

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

2/338

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, Орно)
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)
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)
Энгельмани 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

Lesnoi Zhurnal

(Forest journal)

Scientific journal

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

2/338

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)

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)
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>К.П. Рукомойников.</i> Совершенствование технологического оборудования для пересадки подроста с закрытой корневой системой.....	9
<i>И.Ю. Харлов.</i> Целевое назначение лесов как основа лесного хозяйства.....	18
<i>В.П. Шелухо, В.И. Шошин, В.С. Клюев.</i> Динамика санитарного состояния ельников в период кульминации размножения типографа и эффективность лесозащитных мероприятий.....	30
<i>А.С. Новоселов, А.Л. Федяев, В.В. Петрик.</i> Влияние экологических условий на получение терпентина в осушаемых сосняках Вологодской области.....	40
<i>И.Т. Кищенко.</i> Сезонный рост деревьев <i>Picea abies</i> L. (Karst.) разного возраста в северной Карелии.....	46

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Я.В. Ватлина, Г.Я. Суров.</i> Результаты исследования сопротивления воды движению лесотранспортных единиц.....	52
<i>В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, В.А. Морковин.</i> Модель режимов движения транспортных потоков на лесовозных автомобильных дорогах.....	61

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>А.А. Фомин.</i> Обоснование параметров процесса механической обработки периферийного сегмента.....	68
<i>В.Ф. Дунаев, В.И. Мелехов, М.В. Захаров.</i> Закономерность изменения механических свойств древесины во времени при удержании реакции.....	75
<i>А.А. Лукаш, Е.С. Гришина.</i> Интенсификация процесса сушки оцилиндрованных бревен.....	86

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>В.И. Ковалев, В.А. Кожухов, Ю.Д. Алашкевич.</i> Исследование рисунков гарнитуры ножевых размалывающих машин с ударным эффектом.....	94
<i>А.А. Леонович, А.В. Шелоумов.</i> Получение огнезащищенных древесноволокнистых плит с использованием фосфорамид ФКМ.....	101
<i>О.А. Казанцев, А.П. Сивохин, Д.М. Каморин, В.П. Короткий.</i> Использование водорастворимых полимеров на основе амино(мет)акрилатов для повышения качества бумаги для гофрирования.....	109
<i>С.Н. Вихарев, С.А. Душина.</i> Модель волокнистой прослойки при размоле в мельницах.....	116
<i>Х.Ф. Чинь, Г.И. Царев, В.И. Роцин.</i> Модификация таллового масла лиственных пород.....	123

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

М.А. Хвесик, А.М. Шубальий. Организация системы интегрированного управления эффективностью лесного комплекса..... 130

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

А.А. Смирнов, А.П. Добрынин. Производительность пойменных лесных сообществ острова Сахалин..... 144

ИСТОРИЯ НАУКИ

С.М. Спринцын. Сто лет лесоводства в Израиле: достижения, проблемы, перспективы..... 150

ЮБИЛЕИ

Е.Г. Царев. Юбилей профессора В.И. Мелехова..... 158



CONTENTS

FORESTRY

<i>K.P. Rukomoynikov.</i> Improving the Process Equipment for Containerized Undergrowth Replanting.....	9
<i>I.Yu. Kharlov.</i> Forest Designation by Purpose as the Basis of Forest Management.....	18
<i>V.P. Shelukho, V.I. Shoshin, V.S. Klyuev.</i> Sanitary State Dynamics of Spruce Forests Under Culminating <i>Ips typographus</i> Reproduction and Efficiency of Forest-Protection Measures.....	30
<i>A.S. Novoselov, A.L. Fedyaev, V.V. Petrik.</i> Influence of Environmental Conditions on Turpentine Output in Drained Pine Forests of the Vologda Region.....	40
<i>I.T. Kishchenko.</i> Seasonal Growth of Differently Aged <i>Picea abies</i> L. (Karst.) Trees in Northern Karelia.....	46

WOODEXPLOITATION

<i>Ya.V. Vatlina, G.Ya. Surov.</i> The Results of the Study on Water Resistance to the Motion of Timber Transport Units.....	52
<u>V.K. Kuryanov</u> , <i>A.V. Skrypnikov, E.V. Kondrashova, V.A. Morkovin.</i> Model of Traffic Flow Modes on Logging Roads.....	61

MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOODSCIENCE

<i>A.A. Fomin.</i> Justification of Peripheral Segment Machining Parameters.....	68
<i>V.F. Dunaev, V.I. Melekhov, M.V. Zakharov.</i> Pattern Changes of Wood Mechanical Properties in Time Under Reaction Confinement.....	75
<i>A.A. Lukash, E.S. Grishina.</i> Intensification of Round Log Drying.....	86

CHEMICAL TECHNOLOGY OF WOOD

<i>V.I. Kovalev, V.A. Kozhukhov, Yu.D. Alashkevich.</i> The Study of Tacking Patterns in Milling Machines with Impact Effect.....	94
<i>A.A. Leonovich, A.V. Sheloumov.</i> Obtaining Flame-Resistant Fiberboards Using FKM Phosphoramidate.....	101
<i>O.A. Kazantsev, A.P. Sivokhin, D.M. Kamorin, V.P. Korotky.</i> Water-Soluble Polymers Based on Amino(Meth)Acrylates as Additives for Improving the Quality of Paper for Corrugating.....	109
<i>S.N. Vikharev, S.A. Dushinina.</i> Fibrous Interlayer Model at Milling.....	116
<i>H.P. Trinh, G.I. Tsarev, V.I. Roshchin.</i> Modification of Hardwood Tall Oil.....	129

ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>M.A. Khvesik, A.M. Shubalyi.</i> Organization of Integrated Management of Forest Industry Performance.....	130
---	-----

SUMMARIES AND EXCHANGE OF TEACHING

A.A. Smirnov, A.P. Dobrynin. Productivity of the Floodplain Forests on the Sakhalin Island..... 144

HISTORY OF SCIENCE

S.M. Sprintsyn. A Century of Forestry in Israel: Achievements, Problems and Prospects..... 150

JUBILEES

E.G. Tsarev. Birthday Anniversary of Professor V.I. Melekhov..... 158



УДК 630*308

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕСАДКИ ПОДРОСТА С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ*

© *К.П. Рукомойников, канд. техн. наук, доц., докторант*

Поволжский государственный технологический университет, пл. Ленина, д. 3,
г. Йошкар-Ола, Респ. Марий Эл, 424000
E-mail: RukomojnikovKP@marstu.net

Предложены варианты сменного и многооперационного технологического оборудования для проведения на участке лесного фонда комплекса лесовосстановительных работ с пересадкой подроста машинным способом. Проведен анализ существующих методов и конструкций машин и механизмов для пересадки подроста. При подготовке статьи использованы методы патентного поиска и анализа экспериментальных данных. Целесообразность пересадки подроста и его высокая приживаемость подтверждены многими исследователями. Пересадка подроста с закрытой корневой системой является более эффективной по сравнению с пересадкой подроста с открытой корневой системой.

Вариант технологии пересадки подроста, приведенный в статье, предусматривает использование универсального агрегата для выполнения всех операций технологического процесса пересадки. Подрост выкапывается на лесосеке, на которой еще не проведены лесосечные работы, с тех мест, где его повреждение возможно при выполнении лесосечных работ, транспортируется и высаживается в местах его недостаточного количества на лесосеке, на которой уже проведены лесосечные работы. Приживаемость, генетическая ценность, устойчивость к болезням и вредителям гораздо выше, чем у культур из питомника. Появляется возможность формировать разновозрастные насаждения.

Технологическое оборудование доказало свою работоспособность в производственных условиях. Применение агрегата с выкапывающим устройством позволит производить выкопку подроста без разрушения глыбки почвы и посадку его на вырубке. Теоретические и экспериментальные исследования по комплексному освоению делянки показали перспективность данного направления развития техники и технологии.

* Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской деятельности ФГБОУ ВПО «Марийский государственный технический университет» по заданию Министерства образования и науки РФ № 7.1846.2011 по теме «Разработка основных технико-технологических подходов к внедрению и реализации промышленной технологии освоения лесных участков на базе комплексного решения задач технологического процесса лесосечно-лесовосстановительных работ с совмещенным лесовосстановлением».

Часть исследований внедрена в производство в результате промышленных испытаний технологии комплексного освоения участков лесного фонда с использованием лесозаготовительной техники на пересадке подроста в Учебно-опытном лесхозе Поволжского государственного технологического университета. Полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности освоения участков лесного фонда.

Ключевые слова: лесосечные работы, технологическое оборудование, лесовосстановление, подрост, грейфер, корни, выкопка посадочного материала, посадка.

С 1992 г. на кафедре технологии и оборудования лесопромышленного производства (ТОЛП) ПГТУ совместно с МГУЛ ведутся исследования по использованию подроста естественного происхождения в качестве культур на вырубках малой площади. Доказано, что приживаемость, качество будущих насаждений, генетическая ценность, устойчивость к болезням и вредителям гораздо выше, чем у культур из питомника. Имеется возможность формировать разновозрастные насаждения за счет разности в возрасте пересаживаемого подроста [5].

Предлагается совмещение рубок и лесовосстановительных операций. Подрост выкапывается с площадей гарантированного уничтожения и высаживается на безопасных участках. При этом формируется разновозрастный древостой сложного улучшенного состава, обеспечивающего эффективный рост молодняков и приспевающего леса.

Задача лесоведа – правильно определить оптимальное соотношение способов лесовосстановления, обеспечить выращивание лесов лучшего качества.

Существует достаточно много устройств, способных выкапывать растения с глыбкой почвы. Разработкой конструкций таких агрегатов занимались А.С. Ляпицкий, М.Б. Федотов, Ф.И. Валов, В.А. Пашкин (1960 г.); Н.Ф. Алкин (1968 г.); Б.А. Саядов, Б.А. Виноградов (1968 г.), О.А. Грушанский (1976 г.) и др. Данные устройства могут применяться в лесных питомниках для выкопки семян и саженцев, озеленения населенных пунктов и на лесосеке для выкопки самосева.

Значительное количество авторских свидетельств и патентов существует в области машин и механизмов для выкопки посадочного материала с глыбкой почвы при озеленении населенных пунктов. Подвеска рабочих органов в основном рычажная, но также применяется и манипуляторная.

Машины для выкопки посадочного материала с глыбкой почвы при озеленении населенных пунктов имеют следующие недостатки: сложность конструкции; невозможность обрабатывать с одной рабочей позиции несколько штук посадочного материала; после выкопки невозможность доставлять посадочный материал на платформу для дальнейшей транспортировки. Все это делает неэффективным их применение при пересадке подроста под пологом леса.

Особого внимания заслуживают агрегаты, способные работать на лесосеке и выкапывать несколько растений с одной рабочей позиции. Подобный агрегат для выкопки и посадки подроста (АВПП), представленный на рис. 1, состоит из базового самоходного шасси 6, прикрепленной к нему транспортной тележки 4 для контейнерирования подроста 3, манипулятора 1, установленного на полноповоротной колонне 5, и выкапывающего устройства (ВУ) 2.

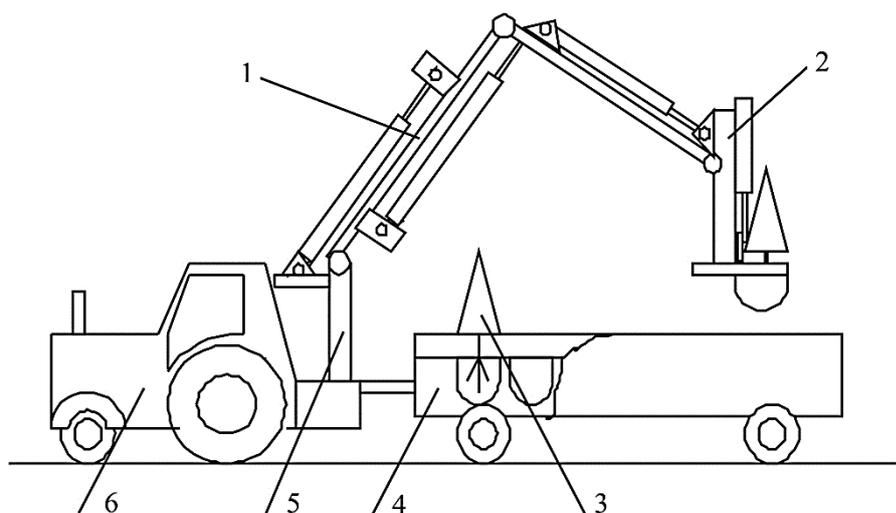


Рис. 1. Агрегат для выкопки и посадки подроста

Конструкция ВУ не должна разрушать глыбку почвы при выкопке подроста, а выкопанная глыбка должна соответствовать по размерам и форме корневой системе пересаживаемого материала. Подобным требованиям удовлетворяют ВУ, разработанные на кафедре ТОЛП МарГТУ.

Конструкция ВУ, разработанная Г.М. Гаджиевым, имеет рабочий орган, состоящий из двух одинаковых ножей [1, 3]. Ножи в закрытом положении имеют форму полусферы. Основания ножей жестко соединены с двумя параллельными горизонтальными осями, установленными внутри корпуса, на которых размещена двухсторонняя зубчатая рейка, жестко связанная гидроцилиндром, закрепленным на корпусе.

Другим устройством является ВУ, предложенное А.В. Лазаревым. Два сферических ножа соединены с осью поворота при помощи проушин и тяг со штангой, которая крепится к манипулятору машины. Поворот ножей происходит гидроцилиндром с помощью рычагов [2].

Для реализации варианта работ по пересадке подроста техникой, занятой на трелевке, без приобретения дополнительного технологического оборудования автором разработана конструкция, приведенная на рис. 2 [4].

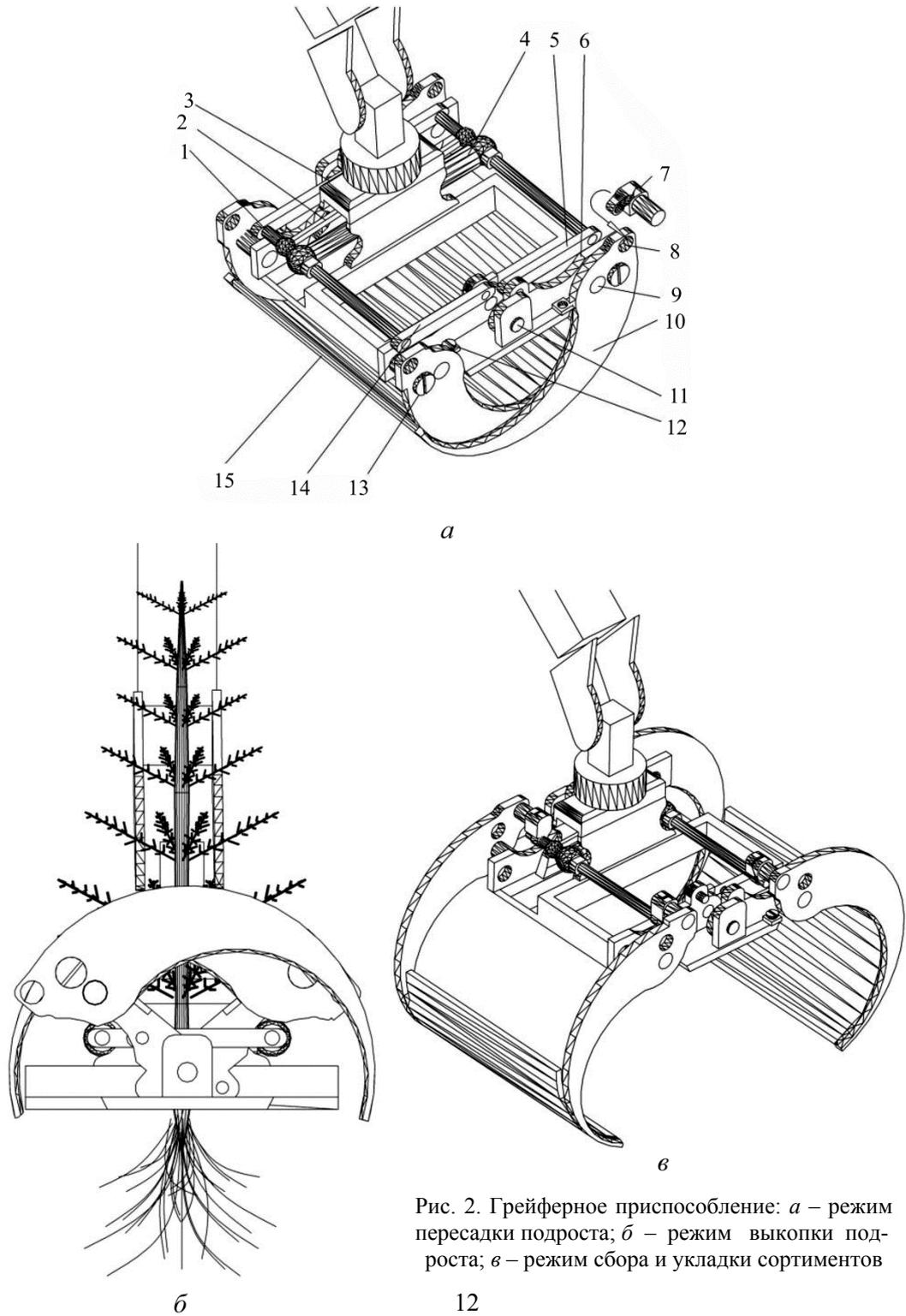


Рис. 2. Грейферное приспособление: а – режим пересадки подроста; б – режим выкопки подроста; в – режим сбора и укладки сортиментов

Устройство (рис. 2, а) содержит несущий корпус 3, захватные челюсти 10 и гидроцилиндр смыкания челюстей 4, снабжено центральной осью 11, к которой шарнирно присоединены пластины 6. Каждая челюсть состоит из двух зубьев 9, соединенных между собой ножами 15, используемыми для разрезания земли при пересадке подроста. Ножи присоединяются к задней грани зубьев и образуют емкость в виде полуцилиндра при соприкосновении задних кромок ножей. Задние грани зубьев каждой челюсти устройства имеют постоянный радиус кривизны с центром, проходящим через общую ось поворота челюстей. Этот радиус отличается от радиуса кривизны задних граней зубьев противоположной челюсти на толщину ножей, соединяющих парные зубья между собой. Такая конструкция обеспечивает возможность их поворота относительно центральной оси на угол более 90° без повреждения пересаживаемого деревца. Зубья играют роль боковых стенок. С обеих сторон к гидроцилиндру перпендикулярно его оси присоединены стержни 1.

При работах, связанных с захватом сортиментов, концы стержней вставляются в проушины 7, прикрепляемые посредством болтов 8 к зубьям захвата, а для предотвращения поворота челюстей относительно центральной оси служат зажимы 12, скрепляющие поворотные пластины с нижней частью корпуса. При пересадке подроста к концам стержней крепятся тяги 5 и 14, противоположные концы которых крепятся к пластинам таким образом, что при жестком соединении пластин с зубьями ход поршня обеспечивает поворот пластин относительно центральной оси, в крайних точках которого, как при открытом, так и при закрытом положении захвата, челюсти перекрывают друг друга. При этом для крепления зубьев в таком положении, чтобы центр их кривизны находился в точке, соответствующей расположению центральной оси вращения, используются винты 13, обеспечивающие жесткую связь между зубьями и пластинами. Устройство снабжено синхронизатором, выполненным в виде равноплечего механизма. Тяги 2, соединенные со стержнями, вставленными в проушины гидроцилиндра, шарнирно закреплены по концам плеч синхронизатора.

Для работы в режиме выкопки подроста необходимо закрепить тягу 14 на стержне 1, закрепить винты 13, застопорив зубья в крайнем сжатом положении. Грейферное приспособление при раскрытом положении челюстей (рис. 2, б) наводят на подрост. Относительно центральной оси посредством тяг, передающих усилие от гидроцилиндра, осуществляют поворот пластин с закрепленными на боковых осях зубьями. Производят выкопку подроста.

При переходе в режим сбора сортиментов винты 13 убирают и закрепляют зажимы 12. Осуществляют перецепку стержня в проушины 7 (рис. 2, в), прикрепленные к зубьям захвата. Устройство при раскрытом положении наводят на лесоматериалы. Закрепленные в проушинах стержни передают усилие от гидроцилиндра на зубья захвата, повернутые относительно боковых шарниров, осуществляя закрытие челюстей.

Для увеличения глубины внедрения хватных челюстей в грунт при сохранении целостности выкапываемого подростка предложено другое технологическое оборудование (рис. 3).

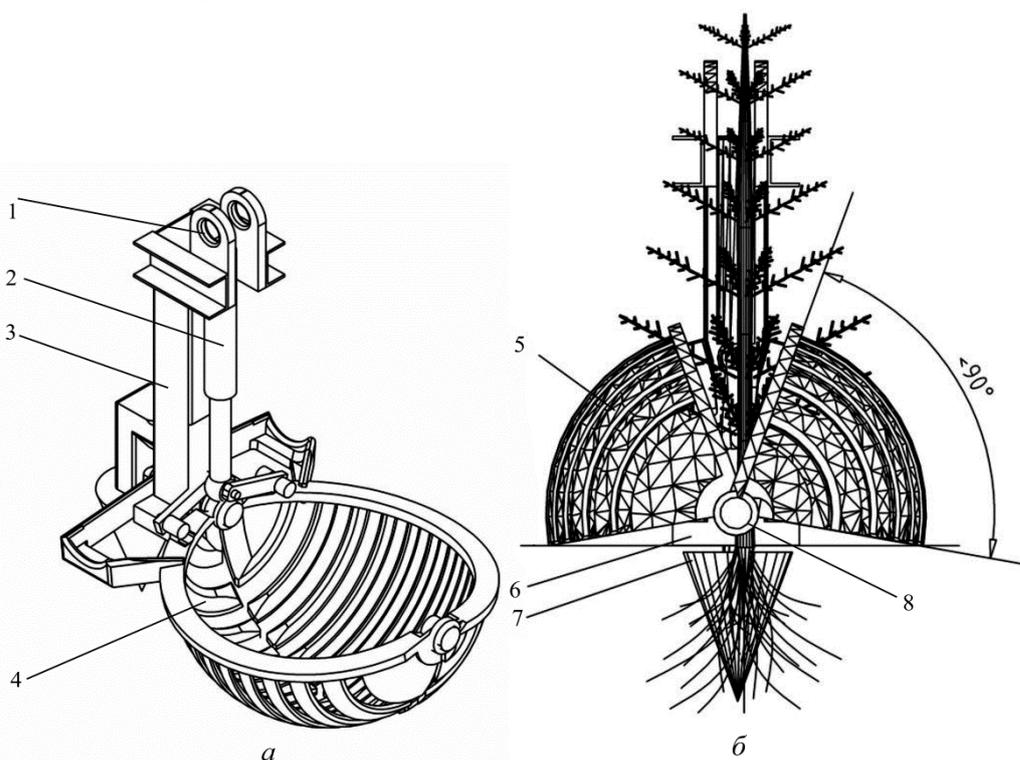


Рис. 3. Технологическое оборудование для пересадки подростка: *а* – наведение хватных челюстей на подрост; *б* – закрытое положение хватных челюстей

Предлагаемое устройство навешивается через проушины *1* на рукоять манипулятора машины. Устройство состоит из двух одинаковых хватных челюстей *5*, установленных на несущем корпусе *3*, с возможностью их поворота вокруг горизонтальной оси вращения *8* хватных челюстей, проходящей через несущий корпус устройства, гидроцилиндр смыкания хватных челюстей *2*. На несущем корпусе устройства установлен шнек *7* с винтовой нарезкой (на рисунке не показана), имеющий возможность вращения вокруг своей вертикальной оси. Использование шнека позволяет уменьшить усилия прижима устройства к поверхности земли при выкопке подростка. Опорная платформа *6*, установленная в основании несущего корпуса, предотвращает излишнее заглубление устройства и поломку хватных челюстей при внедрении устройства в грунт под действием шнека. Каждая из хватных челюстей образована вертикально установленными, искривленными по различным радиусам, параллельными друг другу в горизонтальной плоскости вилами *4*

и имеет форму части сферы, ограниченной двумя плоскостями, проходящими через горизонтальную ось вращения захватных челюстей и образующими угол менее 90° . Подобная форма захватных челюстей дает возможность наиболее полного их открытия без повреждения ствола выкапываемого подроста. Предложенное конструктивное решение с использованиемвил уменьшает повреждения, наносимые корневой системе.

Устройство работает следующим образом. Манипулятор с навешенным на него устройством опускается на подрост сверху таким образом, что его ствол оказывается между двумя захватными челюстями, находящимися в открытом положении. При опускании устройства на землю включается шнек, способствующий внедрению устройства в грунт. Устройство опускается на землю до соприкосновения опорной платформы с поверхностью земли. Включается гидродоцилиндр смыкания челюстей, в результате работы которого захватные челюсти входят в грунт. Шнек и действие силы тяжести манипулятора предотвращают подъем устройства до полного смыкания его захватных челюстей. Подъем устройства манипулятором вместе с выкопанным подростом и глыбкой грунта осуществляется одновременно с обратным вращением шнека.



Рис. 4. Фрагмент выкопки подроста

Предложенное технологическое оборудование доказало свою работоспособность в производственных условиях. Применение АВПП с подобным ВУ позволит производить выкопку подроста без разрушения глыбки почвы и посадку его на вырубке, а также даст возможность распространить технологию рубок с совмещенным лесовосстановлением.

Комплексное освоение участка лесного фонда (УЛФ) может быть выполнено и с использованием имеющегося на предприятиях оборудования. Проведен эксперимент по использованию форвардера «Валмет-862» на пересадке подроста (рис. 4). На манипулятор навешивали ВУ для пересадки подроста, грузовой отсек оборудовали настилом для его транспортировки.

Проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования по комплексному освоению УЛФ показали перспективность данного направления развития техники и технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаджиев Г.М.* Обоснование параметров устройства для выкопки посадочного материала с прикорневой глыбкой: дис ... канд. техн. наук. Йошкар-Ола, 1999. 161 с.
2. *Лазарев А.В.* Обоснование технологии и комплекта машин для пересадки подроста: дис ... канд. техн. наук. Йошкар-Ола, 1999. 138 с.
3. Пат. 2155473 РФ, МКИ⁷ А 01 G 23/04. Рабочий орган для выкопки подроста / Ширнин Ю.А., Шестаков Я.И., Гаджиев Г.М. № 99113548/13; заявл. 21.06.99; опубл. 10.09.2000, Бюл. № 25. 4 с.
4. Пат. 2213690 РФ, МКИ⁷ В 66 С 3/16. Грейферное приспособление для захвата сортиментов и пересадки подроста / Ширнин Ю.А., Лазарев А.В., Рукомойников К.П. № 2001123480/28; приоритет от 21.08.2001; опубл. 10.10.03, Бюл. № 9. 9 с.
5. Технология машинной пересадки подроста в процессе лесозаготовок / Ю.А. Ширнин, А.К. Редькин, А.В. Лазарев, Г.М. Гаджиев, К.П. Рукомойников. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. 152 с.

Поступила 24.01.12

Improving the Process Equipment for Containerized Undergrowth Replanting

K.P. Rukomojnikov, Candidate of Engineering, Associate Professor, Doctoral Student

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

E-mail: RukomojnikovKP@marstu.net

The paper suggests variants of replaceable and multioperational process equipment for complex reforestation with mechanical undergrowth replanting in forest compartment. The author analyzed the existing methods and designs of machines and mechanisms for undergrowth replanting. Methods of patent search and experimental data analysis were used in this research. Expediency of undergrowth replanting and its high survival rate are confirmed by numerous researchers. Replanting of containerized undergrowth is more efficient than that of bare-root undergrowth.

The presented technology of undergrowth replanting involves using a universal machine for all operations of this process. Undergrowth is dug out in the cutting area where logging has not yet been started and is likely to damage the undergrowth. The undergrowth is then transported and planted in another cutting area where it is scarce and where logging has already been done. Its establishment, genetic value and resistance to pests and diseases are much higher than those of nursery crops. In addition, this method gives an opportunity to form unevenly aged stands.

The technological equipment has proven its efficiency in operating conditions. A machine with this type of digging device will allow one to dig out the undergrowth without breaking its lump of soil and plant it in the cutting area. Theoretical and experimental studies on the integrated development of a forest compartment proved this area of engineering and technology to be promising.

Part of the research has already been introduced in production after industrial testing of the technology of integrated development of forest areas using logging equipment for under-

growth replanting (in the training and experimental forestry of the Volga State University of Technology). The results can be used for further development of forest areas.

Keywords: cutting, process equipment, reforestation, undergrowth, grapple, roots, stock digging-up, planting.

REFERENCES

1. Gadzhiev G.M. *Obosnovanie parametrov ustroystva dlya vykopki posadochnogo materiala s prikornevoy glybkoy*: dis. ... kand. tekhn. nauk [Justification of Parameters of a Device for Digging Up Stocks with Their Lumps of Soil: Cand. Tech. Sci. Diss.]. Yoshkar-Ola, 1999. 161 p.
 2. Lazarev A.V. *Obosnovanie tekhnologii i komplekta mashin dlya peresadki podrosta*: dis. ... kand. tekhn. nauk [Justification of Technology and a Set of Machines for Undergrowth Replanting: Cand. Tech. Sci. Diss.]. Yoshkar-Ola, 1999. 138 p.
 3. Shirnin Yu.A., Shestakov Ya.I., Gadzhiev G.M. *Rabochiy organ dlya vykopki podrosta* [Work Tool for Undergrowth Digging-up]. Patent RF no. 2155473. 4 p.
 4. Shirnin Yu.A., Lazarev A.V., Rukomoynikov K.P., et al. *Greyfernoe prisposoblenie dlya zakhvata sortimentov i peresadki podrosta* [Grapple Device for Assortment Gripping and Undergrowth Replanting]. Patent RF no. 2213690. 9 p.
 5. Shirnin Yu.A., Red'kin A.K., Lazarev A.V., Gadzhiev G.M., Rukomoynikov K.P. *Tekhnologiya mashinnoy peresadki podrosta v protsesse lesozagotovok* [Technology of Machine Undergrowth Replanting at Logging]. Yoshkar-Ola, 2003. 152 p.
-

УДК 630*907.8+630*911

ЦЕЛЕВОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ЛЕСОВ КАК ОСНОВА ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

© *И.Ю. Харлов, канд. с.-х. наук*

Филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации «Сибирская ЛОС», ул. Механизаторов, 5, а, г. Тюмень, Россия, 625017

E-mail: sfes@bk.ru

Российская Федерация, задекларировав в 1998 г. переход к устойчивому развитию, пересмотрела отношение государства к основам организации и ведения лесного хозяйства.

В 2007 г. государство как конституционный гарант сохранности окружающей среды и стабильности экологической обстановки, отказалось от прямого участия в осуществлении хозяйственной деятельности, сделав ставку на активизацию деловой активности и развитие партнерских отношений с бизнесом путем передачи части своих полномочий региональным властям. Такое разграничение полномочий между федеральным центром и регионами соответствует принципам устойчивого управления лесами, направленного на развитие территорий.

В современных условиях основы организации лесного хозяйства базируются на понятии о лесе либо как об экологической системе, либо как о природном ресурсе. Двойственность понятия «лес» позволила ввести в теорию и практику лесного хозяйства целевое назначение лесов: защитные леса, эксплуатационные леса, резервные леса.

Целевое назначение лесов служит ядром стратегического планирования их использования и комплексного освоения, включая осуществление мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов, и является базой для регулирования степени хозяйственного воздействия на них.

Анализ нормативных основ подразделения лесов по целевому назначению показывает, что действующее нормативное правовое регулирование целевого назначения лесов не в полной мере способствует реализации региональных интересов, направленных на устойчивое развитие территорий, и не в полной мере способствует устойчивому управлению лесами.

В настоящее время требуется введение дополнительной функциональной классификации целевого назначения лесов и разработки соответствующих им региональных систем ведения лесного хозяйства.

Автором показано, что существующая в Российской Федерации классификация лесов по целевому назначению требует доработки в целях ее дальнейшего использования при разработке региональных систем мероприятий, направленных на сохранение и повышение целевых функций лесных насаждений.

Ключевые слова: лесной план, лесохозяйственные регламенты, устойчивое развитие, защитные леса, особо защитные участки лесов, эксплуатационные леса, резервные леса.

Лесным кодексом Российской Федерации [3] предусмотрено, что леса в зависимости от выполняемых ими функций должны иметь целевое назначение.

Целевое назначение лесов устанавливается Российской Федерацией совместно с субъектами РФ при планировании их освоения на основании анализа состояния и использования, перспектив освоения в различных целях, развития особо охраняемых природных территорий с учетом документов территориального планирования [4, 7].

При определении целевого назначения лесов уполномоченные федеральные и региональные органы исполнительной власти действуют исходя из законодательного определения леса: природный ресурс; экологическая система.

Региональные органы исполнительной власти, базируясь на принципах законодательства РФ об охране окружающей среды [5], местном самоуправлении [4] и лесном законодательстве [2, 3], должны определиться с лесами, которые будут выполнять преимущественно защитные, а также социальные функции (удовлетворение потребностей граждан в древесине, недревесных, пищевых и лекарственных лесных ресурсах).

Федеральные органы исполнительной власти, используя основные положения концепции перехода России к устойчивому развитию [6], должны определиться с понятиями эксплуатационных и резервных лесов.

До введения в действие новой редакции Лесного кодекса Российской Федерации [3] классификация защитных лесов (леса первой группы), особо защитных участков лесов, а также эксплуатационных лесов (леса второй и третьей групп), согласно ранее действовавшему Лесному кодексу РФ [2] осуществлялась исходя из возможности их эксплуатации (табл. 1).

В настоящее время в РФ разделение лесов по типам целевого назначения осуществляется в целях устойчивого управления лесами и ориентировано на устойчивое развитие государства.

Таблица 1

Типы целевого назначения лесов в разных редакциях Лесного кодекса

Лесной кодекс РФ [2]	Лесной кодекс РФ [3]
1. Леса, выполняющие преимущественно водоохранные функции	1. Леса, расположенные в водоохраных зонах
2. Леса, выполняющие преимущественно защитные функции	2. Леса, выполняющие функции защиты природы и иных объектов
3. Леса, выполняющие преимущественно санитарно-гигиенические и оздоровительные функции	
4. Леса специального целевого назначения	3. Леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях
5. Особо ценные лесные массивы	4. Ценные леса
6. Леса второй группы	5. Особо защитные участки лесов
7. Леса третьей группы	6. Эксплуатационные леса
8. Резервные леса	7. Резервные леса

Полезные функции лесов, являющиеся основой организации их использования, воспроизводства, охраны и защиты, закреплены законодательно [3] и отражены в (табл. 2).

Таблица 2

Типы функционального назначения лесов	Целевое назначение лесов					Эксплуатационные леса
	Защитные леса		Государственные защитные лесные полосы	Противозлоные леса	Эксплуатационные леса	
Средообразующие	Леса, расположенные в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесоступенчатых зонах, степях, горах	Леса, расположенные в водоохраных зонах	Леса, расположенные в ленточных, полупустынных, лесостепных, лесоступенчатых зонах, степях, горах	Защитные полосы лесов, расположенные вдоль водных объектов	Леса, расположенные в ленточных, полупустынных, лесостепных, лесоступенчатых зонах, степях, горах	
Водоохраные	Леса, расположенные в водоохраных зонах					
Защитные	Защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей общего пользования, федеральных автомобильных дорог общего пользования, автомобильных дорог общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации		Леса, расположенные в водоохраных зонах	Нерестовые полосы лесов		
Санитарно-гигиенические	Леса, расположенные в первом и втором поясах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения					
Оздоровительные	Зеленые зоны				Городские леса	
Иные полезные функции лесов, в том числе: научно-исторические природоохранные	Леса, имеющие научное или историческое значение	Леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях				
ограниченного природопользования	Орехово-промысловые зоны			Лесные плодовые насаждения		
эксплуатационные						Ограниченно-эксплуатационные леса
						Типично-эксплуатационные леса

Для разработки региональных систем мероприятий, направленных на поддержание и сохранение полезных функций лесов согласно их функциональному назначению в зависимости от целевого назначения и соответствующих им категорий защитных лесов и особо защитных участков лесов, установленных Лесным кодексом РФ [1, 3], предлагается функциональная классификация лесов (табл. 3, 4).

Таблица 3

Индексы для защитных лесов и особо защитных участков лесов

Категории защитности лесов и особо защитных участков лесов	Цифровой индекс
<i>Защитные леса</i>	1–4
Леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях	1
Леса, расположенные в водоохраных зонах	2
Леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов:	3
леса, расположенные в первом и втором поясах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения	3.1
защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей общего пользования, федеральных автомобильных дорог общего пользования, автомобильных дорог общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации	3.2
зеленые зоны	3.3
лесопарковые зоны	3.4
городские леса	3.5
леса, расположенные в первой, второй и третьей зонах округов санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов	3.6
Ценные леса:	4
государственные защитные лесные полосы	4.1
противоэрозионные леса	4.2
леса, расположенные в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесотундровых зонах, степях, горах	4.3
леса, имеющие научное или историческое значение	4.4
орехово-промысловые зоны	4.5
лесные плодовые насаждения	4.6
ленточные боры	4.7
запретные полосы лесов, расположенные вдоль водных объектов	4.8
нерестоохраняемые полосы лесов	4.8
<i>Особо защитные участки лесов</i>	5
Берегозащитные, почвозащитные участки лесов, расположенные вдоль водных объектов, склонов оврагов	5.1
Опушки лесов, граничащие с безлесными пространствами	5.2
Постоянные лесосеменные участки	5.3
Заповедные лесные участки	5.4
Участки лесов с наличием реликтовых и эндемичных растений	5.5
Места обитания редких и находящихся под угрозой исчезновения диких животных	5.6

Окончание табл. 3

Категории защитности лесов и особо защитных участков лесов	Цифровой индекс
<i>Другие особо защитные участки лесов</i>	6
Полосы леса в горах вдоль верхней его границы с безлесным пространством	6.1
Небольшие участки лесов, расположенные среди безлесных пространств	6.2
Защитные полосы лесов вдоль гребней и линий водоразделов	6.3
Участки леса на крутых горных склонах	6.4
Особо охраняемые части государственных природных заказников и других особо охраняемых природных территорий	6.5
Леса в охранных зонах государственных природных заповедников, национальных парков и иных особо охраняемых природных территорий, а также территории, зарезервированные для создания особо охраняемых природных территорий федерального значения	6.6
Участки лесов вокруг глухариних токов	6.7
Полосы лесов по берегам рек или иных водных объектов, заселенных бобрами	6.8
Медоносные участки лесов	6.9
Постоянные пробные площади	6.10
Участки лесов вокруг санаториев, детских лагерей, домов отдыха, пансионатов, туристических баз и других лечебных и оздоровительных учреждений	6.11
Участки лесов вокруг минеральных источников, используемых в лечебных и оздоровительных целях или имеющих перспективное значение	6.12
Полосы лесов вдоль постоянных, утвержденных в установленном порядке трасс туристических маршрутов федерального или регионального значения	6.13
Участки лесов вокруг сельских населенных пунктов и садовых товариществ	6.14

Таблица 4

Типы защитных лесов и особо защитных участков лесов

№ п/п	Тип функционального назначения защитных лесов и особо защитных участков	Защитные леса	Особо защитные участки лесов
1	Средообразующие	4.1. Государственные защитные лесные полосы 4.2. Противозрозионные леса 4.3. Леса, расположенные в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесотундровых зонах, степях, горах 4.7. Ленточные боры	5.2. Опушки лесов, граничащие с безлесными пространствами 6.1. Полосы леса в горах вдоль верхней его границы с безлесным пространством 6.2. Небольшие участки лесов, расположенные среди безлесных пространств 6.4. Участки леса на крутых горных склонах

Продолжение табл. 4

№ п/п	Тип функционального назначения защитных лесов и особо защитных лесных участков	Защитные леса	Особо защитные участки лесов
2	Водоохранные	2. Леса, расположенные в водоохраных зонах 4.8. Запретные полосы лесов, расположенные вдоль водных объектов 4.9. Нерестоохранные полосы лесов	6.3. Защитные полосы лесов вдоль гребней и линий водоразделов
3	Защитные	3.2. Защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей общего пользования, федеральных автомобильных дорог общего пользования, автомобильных дорог общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации	
4	Санитарно-гигиенические	3.1. Леса, расположенные в первом и втором поясах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения 3.6. Леса, расположенные в первой, второй и третьей зонах округов санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов	6.12. Участки лесов вокруг минеральных источников, используемых в лечебных и оздоровительных целях или имеющих перспективное значение
5	Оздоровительные	3.3. Зеленые зоны 3.4. Лесопарковые зоны 3.5. Городские леса	6.11. Участки лесов вокруг санаториев, детских лагерей, домов отдыха, пансионатов, туристических баз и других лечебных и оздоровительных учреждений 6.13. Полосы лесов вдоль постоянных, утвержденных в установленном порядке трасс туристических маршрутов федерального или регионального значения

Окончание табл. 4

№ п/п	Тип функционального назначения защитных лесов и особо защитных лесных участков	Защитные леса	Особо защитные участки лесов
			6.14. Участки лесов вокруг сельских населенных пунктов и садовых товариществ
6	Научно-исторические	4.4. Леса, имеющие научное или историческое значение	6.10. Постоянные пробные площади
7	Природоохранные	1. Леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях	5.4. Заповедные лесные участки 5.5. Участки лесов с наличием реликтовых и эндемичных растений 5.6. Места обитания редких и находящихся под угрозой исчезновения диких животных 5.7. Участки лесов вокруг глухариних токов 6.5. Особо охраняемые части государственных природных заказников и др. особо охраняемых природных территорий 6.6. Леса в охранных зонах государственных природных заповедников, национальных парков и иных особо охраняемых природных территорий, а также территории, зарезервированные для создания особо охраняемых природных территорий федерального значения. 6.8. Полосы лесов по берегам рек или иных водных объектов, заселенных бобрами
8	Приоритетного природопользования	4.5. Орехово-промысловые зоны 4.6. Лесные плодовые насаждения	5.3. Постоянные лесосеменные участки 6.9. Медоносные участки лесов

При установлении требований к мероприятиям по охране, защите и воспроизводству лесов следует принимать за основу их особенности, установленные нормативными правовыми актами РФ (табл. 5).

