометрических размеров распиливаемого сырья и скорости подачи бревен.

Как показали экспериментальные исследования, проведенные на лесозаводах г. Архангельска, длительность вспомогательного времени T_B за операционный цикл (межторцовый разрыв) является случайной величиной, распределенной по показательному закону с параметром λ_0 . Известно, что для показательного закона распределения математическое ожидание

$$MT_B = \frac{1}{\lambda_0}; \quad (6)$$

дисперсия

$$DT_B = \frac{1}{\lambda_0^2}. \quad (7)$$

Откуда

$$\lambda_0 = \frac{1}{MT_B}. \quad (8)$$

Таким образом, параметр λ_0 может быть определен экспериментальным путем.

Число стадий распиловки определяется по следующему выражению [2]:

$$k = \frac{(MT_p)^2}{DT_p} = \frac{(ML)^2}{DL}. \quad (9)$$

Из (9) следует, что число стадий распиловки бревен не зависит от режимных параметров ЛР, а определяется только геометрическими характеристиками бревен в сортировочной партии.

Чтобы показать влияние геометрических размеров бревен на форму кривой плотности распределения обобщенного закона Эрланга, рассмотрим следующий пример.

Пример. На лесопильных рамах 2Р75-1/2 (мощность двигателя главного привода 110 кВт, частота вращения коленчатого вала 325 об/мин) осуществляется распиловка бревен с брусочкой при выпиливании одного бруса размерами $(0,60 \dots 0,73)d_B$ (где d_B – вершинный диаметр). Порода древесины – сосна, ель. Число пил в поставе – 8, шаг зубьев – 26 мм. Построим семейство кривых распределения Эрланга для следующих случаев:

- 1) длина бревен с $d_B = 20$ см есть случайная величина с математическим ожиданием $ML = 5,1$ м и дисперсиями $DL = 0,2$; $0,3$ и $0,4$ м²;
- 2) длины бревен с $d_B = 14$; 30 и 36 см есть случайные величины с математическим ожиданием $ML = 5,1$ м и дисперсией $DL = 0,4$ м².

Решение

1. Расчетные данные, необходимые для построения указанных кривых распределения, представлены в табл. 1. Расчетная техническая посылка, ограниченная шероховатостью поверхности пиломатериалов, заполнением впадин зубьев опилками и мощностью электродвигателя механизма резания ЛР согласно [4] $\Delta_p = 43$ мм. В этом случае скорость подачи $u = 0,233$ м/с.

Математическое ожидание длительности вспомогательного времени (межторцового разрыва) примем равным $MT_B = 1,9$ с, откуда параметр закона $\lambda_0 = 0,53$ с⁻¹ (см. формулу (8)). Тогда математические ожидания времени распиловки и рабочего цикла

$$MT_p = \frac{ML}{u} = \frac{5,1}{0,233} = 21,89 \text{ с}; \quad (10)$$

$$MT_{\text{ц}} = MT_p + MT_B = 21,89 + 1,90 = 23,79 \text{ с};$$

Дисперсия длительности рабочих циклов

$$DT_{\text{ц}} = DT_p + DT_B, \quad (11)$$

где $DT_B = 3,56$ с² (см. формулу (8)).

Таблица 1

Дисперсия $DL, м^2$	Число стадий распиловки k	Параметр $\lambda,$ $с^{-1}$	Дисперсия, $с^2$	
			DT_p	DT_c
0,2	130	5,94	3,69	7,25
0,3	87	3,96	5,53	9,09
0,4	65	2,97	7,37	10,93

2. Расчетные данные, необходимые для построения кривых распределения в зависимости от вершинного диаметра d_v бревен, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Диаметр бревен $d_v, см$	Расчетная посылка $\Delta p, мм$	Скорость подачи $u, м/с$	Параметр $\lambda,$ $с^{-1}$	Дисперсия $DT_c,$ $с^2$	Математическое ожидание $MT_c, с$
14	46	0,249	3,18	10,01	24,27
30	34	0,184	2,35	15,37	31,49
36	27	0,146	1,86	22,32	38,67

На рис. 2 и 3 представлены семейства кривых распределения закона Эрланга, рассчитанных по формуле (5).

Согласно центральной предельной теореме [5] при увеличении k обобщенный закон Эрланга ($k+1$)-го порядка неограниченно приближается к нормальному. Как показала практика моделирования технологических и энергетических процессов деревообработки, вполне удовлетворительную точность можно получить при аппроксимации законов Эрланга нормальным законом с

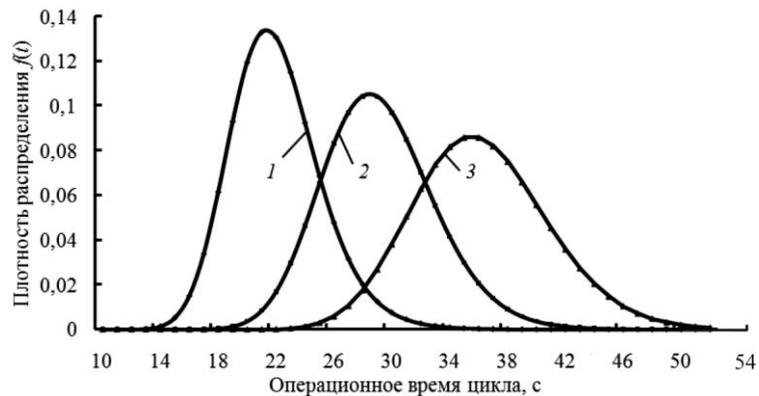


Рис. 2. Семейство кривых распределения закона Эрланга в зависимости от вершинного диаметра (d_v) бревен: 1 – $d_v = 14$ см; 2 – 30; 3 – 36 см

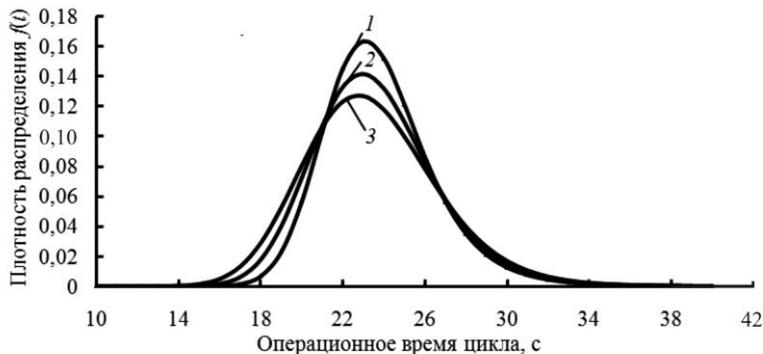


Рис. 3. Семейство кривых распределения закона Эрланга в зависимости от дисперсии длины бревен (DL) диаметром 20 см:
 $1 - DL = 0,2 \text{ м}^2$; $2 - 0,3$; $3 - 0,4 \text{ м}^2$

параметрами $MT_{ц}$ и $DT_{ц}$, вычисленными по формулам (10) и (11), уже при $k \geq 15$. При этом ошибка аппроксимации составила не более 0,01 %. Кривые распределения, представленные на рис. 2 и 3, также наглядно подтверждают указанный вывод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев С.П., Мелехов В.И. Вероятностная модель производственного процесса лесопильного цеха // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Междунар. науч.-техн. конф. 8–10 декабря 2009 г. Вологда, 2010. С. 91–93.
2. Агеев С.П. Математическое моделирование процессов распиловки древесины // СПБЛТА. Вып. 179. СПб: ЛТА, 2007. С. 142–152.
3. Агеев С.П. Показатели энергоиспользования лесопильных рам // Лесн. журн. 2009. № 3. С. 131 – 138. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Варфоломеев Ю.А., Дружинин И.С., Дьячков Ю.А. Справочник по лесопилению / Под ред. А.М. Копейкина. М.: Экология, 1991. 496 с.
5. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учеб. пособие для втузов. М.: Высш. шк., 2000. 480 с.
6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979. 432 с.
7. Римский-Корсаков Б.С. Операционное исчисление. М.: Высш. шк., 1960. 146 с.

Поступила 17.10.12

Stochastic Pattern of the Sash Operating Cycles

Ageev S.P., Doctor of Engineering, Associate Professor

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia
 E-mail: doctor.mart11@mail.ru

The feature of woodworking is the appearing of forcing of various random factors actually. Therefore, for total analysis of basic regularity of the functioning flow process at woodworking enterprises these processes must be considered as the variety of random processes. One of the most energy-intensive carpentry is the sawmill generating. The sash with relatively small nearby machine mechanization is a separate plot, and as the most powerful electric collector, largely determines the nature of power. The purpose of this article is to establish the probability of timber sawing operational cycles on the sashes.

The mathematical model of loading the cutting device of the main sash drive is offered for carrying out the researches. According to this model, the sash is considered as a system of queuing. For the sawing length analysis of specific logs the step method has been used, designed by A.K. Erlang.

Using the ordered model, the distribution law of the operational cycle period of the sash has been found, the dependence of distribution law from the sash characteristic quantity and the geometric parameters of cutting raw materials has been shown.

The research found that the operational cycles period of the sash is submitted to the generalized Erlang distribution law ($k+1$) degree as a random quantity. According to the Central limit theorem under the buildup k the generalized Erlang law is closed to normal non-limiting. As the practice of modeling of engineering and energy woodworking process shows, fair accuracy can be find in the approximation of the Erlang laws to the normal law already by $k \geq 15$. The average error of the approximation was not more than 0.001%. The distribution curves, presented in the article, also confirm this conclusion.

The obtained results can be used in capability investigation and optimization of the conveyer equipment parameters, as well as in addressing the issues of normalization power consumption of cutting processes.

Keywords: sash, sash operational cycle, queuing system, the density of probability distributions, differential equations, Laplace transform, collapsing theorem, geometrical adjectives of cutting raw materials.

REFERENCES

1. Ageev S.P., Melekhov V.I. Veroyatnostnaya model' proizvodstvennogo protsessa lesopil'nogo tsekha [Probabilistic Model of the Production Process of Timber Shopfloor]. *Aktual'nye problemy razvitiya lesnogo kompleksa: mat. mezhdunar. nauchno-tekhn. konf.* [Actual Problems of Forestry Complex Development: Math. Intern. Tech. Sci. Conf.]. 8–10 December 2009. Vologda, 2010. pp. 91–93.
2. Ageev S.P. *Matematicheskoe modelirovanie protsessov raspilovki drevesiny* [Mathematical Modeling of Sawing Wood Processes]. St. Petersburg, 2007, vol. 179, pp. 142–152.
3. Ageev S.P. Analiz elektropotrebleniya ramnykh lesopil'nykh potokov [Analysis of Power Consumption of Frame Sawing Threads]. *Sovershenstvovanie energeticheskikh sistem i tekhnologicheskogo oborudovaniya: Sb. nauch. tr.* [Development of Energy Systems and Technologic Equipment: Collected Papers]. 2012, pp. 17–23.
4. Varfolomeev Yu.A., Druzhinin I.S., D'yachkov Yu.A., et. al. *Spravochnik po lesopileniyu* [Sawmilling Guide]. Moscow, 1991. 496 p.

5. Venttsel' E.S., Ovcharov L.A. *Teoriya veroyatnostey i ee inzhenernye prilozheniya* [Probability Theory and its Engineering Applications]. Moscow, 2000. 480 p.

6. Kleynrok L. *Teoriya massovogo obsluzhivaniya* [Queueing theory]. Moscow, 1979. 432 p.

7. Rimskiy-Korsakov B.S. *Operatsionnoe ischislenie* [Operational calculus]. Moscow, 1960. 146 p.



УДК 338.32.053.4 : 674.093.6-413.82

О ДВУХ ПОДХОДАХ К ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЦЕН НА ПИЛОВОЧНОЕ СЫРЬЕ

© С.В. Еришов, канд. техн. наук, доц.

Т.И. Зыкова, студент магистратуры

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, Архангельск, Россия, 163002

E-mail: svershov@gmail.com

Предложен основанный на принципах линейного программирования метод назначения размерных диапазонов пиловочника для наиболее эффективной переработки на различных типах оборудования. Оборудование отличается производительностью и выходом пиломатериалов. Предложенный метод позволяет определять поправочные коэффициенты к цене на пиловочник различного диаметра. Скорректированная цена должна обеспечивать принятие эффективных управленческих решений по закупке пиловочника определенных размерных диапазонов.

Рассмотрено два варианта целевой функции и показано, что использование экономического эффекта в качестве целевой функции обеспечивает учет всех факторов, влияющих на эффективность распиловки. В качестве исходных данных для расчета использованы: распределение пиловочника по диаметрам; выход пиломатериалов и производительность при распиловке сырья каждой размерной группы на единице оборудования каждого типа; капитальные и эксплуатационные затраты для единицы оборудования каждого типа; средняя стоимость пиломатериалов.

Основные выводы:

пиловочное сырье различного диаметра представляет собой различную ценность при его распиловке и должно отличаться по цене;

цены на сырье различных размерных групп, определенные как решение двойственной задачи, соответствуют оптимальному распределению распиливаемого сырья по типам оборудования; использование таких цен обеспечит принятие эффективных управленческих решений.

Ключевые слова: производительность, выход пиломатериалов, целевая функция, эксплуатационные затраты, капитальные затраты, экономический эффект, цена.

Лесопильные предприятия на этапе формирования сечения пиломатериалов применяют большое количество оборудования различных типов (агрегатное, рамное, круглопильное, ленточнопильное) и назначений: от малого лесопиления до крупного производства. Применяемое оборудование различается по цене, техническим характеристикам, эксплуатационным затратам, сроку службы, производительности и выходу пиломатериалов. Каждый вид оборудования имеет свои преимущества и недостатки, которые проявляются в определенных условиях. Ленточнопильные станки обеспечивают высокий выход пиломатериалов при распиловке крупного леса и позволяют индивиду-

ально подходить к раскрою каждого бревна, но не гарантируют высокую производительность. Агрегатные станки, наоборот, имея высокую производительность, не могут обеспечить индивидуальный раскрой и высокий выход пиломатериалов при распиловке крупного сырья.

Распиливаемое сырье имеет специфическое распределение по диаметрам, определяемое местом его произрастания. По ГОСТ 9463–88 [3] пиловочником считают бревна диаметром от 14 см в вершине. ГОСТ предусматривает сортировку пиловочника по породам и сортам (1-, 2- и 3-й сорта), но не регламентирует сортировку по размерам. Леспромхозы, как правило, отгружают несортированный по размерам пиловочник по единой цене. Однако при распиловке на ленточнопильной линии из 1 м³ пиловочника диаметром, например, 32 см получится больше пиломатериалов, чем при распиловке на том же оборудовании 1 м³ пиловочника диаметром 14 см. Следовательно, пиловочник диаметром 32 см в этом случае представляет большую ценность, чем 14 см, и должен стоить дороже. Очевидно, что ценность пиловочника при распиловке будет зависеть и от используемого оборудования, поскольку оно так же определяет эффективность распиловки (выход пиломатериалов и производительность). В работах [1, 2] для решения проблемы предложена специализация лесопильных заводов по группам диаметров пиловочного сырья, но при единой цене за 1 м³ пиловочника такая специализация будет выгодна одним и невыгодна другим заводам.

В работе [4] показано, что методы линейного программирования позволяют решить задачу эффективного назначения размеров распиливаемого сырья каждому типу лесопильного оборудования. Но такой подход применим только для крупных предприятий, располагающих несколькими типами оборудования. Предприятия, имеющие оборудование только одного типа (например, агрегатное), неизбежно будут нести потери при распиловке сырья, которое можно было бы распилить более эффективно на оборудовании другого типа. Эту проблему можно решить дифференциацией цен на пиловочник различных диаметров.

Рассмотрим решение такой задачи. Учитываемые параметры (цена оборудования, стоимость обслуживания, срок службы, производительность, выход пиломатериалов) имеют различную природу и совместно могут быть учтены только через их стоимостное выражение. По этой причине задача выбора границ эффективной эксплуатации лесопильного оборудования и дифференциации цен на пиловочник имеет экономический характер.

Общие издержки (TC , тыс. р) при распиловке можно поделить на постоянные (FC) и переменные (VC) [5]:

$$TC = FC + VC. \quad (1)$$

Пусть используется m видов оборудования с номерами $j = 1 \dots m$. Переменные издержки (в год) будут зависеть от вида оборудования, поэтому обозначим их как сумму переменных издержек по каждой единице используемого оборудования VC_j . В общем случае VC_j будет учитывать амортизацию (цена и срок службы), затраты на заработную плату и сопутствующие налоги, затраты на техническое обслуживание, а также на приобретение и подготовку инструмента.

$$TC = FC + \sum_{j=1}^m VC_j. \quad (2)$$

В дальнейшем будем учитывать только переменную часть выражения (2), так как постоянные издержки FC не зависят от выбора оборудования и никак не повлияют на условия экстремума целевой функции.

Сопроводим решаемую задачу абстрактным примером для трех видов оборудования (табл. 1).

Таблица 1

Параметры используемого оборудования

Параметр	Номер оборудования j		
	1	2	3
Цена, тыс. р.	3800	4000	4200
Срок службы, лет	10	10	10
Эксплуатационные затраты в год, тыс. р.	4500	4200	3800
Переменные издержки, тыс. р.	4880	4600	4220

Требуется распилить партию пиловочника объемом Q . Вся партия состоит из n размерных групп с номерами $i = 1 \dots n$. Долю каждой размерной группы обозначим d_i . Каждый вид оборудования j при распиловке сырья из размерной группы i имеет годовую производительность P_{ij} и обеспечивает выход пиломатериалов r_{ij} . Для рассматриваемого примера будем использовать сырье, имеющее следующие параметры (табл. 2).

Таблица 2

Параметры распиливаемого сырья

Диаметр, см	Доля, %	Выход пиломатериалов, %, при распиловке на оборудовании j			Производительность оборудования, м ³ /год		
		1	2	3	1	2	3
14	5,70	45	45	45	61 000	45 000	24 000
16	10,80	47	47	48	63 000	47 000	25 000
18	14,50	48	49	50	62 000	48 000	26 000
20	14,60	48	51	52	62 000	50 000	26 000
22	13,00	49	53	54	62 000	52 000	28 000
24	11,00	49	54	55	61 000	52 000	29 000
26	8,70	50	56	57	61 000	53 000	30 000
28	6,70	51	58	60	60 000	53 000	32 000
30	4,90	51	58	60	60 000	52 000	33 000
32	3,60	52	59	61	58 000	52 000	33 000
34	2,50	52	60	62	57 000	51 000	34 000
36	1,60	53	61	63	56 000	49 000	34 000
38	1,10	53	62	64	55 000	48 000	32 000
40	0,80	53	62	64	54 000	48 000	32 000
>42	0,50	53	60	63	53 000	47 000	32 000

Как видно из табл. 1 и 2, эффективность распиловки сырья различных размерных групп будет отличаться. Это означает, что размерные группы представляют различную ценность при распиловке и, соответственно, должны бы иметь различную цену. Дифференциация цен на пиловочное сырье по размерным группам позволила бы сделать его одинаково привлекательным для распиловки в различных условиях (на различных видах оборудования).

Обозначим $x_{ij} = 1$, если сырье размерной группы номер i распиливают на оборудовании с номером j , $x_{ij} = 0$ – если нет. Тогда продолжительность t работы (в годах) оборудования j при распиловке сырья размерной группы i будет определяться по формуле

$$t_{ij} = \frac{Q d_i x_{ij}}{P_{ij}}. \quad (3)$$

Задача рационального использования сырья при распиловке – это задача о назначениях, представляющая собой частный случай задачи линейного программирования (ЗЛП) [7].

Каждая ЗЛП имеет связанную с ней двойственную задачу. Целевая функция двойственной задачи должна принимать противоположное значение (min, если в основной задаче max). Ограничения меняют знак на обратный, правая часть ограничений становится коэффициентами целевой функции, а коэффициенты прежней целевой функции становятся правой частью ограничений, матрица коэффициентов при переменных в системах ограничений двойственной задачи должна быть получена транспонированием матрицы коэффициентов при переменных в системах ограничений основной задачи [6]. Ограничения в данном случае отражают положение о том, что ресурс не может стоить меньше чем эффект от его использования, а целевая функция – стремление лесопильного предприятия минимизировать расходы на сырье. Решение двойственной задачи даст значения стоимости P_i (объективно-обусловленные оценки) части пиловочника каждой размерной группы.

Решение ЗЛП возможно в MS Excel с использованием надстройки «Поиск решения». Причем, не обязательно отдельно решать двойственную задачу, ее решение всегда будет в «Отчете об устойчивости» (рис. 1) под именем «Теневая цена» [8].

Зная долю размерной группы в объеме пиловочника d_i , можно определить теневую цену 1 м³ пиловочника каждой размерной группы. Следует отметить, что это будет условная цена, выраженная в единицах измерения целевой функции. В этой связи удобно использовать поправочные коэффициенты к цене пиловочника, зависящие от его размерной группы. Их можно определить, разделив теневую цену 1 м³ на сумму всех теневых цен.

Тень Цена	Ограничение Правая сторона	Допустимое Увеличение	Допустимое Уменьшение
0,07239	1	1E+30	1
0,143914286	1	1E+30	1
0,199254167	1	1E+30	1
0,209948	1	1E+30	1
0,1952	1	1E+30	1
0,168469231	1	1E+30	1
0,138609057	1	1E+30	1
0,111764375	1	1E+30	1
0,081933939	1	1E+30	1
0,061276364	1	1E+30	1
0,043397059	1	1E+30	1
0,028254118	1	1E+30	1

Рис. 1. Фрагмент отчета об устойчивости

Возможны два подхода к решению ЗЛП о рациональном использовании пиловочного сырья и дифференциации цен на пиловочник.

Первый подход – получить максимальное количество пиломатериалов из имеющегося количества сырья. Количество полученных пиломатериалов можно определить по формуле

$$V_b = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Pi_{ij} t_{ij} r_{ij}, \quad (4)$$

где V_b – количество полученных пиломатериалов, м³;

r_{ij} – выход пиломатериалов при распиловке бревен из размерной группы i на оборудовании j .

Используя формулу (3) в формуле (4), получаем

$$V_b = Q \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_i r_{ij} x_{ij}. \quad (5)$$

Поскольку Q – величина постоянная, запишем целевую функцию в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_i r_{ij} x_{ij} \rightarrow \max \quad (6)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1; \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

Решение данной ЗЛП (выделено темным фоном) в MS Excel приведено в виде распечатки на рис. 2.

	Диаметр, см	Доля, %	Производительность куб.			Решение					
			1	2	3	1	2	3			
1	14	5,70%	45%	45%	45%	61000	45000	24000	1	0	0
2	16	10,80%	47%	47%	48%	63000	47000	25000	0	0	1
3	18	14,50%	48%	49%	50%	62000	48000	26000	0	0	1
4	20	14,60%	48%	51%	52%	62000	50000	26000	0	0	1
5	22	13,00%	49%	53%	54%	62000	52000	28000	0	0	1
6	24	11,00%	49%	54%	55%	61000	52000	29000	0	0	1
7	26	8,70%	50%	56%	57%	61000	53000	30000	0	0	1
8	28	6,70%	51%	58%	60%	60000	53000	32000	0	0	1
9	30	4,90%	51%	58%	60%	60000	52000	33000	0	0	1
10	32	3,60%	52%	59%	61%	58000	52000	33000	0	0	1
11	34	2,50%	52%	60%	62%	57000	51000	34000	0	0	1
12	36	1,60%	53%	61%	63%	56000	49000	34000	0	0	1
13	38	1,10%	53%	62%	64%	55000	48000	32000	0	0	1
14	40	0,80%	53%	62%	64%	54000	48000	32000	0	0	1
15	>42	0,5%	53%	60%	63%	53000	47000	32000	0	0	1
		100,00%									

Рис. 2. Решение ЗЛП при первом подходе

Решения прямой и двойственной ЗЛП (коэффициенты x_{ij} и теневая цена) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Решение ЗЛП при реализации первого подхода

Диаметр, см	Коэффициент x_{ij} при использовании оборудования j			Теневая цена	Теневая цена 1 м^3	Поправочный коэффициент к цене
	1	2	3			
14	1	0	0	0,02565	0,45	0,84
16	0	0	1	0,05184	0,48	0,89
18	0	0	1	0,0725	0,50	0,93
20	0	0	1	0,07592	0,52	0,97
22	0	0	1	0,07020	0,54	1,00
24	0	0	1	0,06050	0,55	1,02
26	0	0	1	0,04959	0,57	1,06
28	0	0	1	0,04020	0,60	1,11
30	0	0	1	0,02940	0,60	1,11
32	0	0	1	0,02196	0,61	1,13
34	0	0	1	0,0155	0,62	1,15
36	0	0	1	0,01008	0,63	1,17
38	0	0	1	0,00704	0,64	1,19
40	0	0	1	0,00512	0,64	1,19
>42	0	0	1	0,00315	0,63	1,17

Такой подход никак не учитывает затраты и производительность оборудования и основан только на выходе пиломатериалов. Решение ЗЛП, поставленной таким образом, – очевидно: следует использовать то оборудование, которое обеспечивает самый высокий выход пиломатериалов. Теневая цена 1 м³ в точности соответствует наибольшему выходу пиломатериалов для каждой размерной группы. Этот подход следует признать неприемлемым.

Второй подход – получение максимального экономического эффекта при распиловке имеющегося объема сырья Q . Обозначим P_b – цена 1 м³ пиломатериалов (с учетом последующих затрат на обрезку, сушку, торцовку и пакетирование).

Экономический эффект (вернее его переменную часть) распиловки партии пиловочника можно определить как разность между выручкой и расходами:

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [P_{ij} t_{ij} r_{ij} P_b - t_{ij} V C_j]. \quad (8)$$

Используя формулу (3) в формуле (8), получаем

$$E = Q \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_i \left[r_{ij} P_b - \frac{V C_j}{P_{ij}} \right] x_{ij}. \quad (9)$$

Имея в виду, что Q – величина постоянная, целевая функция приобретает следующий вид

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_i \left[r_{ij} P_b - \frac{V C_j}{P_{ij}} \right] x_{ij} \rightarrow \max \quad (10)$$

при ограничениях (7).

Решение данной ЗЛП (выделено темным фоном) в MS Excel иллюстрирует распечатка, приведенная на рис. 3.

				Производительность куб. м в год			Решение					
	Диаметр, см	Доля, %	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	14	5,70%	45%	45%	45%	61000	45000	24000	14	1	0	0
2	16	10,80%	47%	47%	48%	63000	47000	25000	16	1	0	0
3	18	14,50%	48%	49%	50%	62000	48000	26000	18	0	1	0
4	20	14,60%	48%	51%	52%	62000	50000	26000	20	0	1	0
5	22	13,00%	49%	53%	54%	62000	52000	28000	22	0	1	0
6	24	11,00%	49%	54%	55%	61000	52000	29000	24	0	1	0
7	26	8,70%	50%	56%	57%	61000	53000	30000	26	0	1	0
8	28	6,70%	51%	58%	60%	60000	53000	32000	28	0	0	1
9	30	4,90%	51%	58%	60%	60000	52000	33000	30	0	0	1
10	32	3,60%	52%	59%	61%	58000	52000	33000	32	0	0	1
11	34	2,50%	52%	60%	62%	57000	51000	34000	34	0	0	1
12	36	1,60%	53%	61%	63%	56000	49000	34000	36	0	0	1
13	38	1,10%	53%	62%	64%	55000	48000	32000	38	0	0	1
14	40	0,80%	53%	62%	64%	54000	48000	32000	40	0	0	1
15	>42	0,50%	53%	60%	63%	53000	47000	32000	>42	0	0	1
		100,00%										

Рис. 3. Решение ЗЛП при втором подходе

Решения прямой и двойственной ЗЛП (коэффициенты x_{ij} и теневая цена) приведены в табл. 4.

Таблица 4

Решение ЗЛП при реализации второго подхода

Диаметр, см	Коэффициент x_{ij} при использовании оборудования j			Теневая цена	Теневая цена 1 м ³	Поправочный коэффициент к цене
	1	2	3			
14	1	0	0	0,0724	1,2700	0,85
16	1	0	0	0,1439	1,3325	0,89
18	0	1	0	0,1993	1,3742	0,92
20	0	1	0	0,2099	1,4380	0,96
22	0	1	0	0,1952	1,5015	1,00
24	0	1	0	0,1685	1,5315	1,02
26	0	1	0	0,1386	1,5932	1,06
28	0	0	1	0,1118	1,6681	1,11
30	0	0	1	0,0819	1,6721	1,12
32	0	0	1	0,0613	1,7021	1,14
34	0	0	1	0,0434	1,7359	1,16
36	0	0	1	0,0283	1,7659	1,18
38	0	0	1	0,0197	1,7881	1,19
40	0	0	1	0,0143	1,7881	1,19
>42	0	0	1	0,0088	1,7581	1,17

Использование этого подхода учитывает стоимость пиломатериалов, переменные издержки, связанные с эксплуатацией оборудования, его производительность и выход пиломатериалов. Решение двойственной задачи позволяет определить теневые цены и поправочные коэффициенты к цене пиловочника в зависимости от его размерной группы.

Конечно, практически невозможно сортировать пиловочник в условиях леспромхоза по четным диаметрам, но реально возможна сортировка по количеству размерных групп, равному количеству типов используемого оборудования (в нашем примере $j = 3$). Поправочные коэффициенты в этом случае можно определить как средневзвешенные значения (табл. 5).

Таблица 5

Средневзвешенные значения поправочных коэффициентов к цене

Диапазон размеров, см	Поправочный коэффициент
14 ... 16	0,88
18 ... 26	0,99
28 ... 42	1,14

Выводы

1. Пиловочное сырье различного диаметра имеет различную ценность при распиловке, т. е. должно отличаться по цене.

2. Цены на сырье различных размерных групп, определенные как решение двойственной задачи, соответствуют оптимальному распределению распиливаемого сырья по типам оборудования. Использование таких цен обеспечит принятие эффективных управленческих решений.

3. Издержки леспромхоза на производство пиловочника некоторых размерных групп могут оказаться выше, чем его цена. Такое сырье не попадет на лесопильное предприятие (его можно использовать в производстве целлюлозы, лесохимии и как топлива) и не снизит эффективность его работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронцов Ю.Ф., Суровцева Л.С.* Эффективность специализации лесопильных предприятий по группам диаметров пиловочного сырья // Лесн. журн. 2002. № 5. С. 90–94. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Голяков А.Д., Воронцов Ю.Ф.* Специализация лесопильных заводов // Лесн. журн. 2004. № 5. С. 94–98. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. ГОСТ 9463–88. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. Взамен ГОСТ 9463–72; Введ. 01.01.91. 11 с.
4. *Ершов С.В.* Определение границ размерных диапазонов распиливаемого сырья при эффективной эксплуатации лесопильного оборудования // Лесн. журн. 2013. № 4. С. 72–79. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. *Идрисов А.Б., Картышев С.В., Постников А.В.* Стратегическое планирование и анализ эффективности инвестиций М.: ИИД «ФИЛИНЪ», 1996. 272 с.
6. *Канторович Л.В., Горстко А.Б.* Оптимальные решения в экономике. М.: Наука, 1972. 231 с.
7. *Лунгу К.Н.* Линейное программирование. Руководство к решению задач. М.: Физматлит, 2005. 128 с.
8. *Jeffrey H. M., Larry R. W.* Decision Modeling with Microsoft Excel: – 6th ed. / New Jersey: Prentice Hall, 2001. 693 p.

Поступила 15.10.13

About the Two Approaches to Price Differentiation for Sawlogs

S.V. Ershov, Candidate of Engineering, Associate Professor

T.I. Zykova, Master's Student

North (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia
E-mail: svershov@gmail.com

The method based on linear programming principles for appointment of sawlogs sizes to the various types of equipment for more effective processing, is posed. The equipment

is distinguished by the capability and return of sawn timber. The proposed method also allows to define correction indexes to the price of the sawlogs with different diameters. The adjusted price should ensure to take effective managerial decisions for the purchase of the sawlogs with certain size.

The two variants of objective function have been considered, and it has been shown that the economic effect using as the objective function provides account of the all factors affecting on the efficiency of sawing. As the initial data for calculating was used: the sawlogs distribution by diameters; the timber return and capability in the sawing logs of the each size group on the each type of equipment, the capital and operating costs for the each type of equipment, the average price of timber.

The main conclusions in article:

the sawlogs with different diameter represents the different worth by sawing and has different price;

the prices of the sawlogs of different size groups, determined as the solution of dual problem, are corresponded to optimum distribution of the sawing logs to types of equipment;

the use of such prices will ensure effective managerial decisions.

Keywords: capability, return of timber, the objective function, operating costs, capital costs, economic effect, price.

REFERENCES

1. Vorontsov Yu.F., Surovtseva L.S. Effektivnost' spetsializatsii lesopil'nykh predpriyatiy po grupпам diametrov pilovochnogo syr'ya [Efficiency of Sawmills' Specialization according to Diameter Groups of Sawn Raw Material]. *Lesnoy Zhurnal*, 2002, no. 5, pp. 90–94.
2. Golyakov A.D., Vorontsov Yu.F. Spetsializatsiya lesopil'nykh zavodov [Specialization of Sawmills]. *Lesnoy Zhurnal*, 2004, no. 5, pp. 94–98.
3. GOST 9463-88. *Lesomaterialy kruglye khvoynnykh porod. Tekhnicheskie usloviya* [State Standart 9463-88. Round Timber of Coniferous Species. Specifications]. 11p.
4. Ershov S.V. Opredelenie granits razmernykh diapazonov raspilivaemogo syr'ya pri effektivnoy ekspluatatsii lesopil'nogo oborudovaniya [Determination of Size Ranges of Saw Logs under Efficient Operation of Sawmill Equipment]. *Lesnoy Zhurnal*, 2013, no. 4, pp. 72–79.
5. Idrisov A.B., Kartyshev S.V., Postnikov A.V. *Strategicheskoe planirovanie i analiz effektivnosti investitsiy* [Strategic Planning and Analysis of Investment Efficiency]. Moscow, 1996. 272 p.
6. Kantorovich L.V., Gorstko A.B. *Optimal'nye resheniya v ekonomike* [Optimal Decisions in Economics]. Moscow, 1972. 231 p.
7. Lungu K.N. *Lineynoe programmirovaniye. Rukovodstvo k resheniyu zadach* [Linear Programming. Guide to Solving Problems]. Moscow, 2005. 128 p.
8. Jeffrey H. M., Larry R. W. *Decision Modeling with Microsoft Excel*. New Jersey, 2001. 693 p.



УДК 676.023.11:544.478

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ДЕЛИГНИФИКАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПОЛУФАБРИКАТА МОЛЕКУЛЯРНЫМ КИСЛОРОДОМ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИОКСОМЕТАЛЛАТОВ

© *Т.В. Торцева, канд. хим. наук, доц.*

Н.Р. Попова, канд. хим. наук, проф.

К.Г. Боголицын, д-р хим. наук, проф.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 17, наб. Северной Двины, г. Архангельск, Россия, 163002

E-mail tph.agtu@mail.ru

Исследована каталитическая делигнификация лиственного и хвойного целлюлозного волокна, которую осуществляли в две стадии. На первой стадии проводили каталитическую окислительную делигнификацию целлюлозного полуфабриката молекулярным кислородом в присутствии полиоксометаллатов (ванадомолибдофосфата натрия, марганецсодержащего ванадомолиб-дофосфата натрия), на второй стадии, с целью повышения эффективности процесса и удаления окисленного лигнина с поверхности целлюлозного волокна, – щелочную обработку. Изучено влияние природы и концентрации катализатора, температуры и pH среды на изменение таких параметров, как число Каппа, белизна, вязкость и степень полимеризации.

Установлено, что процесс делигнификации целлюлозного волокна интенсифицируется в присутствии полиоксометаллатов, при этом последний является более селективным катализатором. Наибольшее изменение числа Каппа отмечено при концентрации катализатора 2,0 ммоль/л, что составляет 20 % от массы абс. сухой целлюлозы, дальнейшее увеличение концентрации практически не оказывает существенного влияния на процесс. pH среды в интервале от 2 до 4 незначительно сказывается на каталитической делигнификации как лиственной, так и хвойной целлюлозы. Повышение температуры и введение дополнительной стадии щелочения позволяют значительно повысить эффективность процесса.

Ключевые слова: каталитическая делигнификация, целлюлоза, каталитическое окисление, кислород, полиоксометаллаты.

В соответствии с перечнем приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ и основными принципами «зеленой» химии большинство научных исследований в последние десятилетия направлены на создание экологически безопасных способов комплексной переработки растительного сырья. Одним из этих направлений является каталитическое окисление лигносодержащих материалов в присутствии полиоксометаллатов. Инте-

рес к этим веществам был обусловлен поиском биомиметических каталитических систем, моделирующих действие ферментов. Полиоксометаллаты проявляют свое воздействие за счет значительного количества активных центров в виде металлов, способных изменять свою степень окисления, и являются бифункциональными системами, катализирующими как кислотно-основные, так и окислительно-восстановительные взаимодействия [9].

Ранее нами проведены комплексные физико-химические исследования процессов каталитического окисления модельных соединений структурного звена лигнина [6] и лигнинных веществ [7] растворенным молекулярным кислородом в кислой среде с использованием в качестве катализаторов полиоксометаллатов. С этой целью были синтезированы катализаторы (ванадомолибдофосфат натрия – НРА-5, марганецсодержащий ванадомолибдофосфат натрия – НРА-5-Mn), исследовано влияние природы окисляемых веществ, природы и концентрации катализатора, рН раствора, температуры и продолжительности обработки на процесс окисления. Разработана кинетическая модель процесса окисления, установлен циклический механизм действия катализаторов и определены оптимальные условия проведения процессов.

Простой механический перенос результатов, полученных при изучении модельных соединений лигнина и выделенных препаратов лигнина (как технических, так и нативных), на процессы делигнификации целлюлозного волокна всегда сопряжен со значительными допущениями, связанными с особенностями его состава и структуры. С позиций физической химии полимеров целлюлозный полуфабрикат является трехкомпонентной системой. Термодинамически несовместимые целлюлоза и лигнин образуют микрогетерогенные области, окруженные гелем гемицеллюлоз. Гемицеллюлозы при этом играют роль совместителей за счет образования переходного слоя на поверхности элементарных фибрилл целлюлозы и наличия ограниченной термодинамической совместимости с лигнином. Процесс делигнификации целлюлозного волокна представляет собой окислительную деструкцию лигнинной составляющей без значительного разрушения углеводов, сопровождающуюся разрушением лигноуглеводной сетки. При этом удаление окисленного лигнина с поверхности целлюлозных фибрилл осложняется тем, что лигнин гидрофобен, поэтому он практически не переходит в раствор. Повышению растворимости лигнина способствует введение стадии щелочной промывки после стадии окислительной делигнификации [1, 5].

Целью данной работы являлось исследование двухступенчатой модификации целлюлозного полуфабриката, включающей в себя каталитическую делигнификацию молекулярным кислородом и последующую щелочную обработку.

Методическая часть

В качестве объектов исследования в данной работе использованы хвойная товарная сульфатная целлюлоза Соломбальского целлюлозно-бумаж-

Таблица 1

Характеристика исходных видов целлюлозы

Показатель	Значение показателя для целлюлозы	
	хвойной	лиственной
Число Каппа, ед.	42,0±0,5	15,1±0,1
Зольность, %	1,68±0,03	1,54±0,01
Белизна, %	22,9±0,5	52,1±0,3
Вязкость, мл/г	1060±50	990±20
Степень полимеризации	3400±100	3200±100
Пентозаны, %	4,3±0,1	3,4±0,1

ного комбината и лиственная сульфатная целлюлоза Архангельского целлюлозно-бумажного комбината (табл. 1).

Модификацию целлюлозы проводили по двухстадийному процессу. На *первой стадии* (O_2) осуществляли каталитическую окислительную делигнификацию целлюлозного полуфабриката молекулярным кислородом, который непрерывно продували через реакционную смесь со скоростью 6,5 дм³/ч. В качестве катализаторов использовали НРА-5 и НРА-5-Мп, синтезированные по методике, изложенной в работе [8]. Исследовано влияние природы катализатора, температуры и рН среды на интенсивность делигнификации. Большинство экспериментов проводили при следующих условиях: концентрация целлюлозы – 1,5 масс.%, концентрация катализатора – 2,0 ммоль/л, рН 3, температура – 90 °С, продолжительность процесса – 2 ч (табл. 2).

На *второй стадии* (Е) в целях повышения эффективности процесса и удаления окисленного лигнина с поверхности целлюлозного волокна проводили щелочную обработку при следующих условиях: концентрация целлюлозного волокна – 3,0 масс.%, концентрация NaOH – 1 масс.%, температура – 90 °С, продолжительность – 2 ч (табл. 2).

По окончании процесса целлюлозу отделяли от раствора на воронке Бюхнера, промывали до нейтральной реакции и высушивали до воздушно-сухого состояния. За процессом делигнификации наблюдали по изменению числа Каппа, белизны и вязкости, которые определяли согласно [2–4].

Экспериментальная часть

В целях установления каталитической активности полиоксометаллатов в процессах делигнификации и изучения влияния природы катализатора были проведены эксперименты с использованием в качестве катализаторов НРА-5 и НРА-5-Мп (табл. 2). На основании полученных данных установлено более значительное снижение числа Каппа у образцов целлюлозы, обработанных в присутствии НРА-5-Мп. Большая каталитическая активность этого полиоксометаллата в процессе окисления модельных соединений лигнина и лигнинных веществ была уже установлена нами ранее и обусловлена тем, что введение в структуру полиоксометаллата ионов марганца приводит к повышению его окислительно-восстановительного потенциала, что отражается на увеличении

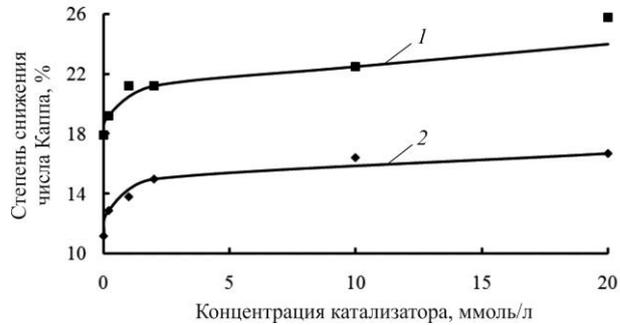
Таблица 2

Изменение свойств лиственной и хвойной целлюлозы в процессе модификации

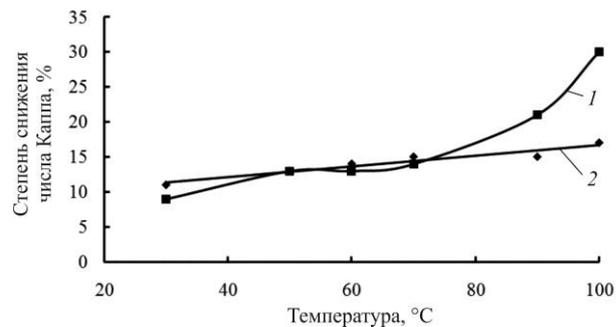
Способ обработки целлюлозы (стадия)	Показатель	Значение показателя для целлюлозы, обработанной		
		в отсутствии катализатора	в присутствии	
			НРА-5	НРА-5-Mn
<i>Лиственная целлюлоза</i>				
O ₂ (первая стадия)	Число Каппа, ед.	12,4±0,2	12,3±0,1	11,9±0,1
	Степень снижения числа Каппа, %	17,9±1,3	18,5±0,6	21,2±0,6
	Белизна, %	55,6±0,1	51,0±0,1	54,7±0,2
	Вязкость, мл/г	950±20	890±20	910±20
	Степень полимеризации	3000±100	2800±100	2900±100
	Зольность, %	0,61±0,09	0,30±0,05	0,37±0,03
E (вторая стадия)	Число Каппа, ед.	9,6±0,1	8,8±0,3	7,8±0,0
	Степень снижения числа Каппа, %	36	42	48
	Белизна, %	56,1±0,1	52,2±0,2	55,3±0,1
<i>Хвойная целлюлоза</i>				
O ₂ (первая стадия)	Число Каппа, ед.	37,3±0,4	33,1±0,2	32,7±0,2
	Степень снижения числа Каппа, %	11,2±1,0	21,2±0,5	22,1±0,5
	Белизна, %	23,0±0,4	22,3±0,1	24,1±0,5
	Вязкость, мл/г	1020±50	930±20	980±20
	Степень полимеризации	3200±100	2900±100	3100±100
	Зольность, %	0,99±0,02	0,41±0,04	0,45±0,01
E (вторая стадия)	Число Каппа, ед.	33,3±0,2	28,2±0,3	27,9±0,4
	Степень снижения числа Каппа, %	21	33	34
	Белизна, %	24,9±0,1	24,2±0,1	23,7±0,2

окислительной способности катализатора [7]. Уменьшение вязкости целлюлозы наблюдается как в случае ее обработки в присутствии катализатора, так и в его отсутствии. Для лиственной целлюлозы в присутствии НРА-5 вязкость снижается на 10, для хвойной – на 13% по сравнению с исходной целлюлозой. В присутствии НРА-5-Mn снижение вязкости происходит на 8 % как для лиственной, так и хвойной целлюлозы. Белизна изменяется незначительно по сравнению с исходной целлюлозой. По-видимому, проведение процесса в данных условиях связано с глубоким окислением остаточного лигнина и образованием аукохромных групп, усиливающих действие хромофорных структур, снижающих белизну, что и отражается, с одной стороны, на снижении числа Каппа, с другой – на некотором снижении степени белизны.

Для изучения влияния концентрации катализатора на процесс каталитической делигнификации были проведены эксперименты с варьированием концентрации наиболее эффективного катализатора НРА-5-Mn в интервале



а



б

Изменение степени снижения числа Каппа лиственной (1) и хвойной (2) целлюлозы после обработки кислородом при варьировании концентрации катализатора НРА-5-Mn (*а*: концентрация целлюлозного волокна 1,5 масс. %, рН 3; температура – 90 °C; продолжительность 2 ч) и температуры (*б*: концентрация целлюлозного волокна – 1,5 масс. %; концентрация НРА-5-Mn – 2,0 ммоль/л; рН 3; продолжительность – 2 ч)

0...20 ммоль/л (см. рисунок *а*). Наибольшее изменение числа Каппа наблюдается при концентрации катализатора 2,0 ммоль/л, что составляет 20 % от массы абс. сухой целлюлозы, дальнейшее увеличение концентрации практически не оказывает существенного влияния на процесс.

В ходе исследований влияния температуры на процесс делигнификации установлено, что процесс в значительной степени интенсифицируется при повышении температуры до 90...100 °C (рисунок *б*).

Ранее нами было показано [6, 7], что при проведении процесса каталитического окисления модельных соединений лигнина и лигнинных веществ оптимальным значением является рН 3, что обусловлено активацией

Таблица 3

Изменение степени снижения числа Каппа в процессе кислородной обработки при варьировании рН среды

Целлюлоза	Степень снижения числа Каппа, %		
	рН 2	рН 3	рН 4
Лиственная	19/16	21/17	23/19
Хвойная	12/11	13/12	14/13

Примечания. 1. Концентрация целлюлозного волокна – 1,5 масс. %; концентрация НРА-5-Мп – 2,0 ммоль/л; температура – 90 °С; продолжительность – 2 ч. 2. Числитель – в присутствии катализатора, знаменатель – без него.

окисляемых веществ при действии ионов H^+ и образованием активной к реокислению формой катализатора. Для изучения влияния рН среды на процесс каталитической делигнификации были проведены эксперименты с варьированием рН от 2 до 4. На основании полученных данных (табл. 3) установлено, что рН среды незначительно влияет на процесс каталитической делигнификации как лиственной, так и хвойной целлюлозы.

На основании данных, полученных при изучении эффективности процесса делигнификации, установлено значительное снижение числа Каппа после введения стадии щелочения (см. табл. 2). В случае отбелки лиственной целлюлозы процесс делигнификации с применением катализаторов НРА-5 и НРА-5-Мп и последующим щелочением осуществляется на 24 и 27 % полнее по сравнению с целлюлозой, обработанной без применения этой стадии. Для хвойной целлюлозы после делигнификации в присутствии как НРА-5, так и НРА-5-Мп, с последующим щелочением процесс осуществляется на 12 % интенсивнее. На изменение параметра белизны введение стадии щелочения влияет незначительно.

Таким образом, установлено, что процесс делигнификации целлюлозного волокна в кислой среде интенсифицируется в присутствии полиоксометаллатов НРА-5 и НРА-5-Мп, при этом НРА-5-Мп является более эффективным катализатором. Увеличение температуры и введение дополнительной стадии щелочения позволяют значительно повысить эффективность процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боголицын К.Г. Физическая химия лигнина / Под ред. К.Г. Боголицына и В.В. Лунина. М.: Академкнига, 2010. 492 с.
2. ГОСТ 10070–74. Целлюлоза и полуцеллюлоза. Метод определения степени делигнификации. М.: Изд-во стандартов, 1980. 16 с.
3. ГОСТ 25438–82. Целлюлоза для химической переработки. Методы определения характеристической вязкости. М.: Изд-во стандартов, 1982. 22 с.
4. ГОСТ 30437–96. Целлюлоза. Метод определения белизны. М.: Изд-во стандартов, 2001. 10 с.

5. *Гравитис Я.А., Озоль-Калнин В.Г., Эриньш П.П.* Микрогетерогенность лигноуглеводной матрицы древесины и ее влияние на кинетику химических реакций // Субмикроскопическое строение древесины и его роль в процессах делигнификации: тез. докл. всесоюз. семинара. Рига, 1979. С. 34–38.

6. *Поварницына Т.В., Попова Н.Р., Боголицын К.Г., Белоглазова А.Л., Пряхин А.Н., Лунин В.В.* Каталитическое окисление феруловой кислоты с использованием в качестве катализаторов полиоксометаллатов // Журн. физ. химии. 2010. № 12. С. 2245–2249.

7. *Торцева Т.В., Попова Н.Р., Боголицын К.Г., Малков А.В.* Каталитическое окисление диоксанлигнина и технического сульфатного лигнина растворенным молекулярным кислородом // Лесн. журн. 2012. № 3. С.115–121. (Изв. высш. учеб. заведений).

8. *Evtuguin D.V., Pascoal Neto C., Rocha J., Pedrosa J.D.de Jesus* Oxidative delignification in the presence of molybdovanadophosphate heteropolyanions: mechanism and kinetic studies // *Applied Catalysis A: General*. 1998. 167. P. 123–139.

9. *Weinstock I.A., Atalla R.H., Reiner R.S., Moen M.A., Hammel K.E., Houtman C.J., Hill C.G.* A new environmentally benign technology and approach to bleaching kraft pulp. Polyoxometalates for selective delignification and waste mineralization // *New J. Chem.* 1996. 20. P. 269–275.

Поступила 03.10.13

Catalytic Delignification of Cellulose Half-Stuff by Molecular Oxygen Using Polyoxometalates as a Catalysts

T.V.Tortseva, Candidate of Chemistry, Associate Professor

N.R.Popova, Candidate of Chemistry, Professor

K.G.Bogolitsy, Doctor of Chemistry, Professor

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia
E-mail: tph.agtu@mail.ru

The two stages catalytic delignification of hardwood and softwood cellulose fiber were researched. The first step was catalytic oxidative delignification of cellulose half-stuff by molecular oxygen with polyoxometalates (molybdovanadophosphate polyoxoanion and Mn-assisted molybdovanadophosphate polyoxoanion). On the second step alkali treatment was carried out to improve of process efficiency and removal of lignin from the oxidized cellulose fiber surface. Influence of the nature and concentration of catalyst, temperature and pH on parameters such as the Kappa number, the whiteness, the viscosity and the degree of polymerization was studied.

It was found out that the delignification of cellulosic fibers is intensified with the polyoxometalates HPA -5 and HPA -5-Mn. The HPA -5-Mn catalyst is more selective than HPA -5. The most changing of the Kappa number is observed at the concentration of catalyst 2.0 mmol / l, that is 20% of the weight of absolutely dry pulp. Further increasing the concentration doesn't have significantly influence on the process. pH ranging from 2 to 4 has little effect on the catalytic delignification process as hardwood and softwood pulps. The

effectiveness of the process may be significantly increased by the raising temperature and introduction of additional alkali extraction stage.

Keywords: catalytic delignification, cellulose, catalytic oxidation, oxygen, polyoxometalates.