Таблица 5

Особенности мероприятий по использованию, воспроизводству, охране и защите лесов в Российской Федерации

Мероприятия по использованию, воспроизводству, охране и защите лесов	Типы функционального назначения защитных лесов и особо защитных участков лесов						Приоритетного природоохранного зования		
	Средообразующие	Водоохранные	Защитные	Санитарно-гигиенические	Одородительные	Научно-исторические		Природоохран-ные	
<i>Использование лесов</i>	Запрет на размещение капитальных сооружений, за исключением линейных объектов и гидротехнических сооружений	+	+			+	+		
						+			
	Запрет на размещение капитальных сооружений, за исключением гидротехнических сооружений					+			
						+			
	Ограничения на виды использования лесов		+				+		
	Особенности выборочных рубок	+	+	+		+	+	+	
	Особенности сплошных рубок								
	Полный запрет на проведение рубок							+	
	Запрет на использование токсических химических препаратов		+					+	
Особенности рубок при уходе за лесами	+							+	
Подбор древесных пород при лесовосстановлении			+						
Запрет на применение авиации при локализации и ликвидации очагов вредных организмов		+							

* Зеленые зоны.

** Лесопарковые зоны и городские леса.

*** Заповедные лесные участки.

Наряду с особенностями использования, воспроизводства, охраны и защиты защитных лесов и особо защитных участков лесов необходимо установить эти особенности и для эксплуатационных лесов, что связано с их различным функциональным назначением:

ограниченно эксплуатационные леса (до 2007 г. – леса второй группы);
типично эксплуатационные леса (до 2007 г. – леса третьей группы).

Ограниченно эксплуатационные леса должны являться региональными лесами и выполнять следующие функции.

1. Удовлетворять собственные нужды граждан в древесине, недревесных, пищевых и лекарственных лесных ресурсах.
2. Способствовать сохранению биоразнообразия в лесах (сеть региональных и федеральных особо охраняемых природных территорий).
3. Выполнять оздоровительные и водоохранно-водорегулирующие функции (без отнесения к защитным лесам с установлением в лесохозяйственных регламентах лесничеств, лесопарков ограничений при их использовании).

Типично эксплуатационные леса ввиду их высокой эксплуатационной ценности на предмет получения максимального количества древесины с единицы площади представляют наибольший интерес для среднего и крупного бизнеса.

В ограниченно эксплуатационных лесах как с экологической, так и с экономической позиций следует устанавливать более жесткий режим ведения лесного хозяйства и, соответственно, предъявлять определенные требования к воспроизводству лесов. Ведение лесного хозяйства в указанном типе эксплуатационных лесов должно осуществляться через размещение государственного заказа на выполнение мероприятий по охране, защите и воспроизводству лесов.

В ограниченно эксплуатационных лесах также следует делать ставку на развитие арендных отношений силами малого предпринимательства и привлечением в лесное хозяйство частных инвестиций с использованием финского опыта 60-х годов прошлого века [8], где основным инструментом ведения лесного хозяйства являлись долгосрочные целевые программы. В рамках этих программ предусматривалось экономическое стимулирование лесного хозяйства путем предоставления кредитов, пособий и государственных гарантий лицам, заинтересованным в использовании лесов.

Леса, которые являются непродуктивными (лесные насаждения Va и Vb классов бонитета) или низкопродуктивными (лесные насаждения в европейской части России с запасом менее 50 м³/га, в азиатской части – 70 м³/га), а также транспортно недоступные для освоения в ближайшие 20 лет, особенно с позиции восстановления, следует относить к резервным лесам.

Реализация указанных мер должна повысить интенсивность использования освоенных лесов и послужить толчком для модернизации действующих лесоперерабатывающих производств и внедрения новых технологий, в том числе и по переработке лиственной древесины.

Выводы

1. Целевое назначение лесов является основой стратегического планирования освоения лесов и организации ведения лесного хозяйства, включая организацию использования лесов, а также ядром системы мероприятий по воспроизводству, охране и защите лесов.

2. При установлении целевого назначения лесов необходимо:

руководствоваться их функциональным назначением, т. е. ориентироваться на планируемое фактическое использование лесов (изъятие природных ресурсов, сохранение окружающей среды и поддержание экологических функций лесов);

основываться на требованиях законодательства о местном самоуправлении, охране окружающей среды, особо охраняемых природных территориях, охране объектов исторического и культурного наследия и иных специальных законодательных актах РФ, имеющих непосредственное отношение к организации использования лесов.

3. Каждому типу целевого назначения лесов должна соответствовать своя региональная система мероприятий по воспроизводству, охране и защите лесов. Разработка указанных систем должна осуществляться на основе научно обоснованных требований к воспроизводству, охране и защите лесов, устанавливаемых субъектами РФ в лесохозяйственных регламентах лесничеств, лесопарков и не иметь противоречий с правилами и порядками, утвержденными уполномоченными федеральными органами исполнительной власти.

4. Региональные власти должны иметь активную позицию в силу того, что они, согласно «лесным» полномочиям, несут ответственность по планированию освоения переданных им лесов и организации лесного хозяйства.

5. В особо защитных участках лесов должен действовать более жесткий, по отношению к защитным лесам, режим использования лесов и ведения в них лесного хозяйства. Местоположение таких лесов с описанием границ и их координатами, ограничениями по их использованию, а также требованиями к выполнению мероприятий по их воспроизводству, охране и защите должны указываться в лесохозяйственных регламентах лесничеств, лесопарков.

6. Необходимо предусмотреть в правилах и порядках, устанавливаемых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, особенности использования, воспроизводства, охраны и защиты эксплуатационных лесов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Желдак В.И. Лесоводственное обеспечение решения задач лесного хозяйства и лесопользования в связи с изменением законодательно-правового режима содержания и использования лесов // Лесная наука сегодня: сб. ст. М.: ВНИИЛМ, 2009. 288 с.
2. Лесной кодекс Российской Федерации: федер. закон от 29.01.1997 г. № 22-ФЗ.
3. Лесной кодекс Российской Федерации: федер. закон от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ.

4. Лесоустроительная инструкция: утв. приказом МПР РФ от 06.02.2008 г. № 31.
5. Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации: федер. закон от 06.10.2003 г. № 131-ФЗ.
6. Об охране окружающей среды: федер. закон от 10.01.2002. № 7-ФЗ.
7. Основы концепции устойчивого развития Российской Федерации: утв. Указом Президента РФ от 01.04.1996 г. № 440.
8. Флеров Б.А., Мусеев Н.А., Григорьев В.Д. Интенсификация лесного хозяйства Финляндии. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 72 с.

Поступила 20.07.11

Forest Designation by Purpose as the Basis of Forest Management

Kharlov I.Yu., Candidate of Agriculture

Siberian Forest Experimental Station, Branch of the Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Mekhanizatorov, 5 "a", 625017 Tyumen, Russia
E-mail: sfes@bk.ru

In 1998, Russian Federation declared its transition to sustainable development and reviewed its attitude to the fundamentals of forest management.

In 2007, the state, as a constitutional guarantee of the preservation and stability of the environment, gave up the idea of being directly involved in economic activity and put its hopes on intensified business and cooperation with private companies by delegating some of its powers to regional authorities. Such a separation of powers between the federal center and the regions is in line with the principles of sustainable forest management aimed to develop areas in Russia.

Nowadays, forest management is based on the concept of the forest as an ecological system, or as a natural resource. Due to this dual character of the "forest" notion, the theory and practice of forestry now differentiate between protection forests, production forests, and reserve forests.

Designation by purpose is the core of the strategic planning of forest use and integrated development, including conservation, protection and restoration of forests, and is the basis for controlling the degree of impacts on forests.

Analysis of the regulatory framework for designation of forests by their purpose shows that the current legal regulation in this sphere does not fully serve regional interests aimed at sustainable development of territories and does not contribute to sustainable forest management.

At present, there is a need for additional functional classification of forests by their purpose and respective regional systems of forest management.

The author shows that the existing in the Russian Federation classification, including both protective, production, and reserve forests, requires improvement in order to be further used in developing a set of measures for preservation and enhancement of the target functions of forests.

Keywords: forest plan, forestry regulations, sustainable development, protective forests, designated areas, production forests, reserve forests.

REFERENCES

1. Zheldak V.I. Lesovodstvennoe obespechenie resheniya zadach lesnogo khozyaystva i lesopol'zovaniya v svyazi s izmeneniem zakonodatel'no-pravovogo rezhima sodержaniya i ispol'zovaniya lesov [Silvicultural Methods of Solving Forestry and Forest Management Problems Due to Changes in the Legislative and Legal Regime of Forest Use and Management]. *Lesnaya nauka segodnya: sb. statey* [Forest Science Today: Collected Papers]. Moscow, 2009, 288 p.
 2. *Forest Code of the Russian Federation: Federal Law of 29.01.1997 no. 22-FZ* (in Russian).
 3. *Forest Code of the Russian Federation: Federal Law of 04.12.2006 no. 200-FZ* (in Russian).
 4. *Forest Management Manual*. Approved by the Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation of 06.02.2008 no. 31 (in Russian).
 5. *On General Principles of Organization of Local Self-Government in the Russian Federation: Federal Law of 06.10.2003 no. 131-FZ* (in Russian).
 6. *On Environmental Protection: Federal Law of 10.01.2002 no. 7-FZ* (in Russian).
 7. *Bases of the Concept of Sustainable Development of the Russian Federation*. Approved by the Decree of the President of the Russian Federation of 01.04.1996 no. 440 (in Russian).
 8. Flerov B.A., Moiseev N.A., Grigor'ev V.D. *Intensifikatsiya lesnogo khozyaystva Finlyandii* [Intensification of Forestry in Finland]. Moscow, 1970. 72 p.
-

УДК 630*453+630*41

ДИНАМИКА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ЕЛЬНИКОВ В ПЕРИОД КУЛЬМИНАЦИИ РАЗМНОЖЕНИЯ ТИПОГРАФА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕСОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

© *В.П. Шелухо, д-р с.-х. наук, проф.*

В.И. Шошин, канд. с.-х. наук, доц.

В.С. Клюев, асп.

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, проспект Станке Димитрова,
3, г. Брянск, Россия, 241037

E-mail: sheluhoVP@rambler.ru

В Брянской области ель находится на южной границе своего ареала, в зоне периодических размножений короеда-типографа и массовых усыханий ели. С 2010 г. началась очередное усыхание еловых лесов и размножение короеда в Центральной России, что обусловлено экстремальной засухой. Засуха создала избыток кормовой базы для вредителя и привела к быстрому росту его численности. Короед стал самостоятельным фактором ослабления и усыхания деревьев.

Цели исследований – уточнение фенологии короеда-типографа в условиях области и проверка сравнительной эффективности традиционно рекомендуемых санитарно-защитных мероприятий при пандемическом размножении вредителя.

Исследования проведены в еловых лесах возраста 80...120 лет с участием 6...10 ед. ели в их составе, имеющих усыхание разной интенсивности. На шести участках изучено изменение состояния деревьев в течение вегетационного периода и влияние разных сочетаний санитарных и защитных мероприятий на численность короеда и состояние деревьев ели. Использованы стандартные методы лесопатологических обследований, лесопатологического мониторинга, энтомологического анализа деревьев, феромонного надзора.

С помощью феромонных ловушек установлены фенологические сроки фаз развития вредителя, который в 2010 и в 2011 гг. имел двойную генерацию с одним сестринским поколением. Уход на зимовку начался в середине сентября. Большая часть особей зимовала в ходах под корой подкороновой части ствола на деревьях по границам участков усыхания. Феромонные ловушки отлавливали за сезон 5...11 тыс. шт. жуков, что достаточно для заселения 1...3 деревьев. На ловчих деревьях, в зависимости от их диаметра, поселяется 8...22 тыс. шт. Отлов вредителя феромонными ловушками менее эффективен по сравнению с ловчими деревьями. Максимальный эффект получен в лесах, где комплексно применялись ловушки и ловчие деревья.

Разные сочетания санитарно-оздоровительных и защитных мер по сохранению ослабленных еловых лесов показали следующее:

феромонные ловушки в рекомендуемых количествах эффективны для ведения надзора и снижения численности в малоослабленных лесах при групповом или мелкоучастковом усыхании деревьев; при массовом усыхании они мало влияют на численность короеда и не останавливают усыхания;

при групповом и мелкоучастковом усыхании ели ловчие деревья позволяют сохранить от заселения деревья ели по границам очагов усыхания; больший эффект получен при одновременном применении феромонных ловушек и ловчих деревьев;

при своевременном проведении выборочных санитарных рубок в два приема (конец мая и сентябрь), до вылета молодых жуков, они имеют хороший лесозащитный эффект;

при участковом усыхании ели проведение комплексных мер не дает положительного эффекта; когда короед находится в фазе кульминации численности при массовом ослаблении еловых лесов, санитарные рубки должны быть сплошными и их следует назначать сразу на всей территории выдела с распространением на спелые еловые леса, прилегающие к территории усыхания.

Ключевые слова: ель европейская, очаги усыхания, состояние насаждений, стволовые вредители, эффективность лесозащитных и санитарных мероприятий.

В Брянском лесном массиве ель, находящаяся на южной границе ареала произрастания, очень уязвима к корневой засухе. Европейская Россия является зоной периодических пандемических размножений короеда-типографа и связанных с этим катастрофических усыханий ели [2, 4 и др.]. В большей степени усыханию подвержены спелые и перестойные насаждения ели, отмечаются участки усыхания и в средневозрастных древостоях [10]. В Брянской области отмечалось массовое усыхание ели после засух и заселения типографом в 1836–1848 гг., 1876–1886 гг., 1936–1943 гг., 1963–1972 гг., 1997–2004 гг. С 2010 г. началась очередная волна усыхания ели в ряде областей центральной части Европейской России (Московской, Брянской, Смоленской, Калужской). Быстрому росту численности типографа способствовала экстремальная засуха этого года, которая привела к значительному ослаблению ельников и создала избыток кормовой базы для короеда. Повышенные температуры позволили вредителю развиваться в двух поколениях и дать 1-2 сестринских поселения.

Короед-типограф хорошо защищен как от естественных врагов, так и от возможных мер со стороны человека [3]. Традиционно меры борьбы с ксилофагами сводятся к удалению заселенных деревьев перед вылетом из них молодого поколения, проведению санитарных рубок, применению феромонных ловушек и ловчих деревьев. Адекватных данных об эффективности перечисленных способов снижения численности короеда и улучшении санитарно-патологического состояния древостоев ели в условиях пандемического размножения вредителя недостаточно.

Исследования проводили в 2010–2012 гг. на территории Брянского административного района. Объекты расположены в лесах Учебно-опытного лесхоза БГИТА, на южной окраине центрального подзолистого ландшафтно-географического района, в зоне широколиственных лесов Скандинавско-Русской провинции, в лесорастительном районе сосновых лесов левобережья р. Десны. Климат района умеренно-континентальный. Ельники занимают 15,6 % (1441 га) лесопокрытой площади. Их средний возраст – 85 лет, класс бонитета – I, полнота – 0,68. Произрастают еловые древостои преимущественно в сложной группе типов леса (74 %). Наиболее распространенным типом лесорастительных условий является С₂ – 54,5 %.

Таблица 1

Таксационная характеристика елового элемента леса опытных объектов

Квартал	Выдел	Состав древостоя	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Тип леса ТЛГУ	Полнота	Характер усыхания	Мероприятия
7	25	6Е1ЕЗС+ДН	60	17	22	II	Бр, В ₂	0,8	Мелкоучастковое	Выкладка 2 ловчих деревьев
34	2	5Е4С1Е+Ос	130	31	36	I	Лип, С ₃	0,7	Групповое	Выкладка 3 ловчих деревьев
42	14	7СЗЕ+В+Д	110	30	40	I ^a	Лип, С ₃	0,6	« «	Выкладка 3 ловчих деревьев
84	6	6Е1С2Е1Ос	130	32	44	I	Лип, С ₃	0,7	Участковое	Сплошная санитарная рубка усохших и заселенных деревьев в феврале 2011 г.
86	11	6ЕЗС1Е	130	32	44	I	Орл, С ₂	0,5	Мелкоучастковое	Выкладка 6 ловчих деревьев, 3 феромонные ловушки
22	10	6С2Е1Е1Ос	55	21	24	I	Бр, В ₂	0,8	Единичное	Сплошная санитарная рубка усохших и заселенных деревьев в феврале, феромонные ловушки – 3 шт.
2	14	5Ос2ЕЗЕ+Д	80	25	26	I	Лип, С ₂	0,8	Куртинное	Феромонные ловушки – 3 шт. Не проводились

При исследовании санитарного состояния насаждений использовали методы ведения лесопатологического мониторинга и обследований [6–8]. В насаждениях были заложены временные пробные площади. Анализ модельных деревьев проводили по методике, предложенной Е.Г. Мозолева [5], В.Н. Трофимовым [9].

Цели исследований – уточнение фенологии вредителя в условиях Брянской области и оценка эффективности традиционно рекомендуемых санитарно-защитных мероприятий в условиях пандемического размножения типograфа. Подобрано шесть участков в древостоях IV – VI классов возраста с участием 6...10 ед. ели в их составе, имеющих усыхание различной интенсивности. В каждом из них проведены разные варианты лесозащитных мероприятий (табл. 1). Перечет деревьев по категориям санитарного состояния проводили в апреле и октябре.

Для надзора, изучения фенологии короэда-типографа и эффективности отлова имаго вредителя на территории Учебно-опытного лесхоза БГИТА было вывешено 9 феромонных ловушек. Отловлено всего 56 615 шт. особей типograфа. Данные учета на феромонных ловушках представлены в табл. 2.

Максимальное количество имаго (30 400 шт.) отловлено в квартале 84 (выдел 6), что связано с наличием рядом расположенного участкового усыхания древостоя

Таблица 2

Результаты учета короеда-типографа на феромонных ловушках

Квартал	Выдел	№ ловушки	Количество отловленных насекомых шт., по дням учета										Всего, шт.	Среднее кол-во на одну ловушку, шт.
			29.04	4.05	10.05	17.05	31.05	6.06	14.06	21.06				
22	10	1	715	950	1 020	410	80	150	250	190	3 765	3 225		
		2	610	620	850	360	200	300	220	160	3 320	3 225		
		3	330	420	880	340	80	100	300	140	2 590	3 225		
84	6	1	1 230	2 010	3 290	860	660	500	1 000	610	10 160	10 133		
		2	1 180	2 120	3 120	1 140	690	340	800	420	9 810	10 133		
		3	1 010	2 050	2 820	1 250	1 230	280	1 200	590	10 430	10 133		
86	11	1	920	1 000	930	890	480	400	560	230	5 410	5 513		
		2	1 270	1 080	860	720	630	540	600	90	5 790	5 513		
		3	1 150	800	970	990	380	590	700	160	5 340	5 513		

и очага размножения короедов 2010 г. (площадь 2,5 га). В среднем за двухмесячный период учета на одну феромонную ловушку в квартале 22 (выдел 10) приходилось 3 225 шт. особей типографа, в квартале 84 (выдел 6) – 10 133 шт., в квартале 86 (выдел 11) – 5 513 шт.

На территории Учебно-опытного лесхоза начало периода летной активности пришлось на вторую декаду апреля, конец – на первую декаду сентября. За этот период отмечалось три максимума численности примерно в одни и те же сроки. Первая волна возрастания численности, зафиксированная 10–15 мая, была связана с поиском кормовых деревьев и образованием семей для создания потомства материнским поколением. Вторая волна наблюдалась 14–20 июня, что указывает на образование типографом сестринского поколения. Третий максимум численности типографа отмечен в период с 27 августа по 5 сентября и приурочен к вылету имаго сестринского поколения и поиску кормового материала для закладки поселений второй генерации. Среднедневная температура воздуха конца августа (17...22 °С) была благоприятна для развития типографа. В 2011 г., как и в 2010 г., в Брянской области типограф основал поселения второго поколения. Как показали наши наблюдения, второе поколение типографа имеет значительно меньшую численность, низкую выживаемость – энергия размножения 0,47...0,52 [1].

Уход имаго типографа на зимовку был зафиксирован в середине сентября. При обследовании модельных деревьев было установлено, что часть жуков осталась на зимовку под корой, в местах своего развития, большая доля

Таблица 3

Результаты энтомологического анализа ловчих деревьев

Квартал	№ дерева	Площадь поселения дм ²	Площадь палеток	Плотность поселения, шт./дм ²		Короенный запас, шт.	Количество отловленных особей, шт.	
				по маточным ходам	по брачным камерам		на 1 дм ²	на дерево
84	1	1 581,0	34,99	5,9	3,5	14 730	9	14 730
	2	2 225,6	35,80	6,3	4,5	24 059	11	24 059
	3	1 254,4	28,34	5,4	3,2	10 889	9	10 889
	4	2 259,4	42,88	6,0	3,7	21 761	10	21 761
	5	1 610,0	33,11	4,7	2,4	11 378	7	11 378
	6	2 378,0	32,07	4,2	2,3	15 423	6	15 423
7	1	885,0	27,80	2,8	1,5	3 852	4	3 852
	2	1 275,0	33,62	4,3	1,8	7 774	6	7 774
34	1	3 174,2	53,65	3,0	1,8	15 265	5	15 265
	2	1 440,0	37,48	4,4	2,3	9 605	7	9 605
	3	2 622,0	44,96	4,0	2,2	16 096	6	16 096
42	1	1 184,0	31,09	2,0	1,2	3 770	3	3 770
	2	3 073,4	38,16	1,8	0,9	8 296	3	8 296
	3	3 065,4	40,59	3,7	1,9	17 294	6	17 294

имаго ушла на зимовку и дополнительное питание под кору подкороновой части стволов деревьев вблизи границ очагов усыхания.

В среднем одна феромонная ловушка отлавливает запас короедов, достаточный для полного заселения 1-2 деревьев ели со средним диаметром 36...40 см. Согласно данным фенологических учетов и отлова имаго феромонными ловушками популяция короеда-типографа находится в стадии кульминации размножения, начавшегося в 2010 г. В течение 2011 г. короед дал две генерации и сестринское поколение. Численность и плотность поселения на деревьях высокие. Выживаемость второго поколения низкая, однако общая численность имаго на единицу площади ослабленных насаждений высокая и могла обеспечить заселение в 2012 г. такое количество деревьев, которое значительно превышает естественный отпад.

Проведенный энтомологический анализ ловчих деревьев (табл. 3) показал следующее:

в квартале 84 (выдел 6) плотность поселения типографа по маточным ходам – 4,2...6,3 мх/дм² (выше среднего, высокая); минимальное количество, отловленное одним ловчим деревом, – 10 889, максимальное – 24 059 шт. жуков материнского поколения;

в квартале 7 (выдел 25) плотность поселения типографа по маточным ходам составляет 2,8...4,2 мх/дм² (средняя, выше среднего); количество отловленных

жуков невысокое (3 852...7 794 шт.), что связано с небольшим диаметром ловчих деревьев (22...24 см);

в квартале 34 (выдел 1) плотность поселения по маточным ходам составляет 3,1...4,4 мх/дм² (средняя, выше средней); количество отловленных имаго типографа ловчими деревьями варьировало от 9 605 до 16 096 шт.;

в квартале 42 (выдел 14) плотность поселения родительского поколения типографа на ловчих деревьях составляет 1,8...4,0 мх/дм² (средняя, выше средней); одним деревом, в зависимости от его диаметра, было отловлено от 3 770 до 17 294 шт.

Всего ловчими деревьями отловлено 180 188 шт. особей типографа. В среднем на одно ловчее дерево в квартале 7 (выдел 25) приходилось 5 813 шт. особей типографа, в квартале 34 (выдел 2) – 13 655 шт., в квартале 42 (выдел 14) – 9 787 шт., в квартале 84 (выдел 6) – 16 373 шт.

Таким образом, отлов кородея-типографа феромонными ловушками менее эффективен по сравнению с выкладкой ловчих деревьев. Наибольший эффект достигнут при комплексном использовании феромонных ловушек и ловчих деревьев.

По результатам осеннего учета 2011 г. состояние елового элемента леса ухудшилось на всех опытных участках. Изменение состояния древостоя значительно различается по объектам, что связано с различным первоначальным состоянием насаждения, вариантами опытных лесозащитных работ.

Результаты осеннего учета:

в кварталах 42 (выдел 14) и 34 (выдел 2) произошло небольшое снижение индекса состояния от 2,2...2,5 (ослабленный древостой) до 2,3...2,7 (ослабленный, сильно ослабленный древостой). Весной отмечалось групповое усыхание ели. Применение здесь ловчих деревьев дало положительный эффект даже без проведения санитарной рубки. Заселенность не превышала естественного текущего отпада (до 2,1 %);

в квартале 86 (выдел 11) при мелкоучастковом усыхании и выборке сухостоя и заселенных деревьев в феврале 2011 г. и при применении феромонных ловушек древостой практически не снизил средневзвешенную категорию санитарного состояния (СКС) – 1,76...1,87 и характеризовался как ослабленный. Свежезаселенных деревьев при осеннем учете обнаружено не было. При мелкоучастковом усыхании и санитарной рубке с выборкой заселенных вторым поколением типографа деревьев и последующим применением феромонных ловушек достигнут положительный эффект;

в квартале 7 (выдел 25) весной 2011 г. отмечено мелкоучастковое усыхание ели. На данном участке применение ловчих деревьев в объеме менее ¼ числа заселенных в предыдущий год деревьев как лесозащитное мероприятие себя не оправдало. В 20-метровой полосе вокруг очага усыхания, в период от весеннего до осеннего учета, состояние елового древостоя ухудшилось от ослабленного до усыхающего (СКС возросла от 2,20 до 3,82). Участок подлежит сплошной санитарной рубке;

в квартале 2 (выдел 14) средневзвешенная категория санитарного состояния елового древостоя увеличилась от 2,65 (сильно ослабленный древостой) до 3,93 (усыхающий), заселенность – от 12 до 38 %. При куртинном усыхании и отсутствии мероприятий по оздоровлению древостоя и снижению численности типографа произошло усыхание 42 % деревьев в полосе шириной 15 м вокруг имевшегося весной очага гибели деревьев;

в квартале 84 (выдел 6) отмечено участковое усыхание ели, несмотря на проведенный комплекс лесозащитных мероприятий (сплошная санитарная рубка, проведенная в зимний период, выкладка ловчих деревьев, развешивание феромонных ловушек), насаждение усохло на всей территории выдела. Заселенность ксилофагами близка к 100 %. Из-за высокой численности зимующего запаса типографа и общего ослабления древостоя профилактические и истребительные лесозащитные мероприятия эффекта не дали.

В смешанных елово-сосновых насаждениях при исчерпании основного кормового запаса на ели европейской короед с высокой плотностью заселил деревья сосны. Поселения отмечены на деревьях I–IV категорий санитарного состояния. Анализ модельных деревьев сосны показал, что плотность поселения по маточным ходам высокая, энергия размножения не превышает 0,45.

Выводы

1. Популяция короеда-типографа в 2011 г. находилась в стадии кульминации размножения, начавшегося в 2010 г. Короед дал две генерации и сестринское поколение в течение года. Численность и плотность поселения высокие. Выживаемость второго поколения низкая. Учитывая высокую плотность поселения на кормовом материале и благоприятные для ели погодные условия 2011 и 2012 гг., следует ожидать снижение агрессивности вредителя, уменьшение заселенности древостоев и начало затухания вспышки.

2. Отлов короеда-типографа феромонными ловушками менее эффективен по сравнению с выкладкой ловчих деревьев. В средневозрастных насаждениях, при низком среднем диаметре деревьев, феромонные ловушки будут эффективнее равного количества ловчих деревьев. Применение феромонных ловушек барьерного типа наиболее эффективно в менее ослабленных насаждениях при куртинном или мелкоучастковом усыхании древостоя. В случае массового усыхания древостоя крупными участками ловушки при рекомендуемом количестве (2...4 шт./га) не в состоянии заметно повлиять на численность популяции типографа.

3. В условиях группового или мелкокуртинного усыхания ели ловчие деревья в рекомендованных нормативными документами объемах значительно снижают численность вредителя и являются хорошей мерой снижения его численности и сохранения жизнеспособности деревьев по периферии очагов усыхания. Наиболее эффективной мерой снижения численности вредителя является комплексное применение феромонных ловушек и ловчих деревьев в выделах, где усыхание носит характер группового.

4. При масштабном ослаблении, заселении и усыхании древостоя даже проведение комплексных мер в рамках действующих нормативов [6–8] не дает положительного эффекта. Выборочные санитарные рубки в форме выборки свежезаселенных деревьев при правильном применении могут иметь наибольший лесозащитный эффект. Выборку деревьев, заселенных короедом, учитывая фенологию развития, следует проводить дважды: в конце мая–июне и в сентябре–ноябре.

5. Если размножение короеда находится в фазе кульминации, санитарные рубки в местах размножения типографа должны быть сплошными и захватывать прилегающие к очагам усыхания полосы старого елового леса шириной более 20 м. Сплошные санитарные рубки насаждений, утративших устойчивость, целесообразно назначать сразу на всей площади выдела, чтобы после многократных выборочных санрубок не увеличивать площади редких насаждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клюев В.С. Фенология развития типографа в Брянской области в 2011 г. // Защита и карантин растений. 2012. № 7. С. 42–43.
2. Кобельков М.Е. Современное санитарное состояние лесов и пути его улучшения // Лесн. хоз-во. 2005. № 2. С. 40–42.
3. Кузнецов В.И., Козлов Н.И. Борьба с короедом типографом в ельниках Подмосковья // Лесн. хоз-во. 2005. № 6. С. 40–41.
4. Маслов А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. М.: ВНИИЛМ, 2010. 138 с.
5. Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколова Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов вредителей и болезней леса. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 152 с.
6. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга. М.: Рослесхоз, 2007. 114 с.
7. Руководство по планированию, организации и проведению лесопатологических обследований. М.: Рослесхоз, 2007. 47 с.
8. Руководство по проведению санитарно-оздоровительных мероприятий. М.: Рослесхоз, 2007. 34 с.
9. Трофимов В.Н. Надзор, учет и прогноз массовых размножений вредителей лесов: учеб. пособие. 2-е изд. М.: МГУЛ, 2005. 136 с.

Поступила 17.01.12

Sanitary State Dynamics of Spruce Forests Under Culminating *Ips typographus* Reproduction and Efficiency of Forest-Protection Measures

V.P. Shelukho, Doctor of Agriculture, Professor

V.I. Shoshin, Candidate of Agriculture, Associate Professor

V.S. Klyuev, Postgraduate Student

Bryansk State Engineering and Technological Academy, Prospekt Stanke Dimitrova, 3,
241037 Bryansk, Russia

E-mail: sheluhoVP@rambler.ru

In the Bryansk Region, spruce is located on the southern boundary of its range in the area of recurrent reproduction of eight-dentated bark beetle and large-scale spruce drying. Since 2010, Central Russia has seen a new wave of spruce forests drying and bark beetle reproduction, which was caused by severe droughts. The draughts supplied the pest with plentiful nutrients, favouring their rapid superabundance. The bark beetle became an independent factor contributing to trees' weakening and drying. The research aimed to define more exactly the pest's phenology in the region and check the comparative effectiveness of the traditionally recommended sanitary and protection measures during pandemic reproduction of *Ips typographus*.

The research was conducted in 80–120-year-old spruce forests having trees with different intensity of drying. On 6 sites we studied changes in the state of trees during the vegetation period and the influence of various combinations of sanitary and protection measures on the bark beetle quantity and on the state of spruce. We applied standard methods of forest pathology research, monitoring, entomological analysis of trees, and pheromone control.

Phenological stages of the pest's development were determined by means of pheromone traps. In 2010 and 2011, the beetle had two generations with one sister generation. Hibernation started in mid-September. The majority of beetles hibernated in insect holes under the bark of the under-crown part of the tree trunk along the drying zones line. Pheromone traps caught 5–11 thousand beetles per season, which is enough to colonize 1–3 trees. Trap trees, depending on their diameter, are colonized by 8–22 thousand beetles. Pheromone traps are less efficient than trap trees. The maximum effect was obtained in those forests where we used both traps and trap trees.

Different combinations of sanitary and protection measures aimed to preserve weakened spruce forests have proved that:

pheromone traps in recommended quantity are efficient to control and reduce the pest's quantity in less weakened forests if tree drying occurs in groups or in limited areas. In case of large-scale drying, they have no effect on the bark beetle quantity and cannot stop the drying;

in case of tree drying in groups or in limited areas, trap trees help save the spruce from colonization along the lines of drying zones. A greater effect was obtained at simultaneous use of pheromone traps and trap trees;

selective forest cutting, when done in two steps (at the end of May and September) before young beetles leave, has a positive protective effect;

in case of spruce drying in limited areas, no positive effect is produced even by complex measures. When the bark beetle is in the phase of quantity culmination and spruce forests are weak, clear-cutting should be done throughout the entire territory of mature spruce forests contiguous to the territory of drying.

Keywords: European spruce, zones of drying, stand condition, secondary insects, efficacy of forest protection and sanitary measures.

REFERENCES

1. Klyuev V.S. Fenologiya razvitiya tipografa v Bryanskoy oblasti v 2011 godu [Phenology of *Ips typographus* Development in Bryansk Region]. *Zashchita i karantin rasteniy*, 2012, no. 7, pp. 42–43.
2. Kobel'kov M.E. Sovremennoe sanitarnoe sostoyanie lesov i puti ego uluchsheniya [Current Forest Health and Ways to Improve It]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2005, no. 2, pp. 40–42.

3. Kuznetsov V.I., Kozlov N.I. Bor'ba s koroedom tipografom v el'nikakh Podmoskov'ya [Fighting *Ips typographus* in Spruce Forest of the Moscow Area]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2005, no. 6, pp. 40–41.

4. Maslov A.D. *Koroed-tipograf i usykhanie elovykh lesov* [*Ips typographus* and Spruce Forests Drying]. Moscow, 2010. 138 p.

5. Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolova E.S. *Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov vreditel'nykh i bolezney lesa* [Methods of Forest Pathology Examination of Centres of Forest Pests and Diseases]. Moscow, 1984. 152 p.

6. *Rukovodstvo po planirovaniyu, organizatsii i vedeniyu lesopatologicheskogo monitoringa* [Guide for Planning, Organization and Management of Pathology Monitoring]. Moscow, 2007. 114 p.

7. *Rukovodstvo po planirovaniyu, organizatsii i provedeniyu lesopatologicheskikh obsledovaniy* [Guide for Planning, Organization and Management of Pathology Monitoring]. Moscow, 2007. 47 p.

8. *Rukovodstvo po provedeniyu sanitarno-ozdorovitel'nykh meropriyatiy* [Guidelines for Sanitary Measures]. Moscow, 2007. 34 p.

9. Trofimov V.N. *Nadzor, uchet i prognoz massovykh razmnozheniy vreditel'nykh lesov* [Supervision, Record and Forecasting of Mass Outbreaks of Forest Pests]. 2nd ed. Moscow, 2005. 136 p.

УДК 630*284.2:630*385.1

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОЛУЧЕНИЕ ТЕРПЕНТИНА В ОСУШАЕМЫХ СОСНЯКАХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

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

Вологодский государственный технический университет, ул. Ленина, 15, г. Вологда,
Вологодская область, Россия, 160000
E-mail: tolyannow@mail.ru

А.Л. Федяев, д-р биол. наук МАНЭБ, ген. директор

ООО НПО «Алкахест», ул. Локомотивная, 24, г. Архангельск, Архангельская область,
Россия, 163039
E-mail: alkahest@yandex.ru

В.В. Петрик, д-р с.-х. наук, проф.

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

Сосновая живица (терпентин) – ценный продукт, входящий в государственный резерв, поэтому уточнение различных факторов, влияющих на ее выделение при подсочке, актуально. На примере осушаемых сосновых древостоев Вологодской области на переходных торфяных почвах было рассмотрено влияние на получение терпентина при подсочке абсолютной влажности торфа, температуры воздуха в области нанесения технологических поранений и на различной глубине торфяной почвы, а также залегания уровня грунтовых вод на всем протяжении межканального пространства осушаемой лесополосы.

Опытным путем было установлено, что спелые осушаемые сосняки на юго-западе Вологодской области имеют высокую смолопродуктивность. Доказано, что на смолопродуктивность сильнее влияют уровень почвенно-грунтовых вод, температура почвы на глубине 5 и 10 см и текущая температура воздуха на уровне заложения карр. Зависимость выхода соснового терпентина с одного реза при подсочке хорошо описывает графическая зависимость по экспоненте $y = 9,407e^{0,49x}$.

При изучении колебаний изменчивости выделения соснового терпентина с одного технологического реза на межканальном пространстве в целом отмечен невысокий их уровень (9...10 %). Также было определено, что на выход живицы при подсочке влажность почвы значимого влияния не оказывает, что на глубине 20 (30) см от дневной поверхности связь ее со смолопродуктивностью становится отрицательной.

Ключевые слова: сосна, подсочка, смолопродуктивность, экологические условия, гидрорелесомелиорация, сосновая живица.

Введение

В России ввиду резкого сокращения лесосырьевой базы, ее нерационального использования и дефицита квалифицированной рабочей силы промышленная заготовка терпентина из сосны в настоящее время практически

сведена к нулю. Сосновый терпентин (или живица), получаемый при проведении подсочки, служит ценным лесохимическим сырьем. Принимая во внимание тот факт, что подсочка увеличивает общую продуктивность лесов, изучение особенностей добычи терпентина в условиях осушаемых сосняков достаточно актуально. О расширении лесосырьевой базы подсочки сосны за счет внесения в ее реестр объектов гидролесомелиорации имеется достаточное количество публикаций [3, 5 и др.], но вопросы влияния на удельный выход живицы отдельных экологических параметров (температура воздуха и торфяной почвы, уровень почвенно-грунтовых вод (ПГВ) и др.) требуют дополнительной проработки.

Вологодская область располагает значительным процентом осушаемых и заболоченных территорий с торфяными залежами. Для них (это примерно 3,4 млн га земель гидролесомелиоративного фонда [3, 5]) характерна высокая степень лесистости с высоким участием сосны. Площадь низкобонитетных древостоев составляет приблизительно $\frac{2}{3}$ всего фонда, т. е. только на одной третьей произрастают сосняки, которые могут быть пригодны для подсочки. Чистые сосновые древостои, кроме произрастающих на объектах лесосушения, встречаются также в лесозащитных зонах, но в них подсочка запрещена.

Из выше отмеченного вытекает цель нашего исследования – изучить влияние на выход живицы при опытной подсочке осушаемых сосняков таких экологических факторов, как уровень ПГВ, температура воздуха и почвы, абсолютная влажность почвы.

Описание объектов исследования и методика работ

Опыт был проведен в осушаемом спелом сосняке (Лентьевское лесничество Устюженского р-на) на переходной торфяной почве (С. ртр. ос). Осушение открытой сетью мелиоративных каналов с интервалом в 180...220 м было проведено в 1972 г.

Для исследования смолопродуктивности при подсочке межканальное пространство (175 м) было разграничено на 18 полос древостоя шириной 10 м, на которых проведены оценка смолопродуктивности (выход живицы с карродециметрподновки (КДП)) и таксационные работы, измерены уровень ПГВ, абсолютная влажность, температура торфяной почвы. Подсочку сосняков проводили восходящим способом односторонней каррой шириной 10 см с шагом 12 мм, углом 45° и глубиной подновки 4 мм. Пауза вздымки – 3,5 дн. Учет выхода живицы производили ежемесячно и подеревный с точностью до ± 1 г.

Водный режим почв изучали путем наблюдения за уровнем ПГВ [1, 3], для чего в межканальной полосе обустроивали гидрологические створы (смотровые колодцы). Наблюдения проводили в течение вегетационного периода. Одновременно с нанесением подновок замеряли уровень ПГВ, влажность и температуру воздуха и почвы. Влажность почвы на глубине 3, 10, 20 и 30 см определяли мегаомметром М4100/1-5. Контрольные замеры влажности почвы выполняли весовым способом в начале, середине и конце вегетационного периода.

Таблица 1
Смолопродуктивность, экологические параметры и таксационные показатели осушаемого соснового древостоя

Месяц	Средний выход живицы с КДЦ, г	Средние показатели на межканальном пространстве										Краткая таксационная характеристика древостоя			
		Уровень ПТВ, см	Абсолютная влажность, % торфяной залежи на глубине, см				Температура воздуха и почвы, °С		Запас, м ³ /га	Абсолютная плотность, м ³ /га	Диаметр на высоте 1,3 м, см	Высота, м	Состав (средний возраст)	В среднем по древостою	
			3	10	20	30	на высоте заложения карр	на глубине, см							5
Июнь	10,42 ± 0,11	34,80 ± 0,28	465,94 ± 7,52	535,06 ± 8,59	591,17 ± 10,59	648,61 ± 10,35	15,44 ± 0,17	10,33 ± 0,06	9,89 ± 0,04						
Июль	12,96 ± 0,13	51,19 ± 0,28	325,67 ± 6,00	393,17 ± 7,61	418,33 ± 5,40	442,94 ± 7,91	17,78 ± 0,09	15,00 ± 0,00	13,78 ± 0,05						
Август	10,35 ± 0,13	29,90 ± 0,16	311,28 ± 5,24	398,44 ± 7,24	461,33 ± 2,91	531,61 ± 3,74	15,61 ± 0,06	14,00 ± 0,00	13,17 ± 0,06			250	26,27± 0,30	18,5± 0,08	14,67± 0,10
Среднее за сезон	11,24 ± 0,10	38,63 ± 0,36	367,63 ± 9,26	442,22 ± 9,31	490,28 ± 10,65	541,06 ± 10,95	16,28 ± 0,13	13,11 ± 0,22	12,28 ± 0,19						

Примечание. В числителе – значение показателя, в знаменателе – ошибка определения.

Температуру воздуха измеряли срочными, минимальными и максимальными термометрами (ТМ-1, ТМ-2, ТМ-3) на высоте заложения карр (1,0...1,3 м), почвы – на глубине 5, 10, 15, 20 и 25 см от дневной поверхности с помощью термометров Савинова (ТМ-5).

Результаты исследования и их обсуждение

Обработка полученных данных методами вариационной статистики (табл. 1) показала, что наибольшее смоловыделение (выход живицы) наблюдается в середине сезона, достигая в отдельных случаях 15,30 г на КДП. В это время влажность интенсивно осушаемых верхних слоев торфяной почвы варьирует от 274 до 523 %, в начале лета на участках с разной степенью осушения она изменяется от 412 до 676 %. В августе колебания влажности несколько схожи с вариацией в июне и составляют 217...576 %.

Сезонная динамика температуры воздуха и почвы также хорошо выражена. В начале полевого сезона температура воздуха изменялась от 11 до 17 °С, достигая в июле 19 °С, в конце сезона заготовки живицы она снизилась до 16 °С. Температура корнеобитаемого слоя почвы (от поверхности до 20 см в глубину) в июне, июле и августе колебалась в интервалах 8...11, 12...15 и 12...14 °С соответственно. Эти данные хорошо согласуются с результатами ранее проведенных исследований [1, 3].

Смолопродуктивность сосняков (в юго-западных районах Вологодской области, находящихся в более благоприятных климатических условиях), с июня по август (в среднем) не опускается ниже 10 г на КДП, что соответствует высокой категории по классификации смолопродуктивности сосняков В.И. Суханова [4] для Европейской России. Контрольные (без осушения) сосняки на схожей торфяной почве, как правило, имеют низкую смолопродуктивность (4...5 г на КДП) [5].

По результатам вариационной статистики, выполненной по методике М.Л. Дворецкого [2], можно сделать заключение, что колебания изменчивости (9...10 %) выхода живицы с КДП сравнительно невелики. Это свидетельствует о том, что резких перепадов в ее выделении в среднем на межканальной полосе не наблюдается. Достоверность средних значений ($t = 63,8$) и точность опыта ($p = 1,52$) во все месяцы наблюдений подтверждают ранее высказанные заключения по смолопродуктивности.

Поиск тесноты связи (корреляция Пирсона) между исследованными экологическими параметрами (табл. 2) позволил выявить высокий уровень зависимости (по М.Л. Дворецкому [2]) между смолопродуктивностью и уровнем ПГВ и значительную связь между выходом живицы и текущей температурой воздуха в местах заложения карр.

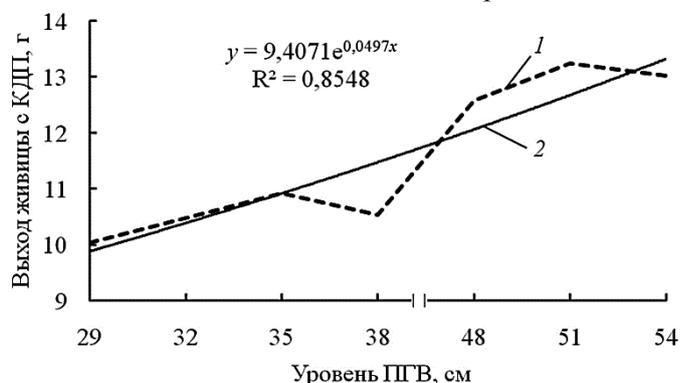
Таблица 2

Коэффициент корреляции между выходом живицы и экологическими параметрами среды

Уровень ПГВ	Влажность почвы на глубине, см				Текущая температура воздуха	Температура почвы на глубине, см	
	3	10	20	30		5	10
0,76 ±0,06	0,27 ±0,13	0,31 ±0,09	-0,35 ±0,10	-0,40 ±0,11	0,51 ±0,10	0,49 ±0,10	0,43 ±0,11

Примечание. В числителе – значение коэффициента корреляции, в знаменателе – ошибка определения.

При отнесении значений уровня ПГВ летних месяцев по интервалам (28...30 – интервал 29 и т. д.) и группировке вместе с ними выделившейся на пробах живицы (с расчетом среднего по выходу) была получена графическая зависимость с объясненным процентом дисперсии 85 (см. рисунок).



Зависимость выхода живицы с КДП при подсочке от уровня ПГВ: 1 – фактический выход; 2 – экспоненциальный выход живицы

Необходимо отметить, что в интервалах уровня ПГВ от 35 до 38 см и от 51 до 54 см от дневной поверхности почвы смолопродуктивность имеет тенденцию к снижению, что может быть объяснено продолжающейся адаптацией корневой системы деревьев к проведенной лесосушительной мелиорации.

Выводы

1. Опытами подтверждено, что спелые осушаемые сосняки на юго-западе Вологодской области имеют высокую смолопродуктивность.
2. Установлено, что на смолопродуктивность сильное влияние оказывают уровень почвенно-грунтовых вод, температура почвы на глубине 5 и 10 см и текущая температура воздуха в местах нахождения карр.
3. На выход живицы при подсочке влажность почвы значимого влияния не оказывает, но на глубине 20 (30) см от дневной поверхности связь ее со смолопродуктивностью становится отрицательной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волперский С.Э.* Биологические основы эффективности лесосушения. М.: Наука, 1968. 312 с.
2. *Дворецкий М.Л.* Практическое пособие по вариационной статистике. Йошкар-Ола: Поволжский ЛТИ, 1961. 99 с.
3. *Дружинин Н.А.* Лесоводственно-экологическое обоснование ведения лесного хозяйства в осушаемых лесах: дис. ... док. с.-х. наук. СПб., 2006. 333 с.
4. Лесотаксационный справочник для северо-востока европейской части СССР (нормативные материалы для Архангельской, Вологодской областей и Коми АССР). Архангельск, 1986. 358 с.
5. *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.

Поступила 15.04.11

Influence of Environmental Conditions on Turpentine Output in Drained Pine Forests of the Vologda Region

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

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

E-mail: tolyannow@mail.ru

A.L. Fedyaev, Doctor of Biology of the International Academy of Ecology, Man and Nature Protection Sciences, Director General

LLC "Alkakhest", Lokomotivnaya, 24, 163039 Arkhangelsk, Russia

E-mail: alkaxest@yandex.ru

V.V. Petrik, Doctor of Agriculture, Professor

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

E-mail: harz@narfu.ru

Pine galipot, or turpentine, is a valuable product which is part of a state reserve. This makes clarification of various factors affecting its secretion at tapping quite relevant. Drained pine stands on transitional peat soils in the Vologda Region were taken as an example to study how the following factors influence turpentine output at tapping: absolute peat humidity, air temperature at different peat soil depth and in the area of incisions, as well as ground-water level throughout the inter-channel space of the drained forest belt.

It was empirically found that mature drained pine forests in the southwest of the Vologda Region have high resin productivity. It has been proved that resin productivity is strongly influenced by the level of soil and ground water, soil temperature at the depth of 5 and 10 cm and current air temperature at the level of resin blaze location. Dependence of pine turpentine output from one cut at tapping is well presented in the graphical equation $y=9.407e^{0.49x}$.

Fluctuations of pine turpentine output variability from one cut on the inter-channel space remain at a low level (9–10 %). Soil humidity proved to have no significant effect on resin output at tapping; however, at the depth of 20 (30) cm from the surface, it produced a negative effect on resin productivity.

Keywords: pine, tapping, pine resin productivity, ecological conditions, forest hydromelioration, pine galipot, pine stand.

REFERENCES

1. Vomperskiy S.E. *Biologicheskie osnovy effektivnosti lesoosusheniya* [Biological Basis of Efficient Forest Drainage]. Moscow, 1968. 312 p.
 2. Dvoretzkiy M.L. *Prakticheskoe posobie po variatsionnoy statistike* [Practical Guide to Variation Statistics]. Yoshkar-Ola, 1961. 99 p.
 3. Druzhinin N.A. *Lesovodstvenno-ekologicheskoe obosnovanie vedeniya lesnogo khozyaystva v osushaemykh lesakh*: dis. ... dok. s.-kh. nauk [Silvicultural and Ecological Basis of Forest Management in Drained Forests: Dr. Agric. Sci. Diss.]. St. Petersburg, 2006. 333 p.
 4. *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).
 5. Fedyayev 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.
-

УДК 630*182:674.032.475.542

СЕЗОННЫЙ РОСТ ДЕРЕВЬЕВ *PICEA ABIES* L. (KARST.) РАЗНОГО ВОЗРАСТА В СЕВЕРНОЙ КАРЕЛИИ*

© *И.Т. Кищенко, д-р биол. наук, проф.*

Петрозаводский государственный университет, пр. Ленина, 33, г. Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185640

E-mail: ivanki@karelia.ru

Требовательность растений к факторам среды в процессе онтогенеза может существенно меняться. Поэтому в зависимости от возраста сезонный рост дерева, вероятно, должен иметь свои особенности, которые необходимо учитывать при проведении некоторых лесохозяйственных мероприятий. Исследования выполнены на севере Карелии (северная подзона тайги) в древостоях ельника черничного разного возраста (жердняк, приспевающий и перестойный). Изучали сезонный рост побегов, хвои и стволов. Результаты исследований обработаны методами вариационной статистики.

Установлено, что сезонный рост вегетативных органов у деревьев 34–153-летнего возраста происходит с одинаковой последовательностью. В конце мая начинается рост побегов, спустя неделю появляется молодая хвоя, через декаду начинается формирование древесины ствола. Прирост изученных вегетативных органов кульминирует в первой половине июля. Рост побегов заканчивается в конце июля, хвои и стволов – во второй половине августа. Начало роста побегов не зависит от возраста деревьев. Формирование хвои и древесины ствола у молодых деревьев начинается на 3...6 сут раньше, чем у сравнительно старых. У старых деревьев начало формирования древесины ствола сдвигается примерно на неделю. Интенсивность роста изучаемых вегетативных органов с возрастом дерева существенно снижается. С этим в основном и связаны различия в годичном приросте у деревьев на разных возрастных этапах.

Ключевые слова: рост, ель европейская, возраст растений.

Введение

Биологическая продуктивность древостоев определяется в конечном итоге продолжительностью и интенсивностью деятельности меристематических тканей. На процессы роста при этом оказывают влияние множество экологических факторов. Вместе с тем известно, что требовательность растений к факторам среды в процессе онтогенеза может существенно меняться. Поэтому в зависимости от возраста дерева его сезонный рост, вероятно, должен иметь свои особенности, которые необходимо учитывать при проведении некоторых лесохозяйственных мероприятий.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности.

Изучению формирования древесины ствола хвойных деревьев разного возраста посвящены работы ряда авторов [1, 3, 4]. Между тем такие части дерева, как побеги и хвоя, остаются совершенно неизученными.

Цель исследований – изучение особенностей сезонного роста вегетативных органов ели европейской – *Picea abies* L. (Karst.).

Объекты и методы исследований

Наблюдения проводили в 2002–2003 гг. на севере Карелии (северная подзона тайги, 63° 50' с. ш., 30° 45' в. д.) в древостоях ельника черничного разного возраста: жердняк, приспевающий и перестойный. Характеристика объектов исследований приведена в табл. 1.

Таблица 1

Таксационная характеристика еловых древостоев

Возрастной этап (возраст древостоя)	Породный состав	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов на 1 га	Полнота	Запас, м ³ /га	Текущий прирост, м ³ /га	Класс бонитета
Молодняк (34 года)	8Е2Б	8	12	839	0,9	80	5,8	III
Приспевающий (78 лет)	8Е2Б	17	22	1571	0,7	175	5,6	III
Перестойный (153 года)	7Е1С1Б1Ос	19	24	1078	0,7	206	2,6	IV

Объектами исследований в каждом древостое служили 10 учетных деревьев трех возрастов (34, 78 и 153 года), занимающих среднее положение в пологе леса (2-3 классы роста и развития по Крафту) по методике А.А. Молчанова и В.В. Смирнова [2]. Длину осевых побегов второго порядка ветвления измеряли с юго-западной части кроны на высоте около 2 м с момента набухания вегетативных почек до заложения почек возобновления (зимующих), длину хвои – с момента ее обособления до полного прекращения роста через каждые 3 сут. Объем выборки по каждому сроку наблюдений составлял по 25 побегов и хвоинок. Для изучения сезонного радиального прироста ствола на каждой пробной площади у тех же модельных деревьев отбирали высечки древесины на высоте 1,3 м через каждые 7 сут после начала деятельности камбия. Суточный прирост вегетативных органов определяли как разницу между последующим и предшествующим наблюдениями, деленную на число суток этого периода.

Статистическая обработка материалов наблюдений показала, что при определении среднеарифметической величины прироста вегетативных органов точность опыта составляет около 5 %, коэффициент вариации – не выше 20 %. Обсуждаемые ниже различия исследуемых показателей деревьев разного возраста статистически достоверны (на 5 %-м уровне значимости).

Таблица 2

Даты прохождения основных фенофаз учетных деревьев ели европейской разного возраста

Возраст, лет	Год наблюдений	Начало роста				Кульминация прироста				Окончание роста			
		Побег	Хвоя	Ствол	Не отр.	Побег	Хвоя	Ствол	Не отр.	Побег	Хвоя	Ствол	Не отр.
34	2002	29 V	4 VI	Не отр.	9–18 VII	2–15 VII	Не отр.	19 VII	15 VIII	15 VIII	Не отр.	27 VIII	
	2003	30 V	6 VI	12 VI	10–20 VII	5–16 VII	27 VI–3 VII	23 VII	16 VIII	16 VIII	Не отр.	22 VIII	
78	2002	26 V	1 VI	Не отр.	9–15 VII	16–22 VII	Не отр.	20 VII	18 VIII	18 VIII	Не отр.	25 VIII	
	2003	28 V	3 VI	12 VI	13–19 VII	1–10 VII	27 VI–3 VII	26 VII	21 VIII	21 VIII	Не отр.	27 VIII	
153	2002	27 V	8 VI	Не отр.	9–11 VII	12–18 VII	Не отр.	18 VII	13 VIII	13 VIII	Не отр.	27 VIII	
	2003	29 V	12 VI	18 VI	10–13 VII	17–23 VII	4–10 VII	21 VII	14 VIII	14 VIII	Не отр.	27 VIII	

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные исследования позволили установить, что рост побегов (на высоте 2 м) у деревьев разного возраста начинается и заканчивается почти в одно время (табл. 2). Поэтому продолжительность их формирования за исследованный период различалась не более чем на 3...5 сут. Начало роста отмечено с 26 по 30 мая, окончание – с 18 по 26 мая. Эти различия связаны в основном с особенностями температурного режима [1]. Продолжительность роста побегов варьировала в пределах 49...60 сут.

Кроме того, обнаружено, что характер динамики роста побегов мало зависит от возраста деревьев. Ранее было установлено, что динамика прироста побегов связана в основном с колебаниями температуры воздуха [1]. Поэтому на всех исследуемых возрастных этапах изменения в температуре внешней среды сказываются на динамике роста побегов сходным образом. Вместе с тем установлено, что интенсивность их роста при этом не остается постоянной. Быстрее всего растут побеги у молодых деревьев. Например, в 2003 г. в период кульминации суточный прирост побегов у 34-летних деревьев достиг 3,7, у 78-летних – 3,0, у 153-летних – всего 2,6 мм (табл. 3). По этой причине наибольшая длина (61...77 мм) сформировавшихся побегов была отмечена у деревьев первых двух возрастов. У 153-летних она оказалась меньше примерно на 10 %. Уменьшение продолжительности и интенсивности роста побегов с возрастом дерева обнаружено и другими исследователями [1, 3].

Начало роста хвои (на высоте 2 м) у деревьев изученных возрастов за годы исследований отмечалось 1–8 июня, окончание – 15–24 августа.

Рост хвои у 78-летних деревьев начинается раньше, а заканчивается на несколько суток позже по сравнению с деревьями молодыми и старыми (см. табл. 2). В результате продолжительность ее роста у 78-летних деревьев достигает 80 сут, что на 10 сут больше, чем у деревьев иных возрастных этапов.

Таблица 3

Некоторые характеристики прироста вегетативных органов учетных деревьев ели европейской разного возраста

Возраст, лет	Год наблюдений	Максимальный суточный прирост, мм		Годичный прирост, мм		Продолжительность роста, сут	
		Побег	Хвоя	Побег	Хвоя	Побег	Хвоя
34	2002	3,4±0,13	0,6±0,02	77±3,3	27±1,3	49±2,5	70±3,4
	2003	3,7±0,21	1,1±0,04	55±2,3	20±1,1	55±2,7	72±3,5
	2003	3,6±0,18	1,9±0,07	70±2,8	26±1,3	56±2,7	79±3,7
78	2003	3,0±0,13	1,5±0,06	61±2,6	20±1,0	60±2,9	80±4,1
	2002	2,5±0,10	1,8±0,07	70±2,9	26±1,4	53±2,6	68±3,2
153	2002	2,6±0,12	1,4±0,05	53±2,2	19±0,9	54±2,6	70±3,3
	2003						

Интенсивность роста хвои на разных возрастных этапах существенно различается. Так, с возрастом дерева интенсивность роста хвои несколько увеличивается. Например, у 34-летних деревьев ее максимальный суточный прирост в 2003 г. составил 1,1, у 153-летних – 1,4 мм. Однако характер динамики удлинения хвои у деревьев разного возраста остается неизменным. Объясняется это тем, что на интенсивность роста как хвои, так и побегов, в основном влияет температура воздуха, изменение которой сказывается сходным образом на приросте хвои у деревьев разного возраста.

Наибольший годичный прирост хвои в длину (20...27 мм) отмечен у 34–78-летних деревьев благодаря повышенной энергии роста (табл. 3).

Проведенные исследования позволили обнаружить, что время начала формирования древесины ствола (на высоте 1,3 м) в определенной мере зависит от возраста дерева: у старых деревьев этот процесс начинается на 3...6 сут позже, чем у 34–78-летних (см. табл. 2). Его начало у 34–78-летних деревьев фиксировали с 12 по 15 июня, у 153-летних – 18 июня. Запаздывание начала роста ствола у старых деревьев по сравнению с молодыми отмечено многими исследователями в различных лесорастительных условиях [1, 3, 4].

Рост стволов у деревьев разного возраста прекращается также в разное время. У молодых деревьев это явление наблюдается на несколько суток раньше. Например, за период исследований образование древесины ствола у 34-летних деревьев закончилось 22 августа, у 78-летних – 25 августа, у 153-летних – 27 августа. Таким образом, у более старых деревьев период формирования древесины ствола сдвигается примерно на неделю. Общая продолжительность деятельности камбия ствола при этом различается незначительно – 69...75 сут. По данным Ф.Н. Харитоновича [4] в зоне широколиственных лесов эта разница может достигать 1 мес.

Различия в возрасте деревьев заметно сказываются на интенсивности продуцирования камбием древесины ствола. У молодых деревьев этот процесс идет более энергично. Например, за период исследований

максимальный суточный радиальный прирост стволов у 34-летних деревьев достигал 50, у 78-летних – 40, у 153-летних – 30 мкм.

Увеличение продолжительности и интенсивности роста древесины ствола у молодых деревьев приводит к возрастанию их годового радиального прироста (см. табл. 3): у 34–78-летних деревьев – 3,2...3,3, у 153-летних – 3,0 мм. Отмеченные различия прежде всего связаны с неодинаковой скоростью деления клеток камбия.

Изучение особенностей сезонного роста побегов, хвои и стволов деревьев ели разного возраста, произрастающих в условиях ельника черничного в северной Карелии (северная подзона тайги), позволяет отметить следующее.

1. Рост вегетативных органов у деревьев 34–153-летнего возраста происходит с одинаковой последовательностью. В конце мая начинается рост побегов, спустя неделю появляется молодая хвоя, через декаду начинается формирование древесины ствола. Прирост изученных вегетативных органов кульминирует в первой половине июля. Рост побегов заканчивается в конце июля, хвои и стволов – во второй половине августа.

2. Начало роста побегов не зависит от возраста деревьев. Формирование хвои и древесины ствола у молодых деревьев начинается на 3...6 сут раньше, чем у сравнительно старых. У старых деревьев начало формирования древесины ствола сдвигается примерно на неделю.

3. Интенсивность роста изучаемых вегетативных органов с возрастом дерева существенно снижается. С этим в основном и связаны различия в величине их годового прироста у деревьев на разных возрастных этапах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кищенко И.Т. Рост и развитие аборигенных и интродуцированных видов семейства *Pinaceae* Lindl в условиях Карелии. Петрозаводск: Изд-во ПетГУ, 2000. 211 с.
2. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 95 с.
3. Острошенко В.В. Сезонный рост ели аянской // Лесн. хоз-во. 1982. № 4. С. 52–55.
4. Харитонович Ф.Н. Закономерности роста сосны обыкновенной // Лесн. хоз-во. 1961. № 11. С. 18–22.

Поступила 20.03.12

Seasonal Growth of Differently Aged *Picea abies* L. (Karst.) Trees in Northern Karelia

I.T. Kishchenko, Doctor of Biology, Professor

Petrozavodsk State University, Prospekt Lenina, 33, 185640 Petrozavodsk, Russia
E-mail: ivanki@karelia.ru

A plant's need for certain environmental conditions can vary significantly during its ontogeny. Thus, depending on the age of the tree its seasonal growth apparently has its own peculiarities that must be taken into account when conducting certain forestry activities.

The research was carried out in the north of Karelia (northern taiga subzone) in differently aged stands (polewood, ripening and overripe trees) in a blueberry spruce forest. We have studied the seasonal growth of shoots, needles and trunks. The research results were processed by the methods of variation statistics.

Seasonal growth of vegetative organs of 34 to 153-year-old trees proved to have the same sequence. In late May, shoots start to grow; a week later there appear young needles, and ten days later the trunk wood starts developing. Growth of the vegetative organs under study reaches its climax in the first half of July. Shoots stop growing at the end of July, and the needles and branches – in the second half of August. Start of shoot growth does not depend on the age of the tree. Needles and trunk wood in young trees start developing 3–6 days earlier than in the relatively old ones. Old trees start forming trunk wood about a week later than the young ones. The growth rate of the vegetative organs under study is reducing significantly with the tree ageing. It is mainly this fact that can explain the discrepancy between their annual growth in differently aged trees.

Keywords: growth, *Picea abies*, age of plants.

REFERENCES

1. Kishchenko I.T. *Rost i razvitie aborigennykh i introdutsirovannykh vidov semeystva Pinacea Lindl v usloviyakh Karelii* [Growth and Development of Local and Introduced Species of *Pinacea* Lindl in Karelia]. Petrozavodsk, 2000. 211 p.
 2. Molchanov A.A., Smirnov V.V. *Metodika izucheniya prirosta drevesnykh rasteniy* [Methods for Studying the Growth of Woody Plants]. Moscow, 1967. 95 p.
 3. Ostroshenko V.V. *Sezonnyy rost eli ayanskoy* [Seasonal Growth of Jezzo Spruce]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1982, no. 4, pp. 52–55.
 4. Kharitonovich F.N. *Zakonomernosti rosta sosny obyknovennoy* [Mechanisms of Scots Pine Growth]. *Lesnoe khozyaystvo*, 1961, no. 11, pp. 18–22.
-



УДК 634.0.378.34

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ ДВИЖЕНИЮ ЛЕСОТРАНСПОРТНЫХ ЕДИНИЦ

© *Я.В. Ватлина, асп.*

Г.Я. Суров, канд. техн. наук, проф.

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

E-mail: ya.vatlina@narfu.ru

Для рек с малыми глубинами предложена сплочная единица, состоящая из четырех пучков малого объема (до 5 м^3), соединенных между собой с помощью крепежных бревен и гибких связей.

Цель нашей работы – выполнить экспериментальные исследования движения лесотранспортных единиц (ЛТЕ) в условиях мелководья. Лесотранспортные единицы формировали из 1–6 сплочных единиц. Исследования проводили на моделях масштаба 1:20. Отношение длины ЛТЕ к ее ширине изменялось от 1 до 6. При равномерном движении моделирование выполнено по критерию Фруда в интервале от 0,16 до 0,48, при неустановившемся – по критериям Фруда и гомохронности. Опыты проведены при числах Рейнольдса $3,1 \cdot 10^4 \dots 5,5 \cdot 10^5$. Модели буксировали при поперечном расположении лесоматериалов в диапазоне скоростей 0,1 ... 0,3 м/с. Движение моделей фиксировали бесконтактным оптическим датчиком оборотов. Датчик обеспечивал формирование импульсов, частота повторений которых пропорциональна частоте прохождения тахометрических меток, нанесенных на вращающийся блок со светоотражающим покрытием. Изменение частоты импульсов по времени фиксировали на компьютере с помощью программы Zet Panel.

Для каждой модели получены квадратичные зависимости силы сопротивления воды равномерному движению ЛТЕ от скорости движения модели. Сопротивление неустановившемуся поступательному движению ЛТЕ представлено как сопротивление воды равномерному движению ЛТЕ и дополнительное сопротивление, возникающее при неустановившемся движении.

При исследовании неустановившегося движения ЛТЕ такие величины, как присоединенная масса, масса воды в пустотах лесотранспортных единиц, возникающее дополнительное сопротивление, учитываются коэффициентом нестационарности. Для всех моделей получены зависимости коэффициента нестационарности от относительной скорости движения ЛТЕ при отношении глубины к осадке 7,0; 5,0; 4,0; 2,7; 1,6.

Полученные результаты позволяют определить время и путь разгона ЛТЕ. Можно решать и другие задачи, например, найти необходимую силу разгона для достижения за определенное время заданной скорости движения ЛТЕ.

Ключевые слова: сплоченная единица, экспериментальные исследования, неустановившееся движение, сопротивление воды, коэффициент нестационарности, скорость, масса.

Для рек с малыми глубинами предложена сплоченная единица (СЕ) [4], состоящая из четырех пучков малого объема (до 5 м³), соединенных между собой с помощью крепежных бревен и гибких связей (рис. 1). Конструкция СЕ позволяет сплавлять листовые сортименты. При этом пучки из листовых сортиментов устанавливаются между пучками из хвойных.

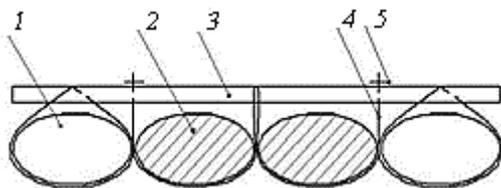


Рис. 1. Сплоченная единица: 1 – пучки из хвойных сортиментов; 2 – пучки из листовых сортиментов; 3 – крепежные бревна; 4 – гибкие связи; 5 – фиксаторы гибких связей

В условиях лаборатории кафедры водного транспорта леса и гидравлики САФУ проводили экспериментальные исследования неустановившегося движения лесотранспортных единиц (ЛТЕ), которые формировали из 1–6 СЕ. Исследования неустановившегося движения плотов выполняли А.А. Митрофанов [2], М.М. Овчинников [3], при развороте лесотранспортных единиц – В.А. Барабанов [1].

Исследования проводили на моделях масштаба 1 : 20. Моделирование неустановившегося движения ЛТЕ при этом масштабе надежно с точки зрения отсутствия масштабного эффекта, что доказано экспериментально на моделях и в натуральных условиях [2]. Диапазон размеров: высота СЕ $H = 0,05$ м; отношение глубины наполнения бассейна к осадке $h/T = 7,0, 5,0, 4,0, 2,7, 1,6$; отношение длины ЛТЕ к ее ширине: $L/B = 1 \dots 6$. Коэффициент полнодревесности ЛТЕ $\eta = 0,5$.

При равномерном движении моделирование выполнено по критерию Фруда $Fr = \frac{v}{\sqrt{gT}}$ в интервале (0,16...0,48), при неустановившемся – по критерию

Фруда и гомохронности $Ho = \frac{vt}{l}$. Опыты проведены при числах Рей-

нольдса $Re = \frac{vl}{\nu}$ ($3,1 \cdot 10^4 \dots 5,5 \cdot 10^5$).

Здесь v – скорость;
 g – ускорение свободного падения;
 t – время;
 l – длина ЛТЕ.

Модели буксировали при поперечном расположении лесоматериалов и при скорости $v = 0,1 \dots 0,3$ м/с. При каждом значении скорости, определяемой усилием буксировки модели, опыт повторялся не менее пяти раз.

В дальнейшем опыты обозначали шифром, состоящим из трех цифр: первая – номер ЛТЕ (1 – одна СЕ, 2 – две СЕ и т.д. до 6); вторая – серия опытов; третья – порядковый номер в серии.

Движение моделей фиксировали бесконтактным оптическим датчиком оборотов. Датчик обеспечивал формирование импульсов, частота повторения которых пропорциональна частоте прохождения тахометрических меток, нанесенных на вращающийся блок со светоотражающим покрытием. Изменения частоты импульсов по времени фиксировали на компьютере с помощью программы Zet Panel.

Для обработки полученных данных в программном обеспечении Microsoft Office Excel авторами написан макрос посредством Visual Basic for Applications.

Сила сопротивления воды равномерному движению ЛТЕ

$$R = c \frac{\rho}{2} \Omega v_p^2, \quad (1)$$

где c – безразмерный коэффициент сопротивления движению;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

Ω – характерная площадь (площадь миделя $B \times T$), м²;

v_p – средняя скорость модели при равномерном движении, м/с.

Для каждой модели (рис. 2) получены зависимости вида $R = av_p^2$. Значения параметра a приведены в табл. 1. Среднее корреляционное отношение – 0,99.

Таблица 1

h/T	Значение параметра a , Н·с ² /м ² , для ЛТЕ при различных L/B					
	1	2	3	4	5	6
1,6	10,2	13,7	14,4	14,6	16,2	18,1
2,7	8,9	11,1	12,5	13,7	13,8	15,5
4,0	8,4	10,0	11,1	11,3	12,1	13,4
5,0	6,6	9,1	9,5	10,4	11,4	13,4
7,0	6,5	8,0	8,7	10,0	10,9	13,3

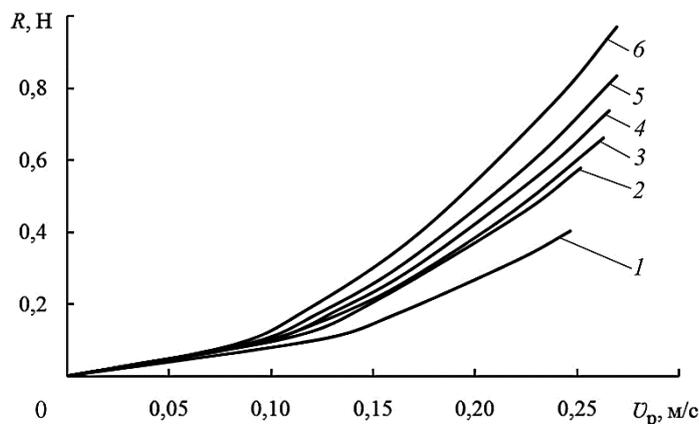


Рис. 2. Зависимость силы сопротивления воды от скорости движения моделей при $h/T = 5,0$ и числа сплочных единиц (номер кривой соответствует числу СЕ)

В общем случае главный вектор гидродинамических сил, действующих на тело при движении в вязкой несжимаемой жидкости, определяется как сумма трех сил: плавучести $P_{\text{п}}$, инерционной гидродинамической $P_{\text{ин}}$, вязкостной гидродинамической $P_{\text{в}}$:

$$P = \overline{P_{\text{п}}} + \overline{P_{\text{ин}}} + \overline{P_{\text{в}}}.$$

Равнодействующая силы плавучести и веса ЛТЕ при отсутствии уклона свободной поверхности равна нулю.

Инерционная сила определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{ин}} = \lambda_{\text{м}} \frac{dv}{dt},$$

где $\lambda_{\text{м}}$ – присоединенная масса, кг;

$\frac{dv}{dt}$ – ускорение движения тела, м/с^2 .

Проекция вязкостной составляющей главного вектора гидродинамических сил на направление, противоположное поступательной скорости центра тяжести, дает выражение для силы гидродинамического сопротивления ЛТЕ, которое определяли по выражению (1). Сила сопротивления неустановившемуся поступательному движению ЛТЕ представляет собой сумму двух сил:

$$R' = R \pm \Delta R_{\text{нест}},$$

где R – сила сопротивления воды равномерному движению ЛТЕ, вычисленная по гипотезе стационарности, Н;

$\Delta R_{\text{нест}}$ – дополнительное сопротивление, возникающее при неустановившемся движении, Н.

Масса ЛТЕ, характеризующая ее инерционные свойства, складывается из суммарной массы древесины, коры и такелажа M_d и некоторой части воды M_b , заполняющей пустоты внутри ЛТЕ.

Согласно теореме изменения количества движения тела, по которой производная по времени от количества движения тела равняется главному вектору всех действующих на тело сил:

$$[d(M_d + M_b + \lambda_m) v]/dt = -F + P, \quad (2)$$

где F – главный вектор внешних сил, H .

Величины λ_m , M_b и $\Delta R_{\text{нест}}$ взаимозависимы и переменны при разных режимах движения ЛТЕ. Определение их теоретически или экспериментально не представляется возможным. Воспользуемся коэффициентом нестационарности движения n , который объединяет их [2]:

$$n = \frac{\lambda_m + M_b \pm \Delta R_{\text{нест}} \left/ \frac{dv}{dt} \right.}{M_d}. \quad (3)$$

Ряд авторов экспериментально доказали [2, 5], что масса воды в ЛТЕ при движении ее по водной поверхности величина постоянная. В данном случае за главный вектор внешних сил F принимается усилие буксировки модели. С учетом (3) уравнение (2) примет следующий вид:

$$M_d (1 + n) \frac{dv}{dt} = -R + F. \quad (4)$$

В результате получим выражение для экспериментального определения коэффициента n :

$$n = \frac{F - av^2}{M_d \frac{dv}{dt}} - 1.$$

Для вычисления коэффициента n при известных значениях F , a и M_d определены мгновенные значения ускорения разгона ЛТЕ.

При обработке результатов опытов по разгону моделей получены зависимости скорости и ускорения модели от времени:

$$v = v_p - a_v e^{-qt};$$

$$\frac{dv}{dt} = a_a e^{-qt},$$

где a_v , a_a , q – параметры, определяемые экспериментально.