REFERENCES

1. Bogolitsyn K.G. *Fizicheskaya khimiya lignina* [Physical Chemistry of Lignin]. Moscow, 2010. 492p.
2. *GOST 10070-74. Tsellyuloza i polutsellyuloza. Metod opredeleniya stepeni delignifikatsii* [State Standard 10070–74. Cellulose and Semichemical Pulp: Method of Determination of Delignification Degree]. Moscow, 1980. 16 p.
3. *GOST 25438-82. Tsellyuloza dlya khimicheskoy pererabotki. Metody opredeleniya kharakteristicheskoy vyazkosti* [State Standard 25438-82. Cellulose for Chemical Processing. Methods of Determination of Characteristic Viscosity]. Moscow, 1982. 22 p.
4. *GOST 30437-96. Tsellyuloza. Metod opredeleniya belizny* [State Standard 30437–96. Cellulose: Method of Whiteness Determination]. Moscow, 2001. 10 p.
5. Gravitis Ya.A., Ozol'-Kalnin V.G., Erin'sh P.P. Mikroheterogenost' lignouglevodnoy matritsy drevesiny i ee vliyanie na kinetiku khimicheskikh reaktsiy [Microheterogeneity Lignocarbhydrate Matrix of Wood and its Effect on the Kinetics of Chemical Reactions]. *Submikroskopicheskoe stroenie drevesiny i ego rol' v protsessakh delignifikatsii: tez.dokl. vsesoyuz. Seminara* [Sub-microscopic structure of wood and its role in the delignification: Proc. Seminar]. Riga, 1979. pp.34–38.
6. Povarnitsyna T.V., Popova N.R., Bogolitsyn K.G., Beloglazova A.L., Pryakhin A.N., Lunin V.V. Kataliticheskoe okislenie ferulovoy kisloty s ispol'zovaniem v kachestve katalizatorov polioksometallatov [Catalytic Oxidation of the Ferulic Acid with the Use of Polyoxometalates as Catalysts]. *Zhurnal fizicheskoy khimii*, 2010, no. 12, pp. 2245–2249.
7. Tortseva T.V., Popova N.R., Bogolitsyn K.G., Malkov A.V. Kataliticheskoe okislenie dioksanlignina i tekhnicheskogo sul'fatnogo lignina rastvorennym molekulyarnym kislorodom [Catalytic Oxidation of Dioxanlignin and Technical Sulfate Lignin by the Dissolved Molecular Oxygen]. *Lesnoy zhurnal*, 2012, no. 3, pp. 115–121.
8. Evtuguin D.V., Pascoal Neto C., Rocha J., Pedrosa J.D. de Jesus Oxidative delignification in the presence of molybdovanadophosphate heteropolyanions: mechanism and kinetic studies. *Applied Catalysis A: General*. 1998, pp.123–139.
9. Weinstock I.A., Atalla R.H., Reiner R.S., Moen M.A., Hammel K.E., Houtman C.J., Hill C.G. A new environmentally benign technology and approach to bleaching kraft pulp. Polyoxometalates for selective delignification and waste mineralization. *New J. Chem.* 1996, pp. 269–275.

УДК 630*867.5

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНОГО ОКИСЛЕННОГО УГЛЯ В СТАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

© Ю.Л. Юрьев, канд. техн. наук, проф.

Н.А. Дроздова, асп.

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт, 37,

г. Екатеринбург, Россия, 620100

E-mail: bluestones@mail.ru

В связи с ухудшением качества природных вод обострилась проблема качества потребляемой населением воды. Среди методов очистки воды наиболее перспективными являются методы, основанные на сорбции.

Древесный окисленный уголь с развитой поверхностью и наличием кислородсодержащих функциональных групп перспективен при доочистке воды для пищевых отраслей промышленности.

Авторами проведено исследование сорбционных свойств древесного окисленного угля в статических условиях по отношению к катионам Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} в целях выявления зависимости концентраций этих катионов в растворе после контакта с углем от продолжительности процесса.

В результате проведенных исследований установлено, что сорбция рассматриваемых катионов относится к реакциям первого порядка. Определенные константы скорости сорбции катионов позволили расположить их в следующий ряд: $\text{Fe}^{3+} > \text{Ca}^{2+}$, $\text{Mg}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$.

Ключевые слова: окисленный уголь, сорбция катионов металлов.

Древесный окисленный уголь (ДОУ) с развитой поверхностью и наличием кислородсодержащих функциональных групп имеет хорошую перспективу при доочистке воды для пищевой промышленности [1, 2].

Нами исследованы сорбционные свойства ДОУ в статических условиях по отношению к катионам Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} с целью установить, как влияет продолжительность процесса на концентрацию этих катионов в растворе после контакта с ДОУ.

Концентрацию катионов Fe^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} в исходном растворе, а также в растворах после контакта с ДОУ, определяли эмиссионным спектральным анализом с индуктивно-связанной плазмой на оптическом эмиссионном спектрометре ICAP 6300 Duo фирмы «ThermoScientific», США. Концентрацию катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} в исходном растворе, а также в растворах после контакта с ДОУ, определяли как общую жесткость титрованием по природоохранному нормативному документу ПНДФ 14.1:2.99–97.

Результаты эксперимента по изучению сорбции катионов Fe^{3+} на поверхности ДОУ представлены на рис. 1.

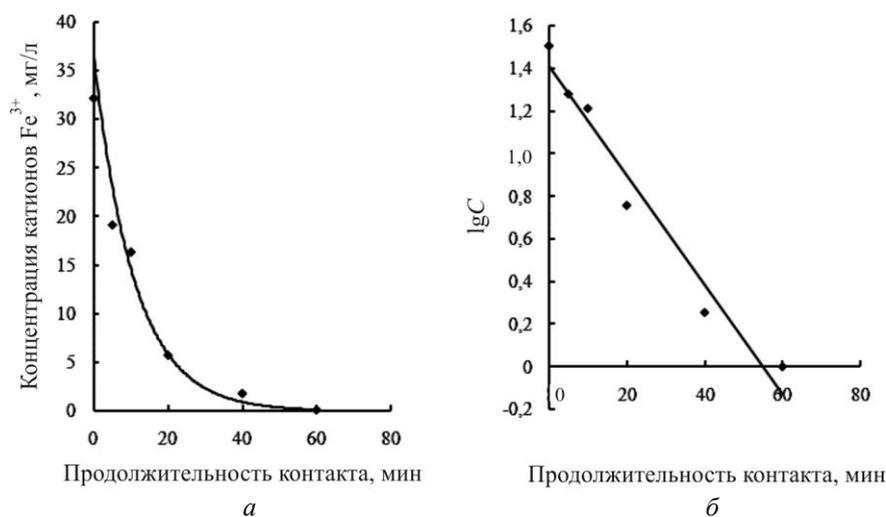


Рис. 1. Зависимость концентрации ионов Fe³⁺ в растворе от продолжительности контакта (а) и кинетическая зависимость их сорбции на ДОУ (б)

Уравнение кинетической зависимости [3] для реакции по ионам Fe³⁺:

$$\lg C = \lg C_0 - Kt,$$

где C – концентрация реагирующего элемента, мг/л;

C_0 – начальная концентрация реагирующего элемента, мг/л;

K – константа скорости реакции, мин⁻¹;

t – продолжительность контакта, мин.

Подставив значения C_0 и K , имеем

$$\lg C = 1,4164 - 0,0245t,$$

отсюда

$$K = 0,0245 \text{ мин}^{-1}.$$

Результаты эксперимента по изучению сорбции катионов Ca²⁺ на ДОУ представлены на рис. 2.

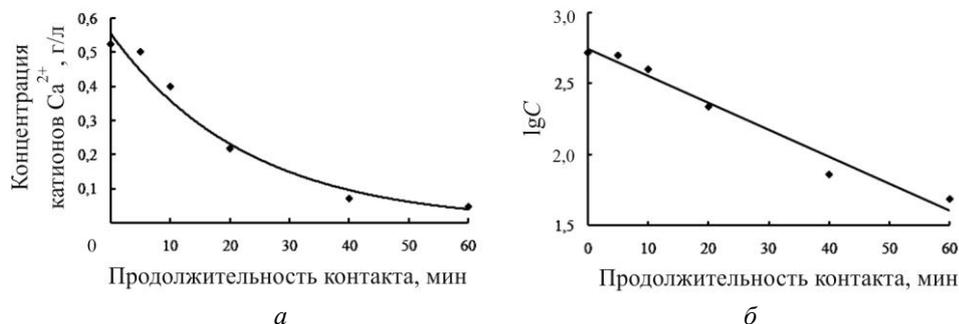


Рис. 2. Зависимость концентрации катионов Ca²⁺ в растворе от продолжительности контакта (а) и кинетическая зависимость их сорбции на ДОУ (б)

Уравнение кинетической зависимости для реакции по ионам Ca^{2+} имеет вид, аналогичный ионам Fe^{3+} ; в итоге имеем

$$\lg C = 2,72 - 0,0189t,$$

отсюда

$$K = 0,0189 \text{ мин}^{-1}.$$

Результаты эксперимента по изучению сорбции катионов Mg^{2+} на ДОУ представлены на рис. 3.

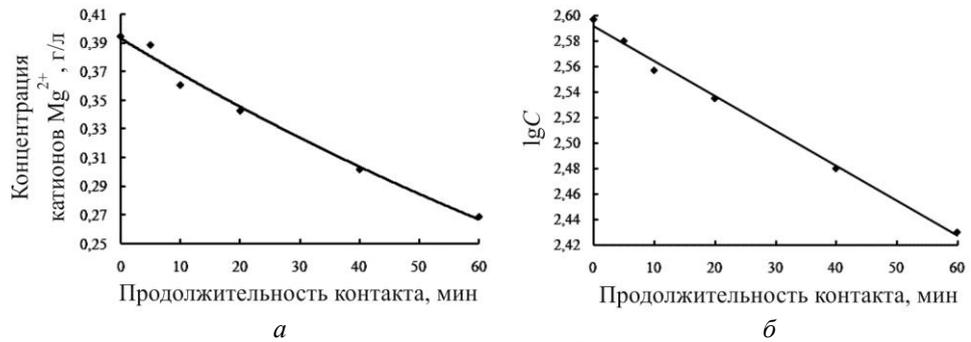


Рис. 3. Зависимость концентрации катионов Mg^{2+} в растворе от продолжительности контакта (а) и кинетическая зависимость их сорбции на ДОУ (б)

Уравнение кинетической зависимости для реакции по ионам Mg^{2+} имеет вид, аналогичный ионам Fe^{3+} , в итоге получаем:

$$\lg C = 2,72 - 0,0189t,$$

отсюда

$$K = 0,0189 \text{ мин}^{-1}.$$

Результаты эксперимента по изучению сорбции катионов Zn^{2+} на ДОУ представлены на рис. 4.

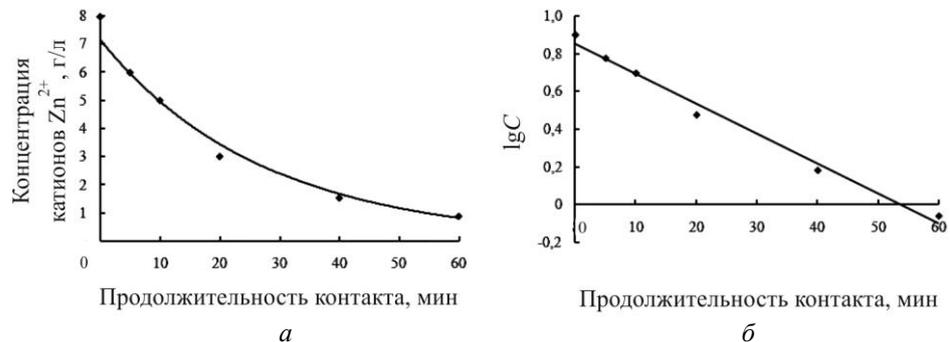


Рис. 4. Зависимость концентрации катионов Zn^{2+} в растворе от продолжительности контакта (а) и кинетическая зависимость их сорбции на ДОУ (б)

Уравнение кинетической зависимости для реакции по ионам Zn^{2+} аналогично уравнению для ионов Fe^{3+} , в итоге получаем

$$\lg C = 0,8535 - 0,0159t,$$

отсюда

$$K = 0,0159 \text{ мин}^{-1}.$$

Результаты эксперимента по изучению сорбции катионов Mn^{2+} на ДОУ представлены на рис. 5.

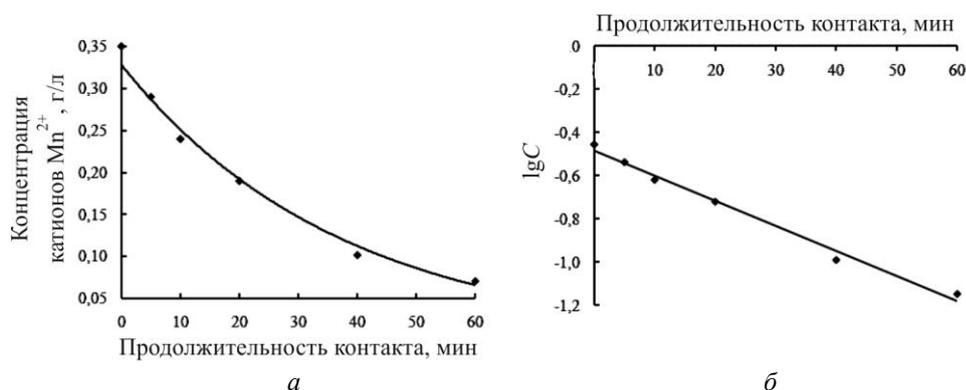


Рис. 5. Зависимость концентрации катионов Mn^{2+} в растворе от продолжительности контакта (а) и кинетическая зависимость их сорбции на ДОУ (б)

Уравнение кинетической зависимости для реакции по ионам Mn^{2+} :

$$\lg C = -0,48 - 0,0116t,$$

отсюда

$$K = 0,0116 \text{ мин}^{-1}.$$

В результате проведенных исследований установлено, что сорбция рассматриваемых катионов относится к реакциям первого порядка. Определены константы скорости сорбции изученных катионов на ДОУ. По скорости сорбции на ДОУ эти катионы можно расположить в следующий ряд: $Fe^{3+} > Ca^{2+}, Mg^{2+} > Zn^{2+} > Mn^{2+}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дроздова Н.А., Панова Т.М., Тропина К.Ю., Юрьев Ю.Л. Исследование возможности применения древесного угля для стабилизации пива // Лесн. журн. 2010. № 5. С. 120–124. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Дроздова Н.А., Панова Т.М., Юрьев Ю.Л. Применение модифицированных древесных углей для улучшения солевого состава воды в пивоварении // Лесн. журн. 2010. №1. С.134–138. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Свиридов В.В., Свиридов А.В., Брунов В.Т., Чернышов В.Ф. Физическая химия: учеб. пособие. Екатеринбург: УГЛТУ, 2003. Ч. 1. 243 с.

Поступила 24.05.13

Study of Getter Properties of the Wood-Oxidized Coal in Static Conditions

Y.L. Yuriev, Candidate of Engineering, Professor

N.A. Drozdova, Postgraduate Student

The Ural State Forest Engineering University, Sibirskiy trakt, 37,
Yekaterinburg, 620100, Russia
E-mail: bluestones@mail.ru

Due to the deterioration of natural water quality, the problem of the quality of consumed water is aggravated. Among the methods of water purification are the most promising techniques, based on sorption.

Wood-oxidized coal, with its advanced surface and the availability of oxygen-containing functional groups, has good prospects for advanced treatment of water for food industry.

The authors investigated the sorption properties of wood-oxidized coal in static conditions for the cations Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} purposely to identify dependence of the concentration of these cations in the solution after the contact with wood-oxidized coal on the process period.

A result of research has established that sorption of the cations is considered a first-order reaction. The rate constants of the cations sorption Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} on the wood-oxidized coal are estimated. On speed sorption on wood-oxidized coal, these cations can be positioned in a row: $\text{Fe}^{3+} > \text{Ca}^{2+}$, $\text{Mg}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$

Keywords: oxidized charcoal, cations sorption.

REFERENCES

1. Drozdova. N.A., Panova T.M., Tropina K.Yu., Yur'ev Yu.L. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya drevesnogo uglya dlya stabilizatsii piva [Study of the Possibility of Application of Charcoal for Stabilization of Beer]. *Lesnoy zhurnal*. 2010, no. 5, pp.120–124.
2. Drozdova N.A., Panova T.M., Yur'ev Yu.L. Primenenie modifitsirovannykh drevesnykh ugley dlya uluchsheniya solevogo sostava vody v pivovarenii [Use of Modified Charcoals for Improving Saline Composition of Water in Brewing]. *Lesnoy zhurnal*. 2010, no.1, pp. 134–138.
3. Sviridov V.V., Sviridov A.V., Brunov V.T., Chernyshov V.F. *Fizicheskaya khimiya* [Physical Chemistry]. Yekaterinburg. 2003, Part 1. 243 p.

УДК 661.728; 577.152.37

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АКТИВАЦИИ БЕЛЕННОЙ СУЛЬФАТНОЙ ЛИСТВЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ*

© *Д.Н. Пошина¹, химик-эксперт*

П.В. Поротова², асп.

К.Ю. Терентьев², асп.

Д.Г. Чухчин², канд. техн. наук, доц.

Л.А. Миловидова², канд. техн. наук, доц., вед. науч. сотр.

Е.В. Новожилков², д-р техн. наук, проф.

¹Санитарно-гигиеническая лаборатория ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Архангельской области», пр. Троицкий, 164, корп. 1, г. Архангельск, Россия, 163001
E-mail: poschin@yandex.ru

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002
E-mail: e.novozhilov@narfu.ru

Для эффективного проведения процессов химической переработки и достижения высоких показателей качества вискозная целлюлоза должна иметь низкое содержание гемицеллюлоз и низкомолекулярных фракций целлюлозы. Для получения такого продукта используют специальные режимы варки и отбелки. Предложено выработать вискозную целлюлозу из сульфатной лиственной целлюлозы, полученной по обычному режиму варки с проведением обработок щелочью и ферментами. Преимуществом новой технологии является более высокий выход целевого продукта.

В работе использовали беленую лиственную сульфатную целлюлозу промышленной выработки из смеси березы и осины. Для улучшения реакционной способности сульфатной целлюлозы необходима углубленная разработка клеточной стенки волокна. В качестве методов активации использовали: ферментативную обработку, горячее облагораживание, кислотную обработку. Обработку кислотой вели при температуре 95 или 100 °С, обработку раствором щелочи проводили при 95 °С или 110 °С. Для ферментативной обработки использовали препараты целлюлаз (эндоглюканаз) Novozym 476 и Faber Care D компании «Novozymes A/S» (Дания) и ксиланазу Vanzyme ATX2 компании «Банмарк».

После обработки по различным схемам определяли выход целлюлозы, массовую долю α -целлюлозы и пентозанов, вязкость медно-аммиачных растворов и реакционную способность к образованию вискозы. Было показано, что предварительная обработка ксиланазой оказывает мягкое воздействие на клеточную стенку, улучшая способность к набуханию с сохранением структуры волокна. Действие ксиланазы не оказывает влияния на вязкость целлюлозы, поэтому для снижения этого показателя на заключительном этапе использовали целлюлазу.

Нами предложено совместное применение ксиланазы и целлюлазы на стадии предобработки целлюлозы. Применение смеси указанных ферментов для активации

* Работа выполнена на оборудовании ЦКП НО «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова при финансовой поддержке филиала ОАО «Группа Илим» в г. Коряжма.

беленой лиственной сульфатной целлюлозы в процессе ее конверсии в целлюлозу для химической переработки позволяет интенсифицировать удаление ксилана, усилить набухание волокна и контролировать вязкость целлюлозы при приемлемом расходе ферментов.

Ключевые слова: сульфатная лиственная целлюлоза, горячее облагораживание, кислотная обработка, ксиланаза, целлюлаза, набухание, реакционная способность.

Введение

Целлюлоза для химической переработки, в том числе вискозная целлюлоза, по составу и свойствам существенно отличается от целлюлозы для производства бумаги. В России в настоящее время этот вид целлюлозы в промышленных масштабах не производится, поэтому исследования, направленные на разработку современных технологий получения такого вида целлюлозы, являются актуальными.

Для эффективного проведения процессов химической переработки и достижения высоких показателей качества целлюлоза для химической переработки должна обладать рядом специфических характеристик. При производстве такой целлюлозы используются особые режимы варки, в частности сульфитная варка с низким расходом основания и сульфатная варка с предварительным гидролизом [1]. В процессе многоступенчатой отбелки требуются стадии подготовки, предназначенные для удаления гемицеллюлоз и низкомолекулярных фракций целлюлозы – горячее и холодное облагораживание. Имеются стадии, на которых проводят регулирование вязкости целлюлозы [1, 6]. До настоящего времени при промышленном производстве вискозной целлюлозы используют такие токсичные химикаты как хлор и гипохлорит, без применения которых сложно обеспечить требуемые показатели качества конечного продукта.

Ферментные технологии – новое перспективное направление в модификации свойств сульфатной целлюлозы. Методы биотехнологии могут быть применены на разных стадиях технологического процесса выработки целлюлозы для химической переработки. С помощью ферментов можно улучшить свойства не только традиционных видов вискозных целлюлоз [7], но и целлюлоз для производства бумаги, сделав их пригодными для производства искусственных волокон и пленок [2, 3]. В ряде работ [2–4] показано, что из сульфатной лиственной целлюлозы, полученной по обычному режиму варки, может быть получена вискозная целлюлоза с хорошей вязкостью и высокой реакционной способностью. Преимуществом новой технологии является высокий выход целевого продукта, однако расходы щелочи и ферментов оказались очень большими.

Перед нами стояли следующие задачи: установить, какое действие оказывают различные способы активации на волокна беленой лиственной сульфатной целлюлозы для производства бумаги, дать характеристику свойств полученной таким образом целлюлозы и оценить пригодность ее для химической переработки.

Методическая часть

В работе использовали несколько образцов влажной беленой лиственной целлюлозы, полученной из смеси березы и осины после сульфатной варки с добавкой антрахинона. Перед промышленной отбелкой по ECF-схеме для улучшения белимости целлюлозы была проведена стадия обработки ксиланазой. В беленой целлюлозе массовая доля α -целлюлозы составляла 85,5 %, массовая доля пентозанов – 19,0 %.

Ферментативную обработку проводили препаратами целлюлаз и ксиланаз. Оптимальные условия применения целлюлаз (эндоглюканаз) Novozym 476 и Faber Care D компании «Novozymes A/S»: pH 6...8, температура 40...60 °С. В работе использовали ксиланазу Banzyme ATX2 компании «Банмарк». Препараты ферментов для удобства дозирования разводили дистиллированной водой в соотношении 1:100.

Для обработки ферментами навеску целлюлозы (20 г в пересчете на абс. сухую целлюлозу) помещали в стеклянные емкости вместимостью 500 мл, добавляя воду в таком количестве, чтобы концентрация целлюлозной массы составила 3 %. Расход ферментов – 0,1...1,0 кг/т волокна. Раствор фермента добавляли в предварительно нагретую до 60 °С массу и тщательно перемешивали. Для поддержания pH в оптимальном диапазоне использовали фосфатный буфер. Массу с ферментом выдерживали в термостате при температуре 60 °С в течение 2 ч, далее суспензию целлюлозы обрабатывали на кипящей водяной бане в течении 1 ч для инактивации фермента. Целлюлозу отделяли на воронке Бюхнера с полотняным фильтром и промывали дистиллированной водой.

Горячее облагораживание (ГО) проводили или в стеклянных емкостях вместимостью 500 мл при температуре 95 °С в течение 2 ч или в автоклавах из нержавеющей стали вместимостью 600 мл при температуре 110 °С в течение 2 ч. К навеске целлюлозы добавляли рассчитанный объем раствора щелочи (расход NaOH от 80 до 120 кг/т целлюлозы). Концентрация массы при обработке составляла от 8 до 10 %. После обработки массу сгущали на воронке Бюхнера с полотняным фильтром, разбавляли до концентрации 2 % раствором 1 %-го NaOH и выдерживали 30 мин, затем снова сгущали на воронке Бюхнера. Далее массу промывали дистиллированной водой. Стадию щелочения (Щ) проводили при температуре 80 °С в течение 2 ч с расходом щелочи 10 кг/т волокна.

Для обработки кислотой в емкость на 500 мл вносили навеску целлюлозы (20 г в пересчете на абс. сухую целлюлозу). Обработку массы вели или в растворе серной кислоты (расход 50 кг/т волокна) при 95 °С на водяной бане в течение 2 ч или кипячением в 2 %-м растворе HCl. Далее массу промывали дистиллированной водой.

Образцы целлюлозы высушивали на воздухе и определяли выход. Массовую долю α -целлюлозы определяли по ГОСТ 6840–78, пентозанов – по ГОСТ 10820–75, вязкость медно-аммиачных растворов целлюлозы –

по ГОСТ 14363.2–83. Для определения реакционной способности вискозной целлюлозы по ГОСТ 9003–75 использовали оборудование лаборатории филиала ОАО «Группа Илим» в г. Коряжма.

Экспериментальная часть

Для целлюлозы при сульфатной варке с добавкой антрахинона из-за стабилизации углеводов к щелочной деструкции в результате каталитического действия антрахинона характерно более низкое содержание α -целлюлозы, на 2...3 % ниже, чем у целлюлозы, полученной при обычной сульфатной варке. Это важное обстоятельство, так как чем ниже доля α -целлюлозы в исходной целлюлозе, тем сложнее достичь содержания α -целлюлозы выше 92 %, что необходимо для обеспечения высокого качества вискозной целлюлозы.

В известных схемах конверсии беленой целлюлозы для бумаги в вискозную целлюлозу для удаления ксилана и низкомолекулярных фракций целлюлозы и повышения содержания α -целлюлозы использовали обработку ксиланазой и щелочью, для снижения вязкости и улучшения реакционной способности – обработку целлюлазой. Предложены следующие схемы обработки: ХО-Кс-ХО, Кс-ХО-Ц, ХО-ХО-Ц (где ХО – холодное облагораживание, Кс – обработка ксиланазой, Ц – обработка целлюлазой) [3, 4]. Расход щелочи на ХО может составлять 500...1000 кг/т целлюлозы [6].

Химическая обработка волокон лиственной древесины в процессе сульфатной варки и отбелики приводит к относительно слабому и неравномерному разрушению наружных слоев клеточной стенки. У целлюлозы, предназначенной для химической переработки, особое внимание уделяется развитию реакционной способности, которая в основном зависит от доступности гидроксильных групп для реагентов. Как известно из практики, стадия ХО снижает реакционную способность целлюлозы [6], поэтому были выбраны схемы обработки, включающие стадию ГО, преимуществом которой является то, что расход щелочи на этой стадии в несколько раз ниже, чем на ХО. Кроме того, промывка целлюлозы не вызывает затруднений.

Для вискозной целлюлозы основным показателем является способность к вискозообразованию, которая оценивается расходом гидроксида натрия и сероуглерода на приготовление хорошо фильтруемого раствора вискозы. Установлено, что такие характеристики, как вязкость, степень полимеризации (СП), молекулярно-массовое распределение, массовая доля α -целлюлозы не характеризуют в достаточной степени реакционную способность целлюлозы для химической переработки. Возможность существенного улучшения этого показателя связывают с усилением набухания целлюлозы. Для этого необходимо повысить степень разработки клеточной стенки волокна. Активацию целлюлозы предлагалось проводить разными способами [7]. В данной работе были проверены два варианта: ферментативная обработка и гидролитическая деструкция в кислой среде.

Для получения высококачественной вискозной целлюлозы необходимо максимальное полное удаление нецеллюлозных компонентов, в том числе

ксилана. При конверсии обычной сульфатной целлюлозы в целлюлозу для химической переработки потери выхода волокна с учетом высокого содержания ксилана и неизбежного растворения части целлюлозы также должны быть высокими (18...20 %).

Часть ксилана, находящегося на поверхности волокон сульфатной целлюлозы, является сорбированной. Предварительная обработка ксиланазой при расходе 1...2 кг/т волокна вызвала удаление небольшого количества ксилана, потери выхода не превышали 1 %. Однако при наличии стадии ГО (схема Кс-ГО) растворялось уже 7,3...8,3 % целлюлозы. Стадию ГО проводили при температуре 95 °С. Обработка по схеме Кс-ГО-Кс-ГО при суммарном расходе ксиланазы 1 кг/т волокна вызвала более сильную деструкцию целлюлозы, общее снижение выхода составило около 12 %.

Известно, что ксилан сравнительно легко разрушается при кислотном гидролизе, по этой причине его мало в сульфитной целлюлозе. Предложено применение кислотной обработки сульфатной целлюлозы для удаления гексенуриновых кислот (стадия А) [5]. В наших опытах обработка беленой сульфатной целлюлозы с расходом серной кислоты 50 кг/т волокна не дала ожидаемого эффекта. Вероятно, это связано с тем, что сорбированный ксилан сравнительно устойчив к действию кислоты [10], что снижает эффективность кислотного гидролиза. С учетом этого была проведена более жесткая обработка целлюлозы 2 %-м раствором HCl в течение 3 часов при кипячении. Такая обработка далее в схемах обозначена как стадия А.

Целлюлоза хорошо набухает в водных растворах щелочей, наибольшее набухание обычно наблюдается при концентрации NaOH 10...12 % [9]. Набухание определяли с помощью микроскопа по увеличению ширины волокна по сравнению с ненабухшим волокном [9]. Измеряли не менее 200 волокон (коэффициент вариации 2...3 %). У исходной целлюлозы степень набухания была низкой в широком интервале концентрации раствора щелочи (рис. 1).

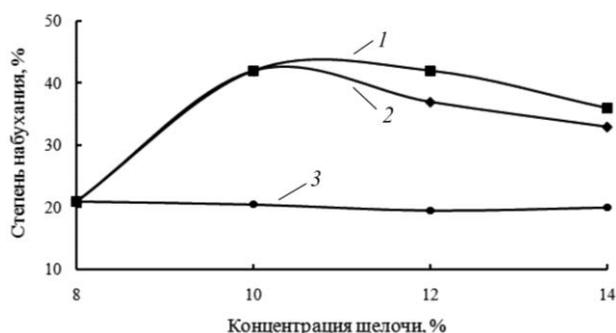


Рис. 1. Степень набухания в растворах NaOH целлюлозных волокон: 1 – по схеме А-Кс-ГО; 2 – Кс-А-ГО; 3 – исходная целлюлоза

Ранее было установлено [8], что при набухании волокон беленой лиственной целлюлозы, полученной по сульфатному способу варки, наблюдается образование «баллонов», что указывает на сохранение слоя S_1 клеточной стенки. Наличие микрофибрилл слоя S_1 на поверхности сульфатцеллюлозного волокна является главным сдерживающим фактором процесса набухания, только разрушение этого слоя может привести к увеличению степени и улучшению равномерности набухания.

Если стадия обработки кислотой предшествует обработке ксиланазой (схема А-Кс-ГО), то набухание целлюлозы в растворе NaOH несколько больше, чем при обратном порядке стадий (Кс-А-ГО). Обработка ксиланазой оказывает мягкое воздействие на клеточную стенку, улучшая ее способность к набуханию с сохранением структуры волокна.

При набухании волокон, подвергнутых обработке кислотой и ксиланазой (рис. 2, б), видимых разрушений не отмечено, сохраняются четкие границы волокон. Для сравнения на рис. 2, а приведены фотографии исходных волокон целлюлозы.

После обработки кислотой щелочная деструкция на стадии ГО приводит заметному разрушению клеточной стенки волокна (рис 2, в). Волокна сильно набухают, частично разрываются, разрыхляются границы волокон. Процесс

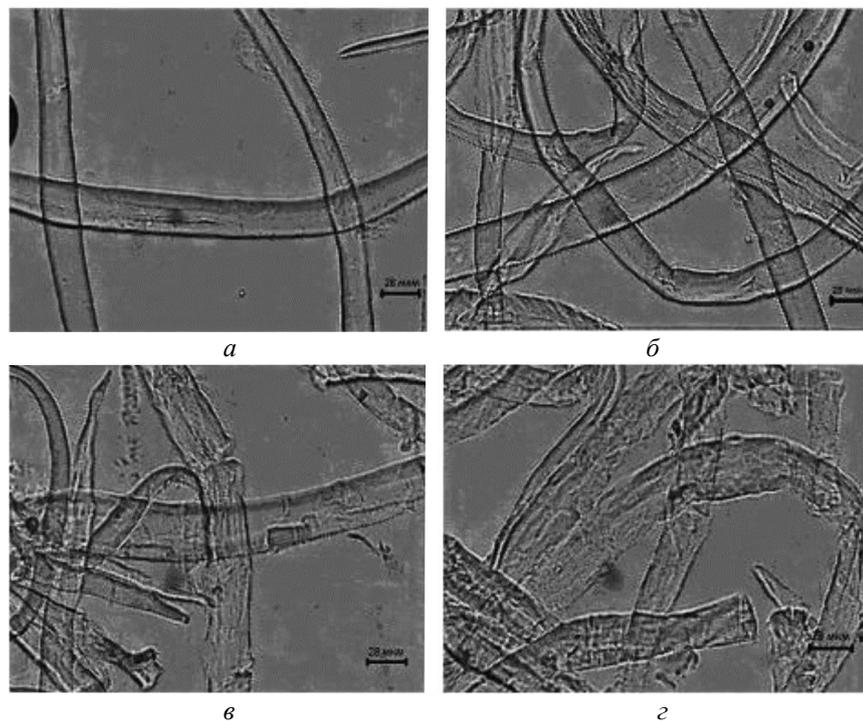


Рис. 2. Фотографии волокон при набухании в растворе щелочи: а – исходная целлюлоза; б – по схеме А-Кс; в – А-ГО; г – А-Кс-ГО

деструкции более выражен, когда после кислотного гидролиза следует обработка ксиланазой (рис. 2, з).

Действие ксиланазы не оказывает влияния на вязкость целлюлозы. В известных схемах для снижения вязкости на заключительном этапе обработки использовали целлюлазу. Нами было предложено совместное применение ксиланазы и целлюлазы на стадии предобработки целлюлозы. Это привело к дополнительному снижению выхода волокна на 0,7...2,0 % и снижению вязкости целлюлозы (табл. 1).

Таблица 1

Влияние ферментативной обработки ксиланазой и целлюлазой в сочетании со стадией ГО на выход и свойства беленой целлюлозы

Стадия	Реагент	Расход реагента, кг/т волокна	Выход волокна*	Содержание	Вязкость в сравнении с контролем
				α -целлюлозы*	
			%		
Кс ГО	Ксиланаза NaOH	2 100	91,7	87,0	100
Кс/Ц ГО	Ксиланаза + целлюлаза NZ 476 NaOH	2 1 100	91,0	87,6	85
Кс/Ц ГО	Ксиланаза + целлюлаза Faber Care D NaOH	2 1 100	89,7	86,9	60

* Погрешность определения для выхода составляет $\pm 0,3$ %; для содержания α -целлюлозы – $\pm 0,2$ %.

Уменьшение вязкости на 15...40 % связано с деструкцией макромолекул целлюлозы под действием целлюлаз. Ранее для этой цели применяли препарат Novozym 476 [11], но в наших экспериментах лучшие результаты показал препарат Faber Care D. При его добавлении вязкость целлюлозы в 0,7 %-м медноаммиачном растворе составляла 139 мПа·с, что примерно соответствует вязкости 236 мПа·с в 1,0 %-м растворе. Полученное значение укладывается в требуемый интервал этого показателя для товарной вискозной сульфитной целлюлозы – 215...265 мПа·с [1].

После обработки ферментами и проведения стадии ГО, несмотря на усиление деструкции целлюлозы, содержание α -целлюлозы осталось на низком уровне – 86,7...87,6 %. Поэтому далее была проведена обработка целлюлозы по схеме с двумя стадиями ГО: Кс-ГО-Кс-ГО-Ц. Суммарный расход NaOH составлял 200, ксиланазы – 2, целлюлазы – 0,5 кг/т волокна. Обе стадии ГО были проведены при температуре 110 °С. В этом варианте выход целлюлозы уменьшился значительно, до 83,9 % (табл. 2). Содержание α -целлюлозы удалось увеличить до 91,7 %, но основные показатели качества –

вязкость и реакционная способность, не соответствовали требованиям, предъявляемым к вязкой целлюлозе.

Включение в схему стадии предварительной обработки кислотой обеспечило низкую вязкость и высокую реакционную способность целлюлозы. Однако кислотный гидролиз вызывал сильную деструкцию высокомолекулярной части целлюлозы, что привело к снижению содержания α -целлюлозы и уменьшению выхода до 74,5 % (табл. 2).

Таблица 2

Показатели целлюлозы для химической переработки, полученной с применением кислоты, ксиланазы и ГО

Показатель	Кс-ГО-Кс-ГО-Ц	А-Кс-ГО-Кс-ГО-Ц
Выход, % от белой целлюлозы	83,9	74,5
Вязкость 0,7 %-го раствора, мПа·с*	188	73
Содержание α -целлюлозы, %	91,7	83,2
Реакционная способность 90/12 (по вискозе)	Нет	Есть

* Погрешность определения ± 4 мПа·с.

В выше представленных экспериментах не удалось добиться избирательного растворения ксилана. Чтобы усилить его деструкцию, обработку смесью ксиланазы и целлюлозы (стадия Ф) чередовали с щелочной обработкой по схеме Ф-Щ-Ф-ГО-Ф-ГО (табл. 3). Расход ксиланазы составлял 1,0, целлюлозы – 0,1 кг/т волокна.

Селективность удаления ксилана рассчитывали по формуле:

$$\text{Селективность} = \frac{19,0 - (B_{\text{пр}} \cdot P_{\text{пр}}) / 100}{(100 - B_{\text{пр}})} \cdot 100,$$

где $B_{\text{пр}}$ – выход пробы, %;

$P_{\text{пр}}$ – содержание пентозанов в пробе, %.

Таблица 3

Влияние обработки ферментами и щелочью на выход и содержание пентозанов в сульфатной лиственной целлюлозе

Исходная целлюлоза и схемы обработки	Выход	Содержание пентозанов в пробе	Удаление пентозанов к целлюлозе	Селективность
Исходная целлюлоза	100,0	19,0	–	–
Ф-Щ	98,0	18,9	0,5	24
Ф-Щ-Ф-ГО	90,6	17,9	2,8	30
Ф-Щ-Ф-ГО-Ф-ГО	78,4	11,5	10,0	46

Каждый цикл обработки ферментами и щелочью увеличивал химические потери волокна. Однако преимущественного растворения гемицеллюлозной фракции не наблюдалось, селективность удаления ксилана оставалась низкой. Процессы деструкции ксилана и целлюлозы на стадии ГО по реакции щелочного пилинга проходили одновременно, в результате оба компонента растворялись почти пропорционально их содержанию в исходной беленой целлюлозе. Только после того, как выход целлюлозы уменьшился до 78,4 %, степень удаления ксилана достигла 54 %.

Рассчитанная для сравнения по данным работы [2] селективность удаления ксилана на стадиях ХО и ФО с очень большим расходом ксиланазы оказалась равной 97...100 %. В целом стадия ГО по эффективности значительно уступает стадии ХО. Даже при многократной обработке лиственной сульфатной целлюлозы щелочью в условиях ГО не удается решить главные задачи: реакционная способность целлюлозы низкая, содержание α -целлюлозы меньше 92 %.

Выводы:

1. Предложено и обосновано применение смеси ксиланазы и целлюлазы (эндоглюканызы) для активации беленой лиственной сульфатной целлюлозы в процессе ее конверсии в целлюлозу для химической переработки. Это позволяет интенсифицировать удаление ксилана, усилить набухание волокна и контролировать вязкость целлюлозы при приемлемом расходе ферментов.

2. Установлено, что на стадии ГО процессы деструкции ксилана и целлюлозы идут одновременно, селективность удаления ксилана из лиственной сульфатной целлюлозы низкая. Применение ГО усиливает набухание волокна, но не позволяет существенно увеличить содержание α -целлюлозы и улучшить реакционную способность целлюлозы.

3. Обработка беленой лиственной сульфатной целлюлозы кислотой как стадия предварительной подготовки не может быть рекомендована из-за низкой селективности процесса кислотного гидролиза полисахаридов и значительной деструкции высокомолекулярной части целлюлозы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аким Г.Л., Белодубровский Г.Б., Буров А.В. Технология целлюлозно-бумажного производства. Т. 1. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 2. Производство полуфабрикатов. СПб.: Политехника, 2003. 633 с.

2. Гехмайер В., Шилд Г., Сикста Х. Исследование возможности ферментативной обработки сульфатной целлюлозы с целью получения вискозной целлюлозы // Целлюлоза. 2011. Т. 18. С. 479–491.

3. Джексон Л., Хейтман Др., Джойс Т. Производство целлюлозы для химической переработки из макулатуры с использованием ферментов // TAPPI J. 1998. Т. 81, № 3. С. 171–178.

4. Копке В., Ибарра Д., Ларссон Т., Эж М. Техничко-экономическое обоснование преобразования целлюлозы для бумаги в целлюлозу для химической переработки //

11-й Европ. семинар по лигноцеллюлозным материалам и целлюлозе. Гамбург, 2010. С. 149–152.

5. Королева Т.А., Комарова Г.В., Комаров В.И., Миловидова Л.А. Влияние предварительных кислых обработок перед отбелкой на показатели лиственной сульфатной целлюлозы // Лесн. журн. 2002. № 2. С. 122–127. (Изв. высш. учеб. заведений).

6. Косая Г.С. Производство сульфатной вискозной целлюлозы. М.: Лесн. пром-сть, 1966. 182 с.

7. Новожилов Е.В., Пошина Д.Н. Биотехнологии в производстве целлюлозы для химической переработки // Химия раст. сырья. 2011. № 3. С. 15–32.

8. Новожилов Е.В., Чухчин Д.Г., Терентьев К.Ю., Хадыко И.А. Изменение структуры клеточной стенки и свойств волокон беленой сульфатной лиственной целлюлозы при ферментативном воздействии // Химия раст. сырья. 2011. № 3. С. 15–20.

9. Оболенская А.В., Щеголев В.П., Аким Г.Л., Коссович Н.Л., Емильянова И.З. Практические работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 412 с.

10. Хакансон Х., Гермгард Ю., Сенс Д. Влияние ксилана на способность к разложению сульфатной целлюлозы из лиственных пород и двукисточника тростникового при кислотном гидролизе // Целлюлоза. 2005. Т. 12, № 6. С. 621–628.

11. Энгстрем А.С., Эк М., Хенриксон Х. Повышение доступности и реакционной способности целлюлозы для химической переработки с целью получения вискозной целлюлозы: предобработка однокомпонентной эндоглюканазой. // Биомакромолекулы. 2006. Т. 7, № 6. С. 2027–2031.

Поступила 19.02.13

Study of Activation Methods of the Bleached Hardwood Kraft Pulp to Increase its Reactivity

D.N. Poshina¹, Chemist Expert

P.V. Porotova², Postgraduate Student

K.Y. Terentyev², Postgraduate Student

D.G. Chukhchin², Candidate of Engineering, Associate Professor

L.A. Milovidova², Candidate of Engineering, Associate Professor, Leading Researcher

E.V. Novozhilov², Doctor of Engineering, Professor

¹Sanitary-hygiene laboratory Federal State-Funded Healthcare Institution «Centre of hygiene and epidemiology», pr. Troitskiy, 164/1, Arkhangelsk, 163001, Russia

E-mail: poschin@yandex.ru

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia

E-mail: e.novozhilov@narfu.ru

A low content of hemicelluloses and low-polymeric fraction of cellulose in dissolving pulp is required for effective chemical processing and achieving of high quality. Dissolving pulp is produced using special pulping and bleaching conditions. It was proposed to obtain dissolving pulp from conventional hardwood kraft pulp by alkali and enzyme treatment. The advantage of the new technology is the higher yield of the final product.

The aim of this paper was to estimate the effect of various activation methods on bleached hardwood kraft paper-grade fibers, to characterize properties of treated pulp and to assess its suitability for chemical processing.

The commercial bleached hardwood kraft pulp produced from the mixture of birch and aspen was used. The improvement of kraft pulp reactivity requires deep development of fiber cell wall. Acidic, enzymatic and hot alkali treatments were used for pulp activation. Acid treatment was carried out at 95°C or 100°C; alkali treatment was carried out at 95°C or 110°C. The Cellulases (endoglucanases) Novozym 476 and the Faber Care D by the Novozymes and the xylanase Banzyme ATX2 by the Banmark were used for enzymatic treatment.

Pulp yield, α -cellulose and pentosan content, viscosity of cellulose cuprammonium solutions and pulp reactivity for the viscose process were determined after various treatments. It was shown that xylanase pretreatment had a mild effect on the cell wall, improving the swelling ability, while the fiber structure was retained. Xylanase treatment has no effect on the viscosity of the pulp, so cellulase was used for reducing pulp viscosity at the final stage of the treatment.

As the acid treatment preceded the xylanase treatment, the swelling extent of pulp fibers in NaOH solution was slightly higher than in the case of the reverse stage order. Degradation in the hot alkaline conditions after acid treatment led to a considerable destruction of fiber cell wall. Intense swelling, local breaks and dissolution of the fibers were observed. The alkali degradation was more intensive when acidic hydrolysis was followed by xylanase treatment.

Application of xylanase and cellulase mixture on the pretreatment stage of pulp was suggested. Combined action of these enzymes for reactivity activation of bleached hardwood kraft pulp in the process of conversion to dissolving pulp allows improving xylan removal, enhancing fiber swelling and controlling the viscosity of the pulp at an acceptable cost of enzymes.

Keywords: hardwood kraft pulp, hot alkaline treatment, acid treatment, xylanase, cellulase, swelling, reactivity

REFERENCES

1. Akim G.L., Belodubrovsky G.B., Burov A.V., et al. *Tekhnologiya tsellyulozno-bumazhnogo proizvodstva. T. 1. Syr'e i proizvodstvo polufabrikatov. Ch. 2. Proizvodstvo polufabrikatov* [Pulp and Paper Production Technology. Vol. 1. Raw Materials and Semi-Finished Production. Part. 2. Production of Semi-Finished Products]. Saint-Petersburg, 2003. 633 p.
2. Gehmayr V., Schild G., Sixta H. A precise study on the feasibility of enzyme treatments of a kraft pulp for viscose application. *Cellulose*, 2011, no. 18 (2), pp. 479–491.
3. Jackson L. S., Heitmann J. A., Joyce T. W. Production of dissolving pulp from recovered paper using enzymes. *TAPPI JOURNAL*, 1998, no. 81(3), pp. 171–178.
4. Kopke V., Ibarra D., Larsson T., Ek M. Feasibility study on converting paper-grade pulps to dissolving-grade pulps. *11th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp*. Hamburg, 2010. pp.149–152.
5. Koroleva T.A., Komarova G.V., Komarov V.I., Milovidova L.A. Vliyanie predvaritel'nykh kislykh obrabotok pered otbelkoy na pokazateli listvennoy sul'fatnoy tsellyulozy [Influence of Preliminary Acid Treatment before Bleaching on Indices of Hardwood Sulphate Pulp]. *Lesnoy zhurnal*. 2002, no. 2, pp.122–127.

6. Kosaya G.S. *Proizvodstvo sul'fatnoy viskoznoy tsellyulozy* [Production of Kraft Dissolving Pulp]. Moscow, 1966. 182 p.

7. Novozhilov E.V., Poshina D.N. Biotekhnologii v proizvodstve tsellyulozy dlya khimicheskoy pererabotki [Biotechnology in Dissolving Pulp Production]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2011, no. 3, pp. 15–32.

8. Novozhilov E.V., Chukhchin D.G., Terent'ev K.Yu., Khadyko I.A. Izmenenie struktury kletочноy stenki i svoystv volokon belenoy sul'fatnoy listvennoy tsellyulozy pri fermentativnom vozdeystvii [Change in the structure of the cell wall and fiber properties of bleached kraft hardwood pulp by enzymatic exposure]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2011, no. 3, pp. 15–20.

9. Obolenskaya A.V., Shchegolev V.P., Akim G.L., et al. *Prakticheskie raboty po khimii drevesiny i tsellyulozy* [Practical Works on the Chemistry of Wood and Cellulose]. Moscow, 1965. 412 p.

10. Hakansson H., Germgard U., and Sens D. Influence of xylan on the degradability of laboratory kraft pulps from hardwood and reed canary grass in acid hydrolysis. *Cellulose*, 2005, no. 12 (6), pp.621–628.

11. Engström A-C., Ek M. and Henriksson G. Improved accessibility and reactivity of dissolving pulp for the viscose process: pretreatment with monocomponent endoglucanase. *Biomacromolecules*, 2006, no. 7(6), pp. 2027–2031.

УДК 634* 813. 2

ГРУППОВОЙ СОСТАВ И СВОБОДНЫЕ КИСЛОТЫ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЧАСТЕЙ КРОНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ

© *А.В. Трошина, асп.*

В.И. Роцин, д-р техн. наук, проф.

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова,
Институтский пер., 5, С.-Петербург, Россия, 194021

E-mail: aleksandra_troshina@mail.ru

В настоящее время остро стоит вопрос комплексной переработки лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.). В промышленности в основном используется только стволовая ее часть, а отходы лесозаготовки (крона дерева) утилизируется нерационально. Между тем именно древесная зелень содержит колоссальный запас биологически активных веществ, которые можно использовать в медицине, косметической и пищевой промышленности, сельском хозяйстве и при производстве товаров технического назначения. Одной из причин такого избирательного подхода к использованию является низкая изученность компонентного состава зеленой биомассы дерева.

В данном сообщении представлены результаты исследования состава основных структурных компонентов разных частей кроны дерева (хвои, коры, древесной части побегов), содержания экстрактивных веществ, извлекаемых различными органическими растворителями и водой, группового состава смолистых веществ частей кроны и свободных кислот.

Установлено, что наибольшее количество эфирных масел, а также экстрактивных веществ, растворимых в этилацетате, петролейном и диэтиловом эфирах, содержится в коре (1,96 % от массы сухого сырья) ветвей. Экстрактивные вещества, извлекаемые горячей водой и изопропиловым спиртом, преобладают в хвое. Содержание экстрактивных веществ, растворимых в петролейном эфире, – важная для практического использования группа экстрактивных веществ, распространенных в хвое, коре и древесной части в соотношении 1,0:4,2:1,6. Наибольшее содержание их отмечено в коре.

Групповой состав приведен по результатам разделения смолистых веществ на группы веществ по кислотно-щелочной схеме. Экстрактивные вещества хвои в основном состоят из нейтральных веществ, свободные кислоты преобладают в коре. Экстракты коры и древесной части по сравнению с экстрактами хвои содержат больше смоляных кислот, экстракты хвои – больше высших жирных кислот.

Свободные кислоты древесной зелени и отдельно каждой из частей кроны, предварительно переведенные в форму метиловых эфиров обработкой диазометаном, проанализированы методом хромато-масс-спектрометрии.

Установлено, что состав свободных кислот отдельных частей древесной зелени имеет существенные различия. В хвое преобладают высшие жирные кислоты, главным образом линолевая и пальмитиновые кислоты. Кора и древесная часть в основном состоят из смоляных кислот, на долю изопимаровой кислоты приходится большая часть. Линоленовая кислота не определена в коре и древесной части ветвей, олеиновой кислоты нет в хвое. Смоляные кислоты представлены изопимаровым рядом, абиетиновым и лабдановым типами кислот. Бициклическая кислота – коммунная,

определена только в коре и древесной части ветвей. Во всех частях древесной зелени обнаружена фракция полярных кислот в количестве до 25 % от суммы кислот.

Ключевые слова: *Larix sibirica* Ldb., древесная зелень, смолистые вещества, структурные компоненты, групповой состав, свободные кислоты.

Введение

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.) относится к основным лесобразующим породам Западной Сибири и является самой распространенной древесной породой лесосырьевой базы РФ. На ее долю приходится более 50 % площади хвойных лесов [7].

В настоящее время в промышленности активно используется только стволовая часть лиственницы, составляющая около 60 % от всей биомассы дерева. Отходы лесозаготовки древесины лиственницы не используются, что связано с недостаточной изученностью химического состава экстрактивных веществ хвои и других частей кроны дерева, а также с листопадностью зеленой части кроны. Возможно, более глубокие знания об экстрактивных веществах отдельных частей кроны лиственницы дадут импульс для практического использования и этой части биомассы дерева, увеличат степень использования древесного сырья в лесном комплексе РФ.