Пример результатов обработки разгона ЛТЕ серии опытов 23 приведен на рис. 3. Среднее корреляционное отношение для первой и второй зависимостей – 0,99.

Полученные для всех моделей графики $n = f\left(\frac{v}{v_p}\right)$ аппроксимированы линейными уравнениями вида

$$n = n_1 + n_2 \frac{v}{v_p}, \quad (5)$$

где n_1, n_2 – параметры формулы.

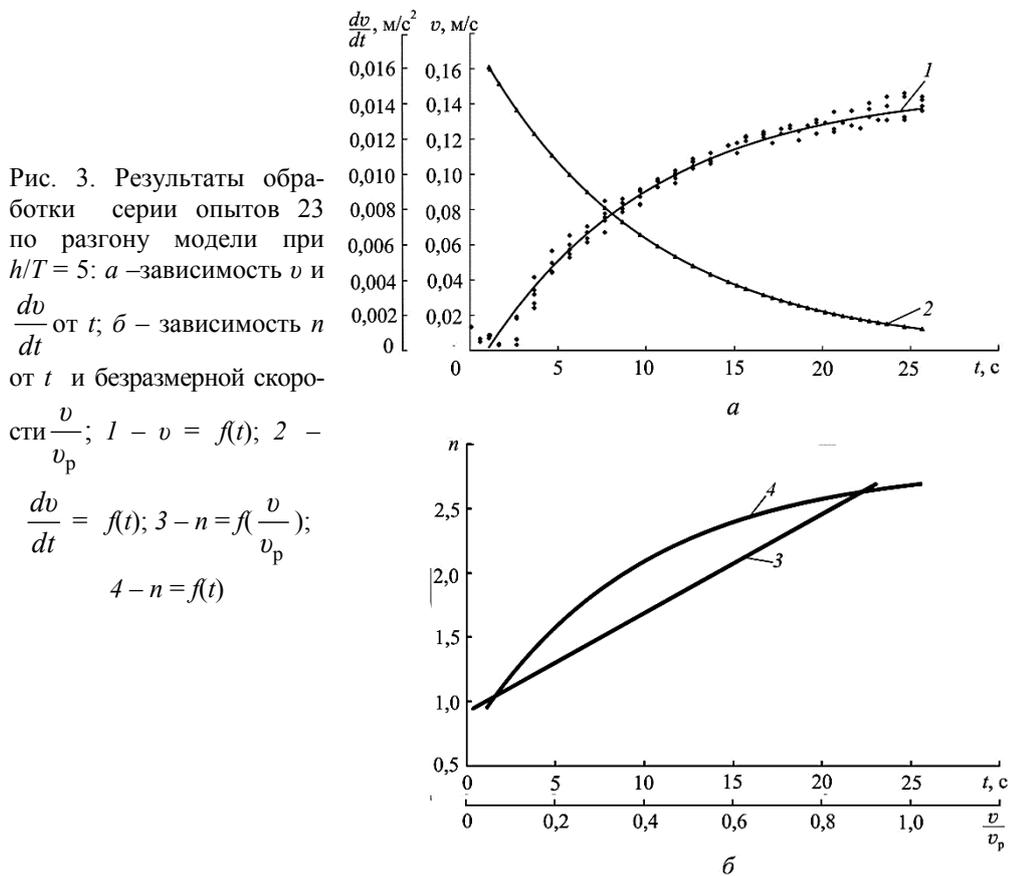


Рис. 3. Результаты обработки серии опытов 23 по разгону модели при $h/T = 5$: а – зависимость v и $\frac{dv}{dt}$ от t ; б – зависимость n от t и безразмерной скорости $\frac{v}{v_p}$; 1 – $v = f(t)$; 2 –

$$\frac{dv}{dt} = f(t); 3 - n = f\left(\frac{v}{v_p}\right);$$

$$4 - n = f(t)$$

Дополнительное сопротивление $\Delta R_{\text{несст}}$ зависит от ширины единицы B , массы λ_m и M_B – от объема и формы погруженной части ЛТЕ. Поэтому коэффициенты n_1 и n_2 в уравнении (5) являются функцией параметра K , представляющей собой сочетание этих величин:

$$n_1 = f_1(K); n_2 = f_2(K);$$

$$K = \frac{B}{\sqrt[3]{\frac{\rho_d}{\rho} BLT}}$$

где ρ_d – плотность древесины, кг/м³.

Для каждой модели были получены значения коэффициентов n_1 и n_2 при отношении h/T в исследуемом нами диапазоне (рис. 4).

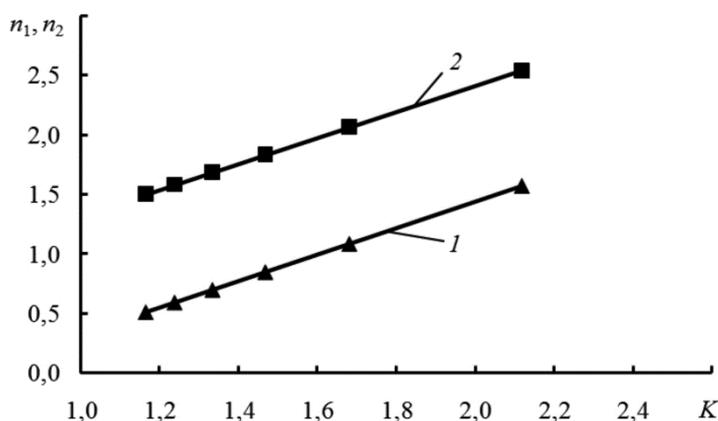


Рис. 4. Зависимость коэффициентов $n_1(1)$ и $n_2(2)$ при $h/T = 1,6 \dots 7,0$

Значения параметра K для моделей приведены в табл. 2.

Таблица 2

L/B	1	2	3	4	5	6
Параметр K для ЛТЕ	2,12	1,68	1,47	1,33	1,24	1,17

По результатам экспериментальных исследований обработано 150 серий опытов разгона ЛТЕ и получены расчетные формулы определения коэффициентов n_1 и n_2 , справедливые для соотношений $h/T = 1,6 \dots 7,0$:

$$\begin{aligned} n_1 &= 1,11K - 0,79; \\ n_2 &= 1,12K + 0,22. \end{aligned} \quad (6)$$

Коэффициент корреляции для этих зависимостей равен 0,75.

Зная параметр K и используя формулы (5) и (6), можно рассчитать коэффициент n для любого соотношения $\frac{v}{v_p}$.

Результаты наших экспериментальных исследований n_1 и n_2 на «глубокой» воде ($h/T = 7,0$) сопоставимы с результатами, полученными А.А. Митрофановым [2].

Используя полученные данные и уравнение (4) [2], можно определять время и путь разгона ЛТЕ. Кроме того, можно решать и другие задачи, например, найти необходимую силу разгона для достижения той или иной скорости движения ЛТЕ, близкой к равномерной за определенное время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барабанов В.А. Исследование разворота лесотранспортной единицы при неустановившемся режиме движения // Химико-лесной комплекс: проблемы и решения: материалы Всерос. конф. Красноярск, 2002. С. 71–76.
2. Митрофанов А.А. Лесосплав. Новые технологии, научное и техническое обеспечение: моногр. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 492 с.
3. Овчинников М.М., Родионов П.М. Сопротивление движению хлыстовых плотов // Лесн. пром-сть. 1979. № 6. С. 28–29.
4. Пат. 115769 РФ, МПК В 65 G 69/20. Сплоточная единица / Суров Г.Я., Ватлина Я.В., Шарова Т.М. № 2012100535, заяв. 10.01.12, опубл. 10.05.12, Бюл. № 13.
5. Суров Г.Я. О влиянии массы воды в пустотах пучка бревен на величину силы удара // Водный транспорт леса: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 5. Красноярск: СибТИ, 1977. С. 15–21.

Поступила 04.06.12

The Results of the Study on Water Resistance to the Motion of Timber Transport Units

Ya.V. Vatlina, Postgraduate Student

G.Ya. Surov, Candidate of Engineering, Professor

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

A raft section consisting of four small volume bundles (up to 5 m³) linked by means of fastening logs and flexible couplings has been proposed for shallow rivers.

Experimental investigations of the motion of timber transport units (TTU) in shallow waters were conducted. TTUs were formed of 1–6 raft sections. The study was performed

using models on a scale of 1:20. The length–beam ratio of the TTU ranged between 1 and 6. At uniform motion of the TTU, modelling was carried out using Froude number ranging between 0.16 and 0.48. At unsteady motion, the experiments were performed using Froude number and homochronicity criterion. The research was conducted at Reynolds numbers ranging between $3.1 \cdot 10^4$ and $5.5 \cdot 10^5$. The models were towed at the speeds from 0.1 to 0.3 m/sec. A non-contact rotational velocity sensor was used to register the motion of the models. The sensor formed impulses at a frequency proportional to the frequency of passing the tachometric marks on the light-reflecting rotating block. Variation of impulse frequency was recorded by means of Zet Panel computer program.

Quadratic dependences of the water resistance force to the uniform TTU motion on the model velocity were derived for each model. Water resistance to TTU's unsteady motion is represented as water resistance to uniform motion plus additional resistance arising at unsteady motion.

The values taken into account as nonstationarity factors were: associated mass, water mass in the voids of TTUs, and additional water resistance. For all TTU models we derived dependences of the nonstationarity factor on the relative motion speed at the following depth–draught ratios: 7.0; 5.0; 4.0; 2.7 and 1.6.

The results obtained allow one to determine TTU's acceleration time and distance. Some additional tasks can be solved, such as determining the acceleration force required to reach a given TTU motion speed in a certain time.

Keywords: raft section, experimental study, unsteady motion, water resistance, nonstationarity factor, velocity, mass.

REFERENCES

1. Barabanov V.A. Issledovanie razvorota lesotransportnoy edinitsy pri neustanovivshemsya rezhime dvizheniya [Study of U-Turn of the Timber Transport Unit at Transient Driving Conditions]. *Khimiko-lesnoy kompleks: problemy i resheniya: materialy Vseros. konf.* Forest-Chemical Complex: Problems and Solutions: Proc. All-Russian Conf. Krasnoyarsk, 2002, pp. 71–76.
2. Mitrofanov A.A. *Lesosplav. Novye tekhnologii, nauchnoe i tekhnicheskoe obespechenie* [Rafting. New Technologies, Scientific and Technical Support]. Arkhangelsk, 2007. 492 p.
3. Ovchinnikov M.M., Rodionov P.M. Soprotivlenie dvizheniyu khlystovykh plotov [Resistance to Motion of Tree-Length Rafts]. *Lesnaya promyshlennost'*, 1979, no. 6, pp. 28–29.
4. Surov G.Ya., Vatlina Ya.V., Sharova T.M. *Splotochnaya edinitsa* [Raft Section]. Patent RF no. 115769.
5. Surov G.Ya. O vliyaniy massy vody v pustotakh puchka breven na velichinu sily udara [Influence of the Mass of Water in Voids of the Log Truss on the Impact Force Value]. *Vodnyy transport lesa: mezhvuz. sb. nauch. tr.* [Timber Transportation by Water: Inter-university Collection of Sci. Papers]. Iss. 5. Krasnoyarsk, 1977, pp. 15–21.

УДК 634.0.383

МОДЕЛЬ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

© **В.К. Курьянов**, *д-р техн. наук, проф.*

А.В. Скрыпников, *д-р техн. наук, проф.*

Е.В. Кондрашова, *д-р техн. наук, доц.*

В.А. Морковин, *канд. техн. наук, доц.*

Воронежская государственная лесотехническая академия, ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж,
Россия, 394087

E-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru

Главными принципами лесозэксплуатации в настоящее время являются непрерывное и неистощимое пользование лесной продукцией. При этом важная роль принадлежит лесотранспорту, который служит связующим звеном структурных элементов лесопромышленного комплекса, в значительной мере определяет экономическую доступность лесоматериалов на лесных участках и возможность рационального лесопользования. В современных условиях эффективность транспортной составляющей лесовозных автомобильных дорог определяется степенью детализации движения транспортных потоков, их важнейшей характеристикой – скоростью движения.

Многообразие существующих методов расчета скоростей движения одиночных автомобилей обусловлено различием предпосылок и допущений, лежащих в их основе. Конечная цель совершенствования каждого из методов – установление наиболее близкого соответствия между расчетными и фактическими скоростями движения при заданных условиях. Исследователями рассмотрены различные факторы, влияющие на скорость движения автотранспорта, методики расчета ее среднего значения, проведены экспериментальные наблюдения. По предложенным методикам сформирован пакет программ, позволяющих выстраивать модель режимов движения транспортных потоков, в том числе и одиночных автомобилей, в зависимости от дорожных условий, выполнять дальнейший анализ явлений и процессов в целях прогнозирования и предотвращения ситуаций, связанных с безопасностью движения.

Ключевые слова: лесовозная автомобильная дорога, транспортные потоки, скорость движения, дорожные условия, грузовой автомобиль.

В настоящее время при соблюдении главных принципов лесозэксплуатации – непрерывного и неистощимого пользования лесной продукцией – важная роль принадлежит лесотранспорту, который служит связующим звеном структурных элементов лесопромышленного комплекса и определяет экономическую доступность лесоматериалов на участках лесного фонда и возможность эффективного лесопользования.

Транспортная фаза в лесозаготовительном производстве является наиболее капиталоемкой и нуждается в совершенствовании. В современных условиях эффективность транспортной работы лесовозных автомобильных дорог определяется в первую очередь степенью детализации учета движения

транспортных потоков. Оценка транспортных качеств дороги позволяет своевременно выявить и исправить участки, не обеспечивающие экономичное движение транспортных потоков.

Наиболее существенной характеристикой транспортной работы лесовозной автомобильной дороги является скорость движения.

Многообразие существующих методов расчета скоростей движения одиночных автомобилей обусловлено различием предпосылок и допущений, лежащих в их основе. Конечная цель совершенствования каждого из этих методов – установление наиболее близкого соответствия между расчетными и фактическими скоростями движения при заданных условиях. Поэтому скорость автомобильного транспорта одинаковых марок и равной загрузки на прямых горизонтальных участках устанавливалась в результате экспериментальных наблюдений за режимами работы транспортного потока. При осуществлении имитационного моделирования скорость на горизонтальном участке, для приближения к реальным условиям, определяется с использованием метода статистических испытаний [4, 5].

Д.П. Великанов [1] отмечает в своих работах, что наибольшее влияние на скорость автотранспорта оказывает состояние покрытия, геометрические элементы трассы, загруженность транспорта.

А.В. Кац и Ю.И. Роснянский [4], проводя многофакторный корреляционный анализ влияния различных дорожных условий на скорость движения, установили, что 77,4 % всех факторов, оказывающих влияние на скорость движения автомобильного потока на дорогах, приходится на продольный уклон, интенсивность движения, состояние покрытия и ширину проезжей части. Влияние на скорость этих факторов распределяется следующим образом: на состояние покрытия приходится 45,4 %, на продольный уклон – 31,0 %, на ширину покрытия – 15,4 %, на интенсивность движения – 8,2 %.

Если на мгновенную скорость наиболее существенное влияние оказывает тип автомобиля и его техническое состояние, то на фактическую скорость движения автомобиля, выбираемую водителем для движения на определенном маршруте, определяющее влияние оказывают факторы, связанные с типом и состоянием дороги. Причем на скорость движения грузовых автомобилей наиболее заметно продольный профиль. Если скорость большинства типов автомобилей зависит от уклона более 20 %, то на движение тяжелых грузовых автомобилей сказываются уклоны уже в пределах 10 %.

При отсутствии на исследуемых дорогах горизонтальных кривых малого радиуса план трассы автомобильной дороги не оказывает влияния на ограничения скоростей движения.

Превышение расчетных скоростей над фактическими при расчетах по методам А.Е. Бельского [2] и К.А. Хавкина [8] вызвано предположением о движении автомобиля с полным открытием дроссельной заслонки. В реальных условиях такой режим работы двигателя используется водителями крайне редко на крутых подъемах или при обгонах. Одним из основных факторов, влияющих на степень открытия дроссельной заслонки, является сумма дорожных сопротивлений.

В составе транспортного потока преобладают следующие марки автомобилей: КамАЗ-53212, Урал-375Н, ЗИЛ-130. В качестве экспериментального автомобиля принят ЗИЛ-130, наиболее характерный представитель грузового транспорта.

Для определения открытия дроссельной заслонки автомобиля ЗИЛ-130 рядом авторов установлены эмпирические зависимости. В.В. Сильянов предложил формулу [7]:

$$p = 0,2 + 16,0\psi - 83,0\psi^2 \quad (1)$$

где p – процент открытия дроссельной заслонки;

ψ – коэффициент суммарных дорожных сопротивлений (может применяться для различных дорожных условий, но справедлив при средних показателях загрузки автомобиля).

А.Б. Ионовым получена зависимость [3] для определения открытия дроссельной заслонки при различной удельной мощности автомобиля. Однако она справедлива только при определенных дорожных условиях.

Наиболее универсальна эмпирическая зависимость, предложенная в работе [6]:

$$p = 0,248j + 0,240 + 9,172\psi - 33,33\psi^2, \quad (2)$$

где j – коэффициент использования грузоподъемности.

Проверка применимости зависимости (2) для расчета скорости показала, что расхождение между экспериментальными и расчетными скоростями не превышает 10 %.

Скорость движения v по горизонтальным участкам и на подъемах определяется из формулы К.А. Хавкина [8]:

$$\frac{a - bv^2}{G} = f \pm i \pm \frac{\delta}{q} \frac{dv}{dS}, \quad (3)$$

которая при переменной величине открытия дросселя является линейным дифференциальным уравнением первого порядка с переменными коэффициентами a, b, f, i, δ .

Решение дифференциального уравнения выполняется в конечных разностях. Принято допущение, что на элементарном шаге пути коэффициенты a, b, f, i, δ являются постоянными величинами. После интегрирования формулы (3) получим

$$v_S = \sqrt{\left\{ v_{\text{вх}}^2 - \frac{3,6^2}{b} [a - (i + f)] \frac{-2gl\Delta S}{\delta} + \frac{3,6^2}{b} [a - (i + f)] \right\}}, \quad (4)$$

где $v_{\text{вх}}$ – скорость входа на подъем и горизонтальный участок, м/с;

a, b – переменные коэффициенты, зависящие от величины открытия дроссельной заслонки, передачи, на которой движется автомобиль, и его марки;

i – продольный уклон, %;

f – коэффициент сопротивления качению;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

l – длина подъема, м;

ΔS – элементарный шаг пути, при котором рассчитывается изменение скорости, м;

δ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс автомобиля.

Для введения значений a и b в каждый последующий шаг расчета воспользуемся выражениями закономерности их изменения в виде интерполяционных многочленов для каждой передачи [4]:

третья передача

$$a_3 = 1,346p^3 - 2,339p^2 + 1,269p + 0,092; \quad (5)$$

$$b_3 = (0,052p^3 - 0,097p^2 + 0,038p + 0,055) 0,001;$$

четвертая передача

$$a_4 = -0,053p^3 + 0,070p^2 + 0,005p + 0,06; \quad (6)$$

$$b_4 = (0,015p^3 - 0,031p^2 + 0,014p + 0,049) 0,001;$$

пятая передача

$$a_5 = 0,011p^3 - 0,041p^2 + 1,269p + 0,03; \quad (7)$$

$$b_5 = (0,008p^3 - 0,014p^2 + 0,060p + 0,047) 0,001,$$

где p – процент открытия дроссельной заслонки.

Формула (3), использованная на область спусков с незначительным уклоном (до 20...30 %), где движение автомобиля происходит также за счет частичного тягового усилия, дает значения скоростей, превышающие фактическую скорость, что недопустимо.

Скорость на спуске определяется по следующей эмпирической зависимости:

$$v_s = v_{вх} (1 + S_{сп}\gamma), \quad (8)$$

где $S_{сп}$ – длина спуска, м;

$v_{вх}$ – скорость входа на спуск, м/с;

γ – коэффициент, зависящий от величины отрицательного уклона:

$$0 \leq i \leq 10 \% = 0,050;$$

$$10 \% \leq i \leq 20 \% = 0,095;$$

$$20 \% \leq i \leq 40 \% = 0,200.$$

Определение средней скорости свободного движения автомобиля выполняется следующим образом. Продольный профиль разбивается на элементарные участки. В пределах такого участка уклон считается постоянным и равным отношению разности отметок в начале и в конце элементарного участка к длине этого участка. Для расчетов скоростей вполне приемлем шаг 10 м. Меньшее значение шага увеличивает время счета на ЭВМ и не дает существенного уточнения значений скоростей ввиду значительной гладкости функциональных зависимостей (5) – (7). За входную скорость $v_{вх}$ на последующем участке принимается выходная скорость $v_{вых}$ предыдущего участка, определенная по зависимостям (4), (8). На каждом участке определяется средняя скорость движения

$$v_{ср} = \frac{v_{вх} + v_{вых}}{2},$$

а затем время прохождения элементарного участка $t_i = \text{шаг}/v_{\text{ср}}$. Суммируя время следования по участкам, получим общее время прохождения трассы.

Средняя скорость свободного движения транспортного средства

$$v_{\text{ср}}^{\text{св}} = S / \sum_{i=1}^n t_i, \quad (9)$$

где S – длина лесовозной автомобильной дороги, км;

n – количество элементарных участков.

Средняя скорость транспортного потока определится в зависимости от состава движения, интенсивности и расчетной скорости

$$v_{\text{ср}}^{\text{т.п}} = v_{\text{ср}}^{\text{св}} - \alpha N, \quad (10)$$

где $v_{\text{ср}}^{\text{св}}$ – скорость одиночного автомобиля при отсутствии помех, зависящая от дорожных условий, км/ч;

α – коэффициент снижения скорости, который зависит от состава движения;

N – суммарная интенсивность движения в обоих направлениях, авт./ч.

По данным В.В. Сильянова [7], для дорожных условий $\alpha = 0,016$ при наличии 20 % легковых автомобилей в составе транспортного потока $\alpha = 0,012$ – при 50 %, $\alpha = 0,008$ – при 80 %.

По описанной методике составлен пакет программ [4]. Расчеты, выполненные по разработанной программе, показали, что максимальное отклонение рассчитанной средней скорости транспортного потока составляет 12 % от фактической.

Таким образом, проведенные исследования адекватности разработанной модели режимов движения транспортных потоков с фактическими показателями скорости позволяют сделать вывод о возможности ее использования для определения показателей скорости транспортного потока и одиночных автомобилей в зависимости от дорожных условий; комплексного решения задач эксплуатации и управления автодорожной сетью в лесном комплексе; выполнения детального анализа явлений и проникновения в сущность исследуемого процесса, которые невозможны при обычном натурном эксперименте (с точки зрения безопасности движения); прогнозирования и анализа разнообразных ситуаций, которые могут случиться в будущем, но еще не случались на практике, а также для анализа долговременных явлений и процессов в реальной системе за короткий промежуток времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильные транспортные средства / Д.В. Великанов, В.Н. Вернадский, Б.И. Нифонтов, И.П. Плеханов; под ред. Д.В. Великанова. М.: Транспорт, 1977. 326 с.
2. Бельский А.Е. Расчеты скоростей движения на автомобильных дорогах. М.: Транспорт, 1996. 120 с.

3. Ионов А.В. Учет особенностей движения автомобилей и автопоездов при расчете скоростей на подъемах // Тр. СоюздорНИИ, 1979. Вып. 111. С. 43–51.

4. Кац А.В., Раснянский Ю.И. Моделирование скоростей движения автомобильного потока // Науч. тр. Саратовского политехн. ин-та. Саратов, 1975. Вып. 81. С. 60–66.

5. Кондрашова Е.В., Волков А.М. Повышение эффективности транспортной работы автомобильных дорог в лесном комплексе: моногр. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2010. 232 с.

6. Курьянов В.К. Лесотехнологические особенности лесовозных дорог. Воронеж: Изд-во политехн. ин-та, 1985. 85 с.

7. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог к организации движения. М.: Транспорт, 1977. 303 с.

8. Хавкин К.А., Даевский Л.Н. Проектирование продольного профиля автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1966. 239 с.

Поступила 11.03.10

Model of Traffic Flow Modes on Logging Roads

V.K. Kuryanov, *Doctor of Engineering, Professor*

A.V. Skrypnikov, *Doctor of Engineering, Professor*

E.V. Kondrashova, *Doctor of Engineering, Associate Professor*

V.A. Morkovin, *Candidate of Engineering, Associate Professor*

Voronezh State Academy of Forestry and Technologies, Timiryazeva, 8, 394087 Voronezh, Russia

E-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru

The main principles of forest exploitation are nowadays the continuous and inexhaustible use of forest products. An important role is performed by forest transport, which serves as an interlink between the structural elements of the forest industry and largely determines the affordability of timber in forest areas and their rational use. In modern conditions, the efficiency of the transport component of logging roads is determined by the degree of traffic flow specification and by its most important characteristics – the speed.

There are numerous methods for calculating speeds of single vehicles, varying in preconditions and assumptions underlying them. The ultimate goal of improving each of the methods is to establish the closest correspondence between the estimated and actual velocities under specified conditions. The researchers have examined various factors affecting the rate of speed of vehicles and methods of calculating their average, as well as made experimental observations. Based on the procedures described, we have formed a software package allowing us to build a model of traffic flow modes, including single vehicles, depending on road conditions and perform further analysis of the phenomena and processes in order to predict and prevent road accidents.

Keywords: logging road, traffic flow, speed, road conditions, truck.

REFERENCES

1. Velikanov D.V., Vernadskiy V.N., Nifontov B.I., Plekhanov I.P. *Avtomobil'nye transportnye sredstva* [Automotive Vehicles]. Moscow, 1977. 326 p.

2. Bel'skiy A.E. *Raschety skorostey dvizheniya na avtomobil'nykh dorogakh* [Calculation of Traffic Speed on Highways]. Moscow, 1996. 120 p.
 3. Ionov A.V. *Uchet osobennostey dvizheniya avtomobiley i avtopoezdov pri raschete skorostey na pod'emakh* [Taking into Account Peculiarities of Car and Truck Movement When Calculating Their Ascending Velocity]. *Trudy SoyuzdorNII*, 1979, iss. 111, pp. 43–51.
 4. Kats A.V. *Modelirovanie skorostey dvizheniya avtomobil'nogo potoka* [Simulation of Traffic Flow Speed]. *Nauchnye trudy Saratovskogo politekhnicheskogo instituta* [Proceedings of Saratov Polytechnic Institute]. Saratov, 1975, iss. 81, pp. 60–66.
 5. Kondrashova E.V., Volkov A.M. *Povyshenie effektivnosti transportnoy raboty avtomobil'nykh dorog v lesnom komplekse* [Improving the Efficiency of Transport Roads in the Forest Industry]. Voronezh, 2010. 232 p.
 6. Kur'yanov V.K. *Lesotekhnologicheskie osobennosti lesovoznykh dorog* [Technological Peculiarities of Logging Roads]. Voronezh, 1985. 85 p.
 7. Sil'yanov V.V. *Teoriya transportnykh potokov v proektirovanii dorog k organizatsii dvizheniya* [The Theory of Traffic Flow in Road Design for Traffic Management]. Moscow, 1977. 303 p.
 8. Khavkin K.A., Daevskiy L.N. *Proektirovanie prodol'nogo profilya avtomobil'nykh dorog* [Designing the Longitudinal Profile of Highways]. Moscow, 1966. 239 p.
-



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.059

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕРИФЕРИЙНОГО СЕГМЕНТА

© *А.А. Фомин, канд. техн. наук, доц.*

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, д. 87, ул. Горького, г. Владимир, Россия, 600026
E-mail: fomin1@mail.ru

В результате параболического распила бревна образуются крупные отходы лесопиления в виде периферийных сегментов, реек и др., которые состоят в основном из наиболее качественных волокон древесины. Поэтому крупные отходы лесопиления целесообразно использовать не для производства топливных гранул, а для изготовления изделий прямого назначения: элементов мебели, изделий для внутренней отделки помещений, строительства современных домов и пр.

Механическая обработка крупных отходов лесопиления и выпуск на их основе качественной древесной продукции позволит сократить нерациональное использование древесины, сэкономить материальные и энергетические ресурсы, стабилизировать и улучшить экологическую ситуацию путем сохранения природных лесных массивов как основы регенерации кислорода воздуха.

Однако крупные отходы лесопиления с позиции механической обработки представляют собой крайне нетехнологичные заготовки, поскольку они характеризуются непредсказуемой формой и размерами, неоднородностью свойств обрабатываемого материала, стохастическим расположением сучков и отсутствием развитых технологических баз. Это вызывает серьезные трудности при механической обработке. В этих условиях обеспечение высокой производительности механической обработки, получение точной готовой продукции из отходов лесопиления проблематично.

Цель работы – определение элементов режима профильного фрезерования крупных отходов лесопиления, энергетических параметров процесса, являющихся основой для проектирования оборудования и процесса механической обработки периферийных сегментов. Для достижения поставленной цели проведены теоретические и экспериментальные исследования процесса профильного фрезерования отходов лесопиления.

Проанализированы альтернативные схемы скользящего базирования заготовки, встречного и попутного профильного фрезерования, а также возможные дополнительные опоры заготовки в зоне резания. На основании этого обоснована схема профильного фрезерования крупных отходов лесопиления, реализованная в реальной модели станка для их механической обработки. Получены технологические параметры процесса обработки периферийного сегмента и мощности резания, представляющие собой исходную информацию для качественной разработки оборудования и процесса профильного фрезерования периферийных сегментов.

Ключевые слова: периферийный сегмент, профильное фрезерование, механическая обработка, устойчивое базирование, мощность резания, режим резания.

В настоящее время проводятся исследования, целью которых является разработка средств технологического оснащения для глубокой переработки леса. В частности, проанализированы альтернативные технологические схемы механической обработки крупных отходов лесопиления, созданы и совершенствуются образцы станков для реализации рациональных схем, оптимизируются режимы фрезерования и т. п.

Создание эффективного оборудования для обработки периферийного сегмента – наиболее сложного представителя крупных отходов лесопиления, возможно на основе заданных параметров процесса резания древесины, существенно отличающейся неоднородностью показателей физико-механических свойств по сравнению с обычной стволовой древесиной. Значительная нестабильность твердости обрабатываемого материала, стохастичность распределения снимаемого припуска в продольном и поперечном сечениях заготовки, встречающиеся сучки и др. приводят при обработке к переменным динамическим нагрузкам, возникающим в системе «станок – приспособление – инструмент – заготовка», к переходным процессам, оказывающим негативное влияние на выходные параметры обработанного изделия.

Для создания виброустойчивого оборудования, обеспечения требуемой геометрической точности обработанных поверхностей необходимо располагать исходными параметрами процесса механической обработки периферийного сегмента, в соответствии с которыми реализуется процедура проектирования оборудования. Для качественного проектирования оборудования и технологии механической обработки периферийного сегмента, кроме информации, содержащейся в нормативных документах, необходимо располагать также дополнительной информацией, полученной в результате выполненных научных исследований. Дополнительная исходная информация включает следующие схемы [4, 5]:

схема скользящего базирования заготовки, при которой установочная технологическая база представляет собой плоскость пласти периферийного сегмента, образованную в результате распила бревна; направляющая технологическая база сочетает в себе неокоренную и фрезерованную поверхности периферийного сегмента, а опорная база представляет собой боковую поверхность зубьев древесины, сформированную приводными вальцами цепи подачи заготовки;

схема встречного фрезерования, обеспечивающая спокойную работу технологической системы, несмотря на дискретный (ударный) характер работы режущего инструмента;

схема, при которой в качестве дополнительной опоры заготовки в зоне резания используется опорная пластина, ограничивающая предельные упругие деформации периферийного сегмента при обработке.

К технологическим параметрам процесса обработки периферийного сегмента относятся элементы режима резания: скорость резания, минутная скорость рабочей подачи, подача на оборот, подача на зуб, кинематический угол встречи инструмента и заготовки, ширина пропила и толщина снимаемого слоя (высота пропила). Эти параметры связаны между собой.

Базовая скорость рабочей подачи заготовки определяется требуемой производительностью обработки периферийного сегмента среднестатистических размерных характеристик. Производительность станка рассчитываем по объему периферийного сегмента, подлежащего механической обработке в течение заданного промежутка времени:

$$\Pi = \frac{q}{T},$$

где q – объем обрабатываемого периферийного сегмента, м³;

T – время обработки, ч.

Объем механической обработки периферийного сегмента

$$q = \frac{2}{3}bhl,$$

где b – среднестатистическая ширина периферийного сегмента, м;

h – среднестатистическая толщина периферийного сегмента, м;

l – длина периферийного сегмента, м.

Скорость рабочей подачи определяется длиной обработанной поверхности заготовок в единицу времени:

$$S = \frac{l}{T} = \frac{q}{40bhT}.$$

В результате анализа габаритных размеров периферийного сегмента определены его среднестатистические размерные характеристики: толщина – 30 мм; ширина – 120 мм. Максимальная базовая скорость рабочей подачи – 30 м/мин. Скорости резания для деревообрабатывающих станков фрезерной группы – 40...50 м/с.

На основании этих данных выбраны следующие скорости резания: при фасонном и цилиндрическом фрезеровании неокоренной криволинейной поверхности периферийного сегмента – 45 м/с; при обрезании боковых кромок дисковыми пилами – 35 м/с.

При расчете показателей процессов механической обработки древесины используют методы, основанные на экспериментальных данных. При этом изменяющиеся условия обработки (порода древесины, ее влажность, угол резания, затупление режущего инструмента и др.) учитываются поправочными коэффициентами.

Распространение получили методы расчета, использующие «объемную» формулу мощности резания; «табличную» силу; степенные формулы; методику проф. А.Л. Бершадского; уравнения регрессии.

Применение этих методов при расчете главной составляющей силы и мощности резания приводит практически к одинаковым результатам.

Мощность приводов главного движения в станке для механической обработки периферийного сегмента (привода фрезерной и пильной головок), а также мощность привода рабочей подачи заготовки определяем по объемной формуле мощности резания и табличной силе.

Мощность резания на операциях пиления и фрезерования [1]

$$N_p = \frac{K_r a_{\text{попр}} b_k t S}{60 \cdot 1000},$$

где K_r – удельная работа, Дж/см³;

$a_{\text{попр}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий специфику обработки;

b_k – ширина контакта режущего инструмента с заготовкой, мм;

t – глубина резания, которая при однопроходной обработке равна толщине снимаемого припуска, мм;

S – скорость рабочей подачи заготовки, м/мин.

Удельную работу определяем по средней толщине срезаемого слоя $a_{\text{ср}}$ с учетом угла встречи, для этого воспользуемся табличными данными. Средняя толщина срезаемого слоя

$$a_{\text{ср}} = S_z \sin \varphi_{\text{ср}},$$

где $S_z = S_0/z$ – подача на зуб, мм/зуб;

S_0 – подача на оборот фрезы, мм/об;

z – число зубьев в инструменте;

$\varphi_{\text{ср}}$ – средний угол контакта зуба фрезы с заготовкой.

Подача на оборот фрезы

$$S_0 = 1000S/n,$$

где S – скорость рабочей подачи, м/мин;

n – частота вращения инструмента, мин⁻¹,

$$n = 60 \cdot 1000 v / (\pi D),$$

v – скорость резания, м/с;

D – диаметр инструмента, мм.

Средний угол контакта зуба фрезы с заготовкой

$$\varphi_{\text{ср}} = \varphi_{\text{вых}}/2,$$

где $\varphi_{\text{вых}}$ – угол выхода режущего лезвия из древесины,

$$\varphi_{\text{вых}} = \arccos(R - t/R).$$

Здесь R – радиус режущего инструмента, мм;

t – глубина резания, мм.

Факторы, влияющие на процесс резания, учитываются в расчете поправочными коэффициентами на условия обработки:

$$a_{\text{попр}} = a_n a_w a_v a_\delta a_p a_t a_\varphi,$$

где a_n – на породу древесины;

a_w – на влажность древесины;

a_v – на скорость главного движения;

a_{δ} – на угол резания;

a_p – на затупление режущего инструмента;

a_t – на глубину обработки для процессов закрытого резания (только для пиления);

a_{ϕ} – на угол встречи режущего лезвия с волокнами древесины (только для пиления).

Главная составляющая силы резания

$$P_z = \frac{60 \cdot 1020 N_p}{v}$$

Условно постоянная радиальная составляющая силы резания

$$P_y = m P_z,$$

где m – коэффициент трения-резания.

В расчетах использованы условия, характерные для обработки основной массы периферийного сегмента. Это сосна влажностью 50...70 %, шириной 100...200 мм и толщиной 20...50 мм.

Для обрезки кромок выбраны дисковые пилы диаметром 300 мм, толщиной 3,5 мм. Число режущих зубьев 80, передний угол 6° , задний угол 18° .

Диаметр пилы определен с учетом максимальной глубины пиления, расстояния от установочной базовой поверхности заготовки до близко расположенных деталей крепления пилы на шпинделе, а также заданного требованиями стандарта расстояния выхода пилы из заготовки.

Размеры фасонной фрезы для обработки неокоренной поверхности периферийного сегмента определены по каталогу режущего инструмента. Выбрана фасонная фреза диаметром 180 мм, высотой 120 мм, имеющая 4 профильных ножа дугообразной формы с длиной режущего лезвия 127 мм и углом контакта фрезы с заготовкой в продольном ее сечении 60° .

Расчет мощности и силы резания при фрезеровании периферийного сегмента выполнен при базовой скорости подачи 30 м/мин, ширине фрезерования 127 мм и глубине резания 12 мм, которая равна среднестатистическому припуску на обработку периферийного сегмента.

Проведенные предварительные экспериментальные исследования процесса механической обработки периферийного сегмента показали, что для стабилизации резания заготовки с анизотропными свойствами, устранения аварийных ситуаций и обеспечения требуемой шероховатости обработанных поверхностей необходимо предусмотреть в станке систему автоматического управления рабочей подачей заготовки, позволяющую фрезеровать периферийный сегмент с постоянной мощностью резания.

При регулировании скорости рабочей подачи по нагрузке на фрезу сила резания остается постоянной, сила резания при пилении растет с увеличением скорости подачи. При расчете мощности и силы резания в процессе обрезания боковых кромок выбран наиболее нагруженный режим работы, который соответствует пилению периферийного сегмента с максимальной скоростью подачи.

Максимальная скорость рабочей подачи определена по расчетной мощности резания для базовой скорости и минимальной глубины фрезерования, обеспечивающей качественную обработку материала.

Удельное табличное значение силы резания связано с мощностью резания следующей формулой:

$$P_{\text{зт}} = \frac{60 \cdot 1000 N_p \sin \varphi_{\text{ср}}}{a_{\text{п}} b_{\text{к}} t n z}$$

По силе $P_{\text{зт}}$ определяем среднюю толщину срезаемого слоя.

Подачу на зуб рассчитываем по формуле

$$S_z = a_{\text{ср}} / \sin \varphi_{\text{ср}}$$

Определяем допускаемую скорость подачи по мощности резания:

$$[S] = S_z n z / 1000.$$

Диапазон регулирования скорости подачи зависит от мощности привода главного движения. Чем больше установленная мощность привода, тем больший диапазон скоростей требуется для обеспечения обработки с постоянной силой резания.