Цель настоящего исследования – определение состава основных структурных компонентов разных частей кроны дерева (хвои, коры и одревесневшей части побегов), содержания экстрактивных веществ, извлекаемых различными органическими растворителями и водой, определение группового состава смолистых веществ из разных частей древесной зелени и установление состава свободных кислот.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования была использована древесная зелень лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.), собранная 28 июля 2011 г. с одного дерева, произрастающего в 20 км восточнее г. Томска, в Турунтаевском лесничестве.

Принадлежность дерева к ботаническому виду *Larix sibirica* Ldb. подтверждена кафедрой ботаники и дендрологии СПбГЛТУ имени С.М. Кирова.

Место произрастания – сырое, мшистое, с большим количеством родников. Тип леса – смешанный, состав древостоя – лиственница, сосна, ель, режа – береза.

Характеристика исследуемого дерева лиственницы сибирской: возраст – 72 года, высота – 17,6 м, диаметр на высоте 30 см – 36,0 см, диаметр на высоте 130 см – 28,7 см.

Критерием отбора образцов древесной зелени являлся поперечный диаметр веток – не более 7 мм. Но фактически основную часть составляли охвоенные побеги диаметром от 5 до 3 мм и меньше – кондиционная древесная зелень для химической переработки.

Отобранные образцы древесной зелени вручную были разделены на хвою, кору и древесную часть. Соотношение этих частей соответственно 4 : 2 : 1. До проведения анализов заготовленные образцы хранили в холодильнике при температуре $t = -15$ °С.

Перед проведением анализов сырье измельчали в мельнице МР-1 до размеров 1 ... 2 мм [12].

При установлении состава исходных образцов частей древесной зелени экстрактивные вещества, извлекаемые органическими растворителями (петролейным и диэтиловым эфиром, этилацетатом и изопропиловым спиртом), определяли по стандартной методике экстрагирования в аппарате Сокслета с последующей отгонкой растворителя на роторном испарителе и высушиванием полученных веществ до постоянного веса [6]. Экстрагирование горячей водой проводили настаиванием при модуле 1 : 50 согласно стандартной методике определения водорастворимых веществ [6]. Массовую долю целлюлозы определяли азотно-спиртовым методом Кюршнера, лигнин – с 72 %-й серной кислотой в модификации Комарова [6], содержание арабиногалактана – обработкой водного экстракта спиртом [1].

Массовые доли экстрактивных веществ, целлюлозы, лигнина и арабиногалактана к абс. сухому сырью рассчитаны с учетом влажности исследуемых образцов.

В основе определения хлорофилла и каротиноидов лежит одна из стандартных методик, дополненная некоторыми изменениями, позволяющими повысить точность и скорость проведения анализа. Метод заключается в обработке исследуемых образцов древесной зелени (хвоя, кора, древесная часть) ацетоном и тщательном перетирании с измельченным стеклом. Экстракцию ацетоном проводили до получения бесцветного раствора. Содержание хлорофилла в ацетоновом экстракте определяли методом УФ-спектроскопии, каротиноиды – хроматографированием сконцентрированного ацетонового экстракта на тонкослойной пластинке на силикагеле с последующим вымыванием каротиноидов из силикагеля, собранного на качественном участке хроматограммы фиксированным количеством гексана (10 мл), и выявлением каротиноидов при помощи УФ-спектроскопии [10].

Летучие с водяным паром вещества в хвое, коре и одревесневшей части определяли методом гидродистилляции [3].

Для наработки экстрактивных веществ из элементов древесной зелени использовали в качестве экстрагента изопропиловый спирт. Последующей обработкой полученного экстракта петролейным эфиром выделяли неполярную группу соединений – смолистые вещества.

Схема разделения изопропанольных экстрактов растворителями возрастающей полярности хорошо зарекомендовала себя на практике (см. рисунок). Изопропанол как высокополярный растворитель извлекает наибольшее количество экстрактивных веществ, последовательная обработка



Схема анализа древесной зелени и ее составных частей лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ldb.)

растворителями позволяет выделить отдельные группы соединений. Как показали более ранние исследования, вещества, извлекаемые из изопропанольного экстракта петролейным эфиром, по количественному и качественному составу близки к экстрактивным веществам, извлекаемым углеводородным экстрагентом в производственных условиях в аппаратах оросительно-дефлегмационного типа [8].

Наработку экстрактивных веществ, извлекаемых изопропанолом из древесной зелени, хвои, коры и древесной части, производили путем экстрагирования в аппарате Сокслета вместимостью 1000 мл в течение 10 ч с момента

закипания растворителя. В процессе экстракции поддерживалось интенсивное кипение растворителя. Модуль экстракции 1 : 5. Изопропанол отгоняли на роторном испарителе под вакуумом.

Полученный изопропанольный экстракт экстрагировали петролейным эфиром в круглодонной колбе с обратным холодильником на водяной бане при температуре 55...58 °С и постоянном перемешивании. После отстаивания содержимое колбы разделилось на два слоя – нижний (нерастворимые в петролейном эфире вещества) и верхний (растворимые – смолистые вещества). Верхний слой декантировали, нижний снова экстрагировали до исчерпания. Растворитель (петролейный эфир) добавляли небольшими порциями по 70...80 мл при суммарном модуле экстракции 1 : 15. Растворитель отгоняли на роторном испарителе.

Вещества изопропанольного экстракта, растворимые в петролейном эфире, разделяли на группы по кислотно-щелочной схеме стандартной методики [8]. Подробно этапы разделения представлены на рисунке.

Свободные кислоты суммарной древесной зелени и отдельно из хвои, коры и древесной части анализировали с использованием метода хромато-масс-спектрометрии. Кислоты предварительно были прометилованы диэтиламином.

Разделение метиловых эфиров свободных кислот проводили на газовом хроматографе Agilent Technologies 6850C с квадрупольным масс-спектрометром Agilent Technologies 5973N. Разделение осуществляли на кварцевой капиллярной колонке HP-5MS (длина 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм, неподвижная фаза, толщина пленки 0,25 мкм). Разделение потока 1 : 100. Температурный режим колонки: программирование температуры от 150 до 270 °С со скоростью 5 °С /мин, выдержка 20 мин при температуре испарителя 250 °С.

Компоненты свободных кислот древесной зелени и ее частей идентифицировали сравнением полученных масс-спектров метиловых эфиров кислот и известных соединений из двух банков данных (WILEY 275.L, NIST 05.L). Количественное содержание кислот определяли методом внутренней нормализации по площадям газохроматографических пиков.

Обсуждение результатов

Исходная древесная зелень, разделенная на составные части (кора, древесина и хвоя), имеет следующие характеристики структурных компонентов и экстрактивных веществ (табл. 1).

Из результатов исследования следует, что отдельные части кроны значительно различаются по составу структурных компонентов и содержанию экстрактивных веществ. Содержание целлюлозы и арабиногалактана наибольшее в древесной части; кора ветвей превосходит хвою и древесную часть по содержанию лигнина и экстрактивных веществ, растворимых в этилацетате, петролейном и диэтиловом эфирах; экстрактивные вещества,

Таблица 1

**Характеристика частей исходной древесной зелени,
% от массы сухого сырья**

Показатель	Значение показателя для образцов древесной зелени		
	Хвоя	Кора	Древесная часть
Вещества, экстрагируемые:			
петролейным эфиром	2,5	10,6	3,9
диэтиловым эфиром	7,2	12,3	5,7
этилацетатом	12,6	15,0	8,0
изопропиловым спиртом	32,8	19,8	11,9
горячей водой	35,2	10,3	11,2
Летучие с паром	0,52	1,96	0,38
Целлюлоза	13,2	27,5	43,4
Лигнин	32,0	38,1	24,0
Хлорофилл*	3302,0	292,4	148,1
Каротиноиды*	189,1	Следы	Следы
Арабиногалактан	3,3	4,9	6,5

* Определены в миллиграммах на килограмм абс. сухого исходного сырья.

извлекаемые горячей водой и изопропиловым спиртом, преобладают в хвое. Кора ветвей характеризуется высоким содержанием эфирных масел, отгоняемых с паром.

Научный и промышленный интерес представляют экстрактивные вещества хвои, коры и древесной части, поэтому сравнение с аналогичными группами веществ таких хорошо известных и изученных пород, как сосна и ель, позволит наметить пути дальнейших исследований и использования в промышленности конкретных частей древесной зелени. Большие различия наблюдаются в содержании веществ, экстрагируемых петролейным эфиром, – в хвое лиственницы сибирской их в 4 – 6 раз меньше, чем в хвое ели (7,8 %), пихты (10,1 %) и сосны (14,4 %) [2]. Веществ, извлекаемых диэтиловым эфиром, в хвое лиственницы меньше в 1,5 – 3,0 раза. По количеству веществ, экстрагируемых изопропиловым спиртом, породы находятся в примерно равном положении. Также лиственница уступает остальным породам по содержанию хлорофилла в хвое в 1,5 – 2,0 раза, но превосходит их по количеству каротиноидов в 1,2 раза [9]. По количеству веществ, извлекаемых петролейным и диэтиловым эфирами и изопропиловым спиртом, в коре и древесной части из древесной зелени значительных различий в породах не отмечено [5, 8]. Кора пихты, кедра и сосны уступает лиственнице сибирской по содержанию эфирных масел в 1,2 – 5,0 раз [11]. Выход эфирного масла из хвои лиственницы сибирской (0,52 %) выше, чем из хвои ели (0,31 %) и некоторых видов сосны (0,13...0,48 %) [4, 7].

В табл. 2 представлены результаты экстрагирования изопропанольного экстракта древесной зелени, хвои, коры и древесной части петролейным эфиром.

Таблица 2

Содержание смолистых веществ в древесной зелени и ее отдельных частях

Объект исследования	Древесная зелень	Хвоя	Кора	Древесная часть
Сухое исходное сырье	13,3	6,9	17,6	4,3
Изопропанольный экстракт	41,7	21,0	88,9	36,1

Как видно из данных табл. 2, наивысшее содержание смолистых веществ наблюдается в коре (17,6 %), что превышает их содержание в хвое и древесной части соответственно в 2,5 и в 7,6 раз. Петролейная фракция изопропанольного экстракта составляет основу экстрактивных веществ коры (88,9 %), в хвое и древесной части преобладают более полярные группы веществ. Полученные результаты подтверждают целесообразность использования выбранной схемы экстракции. Количество веществ, извлекаемых петролейным эфиром из изопропанольного экстракта соответствующих частей древесной зелени, значительно превышает количество веществ, экстрагируемых петролейным эфиром из исходного сырья. В хвое выход смолистых веществ из спиртового экстракта в 2,0, в коре в 1,8, в древесной части в 1,1 раза выше, чем из соответствующих исходных образцов сырья.

Установлен групповой состав смолистых веществ, извлеченных петролейным эфиром из изопропанольного экстракта образцов древесной зелени и ее составных частей (табл. 3).

Из данных табл. 3 видно, что групповой состав составных частей древесной зелени имеет существенные различия. Экстракт хвои в основном состоит из нейтральных веществ (67,5 %), их содержание почти на 30,0 % выше, чем в коре, причем содержание в них связанных кислот практически одинаково. Свободные кислоты преобладают в коре (60,5 %), наименьшее их содержание наблюдается в хвое. Экстракты коры и древесной части содержат больше смоляных кислот, чем экстракты хвои, а последние – больше высших жирных кислот.

Таблица 3

Групповой состав экстрактивных веществ древесной зелени и ее частей, % от массы экстрактивных веществ, растворимых в петролейном эфире

Экстрактивные вещества	Древесная зелень	Хвоя	Кора	Древесная часть
Нейтральные	39,0	67,5	39,2	51,3
В том числе:				
неомыляемые вещества	27,6	43,1	19,4	19,8
связанные кислоты	10,3	16,4	16,1	28,1
Свободные кислоты	60,3	31,5	60,5	48,0
В том числе:				
высшие жирные кислоты	16,6	20,8	17,1	18,9
смоляные кислоты	42,8	9,8	39,6	26,8

В табл. 4 представлены результаты анализа фракций свободных кислот из разных частей древесной зелени с вероятностью идентификации выше 95 %.

Таблица 4

**Состав свободных кислот частей древесной зелени,
% от суммы свободных кислот**

Кислота	Хвоя		Кора		Древесная часть	
	Время удерживания, мин	Содержание, мас. %	Время удерживания, мин	Содержание, мас. %	Время удерживания, мин	Содержание, мас. %
<i>Высшие жирные кислоты</i>						
Миристиновая	7,747	0,26	7,740	0,03	7,741	0,02
Пентадекановая	9,361	0,14	9,358	0,02	9,364	0,09
7, 10, 13-гексадека-триеновая	10,659	1,32	–	–	–	–
Пальмитолеиновая	11,010	2,16	–	–	–	–
Пальмитиновая	11,072	17,71	11,076	0,89	11,073	3,62
14-метилгексадекановая	12,305	0,76	12,300	0,27	12,315	1,94
Гептадекановая	12,798	0,66	12,796	0,08	12,797	0,56
Линолевая	14,001	8,19	14,001	1,18	14,001	4,08
Олеиновая	–	–	14,077	1,01	14,078	3,67
Линоленовая	14,146	24,96	–	–	–	–
Стеариновая	14,523	2,11	14,520	0,17	14,520	0,60
Арахидиновая	17,863	0,47	17,867	0,07	17,863	0,51
Бегеновая	21,020	0,86	21,023	1,47	21,021	1,23
Трикозановая	22,518	0,36	–	–	–	–
Лигноцериновая	23,981	2,96	23,986	1,32	23,982	0,40
<i>Смоляные кислоты</i>						
Коммуновая	–	–	16,420	2,30	16,420	4,64
Сандаракпимаровая	16,932	0,57	16,933	1,70	16,936	1,68
Изопимаровая	17,600	3,96	17,601	20,58	17,601	19,32
Левопимаровая	17,780	0,24	–	–	–	–
Дегидроабиетиновая	18,299	4,68	18,301	9,11	18,301	8,84
Абиетиновая	19,021	5,60	19,020	2,80	19,019	9,24
Неоабиетиновая	–	–	19,947	8,38	–	–

Таким образом, состав свободных кислот отдельных частей древесной зелени имеет существенные различия. В хвое преобладают высшие жирные кислоты, главным образом линоленовая и пальмитиновая. В коре и древесной части содержится больше смоляных кислот, основная доля приходится на изопимаровую кислоту. Линоленовая кислота не определена в коре и древесной части ветвей, олеиновая кислота – в хвое. Смоляные кислоты представлены изопимаровым рядом, абиетиновым и лабдановым типами кислот. Бициклическая кислота – коммуновая, определена только в коре и древесной части

ветвей. Во всех частях древесной зелени обнаружена фракция полярных кислот в количестве около 25 % от суммы кислот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антоновский С.Д., Кулакова В.Н., Чочиева А.Ф. Получение и переработка водорастворимых гемицеллюлоз древесины лиственницы // Химия древесины. 1971. №8. С. 147–153.
2. Артемкина Н.А. Низкомолекулярные фенольные соединения древесной зелени ели европейской *Picea Abies* (L) Karst: дис. ... канд. хим. наук. СПб., 2001. 177 с.
3. ГОСТ 21802–84. Паста хвойная хлорофилло-каротиновая. Определение массовой доли летучих веществ, нерастворимых в воде. Введ. 27. 03. 1984.
4. Домрачев Д.В., Карпова Е.В., Горошкевич С.Н., Ткачев А.В. Сравнительный анализ летучих веществ хвои пятихвойных сосен северной и восточной Евразии // Химия раст. сырья. 2011. №4. С. 89–98.
5. Колодынская Л.А., Разина Н.Ю., Роцин В.И., Соловьев В.А. О различии в групповом составе экстрактивных веществ хвои и побегов сосны обыкновенной // Химия древесины. 1984. №5. С. 74–78.
6. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. М.: Экология, 1991. С. 75–164.
7. Пентегова В.А., Дубовенко Ж.В., Ралдугин В.О., Шмидт Э.Н. Терпеноиды хвойных растений. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1987. 96 с.
8. Роцин В.И., Баранова Р.А., Белозерских О.А., Соловьев В.А. Состав экстрактивных веществ хвои и побегов ели европейской // Химия древесины. 1983. №4. С. 56–61.
9. Рубчевская Л.П., Левин Э.Д. О нейтральных липидах камбиальной зоны лиственницы сибирской // Химия древесины. 1981. №4. С. 106–109.
10. Сапожников Д.М. Пигменты пластид зеленых растений и методика их исследования. М.: Наука, 1964. 360 с.
11. Степень Р.А., Репях С.М. Летучие терпеноиды сосновых лесов: моногр. Красноярск: СибГТУ, 1998. С. 67.
12. Ушанова В.М., Ушанов С.В., Репях С.М. Влияние степени измельчения сырья на процесс экстракции // Лесн. журн. 1998. №1. С. 101–105. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 11.10.12

Group Composition and Free Acids of Extractive Substances of the Crown Parts of Siberian Larch

A.V. Troshina, Postgraduate Student

V.I. Roshchin, Doctor of Chemistry, Professor

St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov,

Institutskiy pereulok, 5, St. Petersburg, 194021, Russia

E-mail: aleksandra_troshina@mail.ru

At the present time the problem of complex processing of Siberian larch (*Larix sibirica* Ldb.) is acute. Basically, in industry only larch stem portion is used. Thus, tree crown is utilized irrationally. Meanwhile, it is known that wood green tree is extremely riched in biologically active substances - that can be used in medicine, cosmetic and food industries, agriculture and industrial products. One of the reasons of such a selective approach to the use of tree parts is insufficient knowledge of component composition of tree green biomass.

This report presents the results of a study on the major structural components of different parts of the tree crown: needles, bark and wood part of the shoots, the content of extractive substances, extracted with various organic solvents and water, as well as the group composition of resinous substances in the crown parts and the composition of free acids.

It has been established that the greatest amount of essential oils and extractives are soluble in ethyl acetate and petroleum and diethyl ether are contained in the bark of the branches (1.96 % hereinafter by the weight of the dry materials). Extractives, extracted with hot water and isopropyl alcohol, predominate in the needles. The extractives, soluble in petroleum ether – is an important for practical using group of extractives, common in needle, bark and wood parts in the ratio 1:4, 2:1, 6. Their highest content is observed in the bark.

The group composition is shown by the results of the separation of resinous substances into the groups on the acid-base scheme. The extractives of the needles mainly consist of neutral substances, while free acids are predominant in the bark. The extracts of bark and wood part contain more resin acids than extracts of needles, and the latter - more higher fatty acids.

Free acids of the wood green and of each part of the crown were analyzed using the method of chromatography-mass spectrometry, after transforming them into methyl esters by treating with diazomethane.

It has been stated that the free acids composition of separate parts of the wood green differs significantly. Needles are dominated by the higher fatty acids, mainly linoleic and palmitic ones. The bark and the wood part largely consist of resin acids, mostly isopimaric one. No linolenic acid was found in the bark and wood part of the branches, and no oleic acid was found in the needles. Resin acids are presented by three types: isopimaric, abietic acid and labdane acids. The bicyclic acid – communic acid was found only in the bark and wood part of the branches. In all parts of the wood green we detected a fraction of polar acids constituting up to 25 % of the acids.

Keywords: *Larix sibirica* Ldb., wood green, resinous substances, structural components, group composition, free acids.

REFERENCES

1. Antonovskiy S.D., Kulakova V.N., Chochieva A.F. Poluchenie i pererabotka vodorastvorimykh gemitsellyuloz drevesiny listvennitsy [Production and Processing the Water-Soluble Hemicellulose of larch Wood]. *Khimiya drevesiny*, 1971, no. 8, pp.147–153.
2. Artemkina N.A. *Nizkomolekulyarnye fenol'nye soedineniya drevesnoy zeleni eli evropeyskoy Picea Abies (L) Karst.* dis. ... kand. him. nauk [Low Molecular Phenolic Wood greens Compounds of the European Spruce *Picea abies* (L) Karst.: Cand. Chem. Sci. Diss.]. St. Petersburg, 2001, 177 p.

3. GOST 21802–84. *Pasta khvoynaya khlorofillo-karotinovaya. Opredelenie massovoy doli letuchikh veshchestv, nerastvorimykh v vode* [State Standard 21802-84. Coniferous Chlorophyll-Carotene Paste. Determination of the Weight fraction of Volatile Substances Insoluble in Water]. 27.03.1984.

4. Domrachev D.V., Karpova E.V., Goroshkevich S.N., Tkachev A.V. Sravnitel'nyy analiz letuchikh veshchestv khvoi pyatikhvoynykh sosen severnoy i vostochnoy Evrazii [Comparative Analysis of Volatile Substances of the Northern and Eastern Eurasia Fiveneedles-Pine's Needles]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2011, no. 4, pp. 89–98.

5. Kolodynskaya L.A., Razina N.Yu., Roshchin V.I., Solov'ev V.A. O razlichii v gruppovom sostave ekstraktivnykh veshchestv khvoi i pobegov sosny obyknovennoy [About the Difference in the Group Composition of Needles Extractives and Scots pine Shoots]. *Khimiya drevesiny*, 1984, no. 5, pp. 74–78.

6. Obolenskaya A.V., El'nitskaya Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornye raboty po khimii drevesiny i tsellyulozy* [Laboratory Works of the Wood and Cellulose Chemistry]. Moscow, 1991, pp. 75-164.

7. Pentegova V.A., Dubovenko Zh.V., Raldugin V.O., Shmidt E.N. *Terpenoidy khvoynykh rasteniy* [Terpenoids of Conifers Plants]. Novosibirsk, 1987, 96 p.

8. Roshchin V.I., Baranova R.A., Belozerskikh O.A., Solov'ev V.A. Sostav ekstraktivnykh veshchestv khvoi i pobegov eli evropeyskoy [Composition of Needles and European spruce Shoots extractives]. *Khimiya drevesiny*, 1983, no. 4, pp. 56–61.

9. Rubchevskaya L.P., Levin E.D. O neytral'nykh lipidakh kambial'noy zony listvennitsy sibirskoy [About the Neutral Lipids of Siberian larch Cambiane Zone]. *Khimiya drevesiny*, 1981, no. 4, pp. 106–109.

10. Sapozhnikov D.M. *Pigmenty plastid zelenykh rasteniy i metodika ikh issledovaniya* [Plastid Pigments of Green Plants and Methods their Research]. Moscow, 1964.

11. Stepen' R.A., Repyakh S.M. *Letuchie terpenoidy sosnoykh lesov* [Volatile Terpenoids of the Pine Forests]. Krasnoyarsk, 1998, 67 p.

12. Ushanova V.M., Ushanov S.V., Repyakh S.M. Vliyanie stepeni izmel'cheniya syr'ya na protsess ekstraktsii [The Influence the Degree of Crushing Raw Materials to the Extraction Process]. *Lesnoy zhurnal*, 1998, no. 1, pp. 101–105.



УДК 597

Comparative typology about salmon angling as an attraction and interest in salmon rivers of Finnish Lapland and Kola Peninsula

Jussi Soppela, Master of Agriculture and Forestry

University of Applied sciences (Rovaniemi), Jokiväylä, 13, Rovaniemi, Finland, 96300

E-mail: jussi.soppela@biomet.com

The article examines the attractiveness of sport fishing salmon in the rivers of Finnish Lapland and the Kola Peninsula and the classification of such an exercise enthusiasts. To implement the research was gathered extensive experimental material – 1260 biographical form, describing the highlights of sport fishing experience. In processing the data factor analysis was used, where the main factors were considered anglers classification, based on their level of expertise, the success of fishing, fishing destination. Total 13 complex variables were generated and analyzed. The study was conducted on the previously proposed classification anglers (Hobson Bryan, 1977), specializing in trout. The study to 6 groups were added two more. The basic motivation cases such an expensive type of fishing have been found. Results of the study may be useful in forming a new toolkit for organizers of tourist business, in particular sport fishing, as well as specialists of forestry and hunting in terms of methodological approach, the development and validation of the various classifications using multivariate statistical analysis methods.

Keywords: catching salmon, fishermen, forestry, hunting.

Introduction

Salmon angling in streaming waters has already a steady position as a part of recreational use of nature and fishing tourism. Persons motivated in this field of interest are often considered mainly catch than nature oriented enthusiastic fishermen. Even if this holds true with many of the cases there still appears to be a lot of anglers with other motives while putting a fishing trip into practice. Those motives have an influence on the decisions of fishermen, when planning destinations of their fishing trips. The number of salmon fishing destinations has decreased in Finland during the last century, which has strengthened demands of sustainable use of the remaining salmon rivers. From the viewpoint of a salmon fisherman the situation means less suitable settings for their favorite interest as well as increasing congestion on best pools and more expenses for travelling and license fees.

Anglers have been categorized by several attributes during the past decades after Hobson Bryan made his well known classification with trout fishermen in 1977. A need for segmentations has been argued with a better understanding of a large and miscellaneous group with a variety of opinions about the subject. Bryan's presentation included also a theory (recreation specialization) about fishermen's specialization during their fishing career, which has been criticized during the last

decades in several articles. The paper on hand participates in the ongoing discussion with empirical study material from Finnish and Russian salmon rivers.

The theoretical background of the study bears upon the Bryan's fisherman typology, which has been changed by adding two more ideological fishermen types to the original category. The new groups are setting specialist and a composite type consisting of mixed features from the other types. Altogether there were 6 alternatives, which were chosen by the fisherman himself: 1) occasional fisherman, 2) generalist, 3) technique specialist, 4) technique and setting specialist, 5) setting specialist and 6) a composition from the previous ones. The study also seeks to give a statement to the theory of recreation specialization by comparing different fishermen groups with the startup of salmon fishing and several other attributes linked to fishing interest. Furthermore comparisons are made between the fishermen fishing on three different types of salmon rivers. According to the presumption each river represents a different kind of alternative among the available choices for the fisherman as a fishing tourist.

The study aims to give new tools for fishing tourism entrepreneurs and for the decision makers working with the development of salmon rivers in Finland. It will present an image of the salmon angler from the point of view of the interest in the first phase of the results. However, the emphasis of the study seeks to disclose essential features of salmon fishing destinations with opinions and attitudes of fishermen of the site.