На основе общеизвестной базовой исходной информации [4, 5], необходимой для проектирования деревообрабатывающих и металлорежущих станков, а также полученной в данной работе дополнительной исходной информации спроектирован станок для механической обработки крупнокусковых отходов лесопиления [2, 3], который изготовлен и прошел сертификационные испытания в аккредитованной лаборатории. По результатам испытаний получен сертификат соответствия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. для вузов. 3-е изд. М.: МГУЛ, 2004. 310 с.
2. Пат. 95589 РФ, МПК В 27 С 1/00. Станок для первичной обработки горбыля / Фомин А.А., Гусев В.Г. Заявл. 11.03.10; опубл. 10.07.2010, Бюл. № 19.
3. Пат. 2443547 РФ, МПК В 27 С 1/00. Способ первичной обработки горбыля / Фомин А.А., Гусев В.Г. Заявл. 11.03.10; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6.
4. Фомин А.А., Гусев В.Г. Механическая обработка отходов древесины // Избр. тр. Всерос. конф. по проблемам науки и технологий. М.: РАН, 2011. 128 с.
5. Фомин А.А. Оборудование и технология механической обработки отходов лесопиления: моногр. М.: Машиностроение, 2013. 206 с.

Поступила 18.12.12

Justification of Peripheral Segment Machining Parameters

A.A. Fomin, Candidate of Engineering, Associate Professor
Vladimir State University, Gorkogo, 87, 600026 Vladimir, Russia
E-mail: fomin1@mail.ru

Parabolic cutting of logs produces large lumber waste (peripheral segments, laths, etc.) which mainly consist of high quality wood fiber. Therefore, large lumber waste is not appropriate to use for the production of fuel pellets, but rather for direct application products: furniture items, products for interior finish of rooms, construction of modern houses, etc.

Machining of large lumber waste and further manufacturing of quality wood products will enhance sustainable use of wood, save material and energy resources, stabilize and improve the environmental situation through the conservation of natural forests, crucial for oxygen regeneration.

At the same time, large lumber waste in terms of machining is a very low-tech harvesting due to unpredictable shape and size and heterogeneous properties of the material, stochastic arrangement of knots and lack of developed technological bases. This causes serious problems at machining. Such instability makes high machining performance and accurate finished products from lumber waste problematic. The paper aimed to determine the elements of profile cutting of large lumber waste and energy parameters which form the basis for designing equipment and the process of peripheral segment machining. To achieve this aim we have carried out theoretical and experimental researches of lumber waste profile cutting.

We have analyzed alternative schemes of blank sliding location, of profile up-cutting and down-cutting, as well as possible additional work rests in the cutting zone. This analysis helped substantiate a scheme of profile cutting of large lumber waste, which was implemented in an actual machine model for large lumber waste machining. The obtained process variables for peripheral segment treatment and cutting power are the background information required to develop quality equipment and profile cutting of peripheral segments.

Keywords: peripheral segment, profile cutting, machining, fixed location, cutting power, cutting mode.

REFERENCES

1. Lyubchenko V.I. *Rezanie drevesiny i drevesnykh materialov* [Cutting of Wood and Wood Materials]. 3rd ed. Moscow, 2004. 310 p.
2. Fomin A.A., Gusev V.G. *Stanok dlya pervichnoy obrabotki gorbylya* [Machine for Primary Treatment of Slab]. Patent RF no. 95589.
3. Fomin A.A., Gusev V.G. *Sposob pervichnoy obrabotki gorbylya* [Method of Primary Treatment of Slab]. Patent RF no. 2443547.
4. Fomin A.A., Gusev V.G. *Mekhanicheskaya obrabotka otkhodov drevesiny* [Wood Waste Machining]. *Izbr. tr. Vseros. konf. po problemam nauki i tekhnologii* [Selected Works of the All-Russian Conference on Science and Technology]. Moscow. 2011. 128 p.
5. Fomin A.A. *Oborudovanie i tekhnologiya mekhanicheskoy obrabotki otkhodov lesopileniya* [Equipment and Technology of Lumber Waste Machining]. Moscow, 2013. 206 p.

УДК 630*812

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ ВО ВРЕМЕНИ ПРИ УДЕРЖАНИИ РЕАКЦИИ

© *В.Ф. Дунаев, канд. техн. наук*

В.И. Мелехов, д-р техн. наук, проф.

М.В. Захаров, канд. техн. наук, доц.

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

E-mail: javzora@mail.ru

Главным источником информации о свойствах материала являются диаграммы испытаний образцов. Однако многочисленные испытания образцов на растяжение, сжатие, изгиб, кручение и при других способах нагружения не позволили установить механизм явлений, происходящих в материалах при их пластической деформации (ползучести) и разрушении.

В литературе отсутствует теоретическое описание процесса деформирования и удержания.

Авторы поставили перед собой цель разработать на основе экспериментальных данных метод, описывающий поведение древесины, деформированной с постоянной скоростью до заданной реакции. Реакцию удерживают неизменной дополнительным деформированием материала вплоть до полного разрушения. Предстояло вывести уравнения состояния материала, с помощью которых можно было бы описать поведение материала в любой момент времени при различных деформациях и нагрузках.

Для анализа диаграмм деформирования и вывода уравнения, описывающих поведение образцов, авторы использовали универсальную интегрированную среду Mathcad 2001 Pro, позволяющую преобразовывать нелинейные диаграммы логарифмированием, дифференцированием (точнее, конечными разностями), приводя их к линейному виду и завершая поиск статистической обработкой под контролем коэффициента корреляции. Эти приемы позволили определить структуру уравнения ползучести, предел ползучести и долговечность материала.

При этом было отмечено, что ползучесть сопровождается уменьшением коэффициента упругости (поскольку реакция поддерживается постоянной). Такое поведение не соответствует представлению о древесине, как о сплошной среде. Древесина имеет структуру, которая представляется как многомерная сеть, в узлах которой размещены элементы, обладающие свойствами трех последовательно соединенных звеньев: интегрирующего, инерционного первого порядка и с запаздыванием (в терминах теории автоматического управления), составляющих структуру (атомы, молекулы, клетки и др. соединения).

Полученное уравнение применимо в теории упругости, теории пластичности и ползучести.

Ключевые слова: древесина, структура древесины, элементы структуры, звенья элементов, деформированная древесина, диаграмма (экспериментальная кривая), деформирование, ползучесть, долговечность, реакция, пределы релаксации и ползучести.

Древесина как конструкционный материал широко применяется в строительстве и других областях. Для надежной эксплуатации деревянных конструкций необходимо учитывать механические свойства каждого элемента конструкции, определять долговечность конструкции, при этом необходимо иметь соответствующее теоретическое обоснование – уравнение напряженно-деформированного состояния материала с учетом реальных параметров каждого элемента конструкции.

Как отмечают некоторые авторы, главным источником информации о свойствах материала являются диаграммы того или иного вида испытаний образцов, однако «...многочисленные испытания образцов на растяжение, сжатие, изгиб, кручение и при других способах нагружения не позволили установить механизма явлений, происходящих в металлах при их пластической деформации и разрушении, ... все попытки разработать теорию процессов пластической деформации и разрушения, основанные на представлении о металле, как о сплошной непрерывной среде [8], не принесли желаемых результатов формальные методы расчетов на основании любой из известных теорий прочности не могли дать удовлетворительного объяснения феноменологическим проявлениям процесса пластической деформации, не говоря уже о ее механизме. Даже при расчетах, выполненных с учетом сил межатомной связи в кристаллической решетке, получались значения механических характеристик, резко отличающиеся от измеренных экспериментально» [1, с. 6].

Из приведенного следует, что при всех видах деформирования и нагружения материала не удалось вывести уравнения состояния, с помощью которого можно было бы описать его поведение в любой момент времени при различных деформациях и нагрузках. О значительном расхождении теории пластичности с экспериментом можно судить по рис.1, а – в.[7].

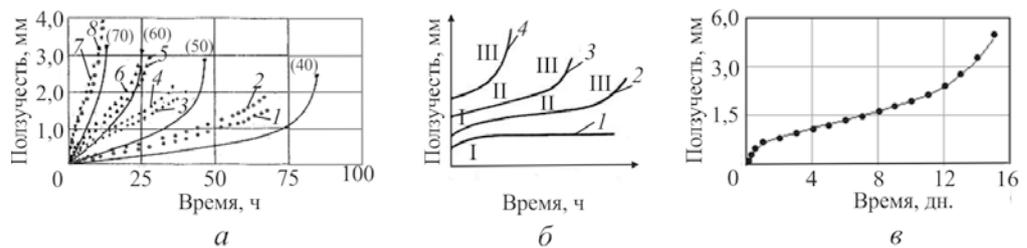


Рис. 1. Зависимость ползучести различных материалов от времени: а – экспериментальные (1 – 8) и теоретические (сплошные линии) кривые ползучести медных образцов при температуре 400 °С и напряжениях 40, 50, 60, 70 МПа [7]; б – характерные зависимости ползучести металлов (1 – 4); в – экспериментальная (точки) и теоретическая (сплошная линия) диаграммы древесины сосны при постоянной нагрузке и сжатии вдоль волокон [2, 5]

На рис. 1, б «...схематично изображены кривые, характеризующие зависимости ползучести ϵ металлов от времени t при различных напряжениях σ , прикладываемых ступенчато. Ползучесть имеет три четко выраженных участка: I – участок с постоянно уменьшающейся скоростью ползучести (неустановившаяся ползучесть), II – участок с постоянной (минимальной) скоростью ползучести (установившаяся ползучесть), III – участок ускоряющейся ползучести, предшествующий разрушению. При достаточно малых напряжениях кривая I может иметь только неустановившийся участок. На кривых 3 и 4, соответствующих достаточно большим напряжениям может отсутствовать участок I, в случае кривой 4 присутствует только участок III» [7]. Процесс ползучести описывается качественными признаками.

Как видно из рис. 1, в, экспериментальные диаграммы древесины подобны диаграммам деформирования металлов. Однако в литературе отсутствует теоретическое описание процессов деформирования до заданной реакции и удержания. Поэтому нами были определены и описаны зависимости реакций и ползучести для древесины при деформировании.

Рассмотрим результаты проведенных нами испытаний поперечным изгибом образца древесины сосны при скорости деформирования 5 мм/мин до реакции 2,7 кН с последующим удержанием реакции деформированием до полного разрушения образца.

Реакция древесины при непрерывном одноосном деформировании (рис. 2, а) удовлетворительно описывается уравнением состояния, которое приведено в работе [3]:

$$y(t) = Ex^b \exp(-ct), \quad (1)$$

где E – коэффициент упругости, кН/мм;

x – деформация, мм; $x = vt$;

v – скорость, $v = 5$ мм/мин;

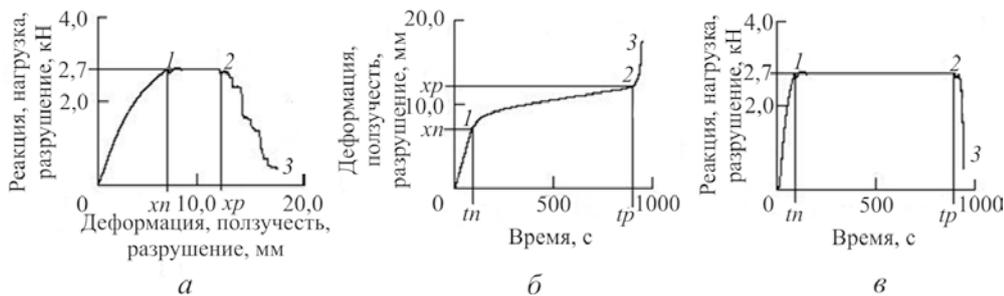


Рис. 2. Полные диаграммы испытания образца древесины сосны при поперечном изгибе: а – связь между деформацией (0 – x_n), ползучестью (x_n – x_p), разрушением (x_p – 3) – по оси x и реакцией (0 – 1), удержанием реакции (1 – 2), разрушением (2 – 3) – по оси y ; б – те же изменения x за время эксперимента; в – те же изменения y за время эксперимента (x_n , x_p – начало и конец ползучести; t_n , t_p – границы ползучести)

t – время (продолжительность) испытания, с;
 b – структурный коэффициент, учитывающий нелинейное возрастание деформации;
 \exp – основание натурального логарифма;
 c – коэффициент, характеризующий скорость разрушения связей между структурными элементами, c^{-1} .

Для анализа участка 1 – 2 диаграмм деформирования (рис. 2, б и в) и вывода уравнений, описывающих поведение образцов, нами была использована универсальная интегрированная среда Mathcad 2001 Pro [6].

Сложность решения уравнения (1) заключается в неопределенности всех его коэффициентов. Компьютерные математические программы решают подобные уравнения итерационным методом и предварительным заданием начальных условий.

По результатам расчета получено уравнение

$$y(t) = 0,785x^{1,05} \exp(-0,00934t), \quad (2)$$

откуда $E = 0,785$ кН/мм; $b = 1,05$; $c = -0,00934$ c^{-1} .

После совмещения на одном поле (рис. 3) диаграммы деформирования (сплошная линия) и графика (пунктирная линия), построенного по уравнению (2), видно, что линия, проведенная на уровне 2,7 кН, пересекает график 1 в точках, соответствующих началу ($x_n = 6,5$ мм) и концу ползучести ($x_p = 11,8$ мм).

С помощью команды «*root* ($y(x), x$)» [6] рассчитаем начальную и конечную точки ползучести:

$$\text{root}(y(t) - 2,7, x); x_n = 6,5 \text{ мм}; x_p = 11,8 \text{ мм}. \quad (3)$$



Рис. 3. Диаграмма деформирования до реакции 2,7 кН и ее удержание до полного разрушения: 0–1 – диаграмма деформирования; 1–2 – линия ползучести образца под нагрузкой 2,7 кН; 1 – начальная точка ползучести; 2 – точка полного разрушения; 3 – расчетная точка максимальной реакции ($x = 8,79$ мм)

Расчетное значение предела ползучести x_p совпадает с экспериментальным. Таким образом можно вычислить ползучесть при любых заданных нагрузках. Определим продолжительность процесса ползучести, которая называется также долговечностью.

Закономерность развития ползучести во времени

Поведение образца во время перехода системы управления от деформирования с постоянной скоростью к удержанию нагрузки показаны на рис. 4, *а* и *б*; графики, приведенные на рис. 4, *в* – *д*, отражают процесс выявления уравнения релаксации:

$$\ln(y - 2,59) = -2,2 - 0,545(t - t_n), \quad (4)$$

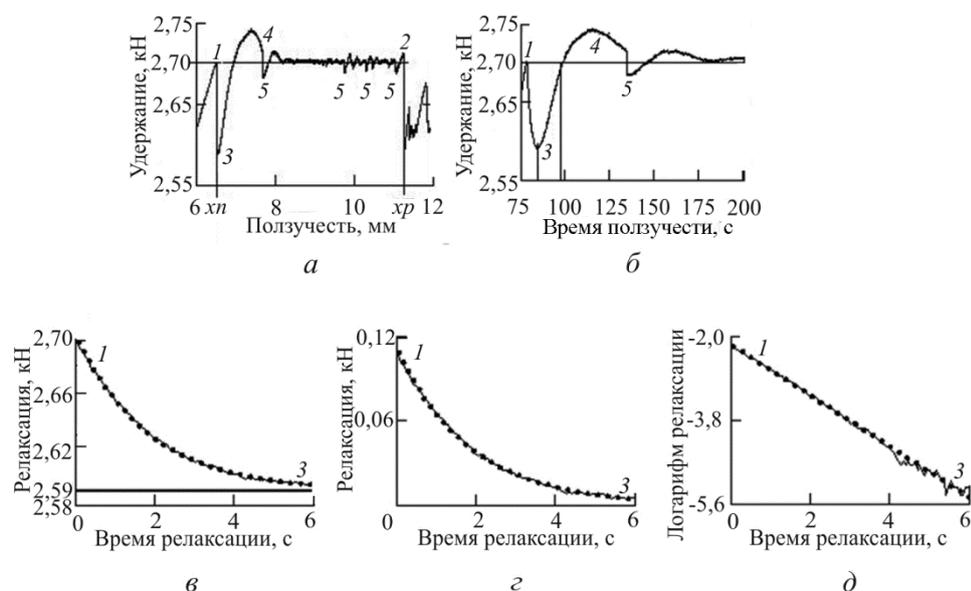


Рис. 4. Поведение образца во время перехода системы управления от деформирования с постоянной скоростью к удержанию нагрузки: *а* – удержание системой управления деформированием реакции 2,70 кН; *б* – развертка во времени начала процесса ползучести; *в* – развертка во времени процесса релаксации, 2,59 кН – предел релаксации; *г* – абсолютные значения релаксации; *д* – диаграмма абсолютных значений в логарифмическом масштабе (сплошная линия – экспериментальные данные, пунктирная – расчетные); 1 – момент останова $x_l = 6,5$ мм, принятый за начало координат; 2 – конечная точка ползучести $x_p = 11,8$ мм, сдвинутая на 6,5 мм; 3 – релаксация нагрузки на 0,11 кН за 6 с – время перехода программы управления в режим удержания; 4 – перерегулирование, вызванное инерционностью системы управления; 5 – мелкие хрупкие разрушения образца, вызывающие затухающие колебания в системе управления

где y – изменение реакции, кН;
 2,59 – предел релаксации от 2,70 кН;
 – 2,2 – логарифм модуля релаксации (аналогично модулю упругости);
 – 0,545 – коэффициент, характеризующий скорость релаксации, с⁻¹;
 t – текущее время эксперимента, с;
 tn – момент останова деформирования, начала релаксации, с.

После потенцирования, замены переменной и нормирования реакции получаем зависимость релаксации от времени:

$$re(y_n, t) = (0,041 \cdot \exp(-0,545 (t - tn)) + 0,959) y_n. \quad (5)$$

Существование не равного нулю предела релаксации свидетельствует о наличии у древесины пространственной структуры.

Структура уравнения ползучести древесины

Для доказательства структуры уравнения ползучести найдем первые разности приращения ползучести за единицу времени (рис. 5, а):

$$dx_i = (x_i - x_{i-1}) / (t_i - t_{i-1}),$$

где i – номер отсчета;
 $i - 1$ – номер предыдущего отсчета.

Эта операция эквивалентна дифференцированию непрерывных функций и отражает скорость ползучести образца. График имеет минимум, равный 0,0037 мм/с, что свидетельствует о наличии в структуре элемента звена, разрушающегося с постоянной скоростью. Найдем отклонения скорости от минимального значения dx , прологарифмируем значения скорости и построим график (рис. 5, б).

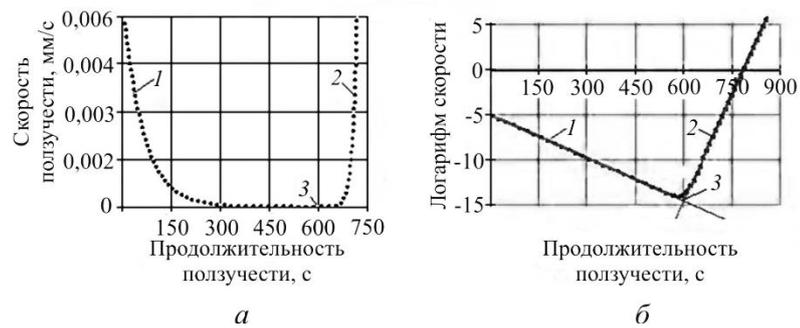


Рис. 5. Изменение скорости ползучести: а – в линейном масштабе; б – в логарифмическом масштабе; 1 – замедление скорости перед разрушением; 2 – ускорение перед разрушением; 3 – точка перехода от ползучести к разрушению (сплошная линия – экспериментальные данные, пунктирная – расчетные)

График на рис. 5, б аппроксимируем уравнением, содержащим слагаемые $\ln(d1)$ и $\ln(d2)$:

$$\ln(d1) = -5,050 - 0,0159(t - tn); \quad \ln(d2) = -2,100 + 0,076(t - tp),$$

где tn – начало ползучести, $tn = 87,4$ с;

tp – начало возрастания скорости разрушения (время запаздывания),
 $tp = 844$ с.

Представим это в линейном масштабе:

$$d1 = 6,4093 \cdot 10^{-3} \exp(-0,0159(t - tn));$$

$$d2 = 0,1225 \exp(0,0760(t - tp)).$$

Отметим, что

$$d1 = dx1/dt; \quad d2 = dx2/dt; \quad d3 = dx3/dt = 0,0037 \text{ мм/с},$$

где $x1$, $x2$ и $x3$ – составляющие ползучести.

Проинтегрировав, находим зависимость всех составляющих ползучести от времени и реакции 2,70 кН:

$$x1 = \int d1 dt; \quad x2 = \int d2 dt; \quad x3 = \int d3 dt;$$

$$x1(2,70; t) = 1,62 (1 - \exp(-0,0159(t - tn)));$$

$$x2(2,70; t) = 1,61 \exp(0,0760(t - tp));$$

$$x3(2,70; t) = 0,0037t.$$

После нормирования коэффициентов относительно реакции 2,70 кН получим зависимость всех составляющих ползучести от удерживаемой реакции yn и времени t :

а) введем обозначения:

$k1 = 1,62 / 2,70 = 0,6$ мм/кН – коэффициент ползучести инерционного звена;

$cp1 = 0,0159 \text{ с}^{-1}$ – коэффициент разрушения инерционного звена;

$k2 = 1,61/2,70 = 0,596$ мм/кН – коэффициент ползучести звена с запаздыванием;

$cp2 = 0,076 \text{ с}^{-1}$ – коэффициент разрушения звена с запаздыванием;

tp – продолжительность стадии ползучести (долговечность), с;

$k3 = 1,37 \cdot 10^{-3}$ мм/(с·кН) – скорость ползучести интегрирующего звена;

б) произведем подстановку:

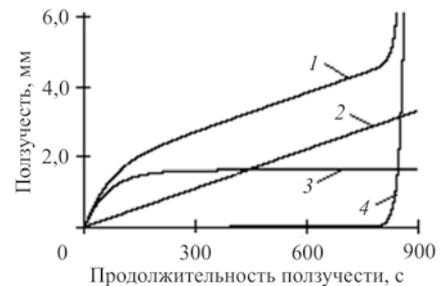
$$x1(t) = k [1 - \exp(-cp1(t - tn))] yn;$$

$$x2(t) = k2 \exp(cp2(t - tp)) yn;$$

$$x3(t) = k3 t yn;$$

$$x1(t) + x2(t) + x3(t) \leq xp. \quad (6)$$

Рис. 6. Слагаемые ползучести: 1 – экспериментальная диаграмма; 2 – ползучесть интегрирующего звена; 3 – ползучесть инерционного звена; 4 – ползучесть звена с запаздыванием



Здесь x_p – предел ползучести, вычисляемый по уравнению (3). Значение времени ползучести t_p является решением уравнения (6).

В уравнение (6), описывающее процесс ползучести, входят три звена (рис. 6), оказывающих сопротивление деформированию: интегральное, инерционное первого порядка и с запаздыванием (в терминах теории автоматического управления).

Интегрирующее звено (2) отражает накопление пластической деформации; инерционное звено первого порядка (3) откликается пропорционально силовому воздействию; звено с запаздыванием (4) откликается с задержкой на время, называемое долговечностью, и проявляется в лавинообразном развитии ползучести.

Геометрическая модель структуры древесины

О несоответствии древесины закономерностям механики сплошной среды, развиваемым в работе [8], отмечалось в [1, 2, 4, 5]. Результаты экспериментов, полученные авторами на испытательной машине, обработаны с помощью компьютерных программ. При этом отмечено, что ползучесть превышает деформацию, соответствующую максимуму реакции, сопровождается уменьшением коэффициента упругости (поскольку реакция поддерживается постоянной). Такое поведение не соответствует представлению о древесине как о сплошной среде.

Фрагмент структуры, предлагаемый нами для иллюстрации процесса ползучести древесины, приведен на рис. 7. Структура представляется как многомерная сеть, в узлах которой размещены элементы, составляющие структуру (атомы, молекулы, клетки и др. соединения). С ближайшими соседями элементы соединены упругими связями. Предполагается, что вся масса элемента сосредоточена в узле, все связи между элементами твердого тела равны между собой. В этом случае все элементы, не лежащие на поверхности, соседствуют с двенадцатью другими элементами, образующими пространственную фигуру – икосаэдр. Силами F_1 растягиваются три цепочки межэлементных связей: 1–2–3–4; 1–5–6–7–4; 1–8–9–10–4. При разрыве межэлемент-

ных связей увеличивается деформация твердого тела и одновременно сокращается число параллельно соединенных цепочек.

Внешне это событие проявляется двояко: если тело деформировали с постоянной скоростью, то скорость роста реакции уменьшается, что эквивалентно сокращению числа цепочек; если тело нагружено постоянной силой, то наблюдается ползучесть – сокращается число цепочек, но увеличивается их длина. Например, после разрыва звена 2–3 между ними возникает связь через элементы 6 и 9; после разрыва звена 3–4 между ними возникает связь через элементы 7 и 10; после разрыва звена 1–2 между ними возникает связь через элементы 5 и 8. Между элементами 1 и 4 нагрузку воспринимают две цепочки: 1–5–6–7–4 и 1–8–9–10–4, каждая из них длиннее первой цепочки 1–2–3–4 на одно звено. Для удержания реакции потребуется дополнительно деформировать материал. Процесс удлинения цепочек заканчивается сокращением числа параллельных цепочек, за которым следует разрушение.

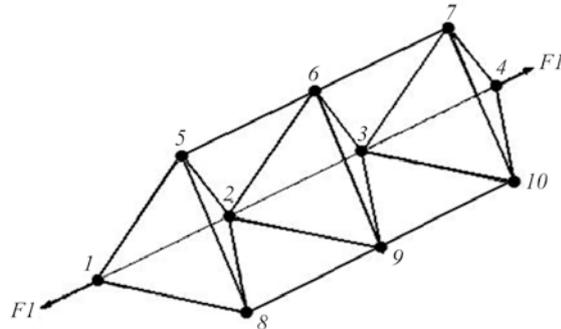


Рис. 7. Фрагмент структуры древесины как твердого тела: 1–10 – элементы структуры (атомы, молекулы, клетки и др. элементы); прямые линии – межэлементные связи; $F1-F1$ – силы, растягивающие структуру

Выводы

1. За время деформирования образца до расчетной реакции формируют массив данных, который используют для расчета коэффициентов уравнения состояния (1) и предела ползучести.

2. Полученное уравнение состояния позволяет рассчитывать предел ползучести древесины для всех реакций материала.

3. Уравнение состояния (1) может быть использовано в теории упругости, которая является основой расчетов на прочность, деформируемость и устойчивость.

4. Уравнение (3) применимо для определения максимального размера ползучести.

5. Уравнение ползучести (6) применимо для расчета длительности приложения нагрузок (долговечности), а также больших деформаций и нагрузок, когда проявляется нелинейная зависимость между ними и применение элементарного закона Гука приводит к существенным погрешностям в расчетах при больших деформациях и нагрузках.

6. Уравнение ползучести (6) применимо в теории пластичности и ползучести, изучающей законы, которые отражают связи между напряжениями и упругопластическими деформациями древесины, разрабатывает методы ре-

шения задач о равновесии и движении деформируемых твердых тел и является основой расчетов конструкций с учетом максимального использования прочностных и деформационных ресурсов древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бернштейн М., Займовский В.А.* Механические свойства металлов. М.: Металлургия, 1979. 496 с.
2. *Быковский В.Н.* Применение механики упруговязких тел к построению теории сопротивления древесины с учетом фактора времени // Исследования прочности и деформативности древесины: сб. ст.; под ред. Г.Г. Карлсена. М.: Гос. изд-во лит-ры по строительству и архитектуре, 1956. С. 32 – 41.
3. *Дунаев В.Ф., Мелехов В.И.* Закономерность изменения механических свойств во времени при деформировании // Лесн. журн. 2010. № 3. С. 101 – 109. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Иванов Ю.М.* Предел пластического течения древесины. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1948. 200 с.
5. *Коцегубов В.П.* Некоторые вопросы долговременного сопротивления древесины сжатию вдоль волокон // Исследования прочности и деформативности древесины: сб. ст.; под ред. Г.Г. Карлсена. М.: Гос. изд-во лит-ры по строительству и архитектуре, 1956. С. 127 – 141.
6. *Кудрявцев Е.М.* Mathcad 2001 Pro. М.: ДМК Пресс, 2001. 576 с.
7. *Локощенко А.М.* Моделирование процесса ползучести и длительной прочности металлов: моногр. М.: МГИУ, 2007. 264 с.
8. *Седов Л.И.* Механика сплошной среды. М.: Наука. Главн. ред. физ.-мат. лит-ры, 1984. 560 с.

Поступила 05.12.12

Pattern Changes of Wood Mechanical Properties in Time Under Reaction Confinement

V.F. Dunaev, Candidate of Engineering

V.I. Melekhov, Doctor of Engineering, Professor

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

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

The main sources of information about the properties of the material are diagrams of a particular type of sample test. However, numerous tensile, compression, bending, and twisting tests as well as other methods of loading could not help determine the mechanisms of the phenomena occurring in the materials at their plastic deformation (creep) and destruction.

In scientific literature, there is no theoretical description of the process of deformation and confinement.

On the basis of the experimental data, the authors aimed to develop a method describing behaviour of wood deformed at a constant rate to the given reaction value. The reaction is kept constant by additional material deformation up to complete destruction. The task was to derive an equation of material state which would allow us to describe behaviour of the material at any time under various loads and deformations.

To analyze deformation diagrams and develop an equation describing the behaviour of the samples, the authors used a universal integrated environment Mathcad 2001 pro allowing one to convert nonlinear diagrams by taking logarithms and by differentiating (more precisely, by finite differences), making them linear and completing the search by statistical processing under the control of the correlation coefficient. These techniques helped determine the structure of creep equation, creep strength, and durability.

Creep was accompanied by a decrease in coefficient of elasticity (as the reaction was maintained constant). This behaviour is inconsistent to the view of wood as a continuous medium. The structure of the wood shows up as a multi-dimensional network, nodes of which contain elements with properties of three series-connected circuits: the integrator, the first order relaxation circuit, and the delay component (in terms of the automatic control theory), which make up a structure (atoms, molecules, cells, and other compounds).

The equation developed can be applied in the theories of elasticity, plasticity and creep.

Keywords: wood, structure of wood, elements of the structure, parts of the elements, deformed wood, chart (experimental curve) deformation, creep, durability, reaction, relaxation limit, creep limit.

REFERENCES

1. Bernshteyn M.L., Zaymovskiy V.A. *Mekhanicheskie svoystva metallov* [Mechanical Properties of Metals]. Moscow, 1979. 496 p.
2. Bykovskiy V.N. *Primenenie mekhaniki uprugovyazkikh tel k postroeniyu teorii soprotivleniya drevesiny s uchetom faktora vremeni* [Viscoelastic Bodies Mechanics Applied to the Construction of the Theory of Time-Dependent Resistance of Wood]. *Issledovaniya prochnosti i deformativnosti drevesiny* [Research on Wood Strength and Deformability]. Moscow, 1956, pp. 32–41.
3. Dunaev V.F., Melekhov V.I. *Zakonomernost' izmeneniya mekhanicheskikh svoystv vo vremeni pri deformirovani* [Pattern Changes of Wood Mechanical Properties in Time Under Deformation]. *Lesnoy zhurnal*, 2010, no. 3, pp. 101–109.
4. Ivanov Yu.M. *Predel plasticheskogo techeniya drevesiny* [Plastic Yield Point of Wood]. 2nd ed. Moscow, 1948. 200 p.
5. Kotsegubov V.P. *Nekotorye voprosy dolgovremennogo soprotivleniya drevesiny sosny szhatiyu vdol' volokon* [Some Issues of Continuous Resistance of Pine Wood to Compression Along the Fibers]. *Issledovaniya prochnosti i deformativnosti drevesiny* [Research on Wood Strength and Deformability]. Moscow, 1956, pp. 127–141.
6. Kudryavtsev E.M. *Mathcad 2001 Pro*. Moscow, 2001. 576 p.
7. Lokoshchenko A.M. *Modelirovanie protsessa polzuchesti i dlitel'noy prochnosti metallov* [Simulation of Creep Process and Continuous Strength of Metals]. Moscow, 2007. 264 p.
8. Sedov L.I. *Mekhanika sploshnoy sredy* [Continuum Mechanics]. Moscow, 1984. 560 p.

УДК 674.047.37

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ОЦИЛИНДРОВАННЫХ БРЕВЕН

© *А.А. Лукаш, канд. техн. наук, доц.*

Е.С. Гришина, асп.

Брянская государственная инженерно-технологическая академия, просп. Ст. Димитрова, 3,
г. Брянск, Россия, 241037

E-mail: grishin57@yandex.ru

В статье рассмотрены проблемы применения оцилиндрованных бревен при строительстве деревянных домов коттеджного типа, их преимущества и недостатки. Основными недостатками производства домов из оцилиндрованного бревна являются трещины, появляющиеся на поверхности бревна, и усадка, появляющаяся при снижении его влажности. Древесина, используемая на изготовление срубов из оцилиндрованных бревен, имеет естественную влажность. Процесс сушки бревен в уже собранном доме длится 1...2 года, за это время сруб дает усадку, составляющую 5...7 % по высоте. Другое негативное последствие, связанное с применением сырой древесины, – увеличение вероятности грибковых поражений при дальнейшей эксплуатации дома.

Сушка бревен до эксплуатационной влажности весьма длительный процесс. Даже при сушке в естественных условиях появляются глубокие трещины на поверхности, ухудшается внешний вид и эксплуатационные свойства построенного дома, что потребует применения специальных замазок. Чтобы избежать появления поверхностных трещин, необходимо обеспечить равномерный выход влаги из древесины по всему сечению бревна.

Поэтому целью исследований является разработка способов обработки, позволяющих снизить длительность высушивания оцилиндрованных бревен до эксплуатационной влажности.

Авторами предложен новый способ конвективной сушки оцилиндрованных бревен, основанный на том, что перед началом сушки по всей длине бревна равномерно сверлят сквозные отверстия в поперечном направлении. Это ускоряет нагрев бревна по сечению и облегчает выход испарившейся влаги. И чем больше отверстий, тем быстрее будет происходить процесс сушки, который определяется конечной влажностью древесины.

Это было подтверждено методом численного эксперимента по установлению влияния количества отверстий и продолжительности сушки на влажность древесины оцилиндрованных бревен. В результате проведенных исследований установлено, что при 10 отверстиях на 1 м (погонном) оцилиндрованного бревна продолжительность сушки от 23 до 12 % влажности составила 100 ч. У бревна без отверстий за тот же период времени влажность снизилась только до 18 %.

Следовательно, наличие сквозных в поперечном направлении отверстий будет способствовать быстрому и равномерному нагреву бревна по сечению, что ускорит процесс сушки. Равномерность нагрева древесины отверстиями обеспечивает одновременную усушку волокон центральной и периферийной части бревна, что приводит к снижению внутренних напряжений, возникающих в бревне в процессе сушки, и устраняет образование трещин на его поверхности.

Ключевые слова: строительство, домостроение, древесина, бревно, оцилиндровка, усадка, усушка, сушка, процесс, интенсификация.

Индустрия малоэтажного деревянного домостроения в нашей стране имеет огромные возможности для роста. Это обусловлено как низкой ценой, быстровозводимостью, энергоэффективностью, высоким качеством этих домов, так и универсальностью технологии, которая позволяет удовлетворять потребности покупателей из различных сегментов рынка. Согласно планам Правительства РФ, в среднесрочной перспективе российский рынок жилья должен вырасти до 130...150 млн м² / год (норма для развитых стран – около 1 м² на человека в год). По мнению некоторых экспертов, основная часть вводимых мощностей должна приходиться на каркасное домостроение. Для сравнения: мощности этой индустрии, даже с учетом всех введенных за последнее время предприятий, не превышают 1 млн м², т. е. потенциально она может вырасти в десятки раз [2].

Одним из важнейших направлений политики современной России является обеспечение широких слоев населения доступным по стоимости жильем. Проблему недостаточного количества жилья подстегивает постоянно растущий средний класс, который является основным потребителем. Начинают разрабатываться программы по строительству коттеджных поселков для постоянного проживания средних слоев населения. Это послужит улучшению жилищных условий жителей регионов и мегаполисов. В регионах существует необходимость развивать сельские территории, для чего требуется привлекать новую рабочую силу, в том числе предлагая хорошие жилищные условия [3].

Большинство населения страны проживает в многоквартирных домах, но при этом даже в городах с высокой плотностью населения растет потребность в комфортном, просторном и экологически чистом индивидуальном жилье. Ничто не способно решить эту проблему лучше, чем деревянный дом.

На сегодняшний день можно выделить несколько основных технологий, которых придерживаются производители домов:

- изготовление из массивной древесины (цельные бревна ручной рубки, оцилиндрованные бревна, клееные брусья);
- изготовление с применением панелей;
- каркасное домостроение.

Малые объемы панельного и каркасного домостроения не способствуют качеству, поскольку в целях экономии строительные работы ведутся в основном за счет спонтанно привлекаемой рабочей силы.. Наши граждане настроены критически к таким «карточным домикам», как их называют в народе.

Сегодня из-за постоянного роста цен на энергоносители повышаются цены на такие строительные материалы, как цемент, кирпич, а соответственно, и на готовую продукцию. Цена древесины на корню такими темпами расти не будет, т. е. стоимость 1 м² готового жилья будет оставаться стабильной.

Древесина обладает превосходными строительными-техническими характеристиками, отличной теплопроводностью. Равная по удержанию тепла де-

ревянная стена в 4 раза тоньше кирпичной. Стены деревянного дома «дышат», поддерживая оптимальный для проживания человека уровень влажности в помещении [1].

На сегодняшний день существуют две основные технологии деревянного домостроения: из клееного бруса и оцилиндрованного бревна. При изготовлении клееного бруса применяется большое количество операций, что ведет к удорожанию конечной продукции за счет производственных расходов. Выход готовой продукции при производстве клееного бруса составляет около 40 %, а при производстве оцилиндрованного бревна – около 80 %. Высокая стоимость оборудования, необоснованно завышенные цены на монтаж, недолгая история применения клееного бруса в строительстве домов и большое количество рекламаций рождают сомнения у покупателей не в пользу данного строительного материала. Кроме того, при производстве клееного бруса используются клеи с гарантией на работу 40...50 лет, и неизвестно, что будет с клеевым соединением по прошествии этого срока, а ведь дома из бревна простоят не одно столетие. Производство домов из оцилиндрованного бруса осуществляется без применения фенолоформальдегидных клеев, что дает им значительное преимущество с экологической точки зрения.

Таким образом, производство домов из оцилиндрованного бревна на настоящий момент является наиболее перспективным. Однако, несмотря на очевидные преимущества домов из данного материала, существуют некоторые проблемы. Основные из них – трещины, появляющиеся на поверхности бревна, и усадка, образующаяся при уменьшении естественной влажности древесины, которая идет на изготовление сруба из оцилиндрованного бревна. Процесс сушки бревен в собранном доме длится 1...2 года, за это время сруб дает усадку, составляющую 5...7 % по высоте. Немногие фирмы и заказчики готовы ждать, пока оцилиндрованное бревно высохнет естественным образом до низкой влажности [1].

Усадка создает ряд неудобств в процессе эксплуатации. При усадке сруба уменьшается высота стен, оконных и дверных проемов. Но если оконные и дверные проемы еще можно вставить, не привязывая блоки жестко к венцам (по принципу шип-паз) и оставляя усадочный зазор, то, например, обшить парилку осиновой вагонкой или установить лестницу на второй этаж вряд ли получится. Дома, построенные из свежесрубленной древесины, необходимо ежедневно проветривать так как при высыхании древесины получается «парниковый эффект», что благоприятно для развития грибков. Из-за большой толщины бревно сохнет неравномерно. Вследствие этого на поверхности бревна появляются трещины, что ухудшает внешний вид и может привести к снижению прочностных и эксплуатационных показателей.

Особенности процесса сушки древесины определяются механизмом перемещения влаги внутри материала, т. е. характером влагопереноса. При неравномерном распределении влаги древесины происходит ее движение в направлении пониженной влажности. Влага перемещается по объему матери-

ала под воздействием перепада влажности (градиент влагосодержания). Движение влаги также происходит в сторону пониженной температуры, если существует перепад температуры (градиент температуры) по объему пиломатериала. Чем сильнее прогрета древесина, тем выше ее теплопроводность за счет снижения вязкости влаги в капиллярах.

Следовательно, чем быстрее испаряется влага, тем больше трещин возникает на поверхности бревна. За счет более интенсивного удаления влаги поверхность уменьшается в объеме больше, чем сердцевина. Центральная часть давит на наружные слои, что и приводит к растрескиванию. Верхняя часть сердцевины и служит для гашения напряжений, возникающих во время сушки. Для уменьшения глубины трещин прорезают компенсационный пропилен по всей длине бревна. Но необходимо устранять сами причины, а не их последствия.

Задача состоит в том, чтобы достичь более равномерного выхода влаги из древесины по всей длине материала или изначально высушивать центральную часть бревна больше наружной для того, чтобы в какой-то момент совместить сушку двух зон.

Для решения данной задачи на сегодняшний день предлагается использовать:

СВЧ-установки, которые с помощью волн, действующих на центральную зону бревна, удаляют влагу через торцы;

вакуумные сушильные камеры, в которых при интенсивном высокотемпературном нагреве температура высушиваемого материала достигает температуры выше точки кипения воды при данном давлении и температуре окружающей древесины среды. Свободная влага внутри клеток и в межклеточных пространствах «вскипает», после ее удаления температура материала начинает повышаться, стремясь к температуре среды. В этот период основной причиной движения влаги является перепад влажности по толщине;

сушильные камеры периодического действия с заданными параметрами режима сушки и применением специальной технологической обработки материала.

Первые два способа довольно специфичны, дорогостоящи и энергоемки.

Для устранения основных недостатков производства домов из оцилиндрованного бруса (трещины на поверхности бревна и его усадка) необходимо разработать способы сушки древесины большого диаметра, позволяющие обеспечить равномерный выход влаги по всей длине и по всему сечению материала, т. е. одновременно высушивать центральную и периферийную части бревна.

Сушка древесины большого диаметра имеет свои специфические особенности. Необходимым условием получения качественно высушенной древесины является отсутствие внутренних напряжений и наружных трещин, но и длительность процесса является немаловажным фактором, определяющим производительность оборудования.

Авторами предложен новый способ конвективной сушки оцилиндрованных бревен, основанный на том, что перед началом сушки по всей длине бревна равномерно сверлят сквозные отверстия в поперечном направлении. Наличие сквозных отверстий ускоряет прогрев бревна по сечению и облегчает выход испарившейся влаги. Чем больше отверстий, тем быстрее будет происходить процесс сушки, который определяется конечной влажностью древесины.

Для установления влияния количество отверстий и продолжительности сушки на влажность древесины были проведены исследования. Древесина была заготовлена в декабре 2012 г. в Жуковском лесничестве Брянской области. Для экспериментов использовали лабораторную сушильную установку.

На основании поисковых исследований установлены постоянные и переменные факторы. Постоянные факторы: начальная влажность древесины – 23 %; порода – сосна; диаметр оцилиндрованного бревна – 180 мм; длина образца – 600 мм; диаметр отверстий – 28 мм; температура 50 °С. Диапазоны варьирования переменных факторов: количество отверстий – от 0 до 10 шт., продолжительность выдержки под давлением – от 60 до 180 ч.

Уровни и интервалы варьирования переменных факторов приведены в таблице.

Перед сушкой была установлена начальная масса каждого образца и методом высушивания при помощи прибора ДИ-8 определена начальная влажность, которая составила 23 %.

Влажность древесины

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} 100 \% , \quad (1)$$

где m_1 и m_2 – масса древесины во влажном и абс. сухом состояниях;

$m_1 - m_2$ – масса воды, содержащейся в древесине.

После определенной продолжительности сушки образцы взвешивали и определяли текущую влажность.

При реализации исследований был применен двухфакторный план Бокса В2, который имеет хорошие статистические характеристики и включает небольшое число экспериментальных точек, и получено уравнение регрессии,

Уровни и интервалы варьирования переменных факторов

Факторы	Обозначение		Интервал варьирования	Уровень варьирования		
	Натуральный вид	Кодированный вид		Нижний –	Основной 0	Верхний +
Количество отверстий, шт.	K	X_1	5	0	5	10
Продолжительность сушки, ч	t	X_2	60	60	120	180

адекватно описывающее зависимость упрессовки наружных слоев от давления и продолжительности выдержки под давлением при 5 %-м уровне значимости:

$$Y = 14,6 - 3,42X_1 - 2,32X_2 + 0,68 X_2^2; \quad (2)$$

$$- 1 \leq X_1 \leq + 1;$$

$$- 1 \leq X_2 \leq + 1.$$

Из уравнения (2) видно, что линейные коэффициенты при параметрах X_1 и X_2 отрицательны, т. е. между выходной величиной и переменными факторами существует обратная зависимость. Коэффициент при квадратичном эффекте параметра давления X_2^2 положительный, что указывает на выпуклость функции (ветви параболы направлены вверх). Коэффициенты при квадратичном эффекте параметра X_1^2 и парном взаимодействии X_1X_2 отсутствуют в формуле, так как они незначимы, т. е. их влияние на функцию отклика незначительно. Вершины парабол находятся вне диапазонов варьирования факторов, так как выполняется условие $|b_i| < 2 |b_{ii}|$. Для большей наглядности уравнение регрессии переведено в натуральный вид:

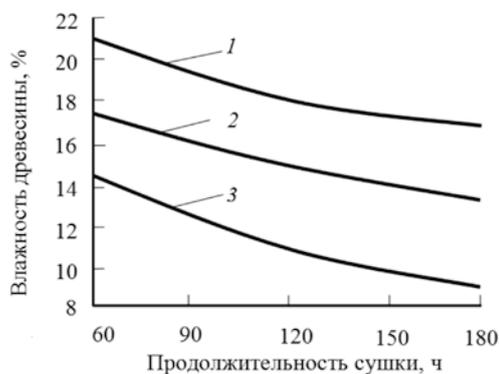
$$Y = 25,4 - 0,68 K - 0,084 t + 0,0002 t^2; \quad (3)$$

$$0 \leq K \leq 10;$$

$$60 \leq t \leq 180.$$

Для анализа влияния переменных факторов на упрессовку слоев по уравнению (2) и построена графическая зависимости (см. рисунок). Анализируя полученные графики, можно сделать вывод о том, что с увеличением количества отверстий в бревне влажность древесины снижается более интенсивно.

Таким образом, предложенный способ позволит значительно упростить технологический процесс конвективной сушки оцилиндрованных бревен, снизить его трудоемкость и уменьшить энергозатраты. Наличие сквозных в поперечном направлении отверстий будет способствовать быстрому и равномерному нагреву бревна по сечению, что ускорит процесс сушки. Кроме того, равномерность нагрева древесины за счет отверстий обеспечит одновременную усушку волокон центральной и периферийной частей бревна, что снизит внутренние напряжения, возникающие в бревне в процессе сушки, и устранил образование трещин на его поверхности.



Изменение влажности древесины от продолжительности сушки и количества отверстий, шт.: 1 – 0; 2 – 5; 3 – 10

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукаш А.А. Гришина Е.С. Перспективы и проблемы производства домов из оцилиндрованного бревна // Биосферносовместимые города и поселения: материалы междунар. науч.-прак. конф., 11–13 дек. 2012 г., Брянск; под общ. ред. В.А. Ильичева, В.И. Колчукова. Брянск: БГИТА, 2012. С.133–137.
2. Лукичев А.В. Перспективы деревянного каркасного домостроения в России // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI в. 2008. № 11. С. 44–45.
3. Мальцев В.В. Малоэтажное деревянное домостроение: Концепция нового века // Дерево.RU. 2006. 215 с.

Поступила 04.03.13

Intensification of Round Log Drying

A.A. Lukash, Candidate of Engineering, Associate Professor

E.S. Grishina, Postgraduate Student

Bryansk State Engineering and Technological Academy, Prospekt Stanke Dimitrova, 3,

241037 Bryansk, Russia

E-mail: grishin57@yandex.ru

The article considers the problems of using round logs in constructing wooden cottage houses, their advantages and disadvantages. The main disadvantages are cracks appearing on the surface of a log and shrinkage due to moisture content reduction in a log. The wood used for production of blockhouses made of round logs has natural moisture. Logs in the assembled house undergo the process of drying for one or two years. During this time, the blockhouse shrinks by 57 % of its height. Among other negative consequence of using wet wood we can name an increased risk of fungal decay in the future.

Drying of logs to make them fit for further service is quite a long process. Even when drying in natural conditions there can appear deep cracks on the surface, which affects the appearance and performance properties of the constructed house and would require special fillings. Such surface cracks can be avoided by ensuring a uniform exit of moisture from the wood across the log section.

Therefore, the research aimed to develop methods of round logs treatment reducing the time of log drying to the service moisture content.

The authors propose a new method of convection drying of round logs, according to which diametral through-holes are drilled evenly along the entire length of the log in crosswise direction before drying. This will speed-up the cross-sectional heating of the logs and facilitate the exit of the evaporated moisture. And the greater the number of holes, the faster the drying process, which is determined by the final moisture content in the wood.

This was confirmed by a numerical experiment which determined the influence of the number of holes and drying time on the moisture content in round logs. Drying of round logs having 10 holes per 1 running meter from 23 % to 12 % moisture content took 100 hours. While in logs without holes, the moisture content decreased only to 18 % for the same period.

Crosswise through-holes facilitate cross-sectional heating of the logs and speed up the drying process. Uniform heating of wood by holes provides simultaneous shrinkage of fibers in the central and peripheral parts of the log, which reduces the internal stresses arising in the log at drying and eliminates the formation of cracks on its surface.

Keywords: construction, building, wood, log reducing, shrinkage, contraction, drying, process, intensification.

REFERENCES

- 1 Lukash A.A., Grishina E.S. Perspektivy i problemy proizvodstva domov iz otsilindrovannogo brevna [Prospects and Problems of Construction of Houses Made of Round Timber]. *Biosferanosvmestimye goroda i poseleniya: materialy mezhdunar. nauch.-prak. konf.* [Biosphere-Compatible Cities and Settlements: Int. Sci. and Pract. Conf.]. Bryansk, 11–13 December 2012. Bryansk, 2012, pp. 133–137.
 2. Lukichev A.V. Perspektivy derevyannogo karkasnogo domostroeniya v Rossii [The Prospects of the Wooden Framework Housing Construction in Russia]. *Stroitel'nye materialy oborudovanie, tekhnologii XXI veka*, 2008, no. 11, pp. 44–45.
 3. Mal'tsev V.V. Maloetazhnoe derevyannoe domostroenie: Kontseptsiya novogo veka [Low-Rise Wooden Buildings: The Concept of the New Century]. *Derevo.RU*, 2006. 215 p.
-



УДК 676.15.051.44

**ИССЛЕДОВАНИЕ РИСУНКОВ ГАРНИТУРЫ
НОЖЕВЫХ РАЗМАЛЫВАЮЩИХ МАШИН
С УДАРНЫМ ЭФФЕКТОМ**

© *В.И. Ковалев, канд. техн. наук, доц.*

В.А. Кожухов, ст. преп.

Ю.Д. Алашкевич, д-р техн. наук, проф.

Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира, 82, г. Красноярск,
Россия, 660049

E-mail: mарт@sibstu.kts.ru

При размоле волокнистых полуфабрикатов в ножевых машинах ударный контакт по длине режущих кромок ножей вращающегося ротора и неподвижного статора через сжатый слой нависших на них волокнистых наслоек характеризуется более сильными рубящим и режущим воздействиями на массу при минимальной энергоёмкости. В статье исследуются известные (с прямоугольной формой ножей) и авторское (с радиальной формой) исполнения.

Исследование включает:

рассмотрение общих и характерных особенностей исполнений, а также особенностей силового воздействия при одновременном контакте режущих кромок; геометрическое построение рисунков данных исполнений; проверку данных исполнений на одновременность контакта режущих кромок ножей по всей их длине.

Общими являются геометрические и динамические особенности, а также особенность, заключающаяся в том, что векторы окружных скоростей и усилий в точках режущих кромок единичных ножей ротора нормальны по отношению к радиусам, проведенным из центра диска в эти точки, т.е. перпендикулярны.

Характерными являются геометрические и динамические особенности рассматриваемых исполнений.

Проверка ножей на одновременность контакта по всей длине их режущих кромок произведена по времени прохождения их разно удаленными точками окружных дуг, ограниченных контактирующими между собой образующими единичных прямоугольных и радиальных ножей. Результаты проверки показали, что для (известной) прямоугольной формы ножей время прохождения окружных дуг разно удаленными точками режущих кромок не одинаково при не одинаковости углов поворота этих точек, за счет чего и контакт по длине режущих кромок не одновременный, для авторской (радиальной) формы ножей – одинаково при равенстве углов поворота этих точек, за счет чего и контакт по длине режущих кромок одновременный.

Выводы по результатам проведенных исследований :

при прямоугольной форме размалывающей поверхности ножей одновременный контакт по длине их режущих кромок невозможен;

при трапецидальной форме размалывающей поверхности ножей контакт по длине режущих кромок ротора одновременный;

при трапецидальной форме размалывающей поверхности ножей создаются предпосылки для ударного воздействия на волокна;

представленная информация достаточно обоснована с помощью доказательной математической базы;

увеличение доли фибриллирующего эффекта по мере притупления (закругления) режущих кромок ножей представляет интерес для последующего исследования.

Ключевые слова: одновременный и радиальный контакт, кромка, резание, удар.

Известно, что при размоле волокнистых полуфабрикатов в ножевых машинах ударный контакт по длине режущих кромок ножей вращающегося ротора и неподвижного статора через сжатый слой нависших на них волокнистых наслоек характеризуется более сильным, чем при других исполнениях, рубящим и режущим воздействиями на массу при минимальной энергоёмкости [4, 5]. В данной статье представлены результаты исследования ножей различной формы исполнения, которые могут обеспечить такой эффект.

Исследование включает:

рассмотрение общих и характерных особенностей исполнений, а также особенностей силового воздействия при одновременном контакте режущих кромок по всей их длине;

проверку данных исполнений на одновременность контакта режущих кромок ножей по всей их длине.

Общие и характерные особенности рассматриваемых исполнений

Общие особенности

Геометрические:

ножи равномерно распределены на размалывающей поверхности диска;

оси симметрии размалывающих поверхностей ножей проходят через центр диска (т. е. не образуют с ним эксцентриситет).

Кроме того, ножевые поверхности дисков ротора и статора сопряжены через межножевой зазор, который в процессе работы заполняется спрессованной волокнистой массой; сцентрированы и образуют кольцевую размалывающую полость, включающую межножевые зазор и канавки для транспортирования обрабатываемой волокнистой суспензии от входа к выходу (под действием давления и центробежной силы).

Динамические:

окружные скорости в точках режущих кромок единичных ножей равномерно увеличиваются от минимальных до максимальных;

окружные усилия в точках режущих кромок единичных ножей равномерно уменьшаются от максимальных до минимальных;

удельные давления на размалывающих ножевых поверхностях единичных ножей равномерно уменьшаются от максимальных до минимальных.

Общей особенностью является и то, что векторы окружных скоростей и усилий, развиваемых в точках режущих кромок единичных ножей ротора, нормальны по отношению к радиусам, проведенным из центра диска в эти точки, т. е. перпендикулярны.

Геометрические особенности известного исполнения [1 – 3]

Толщины ножей ротора и статора равны между собой и одинаковы по всей длине.

Кромки, ограничивающие рабочие поверхности ножей:

параллельны между собой и осям их симметрии;

режущие не перпендикулярны векторам окружных скоростей и усилий, развиваемых в их точках;

расположены с разных сторон относительно центра диска;

образуют эксцентриситеты с разных сторон относительно центра диска;

придают рабочим поверхностям ножей форму прямоугольника;

не совпадают с радиусами, проведенными из центра диска в произвольные точки кромок (за счет чего последние приобретают статус «не радиальных»);

Не равны нулю:

углы между кромками и радиусами, проведенными к ним из центра диска;

углы скрещивания режущих кромок;

эксцентриситеты кромок относительно центра дисков.

Геометрические особенности авторского исполнения [4, 5]

Кромки, ограничивающие рабочие поверхности ножей:

не параллельны между собой;

режущие перпендикулярны векторам окружных скоростей и усилий, развиваемых в точках режущих кромок единичных ножей;

сходятся в центре диска;

не образуют эксцентриситет относительно центра диска;

придают рабочим поверхностям ножей форму равносходной трапеции;

совпадают с радиусами, проведенными из центра диска в произвольные точки кромок (за счет чего последние приобретают статус «радиальных»).

Равны нулю:

углы между кромками и радиусами, проведенными к ним из центра O ;

углы скрещивания режущих кромок;

эксцентриситеты кромок относительно центра O .

Толщина единичного ножа равномерно возрастает по всей его длине, при движении в направлении от входной окружной кромки диска к периферийной.

Особенности динамического силового воздействия при одновременном контакте по всей длине режущих кромок

Представляется, что только при одновременном контакте эффект «ножниц» преобразуется в «ударный» эффект, т. е. силовое воздействие на волокнистый материал трансформируется в ударное, а «ударный» эффект превалирует над «режущим».

Можно предположить, что это позволит в значительной степени снизить долю поперечного резания волокон и увеличить долю фибрилляции волокон (в виде их раздавливания и продольного разделения).

Проверка рассматриваемых исполнений на одновременность контакта режущих кромок ножей по всей их длине

Известные исполнения [1–3]

На рисунке *a* представлена фронтальная проекция сопряжения прямоугольных рабочих ножевых поверхностей ротора и статора.

Время прохождения точкой A_p^Y дуги $\widehat{A_p^Y A_c^Y}$:

$$t^{A_p^Y} = \frac{(\varphi - \alpha^{A_p} - \alpha^{A_c} + \gamma^{Y_p} + \gamma^{Y_c})}{360^\circ \cdot n}; \quad (1)$$

точкой B_p дуги $\widehat{B_p B_c}$:

$$t^{B_p} = \frac{(\varphi - \alpha^{A_p} - \alpha^{A_c} + \gamma^{B_p} + \gamma^{B_c})}{360^\circ \cdot n}; \quad (2)$$

точкой A_p дуги $\widehat{A_p A_c}$:

$$t^{A_p} = \frac{\varphi - \alpha^{A_p} - \alpha^{A_c}}{360^\circ \cdot n}. \quad (3)$$

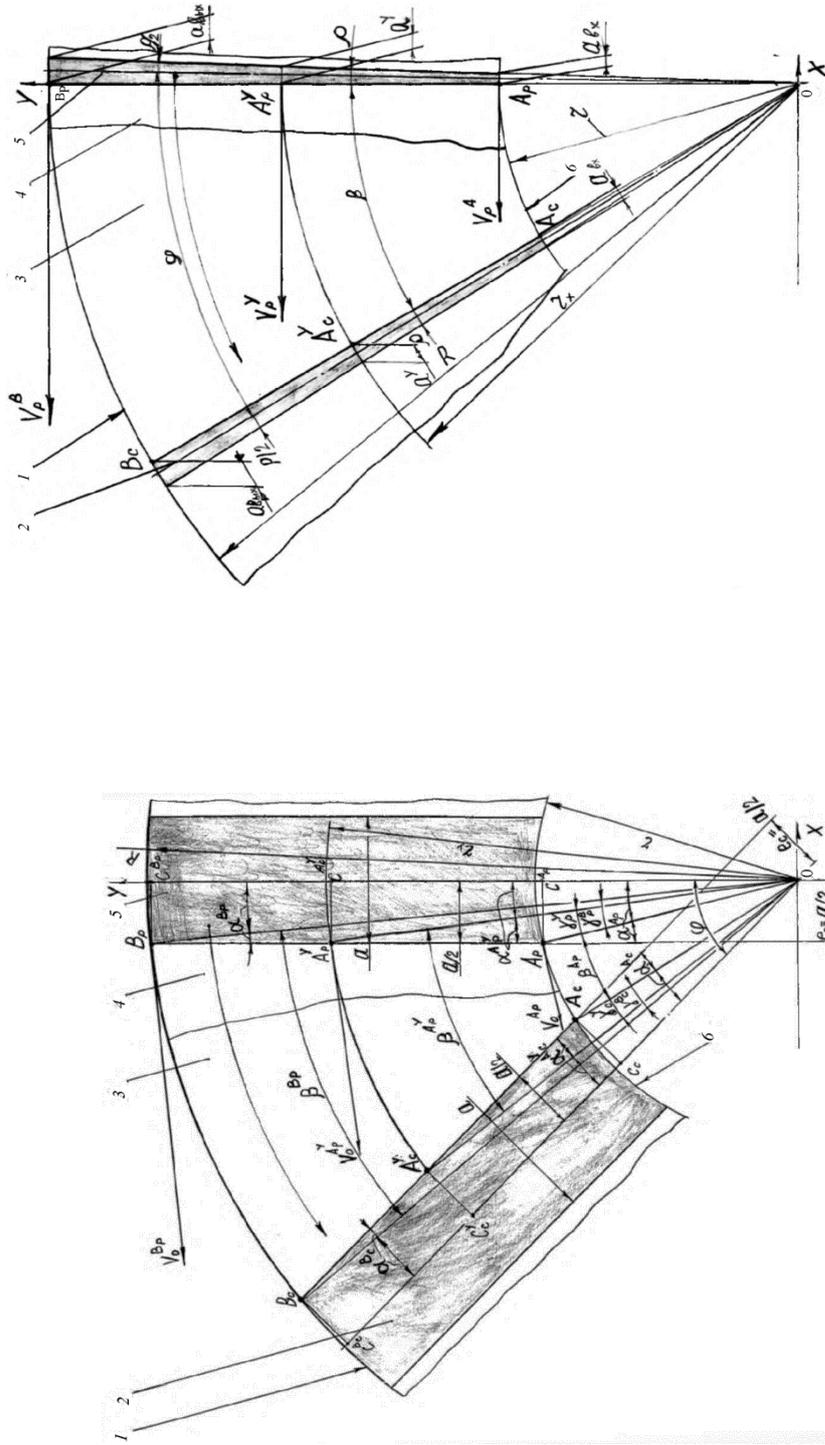
Таким образом, $t^{B_p} > t^{A_p^Y} > t^{A_p}$. Это объясняется тем, что для точек кромки A_p B_p угол β не одинаков. Следовательно, контакт по длине режущих кромок происходит не одновременно.

Авторское исполнение [4, 5]

На рисунке *b* приведена фронтальная проекция сопряженных трапециевидальных рабочих ножевых поверхностей ротора и статора.

Время прохождения точками A_p^Y , A_p , B_p дуг $\widehat{A_p^Y A_c^Y}$, $\widehat{A_p A_c}$, $\widehat{B_p B_c}$ одинаково, т. е.

$$t^{A_p} = t^{B_p} = t^{A_p^Y} = \frac{\varphi - \rho}{360^\circ \cdot n}, \quad (4)$$



а
 б
 Сопряжение ножевых поверхностей прямоугольной (а) и трапециевидальной (б) форм: 1 – выходная окружная кромка сопряженных дисков ротора и статора; 2 – единственный нож статора; 3 – ножевая поверхность статора; 4 – ножевая поверхность ротора; 5 – единственный нож ротора; 6 – входная окружная кромка сопряженных дисков ротора и статора

Это объясняется тем, что угол β одинаков для любой точки кромки A_p, B_p . Следовательно, контакт по длине режущих кромок единичных ножей ротора и статора одновременный.

Выводы

1. При прямоугольной форме размалывающей поверхности ножей одновременный контакт по длине их режущих кромок невозможен.
2. При трапецидальной форме размалывающей поверхности ножей контакт по длине их режущих кромок ротора одновременный.
3. При трапецидальной форме размалывающей поверхности ножей создаются предпосылки для ударного воздействия на волокна.
4. Полученная информация достаточно обоснована с помощью доказательной математической базы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легоцкий С.С., Гончаров В.Н. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. М.: Лесн. пром-сть, 1990. С. 222.
2. Легоцкий С.С., Лантев Л.Н. Размол бумажной массы. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 93 с.
3. Ковалев В.И., Алашкевич Ю.Д., Набиева А.А. Влияние рисунка гарнитуры на процесс размола волокнистых полуфабрикатов: моногр. Ч. I. Красноярск, РИЦ СибГТУ, 2010. 168 с.
4. Кожухов В.А., Ковалев В.И., Алашкевич Ю.Д. Ударный эффект при воздействии ножевой гарнитуры как фактор повышения качества размола (статья)//Вестн. Сиб. гос. аэрокосм. ун-та им. акад. М.Ф. Решетнева. 2006. №5. С.130–132.
5. Пат. 2227826 РФ. Размалывающая гарнитура для дисковой мельницы/ Алашкевич Ю.Д., Ковалев В.И., Саргсян К.Х., Набиева А.А., Щербаков В.Н. Заявл. 16.07.03; Опубл. 27.04. 04 , Бюл. № 12.

Поступила 18.12.12

The Study of Tacking Patterns in Milling Machines with Impact Effect

V.I. Kovalev, Candidate of Engineering, Associate Professor

V.A. Kozhukhov, Senior Lecturer

Yu.D. Alashkevich, Doctor of Engineering, Professor

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

E-mail: mapt@sibstu.kts.ru

It is known that during grinding of fibrous semi-finished products in cutting mills, the impact contact along the length of the cutting edges of the blades in the rotor and stator through the compressed layer of fibers hanging over them produces a stronger chopping and cutting action on the mass at minimum energy consumption. The paper studied the known version – with rectangular blades and an author one – with radial blades. The study focused on:

- common and special features of the versions, as well as on the force action at simultaneous contact of cutting edges;
- geometry of patterns of these versions;
- testing these versions on simultaneity of contact of cutting edges along their entire length.

Among common features we found geometric and dynamic characteristics, as well as the fact that circumferential velocity vectors and effort vectors at points of the cutting edges of individual rotor blades are normal with respect to the radii drawn from the center of the disk to these points, .i.e. perpendicular. Among special features we found geometric and dynamic characteristics of the versions. Simultaneity of the contact along the entire length of the cutting edges of single rectangular and radial blades was tested during their passage in unequally distant points of circumferential arcs, limited by the generatrices contacting with each other. The results showed that the time of the passage of circumferential arcs in unequally distant points of the cutting edges for:

- rectangular blades is not the same at different rotation angles of these points, due to which the contact along the length of the cutting edges is not simultaneous;
- radial blades is the same at equal rotation angles of these points, due to which the contact along the length of the cutting edges is simultaneous.

Conclusions:

- for blades with rectangular grinding surface, simultaneous contact along the length of their cutting edges is impossible;
- for rotor blades with trapezoidal grinding surface, the contact along the length of the cutting edges is simultaneous;
- trapezoidal grinding surface of blades creates prerequisites for impact action on the fiber;
- the information provided is well founded using mathematical framework;
- increasing share of the fibrillation effect as the cutting edges are getting blunt (curved) is of interest for further research.

Keywords: simultaneous and radial contact, edge, cutting, impact.

REFERENCES

1. Legotskiy S.S., Goncharov V.N. *Razmalyvayushchee oborudovanie i podgotovka bumazhnoy massy* [Grinding Equipment and Preparation of Paper Pulp]. Moscow, 1999, p. 222.
2. Legotskiy S.S., Laptev L.N. *Razmol bumazhnoy massy* [Paper Pulp Grinding]. Moscow, 1981. 93 p.
3. Kovalev V.I., Alashkevich Yu.D., Nabieva A.A. *Vliyanie risunka garnitury na protsess razmola voloknistykh polufabrikatov* [The Effect of Tacking Pattern on the Grinding of Fiber Semi-Products]. Part I. Krasnoyarsk, 2010. 168 p.
4. Kozhukhov V.A., Kovalev V.I., Alashkevich Yu.D. *Udarnyy effekt pri vozdeystvii nozhevoy garnitury kak faktor povysheniya kachestva razmola* [Shock Effect at Influence of Knife Garniture as a Factor of Upgrading Grinding]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva*, 2006, no. 5, pp. 130–132.
5. Alashkevich Yu.D., Kovalev V.I., *Razmalyvayushchaya garnitura dlya diskovoy mel'nitsy* [Disk Mill Tacking]. Patent RF, no. 2227826.

УДК 674.817-41

ПОЛУЧЕНИЕ ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОСФОРАМИДА ФКМ

© *А.А. Леонович, д-р техн. наук, проф.*

А.В. Шелоумов, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова,

Институтский пер., д. 5, г. С.-Петербург, Россия, 194021

E-mail: wood-plast@mail.ru

Повышение эффективности огнезащитных средств возможно за счет увеличения доли рабочих элементов в их составе, при этом требуется исключить возможность негативного действия на свойства и технологию изготовления древесных плит.

Целью работы было использование фосфорамида ФКМ – продукта с повышенным содержанием фосфора, получаемого конденсацией дигидрофосфата аммония с карбамидом в присутствии фосфорной кислоты, взамен известного антипирена – амидофосфата (КМ). Требовалось оптимизировать параметры закрепления антипирена ФКМ в древесноволокнистых плитах (ДВП) с одновременным улучшением качества плит.

Синтезированный ФКМ содержал подобранное на основе синергизма соотношение фосфора и азота, имел оптимальную по условиям образования плит кислотность и высокую концентрацию рабочего раствора. Синтетическое связующее не использовалось, межволоконное взаимодействие обеспечивалось термической обработкой отпрессованных плит непосредственно после горячего прессования.

Древесное волокно листовых пород древесины, полученное на дефибраторе в ООО «Шекснинский КДП», обрабатывали воздушным распылением двумя антипиренами: ФКМ и КМ. Расход 50 %-го водного раствора антипиренов назначали исходя из заданной массовой доли фосфора в абс. сух. волокне 3 %. ДВП толщиной 3,2 мм прессовали при температуре 200 °С, максимальном давлении 5,5 МПа в течение 4,5 мин с последующей термической обработкой при температуре 160 °С в течение 30...210 мин. Измельченные образцы плит экстрагировали холодной и горячей водой, диэтиловым эфиром.

Прочность при изгибе образцов ДВП с ФКМ – 74,8...78,4 МПа, разбухание в воде –17,5...20,0 %, потеря массы при огневых испытаниях – 13,3...14,5 % без самостоятельного горения.

Установлено, что антипирен ФКМ может быть использован для изготовления огнезащитных ДВП по сухому способу без применения синтетических связующих, при этом плиты характеризуются повышенными плотностью и прочностью и не содержат свободного формальдегида. Сохранение тепла плитами горячего прессования после непосредственной 30-минутной термической обработки является достаточным условием для достижения ими показателей физико-механических свойств на уровне нормативных требований к конструкционным влагостойким плитам с образованием прочно связанного огнезащитного комплекса.

Ключевые слова: амидофосфат, антипирен, горючесть, древесноволокнистые плиты, модифицирование, фосфорамид, эмиссия формальдегида.

Известно, что для изготовления огнезащищенных древесноволокнистых плит (ДВП) по сухому способу (ОДВПс) наиболее целесообразно использовать фосфоразотсодержащие антипирены переменной кислотности. На практике хорошо себя зарекомендовал амидофосфат (КМ) [3, 5]. Кроме эффективного снижения горючести материала, КМ активно участвует в межволоконном взаимодействии, выполняя функции пластификатора в начальной стадии прессования и сшивающего агента при его завершении. Поэтому возможно получение ОДВПс без синтетических связующих, при мягком режиме горячего прессования с послепрессовой сокращенной термической обработкой плит (60...90 мин). Относящийся к этой же группе антипиренов фосфорамид (условное название ФКМ) содержит больше фосфора и синтезируется при более низкой температуре. При этом отсутствует экзотермический разогрев реакционной смеси, снижается пенообразование, сокращается продолжительность синтеза на 20...40 % [6].

Цель наших исследований – изучить возможность изготовления ОДВПс с использованием ФКМ.

Для изготовления плит применяли древесное волокно (береза – 80 %; осина – 20 %; степень помола 12 °ШР), предоставленное ООО «Шекснинский КДП» (г. Шексна Вологодской области). В качестве антипирена использовали ФКМ, содержащий 17,2 % фосфора и 23,4 % азота, что обеспечивало атомное соотношение азот : фосфор (N/P), равное 3, и рН 4,5; КМХ, включающий амидофосфат КМ (ТУ 2499-001-05091160–2012) и хлорид аммония NH_4Cl (ГОСТ 3773–72) в массовом соотношении 20 : 1 и содержащий 15,7 % фосфора, 22,5 % азота и 3,2 % хлора.

Антипирен ФКМ синтезировали из $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (ГОСТ 6691–77), $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (ГОСТ 3771–74) и H_3PO_4 (ГОСТ 6552–80). В качестве гидрофобизатора применяли парафин нефтяной твердый (ГОСТ 23683–89).

На воздушно-сухое древесное волокно последовательно распыляли 50 %-й раствор антипирена и расплав парафина. При выборе уровня обработки волокна антипиренами исходили из массовой доли фосфора в плите 3 %, что для ФКМ и КМХ соответственно составляло 21,1 и 22,2 % от массы волокна по абс. сух. веществам. Расход парафина – 1,5 % от массы абс. сух. волокна. Обработанное волокно сушили при температуре 80 °С до относительной влажности 4...6 %. Волокнистый ковер формировали в лабораторной вакуум-формирующей машине (форма размерами 200 × 200 мм. Плиты толщиной 3,2 мм прессовали при температуре 200 °С и максимальном давлении 5,5 МПа в течение 4,5 мин и сразу подвергали термической обработке при температуре 160 °С в течение 30 и 60 мин. Готовые образцы ОДВПс кондиционировали в течение 3 сут.

Плотность ρ , разрушающее напряжение при статическом изгибе $\sigma_{\text{изг}}$, водопоглощение ΔW и разбухание в воде ΔS и образцов ОДВПс определяли по ГОСТ 19592–80. Горючесть (продолжительность самостоятельного горения) $\tau_{\text{с.г}}$ образцов плит определяли экспресс-методом «огневой трубы». При

этом регистрировали относительную потерю массы Δm и $\tau_{с.г.}$. Эмиссию CH_2O из образцов ОДВПс определяли фотометрически баночным методом WKI с ацетилацетоном на микрофотоколориметре МКМФ-1 (ТУ 64-1-3445–80).

Показатель pH водных вытяжек измельченных образцов ОДВПс определяли методом холодного экстрагирования по ГОСТ 12523–77 на pH-метре-милливольтметре типа pH-673M (ТУ 25-05.2757–81). Измельченные образцы ОДВПс подвергали исчерпывающему экстрагированию холодной (гидро модуль 1 : 200 в течение 1 сут) и горячей (1 : 50; 1 ч) водой, этиловым эфиром (1 : 40; 8 ч). После экстрагирования навески высушивали при температуре 65 °С в течение 6 ч.

Фосфор в образцах определяли на фотоэлектроколориметре КФК-2-УХЛ4.2 (ТУ 3-3.1766–82) в виде фосфорно-молибденового комплекса, образующегося при реакции $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ с фосфат-ионом, полученным путем окисления фосфорсодержащего вещества смесью HClO_4 и HNO_3 [1], азот – титрованием в виде NH_3 после разрушения азотсодержащего вещества концентрированной H_2SO_4 в присутствии катализаторов по методу Кьельдаля [2].

Результаты испытаний образцов ОДВПс приведены в табл. 1.

Благодаря пластифицирующему эффекту огнезащитных средств плотность плит при стандартном давлении прессования существенно возросла, тогда как контрольные образцы (без антипиренов) характеризуются более

Таблица 1

Показатели физико-механических свойств и горючесть образцов ОДВПс в сравнении с нормативными требованиями к другим плитам

Образец	Анти-пирен	Продолжительность термической обработки, мин	ρ , кг/м ³	$\sigma_{изг.}$, МПа	ΔW ,	ΔS ,	Δm ,	$\tau_{с.г.}$, с
					%			
ОДВПс	ФКМ	30	1134	78,4	21,4	17,5	13,3	0
		60	1127	74,8	20,4	20,0	14,5	0
	КМХ	30	1113	59,0	21,0	20,9	11,8	0
		60	1121	59,7	18,3	15,9	13,0	0
ДВП*	–	–	Не норм.	≥ 23	Не норм.	≤ 35	Не норм.	Не норм.
MDF**:	–	–	Не норм.		Не норм.		Не норм.	Не норм.
MDF				≥ 23		≤ 35		
MDF.H				≥ 27		≤ 30		
MDF.LA				≥ 29		≤ 35		
MDF.HLS				≥ 34		≤ 30		

* Требования к плитам производства РФ по ГОСТ Р 53208–2008.

** Требования к плитам производства стран ЕС по EN 622-5–2006: MDF – плиты общего назначения; MDF.H – плиты общего назначения влагостойкие; MDF.LA – плиты конструкционные; MDF.HLS – плиты конструкционные влагостойкие.

низкой плотностью ($\approx 960 \text{ кг/м}^3$), их качество резко падает, поэтому сравнивать их по прочности не имеет смысла. В табл. 1 также приведены нормативные требования к другим плитам.

Увеличение продолжительности термической обработки плит с КМХ улучшает их водостойкость, причем снижения прочности образцов при этом не отмечено. При использовании ФКМ для получения ОДВПс прочность при изгибе увеличивается на 27...32 % по сравнению с образцами плит, содержащими КМХ, водостойкость остается приблизительно на том же уровне. Однако увеличение продолжительности термической обработки до 60 мин не вызывает улучшения их показателей, что свидетельствует о достаточности проведения термической обработки в течение 30 мин.

Сравнение показателей физико-механических свойств образцов ОДВПс, содержащих ФКМ, с требованиями, предъявляемыми к ДВП (ГОСТ Р 53208–2008) и аналогичным им MDF общего назначения (EN 622-5–2006), показывает, что полученные плиты имеют прочность более чем в 3 раза выше, а разбухание почти в 2 раза ниже, чем стандартные материалы. Более того, показатели образцов ОДВПс толщиной 3,2 мм, изготовленных с использованием ФКМ, значительно превышают показатели конструкционных влагостойких MDF (MDF.HLS) толщиной 2,5...4,0 мм. Улучшение качества обусловлено как повышенной плотностью образцов, так и собственными свойствами плит. Вклад последнего фактора более существенен.

Полученные плиты выдерживают испытания на горючесть, потеря массы всех испытанных образцов не превышает 20 % при отсутствии самостоятельного горения и тления. Таким образом, введение в волокно огнезащитных средств (ФКМ и КМХ) в количестве 3 % по фосфору обеспечивает выполнение условий огнезащитности получаемых плит по данному методу испытания на горючесть.

Использование антипиренов ФКМ и КМХ для изготовления ОДВПс без синтетических связующих позволяет получить плиты, не выделяющие CH_2O даже на фоновом уровне. Это объясняется тем, что на стадии горячего прессования плит образующийся при превращениях антипирена NH_3 в эквимолярном соотношении взаимодействует с выделяющимся при деструкции древесинного вещества CH_2O с получением гексаметилентетрамина (уротропина) [4]. Эмиссия CH_2O из полученных ОДВПс при испытании образцов по методу WKI отсутствует. На этом основании по токсичности данные плиты относятся к европейскому классу эмиссии E0 по EN 13986–2004.