Research material and methodology

This survey consists of empirical quantitative data material, which is composed from the inquiry made during 2003 and 2004 to the fishermen of Teno and Tornio Rivers in Finnish Lapland and to the anglers of Ponoï River in Kola Peninsula, Russia. The fishermen of Finnish destinations received the inquiry forms after the fishing season 2003 and totally about 1260 forms (approximately 50 % from both destinations) were returned. In Ponoï River the inquiry was made during fishing seasons 2003 and 2004 on site, where 50 fishermen altogether answered the inquiry. The study arrangements were fixed statistically to the different proportions of the study material. Nevertheless because of the statistical restrictions all the analyses used with other data portions were not able to be carried out within the data of Ponoï River. The study problems concerned in this comparative research are examined with sum variables composed by factor analyses. The attributes of interest are compared simultaneously between fisherman categories and fishing destinations with two-sided analyses of variance.

According to the study hypothesis fishermen types distribute in study destinations along their specialization level, whereby the most specialized anglers favor destinations with a qualified setting and a high catch probability all over. Respectively occasional fishermen and generalists are used to accept destinations defined with standard setting and less catch probability. The hypothesis proved to be true in destinations under examination. The next study question focuses on testing the theory of 'recreation specialization' with a few suitable features inherent for specialist fishermen. And in the third question I have aspired to find characteristic attractions

for salmon angling. Actually the results describe the main factors of the experience of salmon angling. In addition to the actual experience with rod in hands a successful angling trip includes a few background issues, which have to be taken into consideration. Those matters are related for instance with social companionship and the reference world in fishing site as well as with multiple services and fishing regulations at the fishing destination. The fishing environment composes an essential part of the experience and as it is built up with many categories it is divided into a few different sum variables.

Findings

The distribution of salmon anglers into different fishermen categories was interesting particularly because of the findings from new fishermen types. Most of the anglers (35,2 %) considered themselves as generalists, meanwhile approximately every fifth angler felt the description of the new group - setting specialist - fitting best their attitudes and values as a fisherman. The attributes between this type and technique and setting specialists distinguish by the attitude to catch (the amount and species/origin not important) and by fishing method: the former is used to fish with several methods, whereas the latter mainly concentrates on one means.

According to findings the main motives of salmon angling were the challenge and excitement of fishing as well as the attraction of fishing at the setting of streaming water. Occasional fishermen and the anglers, who stressed the setting of fishing, were particularly allured by beautiful river landscapes. Instead the former along with generalists were not excited on streaming water fishing compared to the other groups. After the theory of meaningful experience (Elämys ABC 2008), experiences are a highly subjective matter and a meaningful experience can never be guaranteed. To achieve a meaningful experience one must possess interest, sensing and learning, which all can be linked to the fisherman's main motives. Through these objectives fishing trip has all the necessary prerequisites to perform a meaningful experience for the angler concerned. And even to the change of emotional life, which is the highest point of progression along the theory.

Traditionally in Finland catch has been taken to household's utilization when it concerns hunting or fishing. From this background catch and release -fishing is rather a new method in this country. So we don't have yet too much experience of the method, although it has already been used in some destinations. The opinions from the issue distributed evenly, with equal parts representing fishermen for and against the method as well as those, who couldn't compose their opinion. This finding was analyzed from destinations in Finland altogether. Separately compared there appeared a slightly more positive attitude in Teno River whereas in Ponoj the opinions proved to be clearly positive. Respectively the opinions about argumentation *catch can be taken along* indicated a pattern of the traditional way of utilization of catch in households.

The comparisons between destinations of the study were analyzed by performing sum variables from variables, which measure fishermen's attitudes and opinions about issues straight or indirectly linked to the fishing activity. Totally 13 sum variables were composed and analyzed with two-sided analyses of variance.

They can be regrouped into a few resembling categories which view emotional and physical aspects of the sport or a fishing trip in a wider context. The first is regarded with services, moving and living in destination. The other category deals with social factors of the fishing trip, where the sum variables represent the fisherman's social companionship in general and his special social interest during the fishing trip. The third entirety can be integrated from environmental factors and values like wilderness and setting (including landscape). Separately from those aspects the regulations of fishing, including the attitude to the catch and release –method and the amount and quality of catch are discussed.

The analyses of variance test a pattern, where the dependent (sum variable) is aspired to explain by independents (fishing destination and fisherman type). According to the model the findings indicate a statistically meaningful common impact with the different kind of services. Most of the sum variables have self impact to the model tested. The results mean that most of the sum variables are able to explain the pattern with their self impact in some extent; concerning four sum variables, the model can be explained with both destination and fisherman type. The best sum variable explaining the pattern was "Effortless fishing" with the destination F-value 82,16. It was also one with common impact. The highest F-value (23,63) of the fisherman types arose with the sum variable "Catch & release". In the former case a small but uniform difference in Finnish destinations can be found on Teno's behalf opposite to Ponoï, where these attributes were not appreciated. The same feature appeared in the latter case, when fishermen in Ponoï highly emphasize catch & release fishing, whereas in Finland they had more conservative opinions.

Findings showed that "Services appealed for convenience" with highest common impact value in the GLM model of variance analyses, are most appreciated in the Ponoï destination. Fishermen in Teno valued them higher compared to Tornio River except specialist types 3 and 4, who ranked them at about the same level in both rivers. Ponoï anglers paid clearly more attention to "Fishing services" meanwhile in Finnish destinations the demand was a bit higher among Tornio River anglers, which is a comprehensive result considering the young "reborn" history of fishing tourism of the river. The first finding looks quite alike with the sum variable "By-products of fishing" and the order between destinations conforms to fishermen's household's income, necessary expenses of fishing trip, and performed order of appreciation of the destination. Logical suggestions judging by these conjunctions can be presented as follows: fishermen expect more services, the wealthier they are or the more they have invested in a fishing trip. However, the observation doesn't concern specialist types 3 and 4 in Finnish destinations and the results of Ponoï are not quite reliable, which doesn't give permission to direct conclusions without added findings.

Social factors in a fishing trip were studied on two levels, by viewing the interest to participate in conversations with fishing peers at the fishing site and by investing consistence of favorite companion during the fishing trip. The interest for discussions with reference peers was slightly stronger within the anglers of Teno compared to Tornio ones. The observations refer to Bryan's findings as the interest emphasizes with specialist types 3 and 4. A fishing friend turned out to be the most

popular company during the fishing trip particularly amongst Tornio River anglers. Instead in Ponoï they preferred a group of friends. In Tornio River they are used to fish mostly by trolling with a rowing boat. This method can be done with least effort by a couple of persons, which explains the result. The significance of fishing company accentuated in Ponoï destination and perceived as less important in Tornio River, where they are also used to fish alone most frequently. The reason might be the distance of travelling to the destination, as fishermen of Tornio River make a much shorter fishing trip, particularly compared to the Ponoï ones.

The values of sum variables concerning fishing environment and the meaning of wilderness varied between the destinations, as the first mentioned was respected very highly in Ponoï River. In Teno River the setting values were ranked higher than in Tornio River to some extent. Instead wilderness values had quite similar assessments from all the destination groups with a slight more weight among Teno fishermen. Surprisingly wilderness attraction was not considered higher in Ponoï although the destination is located far away in pathless wilderness. Wilderness as a part of the fishing trip was most appreciated within technique and setting groups 3, 4 and 5. Although the regarded sum variables sound to be close to each other, they include some remarkable differences, which explain the changes observed in Ponoï findings. A finding about the differences between Finnish destinations indicates a slightly higher environmental and wilderness valuation of Teno fishermen compared to the peer group in Tornio River.

The salmon angler groups distributed clearly from each other by their opinions about the regulations of fishing in destinations. Groups 1 and 2 did not ascribe importance to regulations vice versa to the other groups. Perhaps those groups consider regulations partly unnecessary causing diminishing of catch. The other groups, to whom the interest of fishing is deeper, may be more worried about surviving of the stock (and for the future of their hobby), and thus have a more positive attitude of the fishing constraints. The attitudes were most positive in Ponoï, meanwhile the fishermen in Tornio River had less enthusiasm on the matter in every group.

An essential part of fishing regulations concerning recreational angling is catch & release fishing method, which is quite a usual method nowadays in fishing destinations around the world in spite of large criticism. The attitudes conformed to mainly the same tendencies as the fishing regulations above both between fishing peers and destinations. There was also a discrete question about whether to approve or refuse the use of the method. In Finnish destinations the findings were almost alike, when with approximately as many against and for the method. A slight majority (36 %) takes up a neutral attitude. Ponoï anglers have either a neutral or positive attitude – incidentally fishing tourism is based on this method at the site. Seemingly the issue will arouse a large discussion and distribute the opinions strongly as several justifiable opinions persist of the matter.

A question about origin of the catch ponders attitudes whether the origin – wild or planted fish – will have an effect on the allure of fishing. The answerers of Teno and Tornio Rivers had quite similar attitudes except group number 4, who had more critical opinions, as they also had about environmental and wilderness issues. The same effect appeared between the rivers, as the fishermen of Tornio River -

opposite to Teno peers - seemed not to be hindered, whether the catch was planted or wild. As part of salmon stock running to Tornio River may consist of planted salmon, the difference of opinions is apprehensible. Excluding occasional fishermen, the findings from Ponoï were most critical, which is also understandable considering both fishing site and also its marketing, and the answerer's origin – quality-conscious international anglers.

Another factor connected to the attraction of catch is a certainty to catch a fish. This seems to be of great concern to the anglers of Ponoï River, meanwhile in Finnish destinations the issue is not so important, while the opinions of the peer groups are quite similar in both rivers except the group of technique specialists. International fishing clients appreciate certainty of catching fish, and preferably a big one, which is rather self-evident after the costly journey.

Discussion

After Bryan introduced his model based on the theory of recreation specialization in 1977, it has been practiced in several studies largely within nature recreation activities. According to the theory specialization is a lifelong process, which can be estimated by the development of attitudes and commitment to the sport. By this inquiry it was not able to follow development of fishing interest of the anglers. However, it is possible to compare the ideal fishermen types with each other by asking them the starting time of their fishing hobby and also, considering their opinions about the importance of the sport and time spent around it. The comparison substantiates slightly the recreation specialization development after Bryan with restrictions. Most distinctly this can be noticed within the results from technique and setting specialists. On the other hand the finding is notable, because the last phase of Bryan's continuum theory of recreation development emphasizes specially the quality of setting and its rising value for the fisherman.

A majority of occasional fishermen made their first trials on fishing later than other groups and thus it is possible for them to get further development – or stay on the phase of continuum they are. However, as a remarkable portion of anglers did not get close to the ending part of the continuum even with a long career of recreational fishing, this result affirms the idea that only part of the fishermen will develop in their interest due to continuum theory, which leads to quality-conscious setting stressing specialist at the end of the process. The results were statistically meaningful ($p < 0,001$) and comparable in both Finnish study areas. They give support to the findings of Scott and Shafer (2001) as they also found similar observations.

The attraction of recreational fishing is based on a meaningful experience, which is composed from the fishing activity itself and from diverse composition of different factors, particularly nature and setting. According to Tourism and Experience Management Cluster (2008) a positive and powerful emotional response to a unique experience may lead to an experience of personal change, bringing about fairly permanent modifications to the subject's physical being, state of mind or lifestyle. Through a meaningful experience, one can adopt a new hobby, way of thinking or find new resources within oneself. This definition suggests Bryan's theory of recreation specialization, the end of the continuum process. Will this

come true with the fishing hobby? How deeply can fishing be experienced and what kind of enjoyment does it perform? This needs to be studied more and it will not become clear in this study, but impressive experiences are within reach anyway.

The most important motives for salmon fishing appeared to be the challenge and excitement of fishing. Another fundamental reason for quite a few anglers was fishing by streaming water on the whole – among generalists and occasional fishermen less than the other groups. Beautiful river landscapes allured specially occasional and setting emphasizing fishermen and thus the results adhered to logical frame of ideal fishermen types. As the classification was made by a self-estimate after a short type description, there was apparent doubt about reliability of the assessment. After perceptions come about there are a few doubts about failure classification, for example as an occasional fisherman tends to fish several times a month. However, logical findings in most cases prove that self-estimation is a reliable way of classification, when the alternatives are explained well enough.

The ideal typology of fishermen used for the first time by Bryan (1977) among trout fishermen, was tried out also in this study with the small modification mentioned above. By characterizing the types generally it can be stated, that occasional fishermen upon their designation are used to fish irregularly and to whom fishing seems not to be the main focus of the fishing trip. They are also interested in multiple services, easy fishing and convenience. Generalists, who composed a major group with 35 % of the answerers, as well as the previous one, disagree about catch & release fishing and restrictions of fishing. They also prefer easy fishing as well as convenience (with exceptions), and also appreciate certainty of catch.

Technique specialists are close to the group of technique and setting specialists. Most fly-fishing anglers belong to these groups in Teno and Ponoï Rivers. They appreciate social factors in fishing more than other groups – especially technique ones. They also emphasize fishing regulations and take a positive attitude to catch & release fishing. The findings says that they don't need so much fishing services in Finnish destinations and are more prepared to make the effort for the interest. Fishing attraction of the latter group 4 is reduced clearly by planted catch. Setting specialists are close to the previous, group number 4, with rather close attitudes about wilderness and environment values. They are interested in fishing services, but less interested about catch certainty, although with negligible difference to other groups. Opposite to technique types the anglers of this group are not interested about general sociality with peer groups – instead they enjoy the company of a friend or a group. The last group of ideal type is a mixture of other groups, what effected problems in several analyses. In Finnish destinations results of a group turned in many cases to a different direction because the combination of ideal types didn't weigh equally.

The comparison between ideal types is generalized, because there appeared a variation from destination to another between groups. For this reason only a few arguments can be stated and even they are not definitely reliable in all the destinations. On the whole a few advantages were reached by using a model of six ideal types instead of four as Bryan (1977) did. He mentioned (1977, 184), that the typology he used was not necessarily satisfactory for all purposes, and as in many other

studies later on, the typology has got several modifications. In this study there was an intention to develop the existing model to distinguish better the environment values of recreational fishing – particularly in salmon fishing. The other purpose was to give more alternatives for the fishermen to find the best fitting ideal type – and to achieve new results from the diversity of the multi sensing interest.

Salmon angling is regarded as an interest, which arouses passionate mental images among anglers with strong commitment to the interest. Some fishing methods demand also technical skills and special gear. For that reason this typology will probably not work well with conventional recreational fishing, at least the distribution of ideal types will be quite obviously different.

Поступила 29.05.13

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТИПОЛОГИЯ ЛОВЛИ СЕМГИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ СЕМУЖЬИХ РЕК ФИНСКОЙ ЛАПЛАНДИИ И КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

© Юсси Соппела, магистр сельского и лесного хозяйства

Университет прикладных наук, г. Рованиеми, Финляндия, 96300

E-mail: jussi.soppela@biomet.com

В статье рассматриваются вопросы привлекательности спортивной ловли семги в реках Финской Лапландии и Кольского полуострова, а также классификация любителей такого занятия. Для реализации исследований был собран большой экспериментальный материал – 1260 анкетных форм, описывающих основные моменты спортивной ловли семги. При обработке данных был применен факторный анализ, где в качестве основных факторов были использованы: классификация рыболовов, основанная на уровне их специализации, успешность и назначение ловли. Всего сформировано и проанализировано 13 комплексных переменных. Исследование проводили по ранее предложенной классификации рыболовов-спортсменов, специализирующихся на форели.

В результате исследования к шести группам были добавлены еще две. Выявлены основные причины мотивации такого затратного вида рыболовства. Результаты исследования могут быть полезны при формировании нового инструментария для организаторов туристического бизнеса, в частности, по направлению – спортивное рыболовство, а также для специалистов лесного и охотничьего хозяйства с точки зрения методического подхода, разработки и подтверждения различных классификаций с использованием многомерных статистических методов анализа.

Ключевые слова: ловля семги, рыболовы, лесное хозяйство, охота.

УДК 630*237

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ БИОГУМУСА В ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ

© *В.В. Петрик¹, д-р. с.-х. наук, проф.*

М.А. Дербина¹, асп.

А.В. Грязькин², д-р. биол. наук, проф.

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002

E-mail: m.derbina@narfu.ru

²С.-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, Институтский пер., 5, С.-Петербург, Россия, 194021

E-mail: lesovod@bk.ru

Выращивание посадочного материала в теплицах с полиэтиленовым покрытием в условиях Севера является в настоящее время одним из основных способов. Рост сеянцев в основном зависит от микроклимата, субстрата, обеспеченности минеральным питанием и влагой. Интенсификация лесокультурного производства и расширение объемов создания культур посадкой вызывает необходимость увеличения производства посадочного материала. Кроме минеральных удобрений, при выращивании посадочного материала одним из перспективных удобрений может стать биогумус. Он содержит в сбалансированном сочетании целый комплекс необходимых питательных веществ и микроэлементов, ферменты, почвенные микроорганизмы, гуминовые вещества, витамины. Цель наших исследований – разработка научно-обоснованной технологии выращивания сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в теплицах с использованием в качестве добавки к субстрату сухого биогумуса. В опытах сеянцы выращивали в закрытом грунте с открытой корневой системой на субстратах с добавлением различных доз сухого биогумуса (без минеральных удобрений). Результаты исследований показали, что сеянцы сосны, выращенные с добавлением биогумуса, не уступают по высоте сеянцам на традиционном минеральном питании (контроль). В теплицах с полиэтиленовым покрытием выявлена эффективность внесения сухого биогумуса, влияние его на всхожесть семян и рост сеянцев. Для выращивания сосны обыкновенной рекомендуется вносить 1,5 кг/м² (15 т/га) сухого биогумуса в разброс по поверхности гряды.

Ключевые слова: биогумус, посадочный материал, сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.), питомник, закрытый грунт.

При выращивании посадочного материала эффективным агротехническим приемом, направленным на повышение плодородия почвы и улучшение минерального питания, является применение удобрений. Действие удобрений в почве разностороннее: они пополняют запасы питательных веществ, изменяют реакцию почвенной среды, улучшают физические свойства. Кроме минеральных удобрений, при выращивании посадочного материала одним из перспективных удобрений может стать биогумус – новое качественное органическое удобрение, продукт переработки органических отходов популяцией

дождевого червя [3]. Содержит в сбалансированном сочетании целый комплекс необходимых питательных веществ и микроэлементов, ферменты, почвенные микроорганизмы, гуминовые вещества, витамины и представляет собой черную рассыпчатую и приятно пахнущую массу, которая за счет своих биологических и физико-химических свойств быстро восстанавливает естественное плодородие почвы, улучшает ее структуру; не обладает инертностью действия: растения, семена сразу реагируют на него, что определяется высоким содержанием элементов питания и их доступностью; обеспечивает крепкий иммунитет растениям, повышая их устойчивость к стрессовым ситуациям, неблагоприятным погодным условиям, бактериальным и гнилостным болезням, а также высокую приживаемость саженцев, оптимальный их рост; связывает в почве тяжелые металлы и радионуклиды, не дает растениям накапливать нитраты.

В биогумусе аккумулировано большое количество макро- и микроэлементов, т. е. ростовых веществ, витаминов, аминокислот и полезной микрофлоры. Кроме того, он гидрофильный, обладает высокой водостойкостью, влагоемкостью, механической прочностью, может удерживать до 70 % воды и в 15–20 раз эффективнее любого органического удобрения. Питательные элементы в биогумусе находятся в доступной для растений органической форме. Он имеет зернистую структуру, стойкую к размыванию водой.

Ранее влияние биогумуса на растения рассматривалось применительно к сельскому хозяйству. В лесном хозяйстве такие примеры фрагментарны. Исследования влияния биогумуса на сеянцы хвойных пород в условиях Европейского Севера представляет собой научный и практический интерес.

Цель настоящей работы – определение влияния различных доз и способов внесения биогумуса на показатели сеянцев сосны обыкновенной, выращиваемых в теплице.

Опыты с биогумусом заложены в 5 вариантах с различными схемами внесения:

1. 1,5 кг сухого биогумуса вразброс по поверхности гряды (делянки 1, 11, 13);
2. 1,5 кг сухого биогумуса в углубленные бороздки до посева семян (2, 10, 14);
3. 1,0 кг сухого биогумуса в углубленные бороздки до посева семян и 0,5 кг сухого биогумуса на мульчирование (3, 9, 15);
4. 1,0 кг сухого биогумуса в углубленные бороздки до посева семян и 1,0 кг сухого биогумуса на мульчирование (4, 8, 16);
5. 2,0 кг сухого биогумуса вразброс по поверхности гряды (5, 7, 17).

В опытах, проведенных нами в Бобровском лесопитомнике, исследовали тепличный субстрат, приготовленный из торфа с добавлением различных доз биогумуса [2].

Изучаемый нами биогумус имеет следующий состав, % на сухое вещество: гуминовые кислоты – 5,6...17,6; сухое вещество – 40...60; гумус – 10...12; N – 0,9...3,0; P – 1,3...2,5; K – 1,2-2,5.

В табл. 1 представлены данные о составе почвы после внесения биогумуса и без него.

Таблица 1

Состав почвы без биогумуса и после его внесения

Показатель	Значение показателя для почвы		
	без биогумуса	с добавкой биогумуса	
		1,5 кг	2,0 кг
pH солевой суспензии, ед. pH	5,0	5,2	5,5
Подвижный фосфор, мг/кг	94	432	494
Подвижный калий, мг/кг	46	176	225
Общий азот, %	0,40	0,42	0,44

Исследования по изучению влияния биогумуса на рост и развитие сеянцев сосны обыкновенной проводили в теплице с полезной площадью 100 м². Теплицу закрывали полиэтиленовой пленкой в конце мая. Семена высевали 1–2 июня 2011 г. снегованными в течение одного месяца по десятистрочной схеме. Все варианты выполнены в трехкратной повторности, площадь повторности 1 м².

В качестве контроля использовали традиционный вариант с минеральными удобрениями: аммиачная селитра (12 г/м²), двойной суперфосфат (10 г/м²) и сульфат калия (7,2 г/м²). На участки с биогумусом минеральные удобрения не вносили. Кроме того, по всей площади была внесена известь в количестве 6 кг/100 м².

Единичные всходы появились через неделю (в контроле – через 10 дн.), массовые – через 12 дн. Один год сеянцы с открытой корневой системой выращивали под пленкой, что соответствует региональной технологии [4]. За сеянцами дважды проводили уходы в виде прополки, также окашивали траву вокруг теплиц.

Характеристика однолетних сеянцев представлена в табл. 2.

Различие в высоте сеянцев сосны доказано для всех вариантов с применением биогумуса по сравнению с контролем.

Данные табл. 2 показывают, что наибольшее количество и размеры стандартных двухлетних сеянцев сосны получены на делянках 1, 11 и 13, на которых вносили 1,5 кг/м² биогумуса в разброс по поверхности. В этих вариантах и высота однолетних сеянцев была на 12 % выше, чем в контроле, а их количество – на 24...25 %. Диаметр у шейки корня во всех вариантах был на уровне контроля, в этом варианте – в 1,5–2 раза выше. Наряду с повышением всхожести семян и снижением выжимания сеянцев мульчирование несколько увеличивает отпад растений в первый год выращивания (делянки 3, 4, 8, 9, 15 и 16).

Таблица 2

Характеристика сеянцев сосны по вариантам и повторностям опыта

Номер делянки	Количество сеянцев, шт.	Высота сеянцев, см			Диаметр у шейки корня, см
		$M \pm m_M$	Коэффициент изменчивости, %	Достоверность различия с контролем *	
I повторность					
1	1543	10,0±0,3	17	3,6	0,22
2	1332	9,8±0,2	17	4,0	0,15
3	1329	9,7±0,2	17	3,5	0,15
4	1364	9,9±0,2	15	4,5	0,15
5	1398	9,6±0,2	18	3,0	0,19
6 (контроль)	1229	9,0±0,0	16	–	0,11
II повторность					
7	1398	9,7±0,2	17	3,5	0,16
8	1364	9,9±0,2	17	4,5	0,15
9	1329	9,8±0,2	17	4,0	0,15
10	1332	9,9±0,2	15	4,5	0,10
11	1540	10,1 ±0,3	18	3,7	0,20
12(контроль)	1229	9,0±0,0	16	–	0,11
III повторность					
13	1540	10,2±0,3	17	3,7	0,20
14	1332	9,9±0,2	17	4,0	0,15
15	1329	9,8±0,2	17	3,5	0,15
16	1364	9,9±0,2	15	4,0	0,10
17	1399	9,9±0,2	18	4,0	0,17
18 (контроль)	1236	9,1±0,0	16	–	0,11

* Стандартное значение по критерию Стьюдента $t_{0,01} = 2,7$ [1].

Таким образом, для выращивания сосны обыкновенной рекомендуется вносить $1,5 \text{ кг/м}^2$ (15 т/га) сухого биогумуса в разброс по поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев И.И. Статистические показатели распределения: метод. указания к выполнению работ по вариационной статистике. Архангельск: РИО АЛТИ, 1980. 36 с.
2. Дербина М.А. Применение биогумуса при выращивании посадочного материала с открытой корневой системой // Лесн. журн. 2013. № 3. С. 51–58. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Игонин А.М. Дождевые черви. Как повысить плодородие почвы в десятки раз, используя дождевого червя «Старателя». М.: Нар. образ., НИИ школьных технологий, 2006. 192 с.
4. Мочалов Б.А., Сеньков А.О. Рост сеянцев сосны с закрытыми и открытыми корнями в культурах таежной зоны // Лесн. журн. 2007. № 4. С. 145–146. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 24.01.12

On the Use of Vermicompost in Forestry

V.V. Petrik¹, Doctor of Agriculture, Professor

M.A. Derbina¹, Postgraduate Student

A.V. Gryazkin², Doctor of Biology, Professor

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia

E-mail: m.derbina@narfu.ru

²St. Petersburg State Forest Technical University, Institutskiy per., 5, St. Petersburg, 194021, Russia

E-mail: lesovod@bk.ru

In the north, seeds are mainly grown in greenhouses with polyethylene coating. The growth of seedlings mostly depends on the microclimate, substrate, and the availability of mineral nutrition and moisture. Intensified silvicultural production and greater volumes of planted crops call forth increased production of planting stock. In addition to mineral fertilizers, vermicompost is one of the promising fertilizers in planting stock cultivation. It contains a balanced complex of necessary nutrients and trace elements, enzymes, soil microorganisms, humic compounds and vitamins. The study aimed to develop a science-based technology of growing pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.) in greenhouses using dry vermicompost. In the experiments, the seedlings were grown bare-root in nursery conditions in the substrate with addition of various doses of dry vermicompost without mineral fertilizers. The results have shown that seedlings grown with addition of vermicompost are just as high as those grown on the traditional mineral nutrition. In greenhouses with polyethylene coating, dry vermicompost proved to be efficient and have a positive effect on the germination of seeds and growth of seedlings. For pine cultivation we recommend applying 1.5 kg/m² (15 t/ha in total) of dry vermicompost broadcast over the bed surface.

Keywords: vermicompost, planting stock, Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), nursery, area under glass.

REFERENCES

1. Gusev I.I. *Statisticheskie pokazateli raspredeleniya: Metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu rabot po variatsionnoy statistike* [Statistical Indicators of Distribution: Guidelines for Works at Variation Statistics]. Arkhangelsk, 1980. 36 p.
2. Derbina M.A. *Primenenie biogumusa pri vyrashchivaniy posadochnogo materiala s otkrytoy kornevoy sistemoy* [Use of Vermicompost for Growing Stock in a Greenhouse]. *Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 3, pp. 51–58.
3. Igonin A.M. *Dozhdevye chervi. Kak povysit' plodorodie pochvy v desyatki raz, ispol'zuya dozhdevogo chervya "Staratelya"* [How to Improve Soil Fertility by Many Factors of Ten Using the Earthworm "Staratel"]. Moscow, 2006, 192 p.
4. Mochalov B.A., Sen'kov, A.O. *Rost seyantsev sosny s zakrytymi i otkrytymi kornyami v kul'turakh taizhnoy zony* [Growth of Bare-Root and Containerized Pine Seedlings in Cultures of Taiga Zone]. *Lesnoy zhurnal*, 2007, no. 4, pp. 145–146.

УДК 624.074

ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

© *В.В. Стоянов, д-р техн. наук, проф.*

Одесская государственная академия строительства и архитектуры (ОГАСА), ул. Дидриксона, 4,
Одесса, Украина, 65029
E-mail: mdipk@yandex.ru

В условиях Европейского Севера возможно использовать любые конструктивные решения из древесины, предусматривающие сборность, индустриальность конструкций как из отдельных стержней, так и из блоков, панелей или модулей:

стержневые элементы индустриального производства из древесины цельного сечения, клеодошатога или комбинированного типа, усиленные за счет послойного армирования из высокомодульных холстов;

сборные пространственные конструкции из составных фрагментов в виде простых и надежных панелей, блоков или модулей заводского изготовления, позволяющие создавать сложные архитектурные объемы.

В работе рассмотрены некоторые из отмеченных выше конструкций, разрабатываемых на кафедре металлических, деревянных и пластмассовых конструкций ОГАСА, в которых использованы новые конструктивные решения:

1) эффективное послойное армирование из высокомодульных материалов в клеодошатых конструкциях, исключающее трещины между слоями;

2) сборные оболочные покрытия гиперболического типа стандартных размеров из цельной древесины, позволяющие получать составные перекрытия данной 12...15 м; при использовании клеодошатых элементов пролет может быть значительно увеличен;

3) кружально-сетчатые своды с сборно-разборными косяками, используемыми для реконструкции покрытий зданий, спортивных и общественных объектов.

Ключевые слова: послойное армирование, сборные, гиперболические покрытия.

В условиях Европейского Севера возможны любые конструктивные решения из древесины, предусматривающие использование индустриальных конструкций, их сборность как из отдельных элементов так и из блоков:

стержневые элементы цельного сечения или клеодошатога и комбинированного типов могут быть усилены путем послойного армирования в индустриальном производстве;

составные фрагменты сборных пространственных конструкций должны быть изготовлены из простых и надежных панелей разных типов для созда-

ния сложных архитектурных объемов (например, покрытие типа сборного гиперболического параболоида).

Модульные конструкции весьма перспективны, когда составные модули транспортируются в виде панельных элементов, соединения составных конструкций должны изготавливаться с использованием преимущественно контактных или механических связей.

Остановимся на некоторых из перечисленных выше конструктивов, разрабатываемых на кафедре металлических, деревянных и пластмассовых конструкций ОГАСА.

1. Послойное армирование [6] является эффективным как для элементов цельного сечения, так и для клеешатых или с комбинированным сечением. Расположение высокомодульных материалов (например, сетка из нержавеющей стали толщиной около 1 мм) в местах наибольших напряжений (рис. 1) позволяет значительно увеличить прочность и жесткость конструкции и вполне вписывается в индустрию производства клеешатых конструкций.

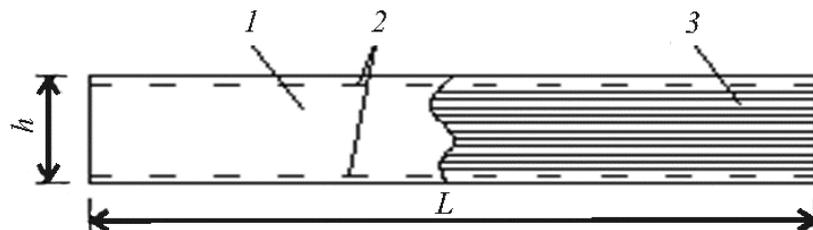


Рис. 1. Деревянная балка: 1 – цельное сечение; 2 – высокомодульная сетка толщиной около 1 мм; 3 – клеешатое

Основную роль в увеличении моментов инерции и сопротивления играют краевые зоны в балке. Это открывает возможность уже при проектировании конструкции существенно изменять форму сечения и переходить из полнотелого к двутавровому или коробчатому исполнению, что существенно снижает расход древесины. Следует учесть, что для большепролетных конструкций высота клеешатого полнотелого сечения составляет обычно 1000...1500 мм.

Возможность устанавливать в клеевых швах высокомодульные холсты или сетки в выявленных расчетом местах позволяет исключить распространение нормальных или наклонных трещин за пределы одной доски. Трещина вблизи клееного шва с высокомодульной сеткой задерживается или развивается в продольном направлении.

2. Сборные оболочечные покрытия типа гиперболического параболоида [1–5] привлекательны тем, что, используя стандартные размеры цельной древесины, можно получить составные оболочки покрытия длиной 12...15 м (рис. 2, 3).

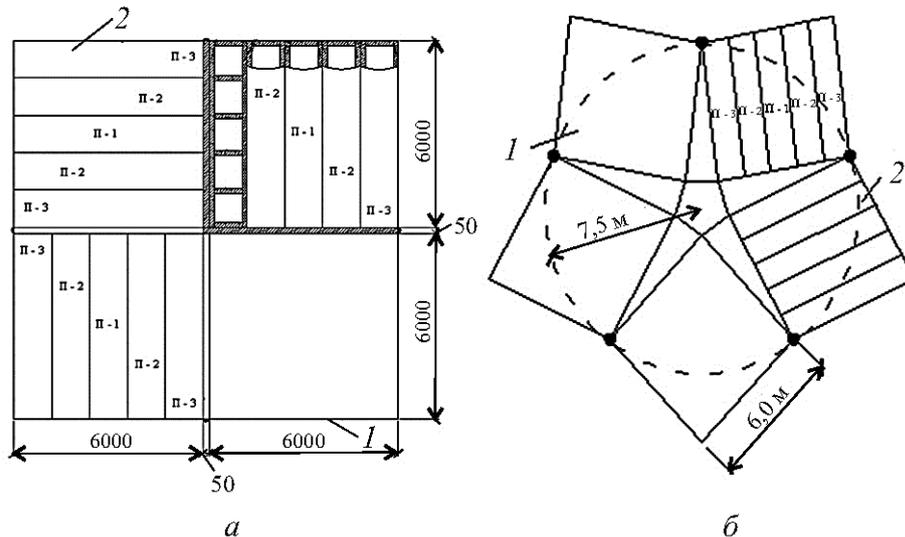


Рис. 2. Составные оболочечные покрытия из оболочек размером 6,0×6,0 м: *a* – 4-лепестковая, пролет 12 м; *б* – 5-лепестковая, пролет 15 м; 1 – стандартный лепесток 6×6 м; 2 – панели покрытия трех типов

Оболочки этого типа достаточно проработаны на кафедре ОСАГА, на основе теоретических разработок построены реальные конструкции покрытия (рис. 3).



Рис. 3. Сборное составное гиперболическое покрытие рынка (размер 36×24 м)

Стандартные лепестки собирают из трех типов панелей. Каркас панели выполняется из досок, само покрытие выбирается проектировщиком – металлическое, пластиковое, фанерное, OSB и др.

В последних решениях в соединительные элементы внесены значительные изменения, улучшающие технологические приемы изготовления деталей.

Сборные гиперболические деревянные покрытия из цельной древесины в условиях Европейского Севера несомненно являются прекрасной конструкторской находкой и хорошим архитектурным инструментом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные пространственные конструкции. Оболочки в виде гиперболического параболоида: справ. М.: Высш. шк., 1991. 540 с.
2. *Стоянов В.В.* Клефанерная оболочка типа гиперболического параболоида // Общие вопросы строительства. Отечественный опыт. М.: Изд-во ЦНИИСК, 1974. Вып. 10.
3. *Стоянов В.В.* Сборные клефанерные гиперболические оболочки. К.: Штице, 1981. 78 с.
4. *Стоянов В.В.* Конструирование сборных гиперболических покрытий. Одесса, ОГАСА, 2000. 164 с.
5. *Стоянов В.В.* Термовлажностные воздействия в пространственных покрытиях. Одесса: ВРС, 2004. 87 с.
6. *Стоянов В.В., Стоянов В.О., Горгола О.М., Дорожкин В.В.* Деревянная балка: пат. 87286 UA. / Оpub. 10.07.2007, Бюл. № 13.

Поступила 19.03.13

Timber Constructions in the European North

V.V. Stoyanov, Doctor of Engineering, Professor

Odessa State Academy of Construction Engineering and Architecture, Didrikhsona, 4, Odessa, 65029, Ukraine

E-mail: stoyanovmail@bk.ru

It's possible to use any designs of the timber, providing prefabricability of industrial constructions, both from the individual rods and from the blocks, panels or modules, in the European North.

The core elements of industrial production are of the solid section wood, of glue-board or combined type, intensified by the layerwise reinforcement from high-modular scrims.

Prefabricated elements of the spatial constructions of the constituent fragments in the form of simple and firm panels, blocks or prefabricated modules admit to create complicated cubages.

It is researched mentioned constructs, workable at the Department of Metal, Wood and Plastic Constructions of Odessa State Academy of Construction Engineering and Architecture – these are layerwise reinforcement, prefabricated hyperbolic cases and lamella roofs with new designs:

1) layerwise reinforcement of high-modular materials is effective in glueboard designs, excluded ruptures between the layers.

2) fabricated shells of hyperbolic type with standard dimensions of solid wood, composite floor 12-15 m can be received, and using glueboard elements, bay can be significantly increased.

3) lamella roofs with collapsible fellies, used for reconstruction buildings covering, sports and social projects.

Keywords: layerwise reinforcement, prefabricated elements, hyperbolic cover.

REFERENCES

1. *Spravochnik. Sovremennye prostranstvennye konstruksii. Obolochki v vide giperbolicheskogo paraboloida.* [Modern Space Frames. Shells in the form of a hyperbolic paraboloid. Guide.]. Moscow, 1991. pp. 441 – 443.

2. Stoyanov V.V. *Kleefanernaya obolochka tipa giperbolicheskogo paraboloida. Kn. 10: Obshchie voprosy stroitel'stva otechestvennyy opyt* [Glueboard Shell in the Form of Hyperbolic Paraboloid. Vol.10: General Construction of Domestic Experience]. Moscow, 1974, vol. 10.

3. Stoyanov V.V. *Sbornye kleefanernye giperbolicheskie obolochki* [Prefabricated Glueboard Hyperbolic Cases]. Kishinev, 1981. 78 p.

4. Stoyanov V.V. *Konstruirovaniye sbornykh giperbolicheskikh pokrytiy* [Construction of Prefabricated Hyperbolic Surfaces]. Odessa, 2000. 164 p.

5. Stoyanov V.V. *Termovlazhnostnye vozdeystviya v prostranstvennykh pokrytiyakh* [Vapor Exposure to Spatial Surfaces]. Odessa, 2004. 87 p.

6. Stoyanov V.V., Stoyanov V.O., Gorgola O.M., Dorozhkin V.V. *Derevyannaya balka* [Wooden Beam] Patent for an invention UA, no 87286.

УДК 656.025

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АВТОПАРКА ПРЕДПРИЯТИЙ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© *Р.Н. Ковалев, д-р техн. наук, проф.*

С.Н. Боярский, ст. преп.

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт, 37, г. Екатеринбург, Свердловская область, Россия, 620100
E-mail:

На основе результатов паспортизации 92 автотранспортных предприятий Свердловской области, использующих в своей деятельности 925 автобусов различного класса, составлена база данных и проведен анализ состояния автопарка. Предложены конкретные рекомендации по улучшению состояния автопарка предприятий-перевозчиков.

Анализ состояния автопарка проведен на основе показателей, определенной действующей нормативной литературой. Кроме обобщенной оценки по всей совокупности автобусов, проанализировано состояние по каждому из классов автобусов. Получены значения следующих показателей: процент превышения наилучшего срока использования; процент превышения максимальной нормы пробега до капитального ремонта (по агрегатам); расчетный износ.

В ходе исследования установлено: средний возраст автобусов – 10,75 года (почти четверть автобусного парка, т. е. 24,2 % автобусов имеют возраст старше 15 лет); процент превышения срока наилучшего использования – 49,9 %; процент превышения максимальной нормы пробега – 55,0...68,0 %; только 16,0 % автобусов имеют технический износ до 80,0 %.

Эти данные свидетельствуют о высокой степени износа автобусного парка Свердловской области и необходимости его замены.

Ключевые слова: состояние парка автобусов, показатели износа автобусов, показатели потребности в капитальном ремонте.

Для реализации потребности населения в качественных, удобных и безопасных пассажирских перевозках необходимо надежное функционирование всех подсистем автотранспортного предприятия (АТП), но важнейшим является состояние транспортных средств, предназначенных для перевозки пассажиров.

Сотрудниками Союза автотранспортных предпринимателей Свердловской области и кафедры экономики транспорта и логистики УГЛТУ проведена паспортизация автотранспортных предприятий Свердловской области, составлена база данных и проанализировано состояние автобусного парка. Паспортизацией охвачено 92 АТП Свердловской области, которые используют в своей деятельности 925 автобусов различного класса.

На основе полученных данных было исследовано возрастное распределение; распределение по пробегу; классовая структура парка; распределение по маркам подвижного состава.

В ходе исследований была использована следующая нормативная литература:

Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава (далее Положение);

Методическое руководство по определению стоимости автотранспортных средств с учетом естественного износа и технического состояния на момент предъявления РД 37.009.015-98 (с изменением №1) (далее Методическое руководство);

Налоговый кодекс РФ;

Общесоюзные нормы технического проектирования предприятий автомобильного транспорта ОНТП 01 91(далее Нормы);

Налоговый кодекс РФ рекомендует следующие сроки наилучшего использования автобусов:

особо малых и малых длиной до 7,5 м включительно – свыше 5 лет и до 7 лет включительно;

средних и больших длиной до 12,0 м включительно – свыше 7 лет и до 10 лет включительно;

особо больших длиной более 16,5 и до 24,0 м включительно – свыше 10 лет и до 15 лет включительно.

Поэтому при построении возрастного распределения автобусного парка в качестве критических характеристик были выбраны максимальные сроки наилучшего использования по группам, т. е. 7, 10 и 15 лет. Возрастное распределение представлено на рис. 1.

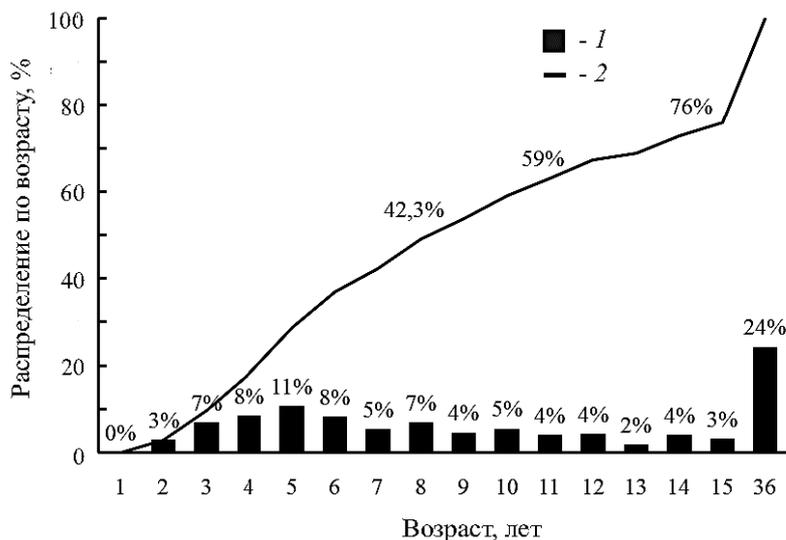
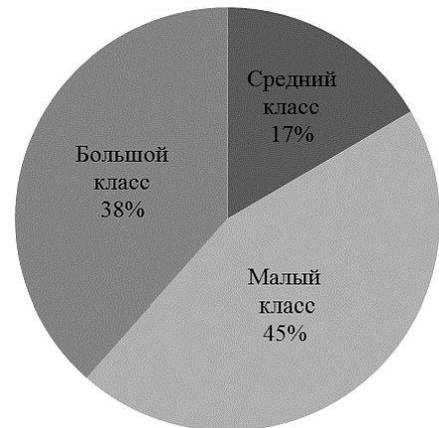


Рис. 1. Распределение автобусов по возрасту: 1 – в процентах, 2 – в интегральных процентах

Возрастное распределение парка автобусов показало, что 42 % из них имеют возраст до 7 лет, 59 – до 10 лет, 76 – до 15 лет. Средний возраст составляет 10,75 года, т. е. средний возраст больше срока наилучшего использования для средних и больших автобусов. Особо необходимо отметить, что автобусы старше 15 лет составляют 24,2 %, или почти четверть парка.

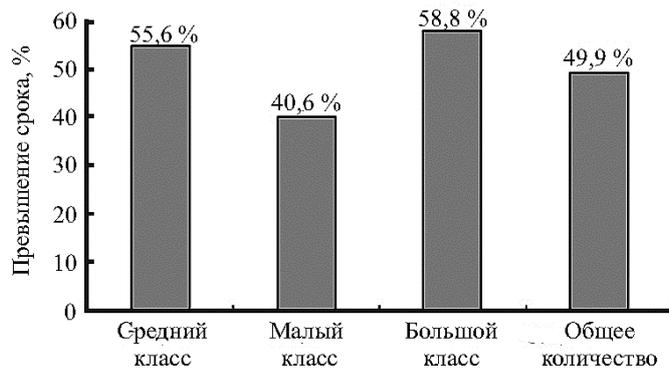
В результате анализа структуры автобусного парка установлено, что основную его часть составляют автобусы малого класса – 45 % (рис. 2).

Рис. 2. Распределение автобусов по классам



При более детальном исследовании с учетом превышения срока наилучшего использования по каждому классу получены следующие диаграммы (рис. 3).

Рис. 3. Процент превышения срока наилучшего использования



Наименьшее превышение срока наилучшего использования наблюдается у автобусов малого класса, что свидетельствует о их более частой обновляемости и связано, вероятно, с более низкой их стоимостью.

Кроме того, установлено, что 49,9 % парка АТП Свердловской области превышает сроки наилучшего использования.

Положение устанавливает скорректированную норму пробега до капитального ремонта агрегатов подвижного состава:

$$L_{кр} = L_n K_1 K_2 K_3, \quad (1)$$

где $L_{кр}$ – скорректированная норма пробега до капитального ремонта;

L_n – норма пробега до капитального ремонта;

K_1 – коэффициент корректировки нормативов в зависимости от условий эксплуатации;

K_2 – коэффициент корректировки нормативов в зависимости от модификации подвижного состава и организации его работы;

K_3 – коэффициент корректировки нормативов в зависимости от природно-климатических условий.

Непосредственно сам автобус направляется на капитальный ремонт при необходимости капитального ремонта кузова.

При использовании данного показателя нужно учитывать, что Положение не оценивает нормы пробега до ремонта импортного подвижного состава. Для его определения необходимо подбирать автобусы-аналоги, что при имеющихся исходных данных крайне затруднительно. Поэтому норму пробега подбирали, исходя из максимально возможной по данному классу. Для оценки состояния всего автопарка автобусов удобнее использовать максимальную норму пробега до капитального ремонта.

В свою очередь, Нормы дают несколько более высокое значение норм пробега до капитального ремонта по каждому классу и, следовательно, при дальнейшем рассмотрении, будем учитывать и этот вариант.

Полученное распределение автобусов по пробегу приведено на рис 4.

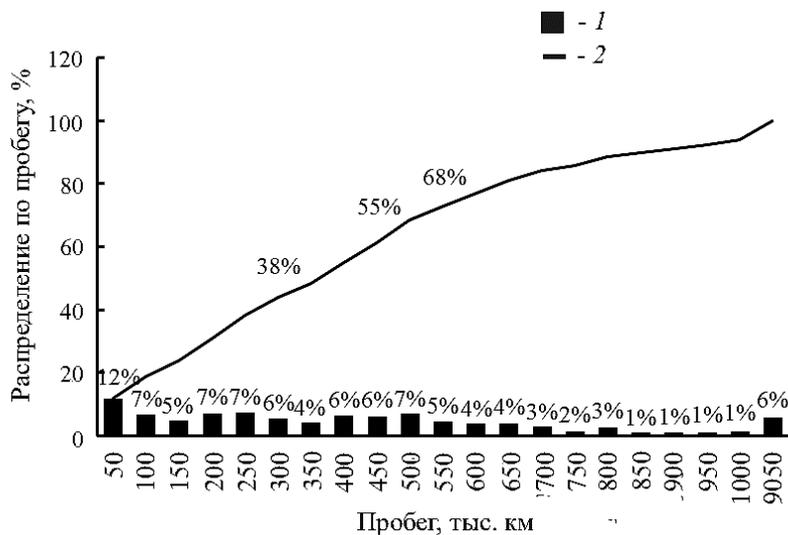


Рис. 4. Распределение автобусов по пробегу (см. обозначения на рис. 1)

Учитывая сказанное выше, назначаем следующие максимальные нормы пробега до капитального ремонта:

250 тыс. км – двигатель, коробка передач, ось передняя, рулевой механизм;

400 тыс. км – кузов, мост;

500 тыс. км – согласно Нормам.

Анализ показал, что общий пробег до 250 тыс. км имеют 38 %, 400 тыс. км – 55 %, 500 тыс. км – 68 % автобусов.

Средний общий пробег составляет 437 686 км, что больше максимальной нормы пробега до капитального ремонта кузова, мостов.

Проведенное более детальное исследование по классам с применением скорректированной нормы пробега до капитального ремонта (рис. 5) показало, что скорректированную норму пробега до капитального ремонта автомобиля, кузова превышают 68 %, двигателя, коробки передач, оси передней и рулевого механизма – по 77 %, моста заднего – 72 %.

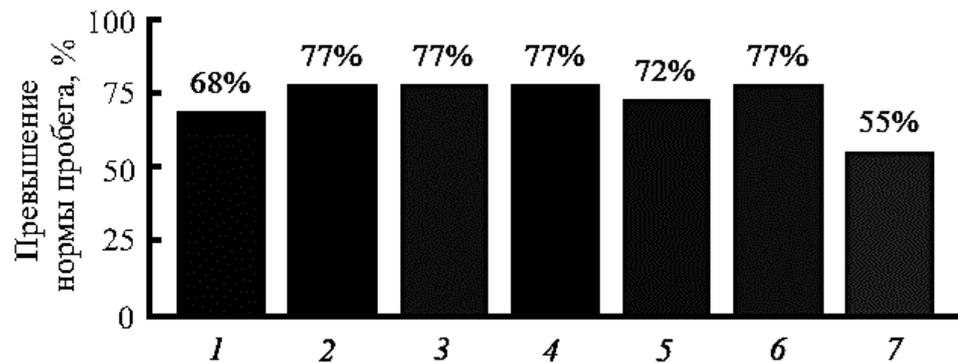


Рис. 5. Превышение скорректированной нормы пробега до капитального ремонта: 1 – автомобиль, 2 – двигатель, 3 – коробка передач, 4 – ось передняя, 5 – мост задний (средний), 6 – рулевой механизм, 7 – по Нормам

Согласно Нормам, скорректированная норма пробега до капитального ремонта превышена у 55 % автобусов.

С учетом предложений Методического руководства в качестве интегрального показателя оценки состояния транспортного средства выбран расчетный износ ($I_{тр}$), который учитывает как возраст транспортного средства, так и интенсивность его использования:

$$I_{тр} = I_1 П_{\phi} + I_2 Д_{\phi}, \quad (2)$$

где I_1 – показатель износа автотранспортного средства по пробегу, %/тыс. км пробега;

P_{ϕ} – пробег фактический на день осмотра с начала эксплуатации или после капитального ремонта, тыс. км (с точностью до одного знака после запятой);

I_2 – показатель старения по сроку службы в зависимости от интенсивности эксплуатации, %/год;

D_{ϕ} – фактический срок службы с начала эксплуатации или после капитального ремонта, лет.

При определении расчетного износа есть те же самые сложности, что и при определении скорректированной нормы пробега до капитального ремонта – подбор автомобилей-аналогов для иностранных марок. Для оценки технического износа был выбран минимальный показатель из возможных по классу, результаты оценки отображены на рис. 6.