Для того чтобы установить факт взаимодействия ФКМ с древесным комплексом в процессе образования плиты, определяли содержание фосфора и азота в образцах ОДВПс различной продолжительности термической обработки, подвергнутых экстрагированию различными способами (табл. 2). Расчетная массовая доля фосфора в древесном волокне составляла 3,00 %, азота – 4,05 %. Некоторое повышение содержания фосфора в образцах с увеличением

Таблица 2

Изменение содержания фосфора и азота (%) в модифицированных ОДВПс при экстрагировании

Продолжительность термической обработки, мин	Массовая доля фосфора				Массовая доля азота			
	до экстрагирования	после экстрагирования		диэтиловым эфиром	до экстрагирования	после экстрагирования		этиловым эфиром
		водой				холодной	горячей	
		холодной	горячей					
0	2,86	0,37	0,31	2,74	3,37	0,97	0,71	3,49
30	2,95	0,44	0,36	2,81	2,70	1,35	1,22	2,85
60	3,02	0,52	0,40	2,85	2,49	1,77	1,48	2,68
210	3,21	1,31	0,83	3,10	3,81	3,44	3,30	3,76

продолжительности термической обработки вызвано потерей массы, относящейся к органической части препаратов, тогда как уменьшение содержания азота при термической обработке образцов обусловлено дальнейшими превращениями антипирена ФКМ с образованием и выделением аммиака.

С увеличением продолжительности термической обработки степень удержания рабочих элементов в образцах при экстрагировании холодной и горячей водой возрастает, причем в материале в большей степени удерживается азот, а не фосфор (табл. 3). В среде нейтрального растворителя в образцах практически полностью сохраняются «рабочие» элементы огнезащитного состава.

Атомное соотношение N/P в образцах определяли по отношению массовых долей рабочих элементов в материале, отнесенных к их атомным массам. Атомное соотношение N/P в образцах ОДВПс, подвергнутых термической обработке в течение 30...60 мин, несколько ниже исходного и составляет 1,8...2,0, что объясняется частичной потерей азота в виде аммиака.

В экстрагированных водой образцах атомное соотношение N/P значительно выше, чем в исходных, в связи с более высокой степенью удержания азота по сравнению с фосфором. При этом с увеличением продолжительности

Таблица 3

Характеристики образования прочно связанного огнезащитного комплекса в модифицированных ОДВПс

Продолжительность термической обработки, мин	рН водной вытяжки	Степень удержания при экстрагировании, % от исходного						Атомное соотношение N/P			
		водой				диэтиловым эфиром	до экстрагирования	после экстрагирования			
		холодной		горячей				водой		диэтиловым эфиром	
		N	P	N	P			N	P		холодной
0	6,35	28,8	12,9	21,1	10,8	95,4	95,8	2,61	5,81	5,07	2,82
30	4,76	50,0	14,9	45,2	12,2	96,1	95,3	2,03	6,79	7,50	2,25
60	3,92	71,1	17,2	59,4	13,3	98,1	94,4	1,83	7,54	8,19	2,08
210	2,04	90,3	40,8	86,6	25,9	98,7	96,6	2,63	5,82	8,80	2,69

термической обработки соотношение N/P в этих образцах возрастает. В образцах ОДВПс, подвергнутых длительной термической обработке, при экстрагировании холодной водой удерживается 40 % фосфора и 90 % азота, что свидетельствует о высокой степени взаимодействия огнезащитного средства с древесным комплексом.

При экстрагировании образцов ОДВПс этиловым эфиром механического извлечения ФКМ из материала не происходит, т. е. практически весь антипирен в ОДВПс находится в связанном состоянии. Связь огнезащитного средства с древесным комплексом является слабой и подвергается гидролизу даже при экстрагировании образцов холодной водой. Повышение степени удержания рабочих элементов при термической обработке указывает на наличие более сильного взаимодействия антипирена с компонентами волокна, что делает образовавшийся комплекс устойчивым к действию как холодной, так и горячей воды.

Таким образом, древесноволокнистые плиты высокой плотности, полученные по сухому способу изготовления с использованием ФКМ, обладают прочностью при изгибе, превышающей 70 МПа, и отвечают европейским нормам. Устойчивость огнезащитности плит к действию воды обеспечивается термической обработкой. Степень закрепления (продолжительность обработки) антипирена назначается в зависимости от условий эксплуатации плит и лежит в интервале от 30 до 210 мин. Резерв прочности позволяет проводить длительную термическую обработку.

Выводы

1. Показано, что антипирен ФКМ может быть использован для изготовления огнезащитных ДВП по сухому способу без применения синтетических связующих, при этом плиты характеризуются повышенными плотностью и прочностью и имеют класс эмиссии формальдегида Е0.

2. Сохранение теплоты ОДВПс после горячего прессования плит непосредственной 30-минутной термической обработкой является достаточным условием для достижения показателей физико-механических свойств на уровне нормативных требований к конструкционным влагостойким плитам с образованием прочно связанного огнезащитного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельман Н.Э., Шанина Т.М. Микроопределение фосфора // Журн. аналит. химии. 1962. Т. 17, Вып. 8. С. 998–1004.
2. Климова В.А. Основные микрометоды анализа органических соединений. М.: Химия, 1975. С. 94–104.
3. Леонович А.А. Новые древесноплитные материалы. СПб.: Химиздат, 2008. 160 с.
4. Отверждение карбамидоформальдегидной смолы в условиях изготовления огнезащитных ДСтП / В.В. Васильев, М.Ю. Демина, Л.П. Белов, А.А. Леонович //

Синтез, модифицирование и применение смол для древесных плит : науч.-практ. семинар, 18 нояб. 2004 г./ Под ред. А.А. Леоновича. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. С. 99–104.

5. Пат. 517491 РФ, МКИ В 27 К 3/52. Антипирен и способ его приготовления / Леонович А.А. № 2108036/15; Заявл. 21.02.75; Опубл. 05.03.93, Бюл. № 22.

6. Пат. 2172242 РФ, МПК⁷ В 27 К 3/52, 3/34, С 07 F 9/22. Способ получения антипирена / Леонович А.А., Шелоумов А.В. № 2000113921/04; Заявл. 31.05.2000; Опубл. 20.08.2001, Бюл. № 23.

Поступила 24.01.13

Obtaining Flame-Resistant Fiberboards Using Phosphoramidate FKM

A.A. Leonovich, Doctor of Engineering, Professor

A.V. Sheloumov, Candidate of Engineering, Senior Researcher

St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, Institutsky pereulok, 5,
194021 St. Petersburg, Russia
E-mail: wood-plast@mail.ru

Efficiency of flame retardants can be improved by increasing the share of working elements in their composition while excluding the possibility of any negative effect on the properties and technology of fiberboards.

The research aimed to, instead of the well-known flame retardant amidophosphate KM (phosphoric acid and carbamide), use a product with high content of phosphorus, obtained by condensation of ammonium dihydrogen phosphate with urea in the presence of phosphoric acid, – phosphoramidate code-named FKM (ammonium dihydrogen phosphate, phosphoric acid and carbamide). KM and FKM are stable designations of products in branch of industry and abroad. The goal was to optimize the parameters of FKM fixing in fiberboard while improving the quality of the board.

Synthesized FKM contained a ratio of phosphorus and nitrogen matched by synergy and had optimal acidity for board formation and high concentration of the working solution. No synthetic binder was used; interfiber interaction was provided by heat treatment of the pressed boards immediately after hot pressing.

Hardwood fiber, generated on the defibrator at LLC “Sheksninsky KDP”, was treated by spraying two flame retardants: phosphoramidate FKM and amidophosphate KM. The flowrate of 50 % aqueous solution of fire retardants was determined on the basis of the calculated 3 % mass fraction of phosphorus in absolutely dry fiber. 3.2 mm thick hardboard was pressed at a temperature of 200 °C with a maximum pressure of 5.5 MPa for 4.5 min, followed by heat treatment at 160 °C for 30–210 min. The ground boards were extracted by either cold or hot water or by ethyl ether.

Bending strength of sample fiberboards with FKM was 74.8–78.4 MPa; swelling in water 17.5–20.0 %; mass loss during fire tests 13.3–14.5 % without self-combustion.

It was found that phosphoramidate FKM can be used to produce dry processed flame-resistant fiberboard without synthetic binders. The boards have high density and strength and do not contain free formaldehyde. Keeping the boards warm after hot pressing by immediate 30-minute heat treatment is sufficient to achieve the physical and mechanical properties conforming to the regulatory requirements for water-resistant boards with strongly bound flame retardant complex.

Keywords: amidophosphate, flame retardant, flammability, hardboard, modification, phosphoramidate, formaldehyde emission.

REFERENCES

1. Gel'man N.E., Shanina T.M. Mikroopredelenie fosfora [Microdetermination of Phosphorus]. *Zhurnal analiticheskoy khimii*, 1962, vol. 17, iss. 8, pp. 998–1004.
 2. Klimova V.A. *Osnovnye mikrometody analiza organicheskikh soedineniy* [Basic Micromethods of Organic Compounds Analysis]. Moscow, 1975, pp. 94–104.
 3. Leonovich A.A. *Novye drevesnoplitnye materialy* [New Wood Board Materials]. St. Petersburg, 2008. 160 p.
 4. Vasil'ev V.V., Demina M.Yu., Belov L.P., Leonovich A.A. Otverzhdenie karbamidoformal'degidnoy smoly v usloviyakh izgotovleniya ognezashchishchennykh DStP [Solidification of Urea-Formaldehyde Resin in Production of Flame-Resistant Particle Board]. *Sintez, modifitsirovanie i primeneniye smol dlya drevesnykh plit: nauch.-prakt. seminar* [Synthesis, Modification and Use of Resins for Wood Boards]. 18 November 2004. St. Petersburg, 2004, pp. 99–104.
 5. Leonovich A.A. *Antipiren i sposob ego prigotovleniya* [Flame Retardant and the Method of Its Preparation]. Patent RF no. 517491.
 6. Leonovich A.A., Sheloumov A.V. *Sposob polucheniya antipirena* [The Method of Fire Retardant Preparation]. Patent RF no. 2172242.
-

УДК 676.12

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ АМИНО(МЕТ)АКРИЛАТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА БУМАГИ ДЛЯ ГОФРИРОВАНИЯ*

© *О.А. Казанцев, д-р хим. наук, проф.*^{1,2}

*А.П. Сивохин, канд. хим. наук, доц.*¹

*Д.М. Каморин, асп.*¹

¹ Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, ул. Минина, д. 24, г. Нижний Новгород, ГСП-41, Россия, 603950

E-mail: kazantsev@dfngtu.nnov.ru

² Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, просп. Гагарина, д. 23, г. Нижний Новгород, ГСП-20, Россия, 603022

E-mail: altalen@yandex.ru

В.П. Короткий, директор НТЦ «Химинвест»

НТЦ «Химинвест», Нижне-Волжская, наб., 6/1, г. Нижний Новгород, Россия, 603001

E-mail: himinvest@sandy.ru

В работе проведено сравнение эффективности использования в качестве модифицирующих добавок в бумагу для гофрирования (мет)акриловых полимеров, содержащих аммониевые группы в основных цепях или боковых фрагментах. В качестве карбоцепных полимерных добавок были использованы полученные радикальной полимеризацией сополимер акриламида и гидрохлорида N,N-диметиламиноэтилметакрилата (образец КП-1, мольное соотношение звеньев 75:25) и гомополимер N,N-диметиламиноэтилметакрилата, кватернизованного диметилсульфатом (образец КП-2). Для образцов КП-1 и КП-2 по уравнению Марка–Куна–Хувинка определены средневязкостные молекулярные массы: 1 980 000 (образец КП-1) и 9 570 000 (образец КП-2). В качестве гетероцепных полимерных добавок были использованы ионенные продукты ступенчатой полимеризации N,N-диметиламиноэтилакрилата, для них по содержанию концевых винильных групп найдены среднечисленные молекулярные массы: 10 100 (образец ГП-1) и 5 600 (образец ГП-2).

Показано, что все использованные добавки значительно улучшают прочностные характеристики бумаги – сопротивление продавливанию (СП), сопротивление излому (СИ), сопротивление разрушающему усилию при плоскостном сжатии, разрушающее усилие при сжатии кольца, сопротивление торцевому сжатию. В наибольшей степени увеличиваются показатели СП (в 2 раза) и СИ (до 6 раз). Добавки также снижают впитываемость воды (до 2 раз). Для карбоцепных полимерных добавок увеличение катионного заряда и молекулярной массы не повышало их эффективности, при увеличении концентрации выше 0,2 % мас. (в расчете на абс. сухие волокна бумаги). Улучшение показателей качества бумаги прекращалось. Для ионенов ГП-1 и ГП-2 выявлен оптимальный интервал концентраций (0,1...0,2 % мас.), при более высоких концентрациях происходит резкое уменьшение прочностных характеристик и влагопоглощения бумаги. По более легкому растворению в воде и меньшему повышению

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект 12-03-3170212-мол_а.

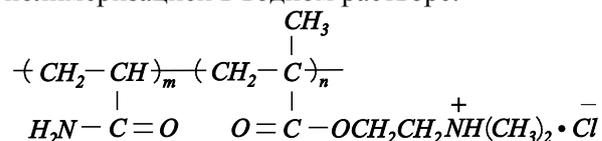
вязкости бумажной массы безусловное преимущество имеют ионенные добавки ГП-1 и ГП-2. Они растворяются в воде при комнатной температуре в течение 10 мин. Более высокомолекулярные полимеры КП-1 и КП-2 растворяются в воде при температуре 40...60 °С только после перемешивания не менее 3 ч.

Ключевые слова: полимеры amino(мет)акрилатов, добавки, бумага для гофрирования, прочностные показатели, впитываемость воды.

При производстве бумаги для гофрирования (флютинга), используемой в производстве тарного картона, целлюлозное сырье все больше заменяется макулатурным и другим малокачественным сырьем. При этом происходит ухудшение прочностных характеристик получаемой бумаги для гофрирования. Для улучшения качества такой бумаги предлагается оптимизировать степень размола макулатурных волокон [3], регулировать различные технологические параметры процесса [1, 7], вводить в бумажную массу химические вспомогательные вещества (ХВВ) [2, 5]. Одним из наиболее эффективных мероприятий является введение водорастворимых полимерных добавок разной природы. За рубежом в качестве упрочняющих добавок в бумагу широко применяют катионные водорастворимые полимеры на основе аммониевых солей N,N-диметиламиноэтилметакрилата (ДМАЭМ) или N,N-диметиламиноэтилакрилата (ДМАЭА) [8, 9]. Известно, что из указанных мономеров можно получать как карбоцепные гомо- или сополимеры, так и гетероцепные полимеры (ионены), содержащие четвертичные аммониевые группы в основной макромолекулярной цепи.

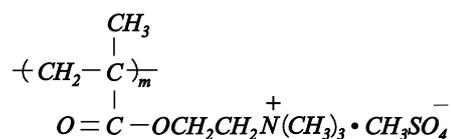
Целью нашей работы была сравнительная оценка эффективности в качестве добавок при получении бумаги для гофрирования двух карбоцепных и двух гетероцепных полимеров разного состава, полученных на основе аминоалкил(мет)акрилатов.

В качестве первого карбоцепного аммониевого полимера (КП-1) использовался сополимер акриламида и гидрохлорида ДМАЭМ, полученный радикальной сополимеризацией в водном растворе:

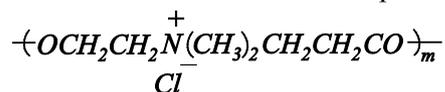


Здесь $m : n = 3 : 1$.

Вторая карбоцепная аммониевая полимерная добавка (КП-2) представляла собой гомополимер, полученный радикальной гомополимеризацией ДМАЭМ, предварительно алкилированного диметилсульфатом:



Добавки ГП-1 и ГП-2 были синтезированы ступенчатой полимеризацией ДМАЭА в присутствии хлористого водорода по методике [6]. Они представляли собой гетероцепные аммониевые олигомеры ионенового типа:



Важной характеристикой полимерных добавок, кроме их состава, является молекулярная масса. Для образцов КП-1 и КП-2 по уравнению Марка–Куна–Хувинка [4] определяли средневязкостную молекулярную массу, составившую соответственно 1 980 000 и 9 570 000. Для добавок ГП-1 и ГП-2 по содержанию концевых винильных групп находили среднечисленную молекулярную массу – 10 100 и 5 600 соответственно.

При испытании добавок КП-1, КП-2 и ГП-2 для изготовления волокнистых материалов использовали сульфатную целлюлозу высокого выхода и макулатурную массу, которые размалывали до (26 ± 2) °ШР на лабораторном роле. Из размолотых масс составляли следующую композицию: 70 % целлюлозы и 30 % макулатурной массы. Для проклейки бумажной массы использовали канифольный клей концентрацией 16 г/л в количестве 0,4 % от массы абс. сухих (а. с.) волокон. Для осаждения клея на волокнах в массу добавляли раствор сернокислого алюминия концентрацией 10 г/л (в ед. Al₂O₃) до достижения pH 5,5...5,7.

Влияние полимерных добавок на показатели физико-механических свойств бумаги для гофрирования

Образец	Расход ХВВ, %	СП, кПа	СИ, ч.д.п.	ПС,	СК,	ТС,	Впитываемость, г/м ²
				Н			
КП-1	0	235	60	160	140	170	17
	0,05	390	265	190	165	220	11
	0,20	400	355	200	180	235	11
	0,50	450	370	205	190	235	9
КП-2	0	235	60	160	140	170	17
	0,05	355	180	180	175	205	8
	0,10	365	170	185	165	220	9
	0,20	390	230	180	175	215	10
	0,30	385	195	180	170	210	12
ГП-1	0	310	145	160	–	–	16
	0,05	440	845	225	–	–	10
	0,20	445	850	225	–	–	11
	0,50	375	730	180	–	–	12
ГП-2	0	230	60	130	140	145	17
	0,05	245	–	–	150	155	13
	0,10	340	200	165	175	205	10
	0,25	315	–	155	185	195	11
	0,50	330	165	150	195	205	15

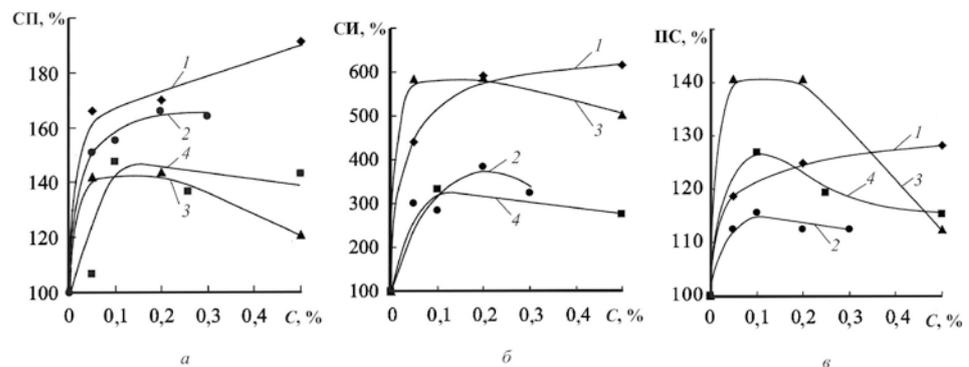
При использовании ГП-1 применяли смесь сульфатной целлюлозы (50 %) и тростниковой полуцеллюлозы (50 %), канифольный клей добавляли в количестве 0,5 % от массы а.с. волокон. Во всех случаях полимерные добавки вводили в проклеенную массу перед отливом в количестве 0,05...0,5 % от массы а.с. волокон в виде растворов концентрацией 0,5...1,0 %.

В ходе испытаний определяли следующие показатели физико-механических свойств бумаги для гофрирования, полученной при использовании различных расходов полимерных добавок (см. таблицу): сопротивление продавливанию (СП), сопротивление излому (СИ), сопротивление разрушающему усилию при плоскостном сжатии (ПС), разрушающее усилие при сжатии кольца (СК), сопротивление торцевому сжатию (ТС), впитываемость воды.

На рисунке в наглядной форме показано влияние концентрации полимеров на три прочностных показателя бумаги: СП, СИ, ПС. Установлено, что все полученные на основе солей амино(мет)акрилатов катионные (со)полимеры являются эффективными добавками, значительно улучшающими прочностные характеристики бумаги для гофрирования. В наибольшей степени полимерные добавки увеличивают показатели СП (в 2 раза) и СИ (до 6 раз), а также снижают впитываемость воды (до 2 раз).

Строение полимеров оказывает существенное влияние на их эффективность. Для высокомолекулярного сополимера КП-1 все показатели заметно увеличиваются по мере возрастания количества вводимой добавки (до 0,5 % мас. от а.с. волокон). При повышении количества КП-2 от 0,2 до 0,3 % показатели практически не улучшались или даже несколько ухудшались. Таким образом, для карбоцепных добавок увеличение катионного заряда и молекулярной массы таких полимеров не повышает их эффективность.

Для гораздо более низкомолекулярных гетероцепных олигомеров ГП-1 и ГП-2 лучшие показатели были достигнуты при дозе 0,1...0,2 %, после чего происходило резкое уменьшение прочностных характеристик и



Влияние количества полимерных добавок (c , % мас. от абс. сухого вещества) на степень увеличения показателей СП (a), СИ ($б$) и ПС ($в$): 1 – КП-1; 2 – КП-2; 3 – ГП-1; 4 – ГП-2

влагопоглощения бумаги. То обстоятельство, что из карбоцепных полимеров явно лучшие результаты у более низкомолекулярного КП-1, из гетероцепных – у более высокомолекулярного олигомера ГП-1, показывает, что имеются интервалы оптимальных значений молекулярной массы как для карбоцепных, так и для гетероцепных аммониевых полимерных добавок.

Еще одним важным параметром при рассмотрении преимуществ и недостатков полимерных добавок является их растворимость в воде и степень повышения вязкости бумажной массы. Безусловное преимущество имеют олигомерные соли (ГП-1, ГП-2), поскольку они очень легко растворяются в воде при комнатной температуре. Сополимерная добавка КП-1 для полного растворения в воде требует перемешивания в течение нескольких часов. Наиболее высокомолекулярный полимер КП-2 растворяется в воде только после многочасового перемешивания при температуре 40...60 °С. При этом олигомерные соли практически не повышают вязкость бумажной массы, в то время как для сополимера КП-1 и, особенно, для гомополимера КП-2 вязкость значительно возрастает, что повышает вероятность забивки сеток при отливе.

Таким образом, проведенные исследования показали высокую эффективность аммониевых полимеров на основе N,N-диметиламиноэтил(мет)акрилата в качестве добавок, повышающих качество бумаги для гофрирования. С учетом технологичности применения (легкая растворимость в воде, низкая вязкость бумажной массы) и повышенной эффективности при низких количествах добавок (0,1...0,2 %) наиболее предпочтительными являются полимеры ионеновой структуры ГП-1 и ГП-2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние композиции по волокну и технологических параметров на характеристики бумаги для гофрирования / И.В. Лавров, Ю.В. Севастьянова, В.И. Комаров, Д.А. Дулькин // Лесн. журн. 2011. № 5. С. 89–93. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Жирнова Г.Н.* Улучшение качества бумаги для гофрирования введением в ее состав химических вспомогательных веществ: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Л., 1988. 16 с.
3. *Лапин В.В., Смоляков А.И., Кудрина И.В.* Проблема прочностных свойств бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев из 70...100 % макулатуры: роль размола // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2002. № 9/10. С. 34–37.
4. Полиакриламидные флокулянты / В.А. Мягченков., А.А. Баран, Е.А. Бектуров., Г.В. Булидорова. Казань: КГТУ, 1998. 288 с.
5. *Стрекаловский В.А., Стрекаловская Л.Т., Лапин В.В.* Опыт использования катионного крахмала при производстве бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев из 100 % макулатуры // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2002. № 7/8. С. 22–26.
6. Ступенчатая полимеризация N,N-диметиламиноэтилакрилата / Е.Н. Зильберман, О.А. Казанцев, В.Н. Салов, В.П. Лебедев, А.Ю. Атопшев // Высокомолекул. соед. 1988. Т. 30Б, № 7. С. 485–487.
7. *Южанинова Л.А.* Повышение качества бумаги для гофрирования из макулатуры: дис. ... канд. техн. наук. Архангельск, 2008. 160 с.

8. Pat. EP 0805234. Improved Papermaking Process / Nagarajan R., Wong S.J.B. 1997.

9. Park, Eung Won. KR 2006115214. 2006.

Поступила 06.02.13

Water-Soluble Polymers Based on Amino(Meth)Acrylates as Additives for Improving the Quality of Paper for Corrugating

O.A. Kazantsev, Doctor of Chemistry, Professor^{1,2}

A.P. Sivokhin, Candidate of Chemistry, Associate Professor¹

D.M. Kamorin, Postgraduate Student¹

¹ Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Minina, 24, 603950 Nizhny Novgorod, Russia

E-mail: kazantsev@dfngtu.nnov.ru

² Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Prospekt Gagarina, 23, GSP-20, 603022 Nizhny Novgorod, Russia

E-mail: altalen@yandex.ru

V.P. Korotky, Director of the Science and Technology Center "Himinvest"

Science and Technology Center "Himinvest", Nizhne-Volzhsкая naberezhnaya, 6/1, 603001 Nizhny Novgorod, Russia

E-mail: himinvest@sandy.ru

The authors compared the efficiency of (meth)acrylic polymers containing ammonium groups in the main chain or side fragments as modifying additives for the paper for corrugating. As carbon-chain polymer additives we used the copolymer of acrylamide and N,N-dimethylaminoethyl methacrylate hydrochloride (75:25, sample CP-1) and the homopolymer of N,N-dimethylaminoethyl methacrylate quaternized with dimethyl sulfate (sample CP-2), obtained by radical polymerization. For the samples CP-1 and CP-2, the average molecular weight (MW) determined using the Mark-Houwink equation was 1980000 and 9570000 respectively. Products of stepwise polymerization of N,N-dimethylaminoethylacrylate were used as heterochain polymer additives; their MWs were 10,100 for the sample GP-1 and 5,600 for the sample GP-2 (MWs were determined by the content of terminal vinyl groups).

All the additives significantly improve strength properties of paper: bursting strength (BS), fracture strength (FS), flat crush resistance, ring crush resistance, and edgewise compression strength. The following parameters increased the most: BS (two times), FS (up to six times); water absorption reduced (up to two times). The effect of the cation charge and MW on the efficiency of the carbon-chain polymer additives was found in solutions with concentration up to 0.2 % of the weight (based on absolutely dry paper fibers), while in more concentrated solutions this effect was absent. For the ionenes GP-1 and GP-2, the optimal concentration range was 0.1–0.2 % of the weight. At higher concentrations, there was a sharp decrease in strength and water absorption properties of the paper. Due to higher water solubility and lower viscosity of pulp, the ionene additives GP-1 and GP-2 have a clear advantage. They need only 10 min to dissolve in the water at room temperature. The more high-molecular polymers CP-1 and CP-2 dissolve only upon being stirred for 3 hours or more at the temperature of 40–60 °C.

Keywords: (meth)acrylate-containing amino polymers, additives, paper for corrugating, strength properties, moisture absorption.

REFERENCES

1. Lavrov I.V., Sevast'yanova Yu.V., Komarov V.I., Dul'kin D.A. Vliyanie kompozitsii po voloknu i tekhnologicheskikh parametrov na kharakteristiki bumagi dlya gofrirovaniya [The Influence of Fiber Composition and Technological Parameters on Characteristics of Paper for Corrugating]. *Lesnoy zhurnal*, 2011, no. 5, pp. 89–93.
2. Zhirnova G.N. *Uluchshenie kachestva bumagi dlya gofrirovaniya vvedeniem v ee sostav khimicheskikh vspomogatel'nykh veshchestv*: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Improving the Quality of Paper for Corrugating by Introducing Chemical Auxiliaries into Its Composition: Cand. Tech. Sci. Diss. Abs.]. Leningrad, 1988. 16 p.
3. Lapin V.V., Smolyakov A.I., Kudrina I.V. Problema prochnostnykh svoystv bumagi dlya gofrirovaniya i kartona dlya ploskikh sloev iz 70–100 % makulatury: rol' razmola [Strength Properties of Paper for Corrugating and Linerboard Made of 70–100 % Recycled Paper: The Role of Grinding]. *Tsellyuloza. Bumaga. Karton*, 2002, no. 9/10, pp. 34–37.
4. Myagchenkov V.A., Baran A.A., Bekturov E.A., Bulidorova G.V. *Poliakrilamidnye flokulyanty* [Polyacrylamide Flocculants]. Kazan, 1998. 288 p.
5. Strekalovskiy V.A., Strekalovskaya L.T., Lapin V.V. Opyt ispol'zovaniya kationnogo krakhmala pri proizvodstve bumagi dlya gofrirovaniya i kartona dlya ploskikh sloev iz 100% makulatury [The Use of Cationic Starch in Production of Paper for Corrugating and Linerboard Made of 100 % Recycled Paper]. *Tsellyuloza. Bumaga. Karton*, 2002, no. 7/8, pp. 22–26.
6. Zil'berman E.N., Kazantsev O.A., Salov V.N., et al. Stupenchataya polimerizatsiya N,N-dimetilaminoetilakrilata [Stepwise Polymerization of N,N-dimethylaminoethyl]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya*, 1988, vol. 30B, no. 7, pp. 485–487.
7. Yuzhaninova L.A. *Povyshenie kachestva bumagi dlya gofrirovaniya iz makulatury*: dis. ... kand. tekhn. nauk [Improving the Quality of Paper for Corrugating Made of Recycled Paper: Cand. Tech. Sci. Diss.]. Arkhangelsk, 2008. 160 p.
8. Nagarajan R., Wong S.J.B. *Improved Papermaking Process*. Patent EP 0805234. 1997.
9. Park, Eung Won. KR 2006115214.2006.

УДК 676. 1.052.78

МОДЕЛЬ ВОЛОКНИСТОЙ ПРОСЛОЙКИ ПРИ РАЗМОЛЕ В МЕЛЬНИЦАХ

© С.Н. Вихарев, канд. техн. наук, доц.
С.А. Душинина, асп.

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт, д. 37,
г. Екатеринбург, Россия, 620100
E-mail: cbp200558@mail.ru

Цель статьи – исследование волокнистой прослойки в межножевом зазоре между ротором и статором. Авторы ставят и решают задачу разработать и исследовать модель волокнистой прослойки при размоле с жидкостным и граничным трением гарнитур. Обосновываются модели прослойки при этих видах трения и периодическом воздействии ножей гарнитуры на прослойку. Предложена математическая модель и проведена экспериментальная ее проверка. Изучено изменение степени помола и средней длины волокна массы при относительном сжатии волокнистой прослойки. Получено уравнение деформирования модели волокнистой прослойки при жидкостном и граничном видах трения. Исследованы условия для обеспечения направленного размола в мельницах.

Ключевые слова: волокнистая прослойка, гарнитура, напряжение, деформация.

Для исследования колебаний в мельницах необходимо знать динамическую реакцию волокнистой прослойки на гарнитуру. Задача описания законов формирования динамической реакции волокнистой прослойки при размоле является достаточно сложной, так как ее величина и характер зависят от технологических и эксплуатационных факторов размола. Для реализации выше-сказанного необходимо разработать и исследовать модель волокнистой прослойки между гарнитурами.

При сжатии волокнистой прослойки в зазоре между ножами концентрация ее возрастает до 15...60 % [1], при размоле в современных мельницах время ее деформации составляет $3 \cdot 10^{-5}$ с [4]. Многие авторы на практике модель волокнистой прослойки определяли при значительно большем времени нагружения, что приводило к существенным погрешностям.

Получены зависимости виброускорения статора от межножевого зазора в мельницах различных типоразмеров [2]. Если допустить, что система гарнитура статора–статор мельницы линейна (эта система в исследуемых мельницах не содержит нелинейных элементов), то можно сделать вывод, что амплитуда вибрации статора пропорциональна амплитуде импульсов давления и напряжению волокнистой прослойки, гарнитурные частоты вибрации соответствуют частотам переkreщивания ножей на ножевых поясах гарнитуры. Обобщенный график напряжения волокнистой прослойки при ее относительном сжатии представлен на рис. 1.

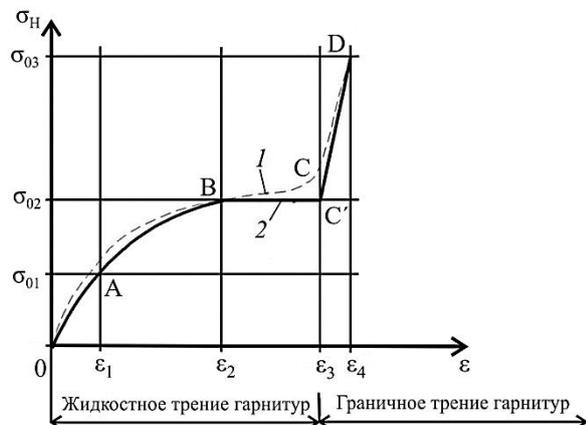


Рис. 1. Напряжение в волокнистой прослойке при ее относительном сжатии: 1 – экспериментальная кривая; 2 – теоретическая кривая

На графике можно выделить четыре характерные зоны.

Зона OA – зона упругих деформаций, которая возникает при деформации от 0 до ε_1 и напряжениях в волокнистой прослойке меньших, чем σ_{01} . При снятии нагрузки волокнистая прослойка полностью (без гистерезиса) восстанавливает свою форму. Восстановление прежней формы и размеров волокнистой прослойки может происходить почти мгновенно [3]. Прирост качественных характеристик бумажной массы в этой зоне почти отсутствует (рис. 2).

Зона AB – зона упругопластических деформаций, которая возникает при деформации от ε_1 до ε_2 и напряжениях в волокнистой прослойке от σ_{01} до σ_{02} . При снятии таких напряжений упругая часть упругопластической деформации исчезает. Пластическая часть деформации приводит к необратимым деформациям в волокнах и вызывает их наружную и внутреннюю фибрилляцию. В этой зоне наблюдается небольшой прирост качественных характеристик бумажной массы.

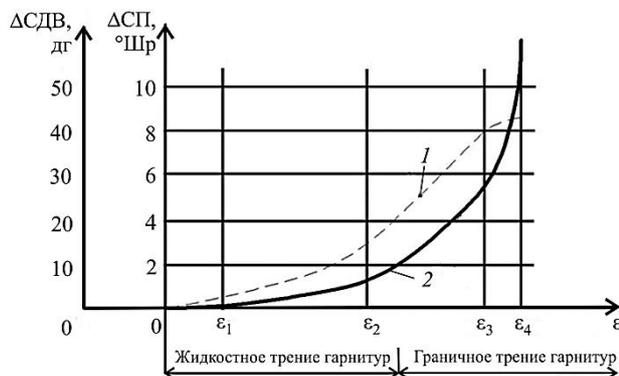


Рис. 2. Прирост качественных характеристик массы при относительном сжатии волокнистой прослойки: 1 – прирост степени помола (СП); 2 – уменьшение средней длины волокна (СДВ)

Зона BC – зона пластических деформаций, которая характеризуется практически постоянным напряжением σ_{02} при изменяющейся деформации

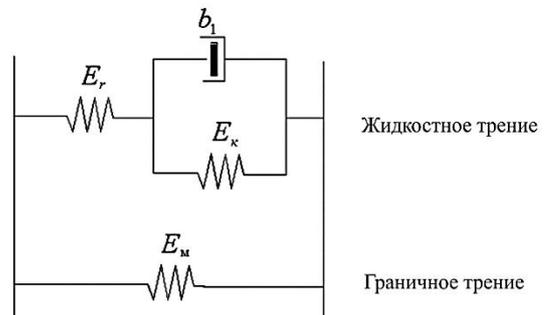
волокнистой прослойки от ε_2 до ε_3 . При таких напряжениях в волокнистой прослойке происходит интенсивная внешняя и внутренняя фибрилляция волокон. В этой зоне наблюдается значительный прирост качественных характеристик бумажной массы.

Зона СД – зона разрушения волокнистой прослойки (вплоть до металлического контакта между гарнитурами), которая возникает при деформациях от ε_3 до ε_4 и характеризуется резким повышением напряжений до σ_{03} . Эта зона характеризуется интенсивными рубящими и размалывающими усилиями, действующими на волокна.

На графиках (см. рис. 1) можно выделить разлом с жидкостным и граничным трением гарнитуры. Форма графика, крутая при малых значениях и пологая при больших значениях сжатия волокнистой прослойки, объясняется особенностями ее структуры. В момент, когда происходит вытеснение воды из межволоконных полостей и упругое сжатие самих волокон, нормальные напряжения интенсивно растут при сравнительно небольших деформациях. Далее, по достижении предела текучести σ_{02} , при увеличивающейся деформации нормальные напряжения практически не изменяются, причем пластические свойства волокнистой прослойки ярче проявляются при увеличении степени помола массы на входе в мельницу дисковую (МД) и уменьшении средней длины волокна, концентрации и расхода полуфабриката. Экспериментально установлено, что предел текучести волокнистой прослойки снижается при увеличении степени помола массы на входе в МД и уменьшении средней длины волокна, концентрации и расхода полуфабриката, и наоборот, возрастает при уменьшении степени помола массы на входе в МД и увеличении средней длины волокна, концентрации и расхода полуфабриката. Когда происходит разрыв волокнистой прослойки и возникает металлический контакт между ножами гарнитуры, нормальные напряжения резко возрастают.

Поэтому при жидкостном трении гарнитуры волокнистой прослойки наиболее приемлема модель Кельвина–Фойгта, а при граничном трении – модель Гука (рис. 3). Параметры модели зависят от технологических и эксплуатационных факторов размола и носят случайный характер.

Рис. 3. Модель волокнистой прослойки между гарнитурами: b_1 – коэффициент демпфирования; E_k – модуль упругости, характеризующий запаздывающую упругую деформацию системы; E_r – модуль упругости, определяющий мгновенную деформацию системы; E_m – модуль упругости металлического контакта гарнитуры



Уравнения, описывающие модель волокнистой прослойки при жидкостном и граничном видах трения:

$$\begin{aligned} \sigma + \tau \frac{d\sigma}{dt} &= E_r \tau \frac{d\varepsilon}{dt} + H\varepsilon \quad \text{при } \sigma < \sigma_{02}; \\ \sigma &= \sigma_{02} + E_m \varepsilon \quad \text{при } \sigma \geq \sigma_{02}, \end{aligned}$$

где σ , $\frac{d\sigma}{dt}$ – соответственно напряжение и скорость деформирования волокнистой прослойки;

$$\tau - \text{время релаксации напряжений, } \tau = \frac{b}{E_r E_k};$$

ε , $\frac{d\varepsilon}{dt}$ – соответственно относительная деформация и скорость относительной деформации волокнистой прослойки;

H – модуль упругости при длительном времени нагружения,

$$H = \frac{E_r E_k}{E_r + E_k};$$

σ_{02} – предел текучести волокнистой прослойки.

Волокнистая прослойка между ротором и статором подвергается напряжению в виде периодически повторяющихся импульсов, которые можно разложить в ряд Фурье. Периодическая последовательность импульсов амплитуды деформации представлена на рис. 4, а и зависимостью

$$\sigma(t) = \begin{cases} \sigma_0 & 0 \leq t \leq \frac{T}{4} \\ 0 & \frac{T}{4} < t \leq \frac{3T}{4} \\ \sigma_0 & \frac{3T}{4} < t < T \end{cases},$$

где T – период следования импульсов.