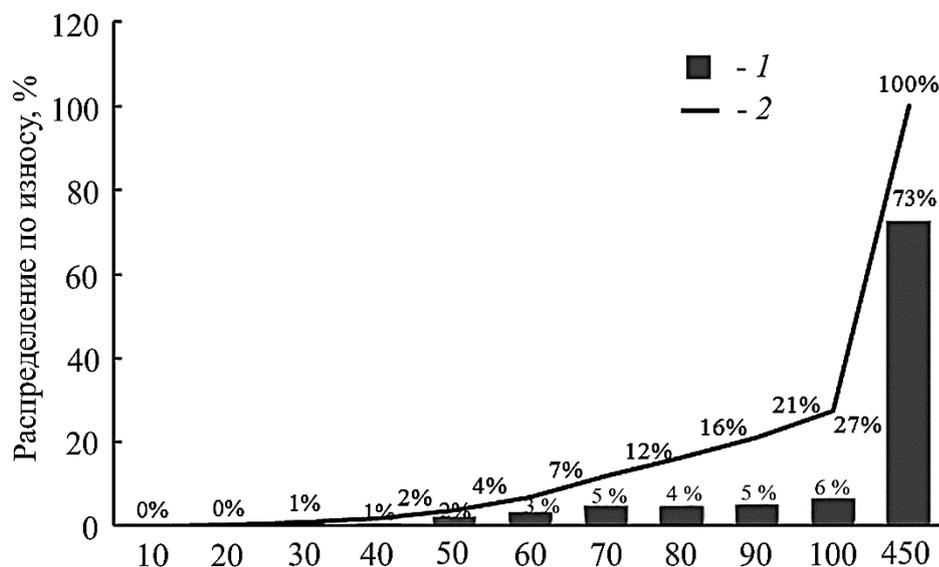


Рис. 6. Распределение автобусов по техническому износу (см. обозначения на рис. 1)

В ходе анализа установлено, что только 16 % автобусов имеют технический износ до 80 %, 73 % автобусов – больше 100 %.

На следующем этапе было изучено распределение транспортных средств по маркам и выявлены наиболее популярные из них (рис. 7).

Установлено, что наиболее популярными являются марки автобусов малого класса, преимущественно отечественного производителя.

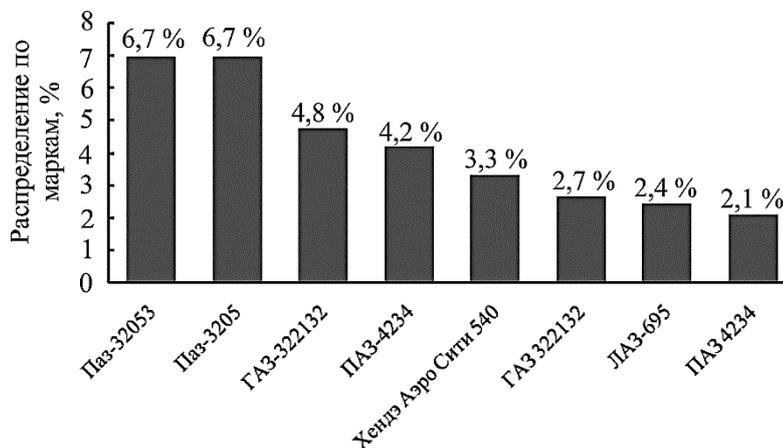


Рис. 7. Распределение автобусов по маркам (частичное)

Таким образом, полученные в ходе исследований результаты свидетельствуют о необходимости разработки государственных программ систематического обновления парка подвижного состава автобусных перевозчиков, поскольку перевозка пассажиров на такой изношенной технике по требованиям безопасности не допустима; развития ремонтно-технической базы перевозчиков; разработки программ предупреждающих технического осмотра и ремонта; создания условий кооперации пассажироперевозчиков с производителями автобусов.

Поступила 11.01.13

Analysis of the Bus Fleet State at Enterprises in the Sverdlovsk Region

R.N. Kovalev, Doctor of Engineering, Professor

S.N. Boyarskiy, Senior Lecturer

The Ural State Forest Technical University, Siberian highway, 37, Yekaterinburg, 620100, Russia
E-mail: rkv@usfeu.ru

Based on the certification of 92 trucking companies in the Sverdlovsk region, using the 925 buses of various classes in owns activity, database was created and state of the bus fleet was analyzed. Specific recommendations for improvement the bus fleet state of the carriers were offered.

The bus fleet state analysis was based on indicators, defined the current regulatory literature. Thus, in addition to generalized evaluation of the totality of buses, condition of the each buses classes was analyzed. The following parameters have been set: percentage

of exceeding of the best period of use, percentage of exceeding of the maximum distance before overhaul (by units), the estimated depreciation.

The study has found that the average age of buses is 10.75 years, and nearly a quarter of the bus fleet, i.e. 24.2% is older than 15 years; the percentage of excess of the period of best use is 49.94; the percentage of exceeding of the maximum distance is 55.0...68.0 %; only 16 % of buses have a technical deterioration up to 80 %.

All of this suggests a high degree of the rolling stock deterioration and the need to replace it.

Keywords: state of the bus fleet, rates of bus deterioration, indicators of the need of rebuilding.



КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3:630*81

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ
В ШВЕЙЦАРСКОЙ ВЫСШЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ШКОЛЕ ЦЮРИХА (ETHZ)**

© *Б. Н. Уголев¹, д-р техн. наук, проф.*

Г.А. Горбачева¹, канд. техн. наук, доц.

П. Нимц², проф., член Правления IAWS

¹ Московский государственный университет леса, ул. 1-я Институтская, 1,
г. Мытищи-5, Московская обл., Россия, 141005

E-mail: ugolev@mgul.ac.ru

² Швейцарская высшая техническая школа ЦЮРИХА(ETHZ), Ремиштрассе, 101,
г. Цюрих, Швейцария, 8092

Дальнейшее развитие древесиноведения в современных условиях невозможно без координации исследований, сотрудничества ученых, обмена научной информацией. Указанным целям отвечает деятельность Регионального координационного совета по современным проблемам древесиноведения (РКСД), функционирующего в МГУЛ под эгидой Международной академии наук о древесине (IAWS).

Наиболее эффективно работают коллективы, объединяющие усилия разных специалистов в том числе из зарубежных стран. Это позволяет использовать дорогостоящее уникальное научное оборудование и накопленный опыт для решения поставленных задач. Полезный обмен научной информацией, рождение новых идей и направлений исследований происходят при посещении учебных и исследовательских центров. Недавно состоялся визит в МГУЛ члена РКСД проф. П. Нимца. Незадолго до этого ученый секретарь РКСД доц. Г.А. Горбачева и асп. С.Ю. Белковский после конференции в Словакии посетили Швейцарскую высшую техническую школу Цюриха (ETHZ).

Член Правления IAWS проф. П. Нимц возглавляет отдел физики древесины Института строительных материалов ЕНТЗ – одного из старейших учебных и научных центров Европы. Институт ведет подготовку бакалавров, магистров и докторов философии по 16 специальностям.

В марте 2013 г. проф. П. Нимц был принят ректором МГУЛ и зав. кафедрой древесиноведения акад. IAWS проф. В.Г. Санаевым.

Проф. П. Нимц прочитал в МГУЛ цикл лекций. В *первой лекции* он рассказал о структуре института и основных научных направлениях руководимого им подразделения. В институте 5 отделов (исследовательских рабочих групп): физика и химия бетона, физика древесины, древесные материалы, вычислительная физика инженерных материалов, коррозия и долговечность.



Проф. П. Нимц во время визита в МГУЛ, 2013
(слева направо: проф. П. Нимц, уч. секретарь РКСД
Г.А. Горбачева, проректор МГУЛ В.В. Никитин, президент
МГУЛ А.Н. Обливин, председатель РКСД Б.Н. Уголев,
проректор МГУЛ В.И. Запруднов)

Области исследований отдела физики древесины: зависимости между строением и свойствами древесины и древесных материалов; компьютерное моделирование; неразрушающие испытания; соединения массивной древесины; тепло- и массообмен в древесине. Отдел располагает коллекцией пороков древесины; помещениями с регулируемой температурой и влажностью воздуха; климатическими камерами, машинами для механических испытаний с климатическими приставками, системой изображения корреляций, установками для измерения теплопроводности, шероховатости, ползучести, деформаций и давления разбухания древесины. Для проведения неразрушающих испытаний имеется ряд ультразвуковых приборов, установки для измерения собственной частоты колебаний, акустической эмиссии и т. д.

Исследования малых объектов из древесины осуществляются на установке для микромеханических испытаний; устройстве, использующем синхротронное излучение; электронном сканирующем микроскопе. Натурные испытания деревянных конструкций проводят в отдельном ангаре, атмосферостойкость – на полигоне. Отдел физики древесины сотрудничает с Институтом Пауля Шеррера в Виллегене (Швейцария), где находятся источники нейтронного и синхротронного излучения, Фраунгоферским институтом неразрушающих испытаний в Саарбрюкене (Германия) и другими научно-исследовательскими центрами.

Современное научное оборудование и кооперация позволяют проводить разнообразные исследования в области фундаментального и прикладного древесиноведения. Были приведены примеры тематики исследовательских про-

ектов, выполненных в последнее время для получения ученой степени доктора философии.

По проблеме связей между структурой и свойствами древесины:
экспериментальная иерархическая характеристика древесины под влажностной и силовой нагрузкой (синергетический эффект);

ортотропность свойств древесины бука;

свойства старинной древесины из памятников культуры.

По связующим веществам:

зависимости между структурой и свойствами полиуретановых связующих для «инженерной древесины»;

проникновение адгезивов в древесину, фазовые изменения и разрушение клеевых слоев;

механика поведения клеевых соединений под воздействием окружающей среды;

расслоение клееной древесины лиственных пород.

По неразрушающим испытаниям:

разработка и экспериментальное применение оборудования для механических испытаний в режиме «in situ» при синхротронном томографировании миниатюризированных образцов древесины;

акустическая эмиссия и видео изображения корреляций для фанеры.

Во второй лекции проф. П. Нимц представил обзор неразрушающих методов испытаний (НМИ) древесины и древесных изделий. Акцент был сделан на методы контроля состояния древесины при ее старении в изделиях, конструкциях, памятниках культуры. Для этой цели используют современные сенсорные системы. Наиболее широко НМИ применяются для контроля качества продукции в промышленности: на заводах древесностружечных и древесноволокнистых плит, фанеры, лесопильных заводах, при сортировке лесоматериалов.

Проблемы эффективного контроля качества древесины в процессе эксплуатации изделий и конструкций осложняются рядом обстоятельств. Неизвестно начальное качество древесины из-за высокой изменчивости основных его показателей (плотности, модуля упругости и предела прочности при изгибе). Происходит изменение цвета вследствие естественного старения. Наблюдаются колебания равновесной влажности. Влияют неоднородности микро-, субмикро- и наноструктуры (углов наклона волокон и микрофибрилл), недостаточно изучен сам механизм старения при длительной (200 лет и более) выдержке. Эти проблемы решаются при использовании неразрушающих методов контроля. При разработке НМИ используются различные особенности древесины.

По показателям механических свойств можно осуществлять классификацию лесоматериалов. Например, силовую сортировку пиломатериалов проводят, определяя модуль упругости. В основе методов сопротивления сверлению и проникновению лежат также механические свойства (твердость и др.).

По электрическому сопротивлению определяют влажность и грибные поражения древесины, по диэлектрическим свойствам – влажность, вызван-

ные сучками завитки, по пьезоэлектрическим свойствам – акустическую эмиссию.

Способность распространять звуковые волны позволяет по скорости звука и поглощению проводить сортировку пиломатериалов, определять пороки древесины (грибные поражения и трещины): по затуханию – трещины, по собственной частоте – модули упругости и сдвига.

Тепловые свойства используют, применяя термографию для определения сучков, расслоений, дефектов покрытий, распространяющихся на глубину до 5 мм.

Воздействие электромагнитных излучений (в том числе и лазерного) позволяет по отражению света определять качество поверхности древесины, наличие пороков; путем колориметрии характеризовать цвет, сучковатость и старение древесины, применяя ближнюю инфракрасную спектроскопию устанавливать влажность и содержание связующего; используя нейтронное излучение исследовать строение и распределение влажности древесины; методом ядерно-магнитного резонанса обнаруживать особенности распределения влажности; с помощью рентгеновских радаров определять плотность и распределение плотности древесины, малых углов наклона микрофибрилл.

Иногда целесообразно применение комплекса НМИ.

Для измерения влажности древесины на глубине до нескольких сантиметров используют электровлагомеры. Влажность поверхностных зон древесины толщиной 0,1...0,2 мм измеряют путем БИК-спектроскопии.

Метод кернов – цилиндрических образцов, высверливаемых полым возрастным буровым из ствола дерева, используется для определения наличия гнили, плотности древесины, проведения изгибных и других механических испытаний. Были приведены примеры применения механических видов НМИ для оценки качества древесины растущих деревьев, состояния кровельных и других строительных конструкций.

Большое внимание было уделено звуковым методам, основанным на измерении собственной частоты, для определения упругих констант древесины как ортотропного материала: модулей упругости и сдвига, коэффициентов Пуассона. Учет их при ультразвуковых испытаниях существенно увеличивает значения модулей упругости по сравнению с показателями, определенными при статических испытаниях. Изложен принцип определения пороков древесины звуковыми методами. Приведены зависимости трудно определяемого порока древесины при продольном сжатии от модуля упругости вдоль волокон. По снижению скорости звука контролируют процесс развития гнили, пульсирующим эхо-методом – трещины в клееной древесине. Проводят объемную ультразвуковую томографию стволов растущих деревьев. Толщину покрытий на древесине определяют ультразвуковым, электрическим и оптическими методами. Акустическую эмиссию используют для контроля за сушилными трещинами, повреждениями от насекомых и др.

Приведены примеры использования методов, основанных на воздействии излучений. Современные колориметрические методы применяли для

исследования изменений цвета древесины разных пород под действием солнечного света. С помощью видеокамеры измеряли деформации при механических испытаниях древесины методом изображения взаимных корреляций. Показано распределение деформаций в плитах МДФ при разных уровнях нагрузки. Получены графики изменения сушильных деформаций по годичным слоям в радиальном, тангенциальном и смешанном направлениях. Показано наличие тесной прямой связи между модулем упругости, предсказанным по данным БИК-спектроскопии, и действительным модулем упругости. Рассмотрены возможности применения рентгеновских лучей с разрешающей способностью 10 мкм, рентгеновской микротомографии (разрешение 2...5 мкм) и синхротронного излучения (разрешение 1 мкм) для определения плотности и ее распределения, сучков, гнилей, анализа структуры древесины, деформаций в клеточной стенке под нагрузкой. Применение излучений для НМИ основано на ослаблении интенсивности прошедшего через объект излучения.

Показаны возможности использования устройства Silvascan для измерения по дифракции и поглощению рентгеновских лучей, угла наклона микрофибрилл, плотности, толщины клеточных стенок, модуля упругости и размеров трахеид. Приведен пример распределения этих показателей по радиусу ствола ели и тиса. Показано изображение строения плиты ОСБ, полученное с помощью рентгеновского томографа с разрешением 10 мкм. Компьютерную томографию используют для определения состояния строительных конструкций и древесины растущих деревьев.

Показана принципиальная схема применения нейтронного излучения. Приведены сравнительные данные о разных видах нейтронных излучений. Разрешающая способность нейтронного излучения – 50...60 мкм, синхротронного – 1 мкм. В качестве примеров рассмотрено использование нейтронного излучения для исследования динамики абсорбции воды древесиной бука и каштана; синхротронного излучения – изменения строения древесины при сжатии, проникновении связующего, проводящей ткани древесины бука, клеевых прослоек. Среди других неразрушающих методов показаны возможности использования термографии при определении расслоений, сучков и других пороков древесины, теплоизоляционной способности стен из различных древесных материалов.

Третья лекция была посвящена перспективному материалу из древесины – перекрестно-слоистым древесным плитам КЛТ (Cross Laminated Timber). Этот вид древесных материалов называют «инженерной древесиной» в связи с тем, что она имеет повышенную добавленную стоимость. Плиты КЛТ, как и фанера, состоят из нечетного (3–11) количества взаимно перпендикулярных слоев массивной древесины. Доски (ламели) соединяют с помощью клея, гвоздей, нагелей, крепов или шипов. Плиты КЛТ используют для изготовления сейсмоустойчивых деревянных конструкций, автодорожных мостов с максимальной нагрузкой до 40 т, кровельных конструкций, домов заводского изготовления, односемейных коттеджей, школьных зданий, многоэтажных домов, уникальных сооружений (например опор для ветряных двигателей вы-

сотой до 160 м). Доступность современного научного оборудования для отдела физики древесины позволила провести достаточно широкий набор испытаний свойств плит КЛТ. Было исследовано влияние масштабного фактора на показатели механических свойств и разработаны методы их расчета, показана зависимость прочности при изгибе от направления волокон, степень уменьшения прочности из-за прорезей, получены изотермы сорбции. Предел гигроскопичности у КЛТ оказался равен 24 % (вместо 32 % у ели). Установлены значения усушки и разбухания. С помощью нейтронного излучения определены профили распределения влажности по толщине плиты. Были проведены исследования влияния различных факторов на теплопроводность плит. Например, было показано, что способ соединения ламелей, вызывающий уменьшение плотности плиты, существенно снижает ее теплопроводность.

Исследованы напряжения, возникающие в наружных слоях при снижении влажности во время производства и эксплуатации, способы уменьшения сушильных напряжений. Проведено моделирование развития напряжений с учетом так называемого механо-сорбционного течения. Этот вид деформационных превращений правильней следует называть замороженной усушкой. Выполнены расчеты процессов диффузии. Методом конечных элементов рассчитаны коробление и ее изменение в процессе высыхания плиты. Проведены термографические исследования стен из плит КЛТ.

Проф. П. Нимц и ведущие сотрудники кафедры древесиноведения МГУЛ посетили Институт физики твердого тела РАН, где зав. лабораторией Н.В. Классен познакомил с работами института в области биоморфных нанокompозитов.

Лекции и беседы проф. П. Нимца показали широкие возможности современной науки и заинтересованность ученых в раскрытии тайн древесины – удивительного дара живой природы.

**Fundamental and Applied Research on Wood in Swiss Federal
Institute of Technology Zurich (ETHZ)**

B.N. Ugolev¹, Doctor of Engineering, Professor

G.A. Gorbacheva¹, Candidate of Engineering, Associate Professor

P. Nimts², Professor, Board Member IAWS

¹Moscow State Forest University, 1-ya Institutskaya, 1, Mytishchi-5, 141005,
Moscow Region, Russia

E-mail: ugolev@mgul.ac.ru

²Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Hauptgebäude Rämistrasse 101,
Zürich, 8092, Switzerland



НОВОСТИ НАУКИ

УДК 630*81

**О РАБОТЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО СЕМИНАРА-СОВЕЩАНИЯ
«ЭТАЛОННЫЕ И РАБОЧИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ
В ОБЛАСТИ ТЕПЛОФИЗИКИ»**

© *В.А. Захаренко, д-р техн. наук, проф.*

Омский государственный технический университет, пр. Мира, 11, г. Омск, Россия, 644050
E-mail: rtf@omgtu.ru

19-20 марта 2013 г. в ОАО НПП «Эталон» (г. Омск) в одиннадцатый раз состоялся традиционный семинар, целью которого является трансляция практических и научных достижений ОАО НПП «Эталон» в области разработок и применения контактных и бесконтактных средств измерения температуры и других теплофизических величин, метрологического обеспечения измерительных средств.

На протяжении всех этих лет семинар пользуется высокой популярностью и авторитетом, о чем свидетельствует неизменно большое количество участников (35...50 чел.) с географией от Дальнего Востока до Урала, Поволжья и Центральной России (Хабаровский ЦСМ, города Владивосток, Екатеринбург, Челябинск, Тюмень, Тольятти, Саратов, Ростов-на-Дону, Москва, С.-Петербург и др.). Представители Казахстана, Украины, Белоруссии – постоянные участники семинара. В последние годы в работе семинара участвуют on-line слушатели с российской и зарубежной Интернет-географией.

В работе семинара приняли участие 4 доктора и 5 кандидатов технических наук из вузов и СО РАН городов Омска, Екатеринбурга, Тюмени.

Фактически семинар является международной научно-практической конференцией, так как на нем выступают не только разработчики и изготовители от ОАО НПП «Эталон», представители промышленных предприятий и метрологических лабораторий, но и ведущие ученые России и ближнего зарубежья в области теплофизики и методов и средств измерения температуры, их метрологического обеспечения. Регулярно в работе семинара принимали участие такие ведущие ученые, как А.И. Походун, М.С. Матвеев, А.Ю. Соколов (ВНИИМ им. Д.И. Менделеева), А.В. Костановский (Институт высоких температур РАН), В.Я. Черепанов (СНИИМ), В.А. Медведев (РОСТЕСТ-Москва), сотрудники НИИ НПО «Луч» и др.

Бесспорно на протяжении всех лет семинар открывает генеральный директор ОАО НПП «Эталон» В.А. Никоненко – человек с активной жизненной позицией. В своем докладе задает деловую атмосферу семинара, обозначает ретроспективные достижения предприятия, их место в российской и мировой экономике, ставит задачи на будущее.

Спецификой семинара 2013 г. являлись проблемы температурного мониторинга протяженных объектов в условиях вечномерзлых грунтов. Большой интерес вызвали доклады разработчиков ОАО НПП «Эталон» Д.Ю. Кропачева («Многозонные датчики температуры для мониторинга протяженных объектов в условиях вечномерзлых грунтов»), А.Ю. Неделько («Автономный логгер температуры высокомерзлых грунтов»), В.А. Флорина («Геотехнический мониторинг в условиях Крайнего Севера»). По этой же тематике были сделаны доклады А.К. Юркова (НИИ геофизики им. Булашевича УрО РАН, Екатеринбург), В.О. Доманского (НИИ криогенных ресурсов Тюменского НЦ СО РАН, С.В. Якушкина (Тюменского ГНГУ).

Значительный интерес слушателей вызвал доклад инженера II категории ОАО НПП «Эталон» О.А. Демидович «ИК-термопреобразователь для измерения температуры расплавов металлов»).

Подробно были освещены особенности конструкций контактных и бесконтактных средств измерения температуры и их метрологического обеспечения, проведены экскурсии участников семинара на рабочие места разработчиков и в цеха ОАО НПП «Эталон».

Поступила 15.05.13

About the Training and Methodological Seminar “The Reference and Ordinary Measuring Instruments in Thermal Physics”

V.A. Zakharenko, Doctor of Engineering, Professor

Omsk State Technical University, Prospekt Mira, 11, Omsk, 644050, Russia

E-mail: rtf@omgtu.ru



КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 712.01.57018.2.

НОВАЯ КНИГА ПРОФЕССОРА Н.Н. ЧЕРНОВА

© *Н.А. Бабич, д-р с-х наук, проф.*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, 163002
E-mail: les@agtu.ru

В издательстве Уральского государственного лесотехнического университета в 2012 г. вышло научно-методическое издание «Биотектоника - методологическая основа изучения форм в живой природе» (Н.Н. Чернов, 137 с.) представляющее интерес как для ученых, так и практиков.

Автор преследует цель ввести читателей, в первую очередь, начинающих исследователей лесов (ботаников, дендрологов, биологов, др. специалистов-лесоводов) в мир закономерностей, основанных на фундаментальных свойствах и законах организации материи и жизни, и показать пути перевода исследований с господствующих в лесоведении эмпирических методов познания (наблюдение и эксперимент) на уровень объективно существующих фундаментальных закономерностей. Решение методологических и методических вопросов, связанных с переводом лесоведения на новый методологический уровень, позволит кардинально повысить их научную эффективность.

Основой научного процесса служит методология – совокупность закономерностей, присущих конкретной науке и служащих для решения ее задач.

Биотектоника как методология биологии (в том числе и лесоведения) базируется на основных положениях архитектоники, которые во-первых, были разработаны архитекторами и математиками применительно, к дизайну архитектурных сооружений, во-вторых – к их функциональности. К ним относятся соотношения и пропорции, в том числе ряды чисел Фибоначчи, золотое сечение, золотые динамические прямоугольники и взаимосвязанность форм.

Перед лесами как специфическими архитектурными и лесоводственными объектами, наряду с использованием симметрии, пропорций и визуального восприятия, составляющих основу искусства, стоят не менее важные задачи повышения продуктивности и улучшения состояния лесов, выполняющих разнообразные народно-хозяйственные, социальные и экологические функции. Разработка теоретических основ формирования лесов, ко-

торым, наряду с эстетикой, присущи многообразные лесоводственные функции, является, по мнению автора, сверхзадачей лесоводства будущего.

Применяемые в настоящее время методики лесоводственно-таксационных исследований широко используют приемы, разработанные в лесной таксации, служащей методическим и математическим обеспечением распространенных в лесоведении методов эмпирических исследований – наблюдения и эксперимента. Методологическая основа лесоводственных исследований до настоящего времени не определена, в связи с чем наблюдается большое разнообразие методических подходов эмпирического характера, применяемых для решения тех или иных задач лесоведения и лесоводства. Отсутствие методологии лесоведения ведет к неупорядоченности применяемых методик исследования и противоречивости получаемых результатов. Выявляемые при этом закономерности неизбежно носят эмпирический, фрагментарный и локальный характер.

На первом этапе первоочередной задачей применения основных положений биотектоники в лесном деле является обоснование возможностей их использования при разработке методических основ и методик исследования строения насаждений и древостоев, их изменений в процессе возрастной динамики в различных условиях произрастания. На втором этапе разработки практических мер по использованию полученных результатов исследований необходимо использовать также предложения, которые наиболее полно отвечают целевым установкам выращивания лесов и формирования лесных объектов. Конечная цель научного исследования – составление математической модели изучаемого объекта, явления.

В данной работе поставлена задача поиска путей составления математических моделей биологических объектов на примере строения и роста дерева и древостоя. Традиционный подход к изучению дерева с его сложной структурой, обладающего способностью к росту, не позволял до сих пор решить эту задачу. Нужен был иной взгляд на изучаемый объект – дерево, и явление его рост, принципиально отличающийся от традиционного взгляда. Таким, предлагаемым автором впервые, альтернативным подходом послужило изучение дерева как высоко организованной материи с использованием известных науке глобальных свойств и законов ее существования и организации.

При реализации такого подхода с привлечением отечественных и переводных литературных источников появилась возможность показать применение закона спирально-логарифмического кумулятивного роста в качестве математической модели роста дерева и математической модели роста древостоя как совокупности математических моделей роста деревьев, составляющих древостой. Оценка особенностей роста деревьев и древостоев в этом случае осуществляют аппроксимацией эмпирически полученных данных их математическими моделями, созданными на основе фундаментальных закономерностей.

В связи с использованием свойств и законов строения материи в организации жизни не только деревьев, но и других растений и животных, перед биологами и лесоведами стоит задача теоретического обоснования применения закономерностей биотектоники в исследовании строения и роста и других компонентов леса растительного и животного происхождения. Аспиранты и молодые ученые найдут много нового и интересного в данной книге.

New Book of Professor N.N. Chernov

N.A. Babich, Doctor of Agriculture, Professor

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002, Russia
E-mail: les@agtu.ru