Функцию $\sigma(t)$ можно разложить в ряд Фурье:

$$\sigma(t) = \frac{\sigma_0}{2} + \frac{2\sigma_0}{\pi} \left[\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) - \frac{\cos\left(\frac{2\pi}{T}3t\right)}{3} + \frac{\cos\left(\frac{2\pi}{T}5t\right)}{5} - \dots \right]. \quad (1)$$

Проинтегрировав (1) при начальном условии $\varepsilon(0) = \frac{\sigma}{E_r}$, получим:

при жидкостном трении ($\sigma \leq \sigma_{02}$)

$$\varepsilon(t) = \left(\frac{\sigma_0}{2} + \frac{2\sigma_0}{\pi} \left[\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) - \frac{\cos\left(\frac{2\pi}{T}3t\right)}{3} + \frac{\cos\left(\frac{2\pi}{T}5t\right)}{5} - \dots \right] \right) \left(\frac{1}{E_r} + \frac{1}{E_k} \left(1 - e^{-\frac{t}{b_1} E_k} \right) \right);$$

при граничном трении ($\sigma \geq \sigma_{02}$)

$$\varepsilon(t) = \frac{\varepsilon_2 + \left(\frac{\sigma_0}{2} + \frac{2\sigma_0}{\pi} \left[\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) - \frac{\cos\left(\frac{2\pi}{T}3t\right)}{3} + \frac{\cos\left(\frac{2\pi}{T}5t\right)}{5} - \dots \right] \right)}{E_M}.$$

Циклические напряжения и деформации волокнистой прослойки при жидкостном и граничном трениях представлены на рис. 4 б, в.

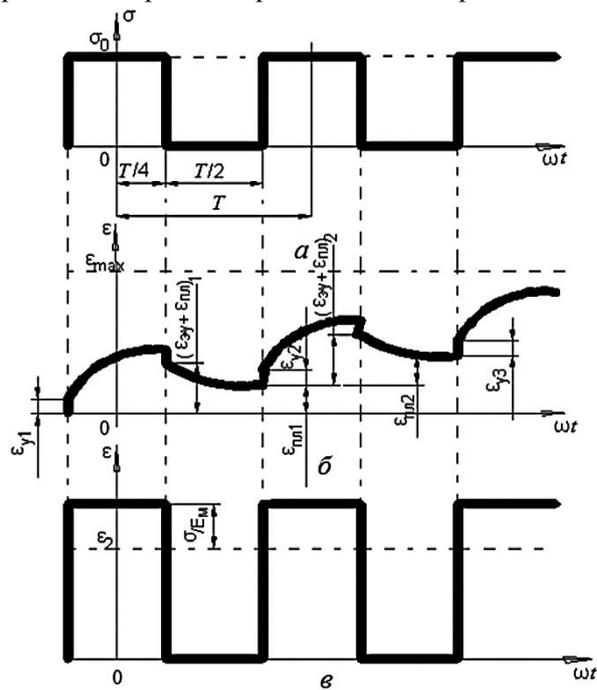


Рис. 4. Циклические воздействия на волокнистую прослойку между ротором и статором: *a* – импульсы напряжения; *б* – импульсы деформации при жидкостном трении; *в* – импульсы деформации при граничном трении (где $(\varepsilon_y)_i$, $(\varepsilon_{з.у})_i$, $(\varepsilon_{пл})_i$ – соответственно упругая, запаздывающая упругая и пластическая деформации *i*-го цикла нагружения)

Изменения деформации волокнистой прослойки запаздывают по отношению к изменению напряжения при перекрещивании ножей. После снятия нагрузки деформация уменьшается не мгновенно, а с некоторым запаздыванием (рис. 4, б) по экспоненциальному закону:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

Основная цель направленного размола – получение гибких и пластичных волокон без изменения их длины. Это достигается в результате многократного нагружения выше предела упругости волокон, но не превышающего предел прочности волокон на разрыв σ_b . При нагружении, превышающем σ_b , разрушение волокон происходит как поперек, так и вдоль волокон.

Если предположить, что при размоле требуемый прирост качественных показателей волокнистого материала происходит при достижении некоторой деформации ε_{\max} , то можно записать условие требуемого прироста качественных показателей полуфабриката при размоле:

$$\varepsilon_{\max} = \sum_{i=1}^n [(\varepsilon_y)_i + (\varepsilon_{z,y})_i + (\varepsilon_{пл})_i].$$

Можно сделать вывод, что для достижения ε_{\max} и, следовательно, повышения эффективности размола необходимо:

- увеличить число циклов нагружения;
- уменьшить время восстановления прослойки;
- снизить значение вязкоупругих свойств полуфабриката;
- увеличить напряжение в цикле.

Первое и второе условия можно выполнить, увеличив число ножей гарнитуры и частоту вращения ротора. Однако при увеличении числа ножей необходимо учитывать их механическую прочность и пропускную способность гарнитуры. Выполнение третьего условия достигается путем термической или химической обработки полуфабриката перед размолом, четвертого – за счет изменения усилия воздействия ножей на полуфабрикат, т. е. изменения присадки мельницы.

Следовательно, используя данный подход, можно целенаправленно проектировать гарнитуру и частотное воздействие гарнитуры на полуфабрикат, а также рекомендовать режимы работы мельницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ механизма фибриллярного разрушения целлюлозного материала в зоне контакта гарнитуры дисковых мельниц / Л.Н. Лаптев, С.С. Легоцкий, Е.А. Мельник, В.В. Седых // Химия и химическая технология древесины: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 4. Красноярск, 1976. С. 45–52.
2. Вихарев С.Н. Экспериментальные исследования процесса размола при помощи вибрации на гарнитуре статора // Машины и аппараты ЦБП: межвуз. сб. науч. тр. Л., 1990. С. 29–33.

3. Добровольский Д.С. Роль механических воздействий при размоле волокнистых полуфабрикатов. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 48 с.

4. Becker H. Frequency and temperature in chip refining // Paperi ja Pou. 1977. N3. P. 123 – 130.

Поступила 17.01.12

Fibrous Interlayer Model at Milling

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

S.A. Dushinina, Postgraduate Student

The Ural State Forest Engineering University, Sibirskiy trakt, 37, 620100 Yekaterinburg, Russia

E-mail: cbp200558@mail.ru

The paper studied fibrous interlayer in the clearance between the rotor and stator. The authors have developed and studied a model of fibrous interlayer at milling at fluid and boundary friction of tackings. Interlayer models at these types of friction and at periodic effect of tacking blades on the interlayer were substantiated. This is the first comprehensive research of its kind. The authors have developed a mathematical model and validated it experimentally. The paper shows how the degree of milling and the average length of fiber in the mass change at compression strain on the fibrous interlayer. An equation of fibrous interlayer model deformation at fluid and boundary types of friction was obtained. Conditions for directed milling were investigated.

Keywords: fibrous interlayer, tacking, strain, deformation.

REFERENCES

1. Laptev L.N., Legotskiy S.S., Mel'nik E.A., Sedykh V.V. Analiz mekhanizma fibrillyarnogo razrusheniya tsellyuloznogo materiala v zone kontakta garnitury diskovykh mel'nits [Analysis of the Mechanism of Fibrillar Destruction of Cellulose Material in the Contact Zone of Disk Mills]. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya drevisiny : Mezhvuz. sb. nauch. tr.* [Chemistry and Chemical Technology of Wood: Interuniversity Collected Papers]. Krasnoyarsk, 1976, iss. 4, pp. 45–52.

2. Vikharev S.N. Eksperimental'nye issledovaniya protsessa razmola pri pomoshchi vibratsii na garniture statora [Experimental Studies of Grinding by Vibration of Stator Tacking]. *Mashiny i apparaty TsBP: Mezhvuz. sb. nauch. tr.* [Machines and Mechanisms of PPI: Interuniversity Collected Papers]. Leningrad, 1990, pp. 29–33.

3. Dobrovol'skiy D.S. *Rol' mekhanicheskikh vozdeystviy pri razmole voloknistykh polufabrikatov* [The Role of Mechanical Action at Grinding of Fiber Semi-Products]. Moscow, 1965. 48 p.

4. Becker H. Frequency and Temperature in Chip Refining. *Paperi ja Pou*, 1977, no. 3, pp. 123–130.

УДК 668.473

МОДИФИКАЦИЯ ТАЛЛОВОГО МАСЛА ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

© *Х.Ф. Чинь, асп.*

Г.И. Царев, канд. техн. наук, доц.

В.И. Роцин, д-р хим. наук, проф.

С.-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова,

Институтский пер. 5, г. С.-Петербург, Россия, 194021

E-mail: phuongzhuk@mail.ru

Одним из способов модифицирования талловых продуктов является димеризация (олигомеризация). Исследованы процессы димеризации линолевой кислоты – главного компонента таллового масла лиственных пород (ТМЛП) и самого масла с использованием хлорида цинка при температуре (120...140 °С). Полученные продукты димеризации проанализированы на масс-спектрометре Bruker microTOF HR MS (ESI) и методом ЯМР¹H-спектроскопии. Математическая модель процесса димеризации линолевой кислоты под действием хлорида цинка получена реализацией В-плана второго порядка трехфакторного эксперимента. Установлено, что в оптимальных условиях ненасыщенные жирные кислоты таллового масла лиственных пород при температуре 140 °С, продолжительности нагрева 5 ч и добавлении 10 % хлорида цинка на 91...97 % превращаются в димеры.

Ключевые слова: талловое масло, жирные кислоты таллового масла, димеризация, линолевая кислота.

Талловое масло (ТМ) – побочный продукт сульфатно-целлюлозного производства, представляет большой интерес для лесохимических и целлюлозно-бумажных предприятий [3, 4]. В связи с увеличением в сырье доли лиственных пород (осина, береза и др.) в составе ТМ возрастает содержание жирных кислот и нейтральных веществ. Высокое содержание нейтральных веществ в ТМ является причиной невыгодной ректификации его, так как под действием высокой температуры и длительного времени пребывания в ректификационной установке жирные кислоты реагируют с высшими спиртами – главными компонентами нейтральных веществ, образуя труднолетучие эфиры. При этом снижается выход продуктов и повышается остаток в виде пека. Поэтому ТМ лиственных пород (ТМЛП) без предварительной обработки подвергать ректификации нецелесообразно [1, 2]. Поиск новых способов модифицирования ТМЛП (получения новых продуктов) является актуальной задачей.

Олигомеризация – один из способов модифицирования талловых продуктов. Основными продуктами этого процесса являются димеры кислот (тримеры и более высокомолекулярные соединения содержатся в незначительных количествах). Димеры жирных кислот таллового масла (ЖКТМ) широко применяют в производстве полиамидов, полиэфиров, специальных красок и косметических средств. В области производства димеров ЖКТМ лидируют США и Китай. В последние годы выпуск димеров в США достиг более

100 тыс., в Китае – более 70 тыс. т/год. Американские производители ЖКТМ процесс димеризации обычно осуществляют при высокой температуре (230...250 °С) в течение нескольких часов под давлением и в присутствии монтмориллонита в качестве катализатора [1, 5]. В России проводят димеризацию методом термоокисления [4, 5]. Талловое масло или жирные кислоты нагревают до температуры (195±5) °С при непрерывном барботировании воздухом. К недостаткам этих методов димеризации следует отнести высокую температуру, импортный (для России) катализатор, образование низкомолекулярных газообразных продуктов, способность таллового масла к самовозгоранию при высоких температурах, трудности контроля за процессом окисления и сложный состав окисленного продукта. Снижение температуры димеризации ЖКТМ за счет применения более эффективных катализаторов наиболее перспективно в поиске способа, позволяющего избежать выше упомянутых недостатков.

Так как хлорид цинка ускоряет реакции диенного синтеза [3, 4], мы предположили, что он при повышенных температурах сможет вызвать изомеризацию исходных ЖКТМ с образованием кислот с сопряженными двойными связями, способных вступать в реакцию диенового синтеза с другой молекулой ненасыщенной кислоты, образуя циклические димеры, тримеры и т.п.

Эксперимент проводили с линолевой кислотой, так как она является основным компонентом таллового масла от варки лиственных пород древесины. Использовали: линолевою кислоту ОАО «Вектон» (ТУ 6-09-14-1990–78, партия 38, марка Ч.), состоящую на 80 % из 9-цис,12-цис-октадекадиеновой кислоты с примесью других ее изомеров; хлорид цинка фирмы ОАО «Вектон» (ГОСТ 4529–78, партия 02, дата 27.09.2010, марка Ч.) В качестве внутреннего стандарта использовали метиловый эфир пальмитиновой кислоты, добавленный в количестве 5 % к исходной линолевой кислоте.

Состав исходных линолевой кислоты и ТМЛП определяли методом ГЖХ-МС в виде метиловых эфиров после их метилирования диазометаном. Условия ГЖХ-МС: прибор газовый хроматограф Agilent Technologies 6850С с квадрупольным масс-спектрометром Agilent Technologies 5973N. Кварцевая капиллярная колонка HP-5MS длиной 30 м с внутренним диаметром 0,25 мм, неподвижная фаза, толщина пленки 0,25 мкм, разделение потока 1:100. Температурный режим колонки: программирование температуры от 150 до 290 °С со скоростью 5 °С в минуту. Температура испарителя 270 °С. Полученный суммарный продукт анализировали масс-спектрометрией высокого разрешения на масс-спектрометре Bruker microTOF HR MS (ESI) и ЯМР¹H-спектроскопией* на приборе JEOL JNM-ECX400A в растворе CDCl₃ (399,78 МГц, δ-шкала).

* Авторы выражают благодарность ЦКП факультета химии РГПУ им. А.И. Герцена за съемку спектров ЯМР¹H.

Эксперимент проводили в продуваемой через капилляр азотом стеклянной пробирке с линолевой кислотой (1,0 г) и рассчитанным количеством хлорида цинка. Пробирку погружали в сосуд со сплавом Вуда, нагретый до нужной температуры. С момента погружения пробирки в сплав начинали отсчет времени. После необходимой продолжительности нагрева пробирку охлаждали и отбирали пробу для анализа.

В процессе исследований варьировали: температуру – от 120 до 140 °С, продолжительность нагрева при заданной температуре – от 3 до 7 ч, концентрацию катализатора – от 2 до 10 % масс. Теоретические расчеты показывали, что молекулярная масса димера линолевой кислоты должна составлять 560,4805 масс. ед. Полученные методом масс-спектрометрии высокого разрешения (HR MS ESI) данные для продукта обработки хлоридом цинка линолевой кислоты показали, что наряду с исходной линолевой кислотой 279,2335 (M-H)⁻ присутствуют ионы массой 557,4597 (M-3H)⁻, 559,4752 (M-H)⁻ и 561,4913 (M+H)⁺, соответствующей теоретической массе димера линолевой кислоты.

Данные ЯМР¹H-спектроскопии показали, что при варьировании условий синтеза в продуктах реакции снижается интенсивность сигнала протонов метиленовой группы, находящейся между двумя двойными связями в молекуле линолевой кислоты, в области 2,74...2,77 м.д. По степени снижения интенсивности этого сигнала относительно внутреннего стандарта – метильной группы (сигнал 3,65 м.д. в ЯМР¹H-спектре) метилпальмитата, определяли степень превращения линолевой кислоты (рис. 1).

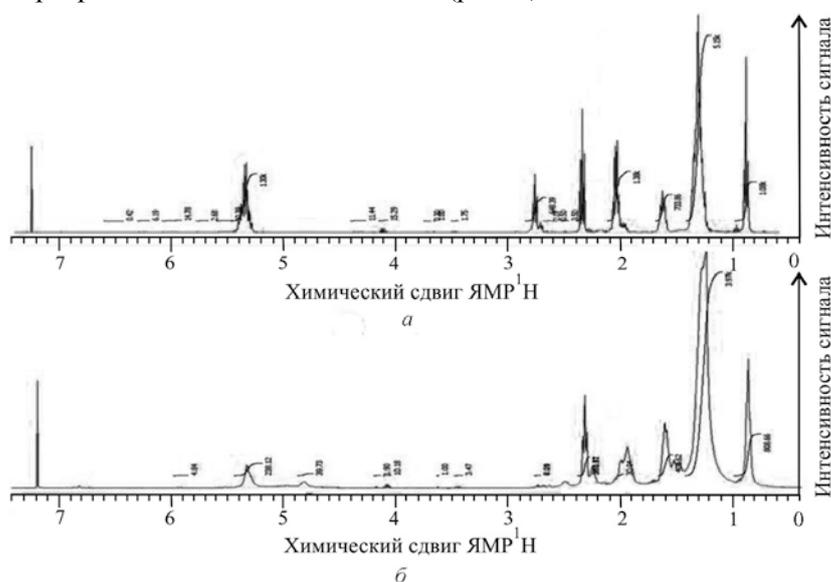


Рис. 1. Спектры ЯМР¹H: *а* – исходная линолевая кислота; *б* – продукт ее термической обработки в присутствии хлорида цинка (условия: концентрация хлорида цинка – 10 %; температура – 140 °С; время обработки – 5 ч)

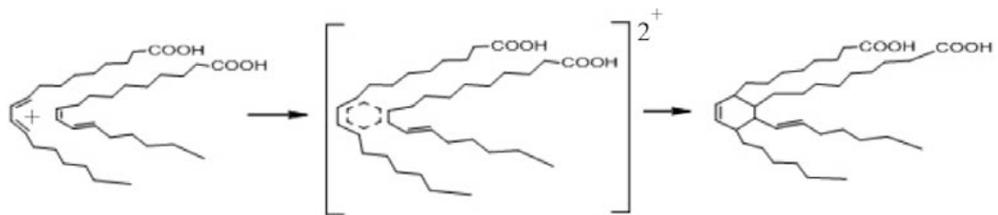


Рис. 2. Предполагаемая схема образования димеров из изомеризованной линолевой кислоты в присутствии хлорида цинка

Снижается также интенсивность сигналов протонов метиленовых групп, находящихся рядом с двойными связями (2,01...2,06 м.д.) и протонов у атомов углерода двойных связей (5,33...5,35 м.д.). При температуре 140 °С сигнал в области 2,74...2,77 м.д. почти полностью исчезает, интенсивность сигнала при 5,33...5,35 м.д. уменьшается более чем в 4 раза. Это объясняется снижением доли изолированных двойных связей в молекулах исходной линолевой кислоты и, вероятно, образованием новых изолированных двойных связей, которых, исходя из молекулярной массы полученного продукта, меньше, чем в исходной линолевой кислоте. Теоретически из четырех двойных связей двух молекул линолевой кислоты в димере могут образоваться две новые изолированные связи (рис. 2).

Установлены зависимости между степенью превращения линолевой кислоты в олигомеры и параметрами процесса – температурой процесса, продолжительностью и концентрацией катализатора. Решение поставленной задачи проводили реализацией В-плана второго порядка трехфакторного эксперимента, представленного в [2, 3]. Значения и интервалы варьирования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения и интервалы варьирования

Фактор	Обозначение фактора		Уровни фактора			Интервал варьирования
	натуральное	нормализованное	верхний	нижний	основной	
Температура, °С	<i>T</i>	<i>x</i> ₁	140	120	130	10
Продолжительность, ч	<i>τ</i>	<i>x</i> ₂	7	3	5	2
Концентрация, %	<i>C</i>	<i>x</i> ₃	10	2	6	4

Однородность полученных результатов измерений оценена с помощью критерия Кохрена. Регрессионная модель объекта – неполное квадратное уравнение, позволяющее учесть, наряду с линейными членами, все взаимодействия факторов. Для проверки значимости коэффициентов регрессии проверяли для каждого из них соотношение между расчетным и табличным значениями *t*-распределения Стьюдента. Для проверки адекватности математиче-

ской модели использовали F-распределение Фишера ($F_{\text{расч}}$). Полученная математическая модель имеет следующей вид:

$$G = 1,115 + 0,083x_1 + 0,314x_3 - 0,122x_1^2 - 0,152x_2^2 - 0,257x_3^2;$$

$$F_{\text{расч}} = 2,51.$$

Эта модель оказалась адекватной экспериментальным данным, поэтому была использована для анализа поверхностей отклика и прогнозирования значений выходного параметра в области варьирования переменных. Зависимость степени превращения линолевой кислоты от температуры, концентрации катализатора и продолжительности обработки проиллюстрирована на рис. 3.

Установлено, что линолевая кислота на 99 % превращается в олигомеры при проведении процесса со следующими параметрами: температура – 140 °С, продолжительность нагрева – 5 ч, концентрация катализатора 10 %.

В аналогичных условиях осуществлена термическая димеризация таллового масла листовного потока Архангельского ЦБК, содержащего около 70 % жирных кислот и 5 % смоляных кислот (ГЖХ-МС). Состав ТМЛП представлен в табл. 2.

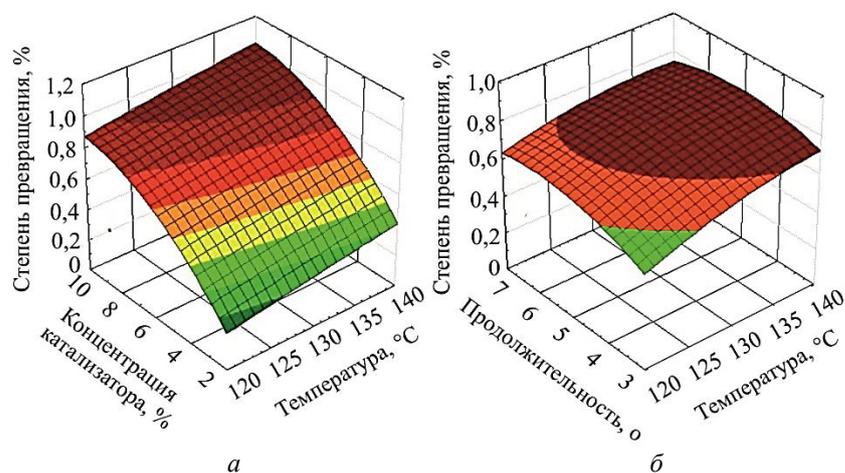


Рис. 3. Зависимость степени превращения линолевой кислоты от концентрации вводимого катализатора и температуры при продолжительности нагрева 5 ч (а) и от температуры и продолжительности нагрева при концентрации катализатора 10 % (б)

Таблица 2

Состав таллового масла лиственного потока Архангельского ЦБК

Группа кислот	Соединение	Содержание соединения в ТМЛП, %
Жирные	Олеиновая кислота	9,7
	Линолевая кислота	48,5
	Линоленовая кислота	1,3
	Ейкозеновая кислота	0,7
	Стеариновая кислота	3,6
	Пальмитиновая кислота	7,0
	Арахидовая кислота	2,4
	Генэйкозановая кислота	0,8
	Бегеновая кислота	2,5
	Лигноцериновая кислота	1,2
	Смоляные	Пимаровая кислота
Дегидроабетиновая кислота		3,7
Оксикислоты	9-Гидроксинановая кислота	3,7

В пяти параллельных опытах, проведенных в указанных выше оптимальных условиях, степень снижения интенсивности сигнала 2,74 ... 2,77 м.д. в ЯМР¹H-спектре полученных продуктов составляла 91 ... 97 % по сравнению с интенсивностью сигнала для исходной смеси ТМЛП. Результаты опытов позволяют определить, что, по крайней мере, линолевая кислота претерпевает изменения.

Масс-спектры полученных продуктов, наряду с исходными линолевой (279,2340 (M_Л-H)⁻) и олеиновой (281,2482 (M_О-H)⁻) кислотами, показали наличие ионов с массой 559,4743 (M_{2Л}-H)⁻, 561,4881 (M_{Л+О}-H)⁻ и 839,7128 (M_{3Л}-H)⁻, которые соответствуют молекулярным массам димеров из линолевой кислоты, димеров из линолевой и олеиновой кислот и тримера из линолевой кислоты. Положительные ионы, соответствующие указанным димерам и тримерам, также идентифицированы на спектрах.

Выводы

Исходя из полученных данных масс-спектрометрии и ЯМР¹H-спектроскопии установлено, что основным продуктом термической обработки линолевой кислоты хлоридом цинка являются ее димеры.

Ненасыщенные кислоты ТМЛП в выявленных оптимальных условиях проведения процесса в присутствии хлорида цинка также образуют димеры и тримеры жирных кислот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов Б.Д. Переработка сульфатного и сульфитного щелока. М.: Лесн. пром-сть, 1989. 360 с.
2. Пижурин А.А. Основы научных исследований в деревообработке. М.: МГУЛ, 2005. 305 с.

3. Смид В.А., Дильман А.Д. Основы современного органического синтеза. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 750 с.
4. Царев Г.И., Некрасова В.Б. Побочные продукты производства сульфатной целлюлозы и их использование при получении древесных плит: обзор. информ. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985. 40 с.
5. Breuer T.E. Dimer Acids. Van Nostrand's Encyclopedia of Chemistry. Wiley-Interscience. New York, 2005. 1856 p.

Поступила 11.10.12

Modification of Hardwood Tall Oil

H.P. Trinh, Postgraduate Student

G.I. Tsarev, Associate Professor

V.I. Roshchin, Doctor of Chemistry, Professor

St. Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, Institutskiy pereulok, 5, 194021

St. Petersburg, Russia

E-mail: phuongzhuk@mail.ru

One of the ways to modify tallow products is dimerization (polymerization). We have studied dimerization of linoleic acid – key component of hardwood tall oil – and the oil itself with zinc chloride at the temperature of 120–140 °C. The products obtained were analyzed using high resolution mass spectrometer Bruker microTOF HR MS (ESI) and ¹H-NMR spectroscopy. The mathematical model of linoleic acid dimerization by the action of zinc chloride was developed using tri-factorial second-order B-design. Under optimal conditions at the temperature of 140 °C, heating time of 5 hours and addition of 10 % zinc chloride, unsaturated tall oil fatty acids converted into dimers by 91–97 %.

Keywords: tall oil, tall oil fatty acids, dimerization, linoleic acid.

REFERENCES

1. Bogomolov B.D. *Pererabotka sul'fatnogo i sul'fitnogo shcheloka* [Sulfate and Sulfite Lye Processing]. Moscow: Lesnaja Promyshlennost 1989. 360 p.
2. Pizhurin A.A. *Osnovy nauchnykh issledovaniy v derevoobrabotke* [Fundamentals of Research in Woodworking]. Moscow: MGUL, 2005. 305 p.
3. Smid V.A., Dil'man A.D. *Osnovy sovremennogo organicheskogo sinteza* [Fundamentals of Modern Organic Synthesis]. Moscow: BINOM. Laboratorija znaniy, 2009. 750 p.
4. Tsarev G.I., Nekrasova V.B. *Pobochnye produkty proizvodstva sul'fatnoy tsellyulozy i ikh ispol'zovanie pri poluchenii drevesnykh plit: obzor. inform.* [By-Products of Sulfate Pulp Production and Their Use for Wood Boards: Overview Information]. Moscow: VNIPIEIllesprom, 1985. 40 p.
5. Breuer T.E. Dimer Acids. *Van Nostrand's Encyclopedia of Chemistry*. New York, 2005. 1856 p.



УДК 630*6

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА

© *М.А. Хвесик, д-р экон. наук, проф.*

Институт экономики природопользования и устойчивого развития НАН Украины,
бульв. Тараса Шевченко, 60, г. Киев, Украина, 01032
E-mail: khvesyk@mail.ru

А.М. Шубалый, канд. экон. наук, доц.

Луцкий национальный технический университет, ул. Львовская, 75, г. Луцк, Украина, 43018
E-mail: shubalyi@mail.ru

В условиях рыночных отношений важно разработать новые подходы к управлению эффективностью лесного комплекса на всех уровнях хозяйствования на основе интегрированного подхода. Целью исследования являлось обоснование теоретико-методологических аспектов организации системы интегрированного управления эффективностью лесного комплекса в условиях рыночной нестабильности. В основу исследования были положены методы классической теории управления эффективностью, а также системный и интегрированный подходы к организации субъектно-объектных отношений в лесном комплексе. Обоснованы этапы формирования системы управления эффективностью лесного комплекса, которые предусматривают осуществление ряда процедур теоретико-методологического характера: выбор целевых ориентиров, сферы охвата, процессов, методологической базы оценки, информационно-програмного обеспечения. На основе системного подхода сформирована структура системы интегрированного управления лесным комплексом и обоснованы особенности взаимосвязи между ее элементами. Обосновано, что формирование современной системы интегрированного управления эффективностью лесного комплекса должно базироваться на принципиально новой институциональной основе, которая позволит развивать партнерские отношения между государством, постоянными лесопользователями и предпринимательскими структурами. Преодоление институциональных проблем развития лесного комплекса должно происходить путем трансформации институционально-правового механизма функционирования лесного комплекса. Предложена схема функционирования системы интегрированного управления эффективностью лесного комплекса, которая предусматривает привлечение на входе имеющихся ресурсов, использование специфических отраслевых нормативно-методических материалов, формирующих обеспечивающую подсистему, что создаст базис для работы управляющей, функциональной и управляемой подсистем по разработке и реализации совокупности решений и действий по их реализации. Особой сложностью и важностью отличается формирование функциональной подсистемы, которая должна обеспечить оптимальное сочетание принципов, функций, методов, рычагов, инструментов управления эффективностью лесного комплекса. Все это позволит получить на выходе в качестве целевой подсистемы совокупность показателей эффективности,

отражающих степень достижения целевых установок. Неотъемлемым элементом данной системы являются коммуникации прямой и обратной связи с элементами внешней среды, которые также будут осуществлять косвенную оценку достигнутых результатов управления эффективностью лесного комплекса. Разработанная система интегрированного управления позволит максимально результативно использовать ресурсно-производственный потенциал лесного комплекса, повысив при этом эффективность его функционирования.

Ключевые слова: лесной комплекс, система, система управления, эффективность, управление эффективностью, механизм управления, интеграция.

Существующая система управления эффективностью лесного комплекса (ЛК) не срабатывает с достаточным уровнем результативности, поскольку построена на основе командно-административной модели управления лесами и предусматривает чрезмерно унифицированную спецификацию субъектов хозяйствования. Поэтому формирование системы интегрированного управления эффективностью ЛК позволит обеспечить синхронизацию действий субъектов управления на всех уровнях при определении стратегических целей на различных стадиях процесса воспроизводства. Кроме реализации традиционных функций, система интегрированного управления должна обеспечить соблюдение специфических принципов лесопользования (рациональность, неистощимость, комплексность, сбалансированность) и трансформацию экономических механизмов функционирования ЛК (организационно-экономического, институционально-правового и финансового).

Проблемы трансформации системы управления ЛК в последнее время изучали многие отечественные и зарубежные ученые [1, 2, 4–8], которые считают, что формирование системы интегрированного управления эффективностью ЛК является многоаспектным процессом и требует применения целого комплекса институциональных изменений.

Фундаментальное понимание философии управления эффективностью сформировали Д. Нортон и Р. Каплан [3] – авторы концепции системы сбалансированных показателей (BSC). По их мнению, не существует единого правильного способа управления эффективностью. Выбор системы управления эффективностью должен зависеть от условий, в которых существует организация, ее культуры, структуры, технологии, мнения заинтересованных лиц и от того, кто именно участвует в процессе. Организациям, которые хотят повысить эффективность своей деятельности, необходимо решить две важные задачи: во-первых, разработать соответствующие показатели эффективности и инструменты их измерения, во-вторых, создать такую систему, которая мотивировала бы к достижению целевых показателей эффективности.

По нашему мнению, в ЛК также необходимо внедрить новую модель разработки системы сбалансированных показателей управления его эффективностью на основе ключевых идей концепции BSC, ориентируясь на следующие принципы: сконцентрированность на измерении нескольких ключе-

вых показателей; предоставление обобщенной оценки эффективности на основе группировки показателей в единый индекс; разработка показателей для оценки финансовой и операционной эффективности, степени удовлетворенности потребителей и работников; выбор целевых критериев оценки на основе анализа результатов деятельности предыдущего периода, текущего состояния, перспектив будущего развития, связь критериев оценки с основными факторами, которые влияют на деятельность ЛК, разработка критериев на всех организационных уровнях; корректировка критериев оценки в соответствии с изменениями внешней и внутренней среды ЛК.

Процесс функционирования системы управления эффективностью ЛК предусматривает осуществление ряда процедур теоретико-методологического характера, что позволит создать единый механизм принятия решений в этой сфере (рис. 1).

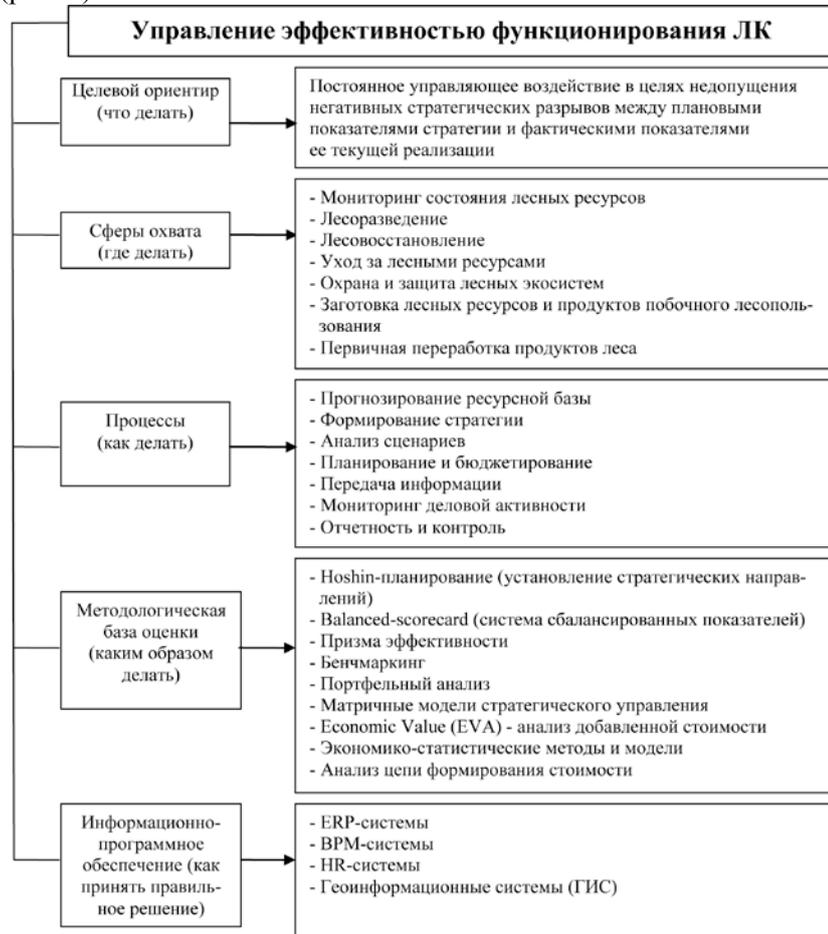


Рис. 1. Теоретические основы формирования системы управления эффективностью ЛК

Прежде всего нужно определить целевые ориентиры или желаемые результаты процесса управления, чтобы сфокусировать внимание субъектов принятия решений на осуществление постоянного управленческого воздействия в целях недопущения негативных стратегических разрывов между плановыми показателями стратегии и фактическими показателями ее текущей реализации, т.е. каждый субъект управления должен знать «что делать», изменяя состояние и характеристики субъекта управления.

В то же время любое управляющее воздействие является наиболее эффективным, если оно направлено на определенную сферу деятельности, дает возможность субъекту принятия решений сконцентрироваться на отдельных направлениях с четко определенными границами управленческих полномочий. Для субъектов управления в ЛК целесообразно сферы полномочий разделять, исходя из специфики технологической цепочки формирования добавленной стоимости, выделив как отдельные сферы мониторинг состояния лесных ресурсов, лесоразведение, лесовосстановление, уход за лесными ресурсами, охрану и защиту лесных экосистем, заготовку лесных ресурсов и продуктов побочного лесопользования, первичную и углубленную переработку продуктов леса. При этом отдельный субъект принятия решений должен знать не только «что делать», но и «где делать» – какой сферой ограничиваются его полномочия.

Как известно, управление – это сложный, многогранный процесс, который реализуется через определенный набор функций и процессов. Соответственно, выполнение определенных функций предполагает осуществление отдельных характерных процессов. В частности, среди основных процессов, связанных с управлением эффективностью функционирования субъектов ЛК, можно выделить прогнозирование ресурсной базы, формирование стратегии, анализ сценариев, планирование и бюджетирование, передачу информации, мониторинг деловой активности, отчетность и контроль. В каждом управленческом звене субъекты принятия решений должны четко понимать смысл всех процессов, которые осуществляются для обоснования управленческих решений, т. е. знать «как делать», чтобы достичь желаемых показателей эффективности.

Но знание только поверхностного содержания управленческих процессов без владения методическими приемами их реализации приведет к декларативности принятия решений без должного методического обоснования. Поэтому неотъемлемой частью формирования системы управления эффективностью должно стать применение адекватных методов обоснования показателей-индикаторов, отражающих конечные итоги реализации управленческих решений. В отечественной науке и практике сегодня все большее распространение получают зарубежные методики обоснования управленческих решений, среди которых можно выделить: hoshin-планирование (установление стратегических направлений); balanced-scorecard (система сбалансированных показателей); призма эффективности; бенчмаркинг портфельный анализ; матрич-

ные модели стратегического управления; Economic Value (EVA) – анализ добавленной стоимости; экономико-статистические методы и модели; анализ цепи формирования стоимости и др. Овладение соответствующим методическим инструментарием позволит субъекту управления знать «каким образом делать», чтобы обосновать определенное управленческое решение.

Но в условиях современного информационного общества менеджеры нередко имеют дело с большими массивами информации, которая постоянно меняется и перед принятием решения требует определенной обработки и уточнения, проведения сравнительного анализа. Решить эти проблемы в условиях дефицита времени и финансовых ресурсов без применения специализированного информационного и программного обеспечения практически невозможно, поэтому важным элементом, который должен быть учтен в процессе формирования системы управления эффективностью, должно стать информационно-аналитическое обеспечение управления. Это предполагает широкое применение в управленческой деятельности таких комплексных систем, как ERP-, BPM-, HR-системы, геоинформационные системы (ГИС), т. е. вооружившись соответствующим информационно-программным обеспечением, субъект управления должен знать «как принять правильное решение» и иметь возможность с его помощью обосновывать эффективность реализации тех или иных сценариев развития событий по итогам принятого решения [5].

Таким образом, процесс формирования системы управления эффективностью опирается на ряд базовых положений, учет которых позволит упорядочить процессы управления и сформировать определенный алгоритм управленческих действий, обеспечит обоснованность управленческих решений на различных уровнях управления в соответствии с выбранными критериями и системой показателей оценки эффективности.

На следующем этапе важно на основе системного подхода сформировать структуру системы интегрированного управления ЛК и обосновать особенности взаимосвязи между ее элементами, дать системную интерпретацию основных подходов к реализации данного процесса. Ведь именно система интегрированного управления позволит максимально результативно использовать ресурсно-производственный потенциал лесного комплекса и при этом не допустить протекания экодеструктивных процессов в эколого-экономических системах.

Предложенный вариант системы интегрированного управления эффективностью ЛК (рис. 2) базируется на классических положениях системного подхода к организации систем управления и предусматривает привлечение на входе имеющихся ресурсов, использование специфических отраслевых нормативно-методических материалов, формирующих обеспечивающую подсистему, которая создает базис для работы управляющей, функциональной и управляемой подсистем по разработке и реализации совокупности решений и действий по их реализации.

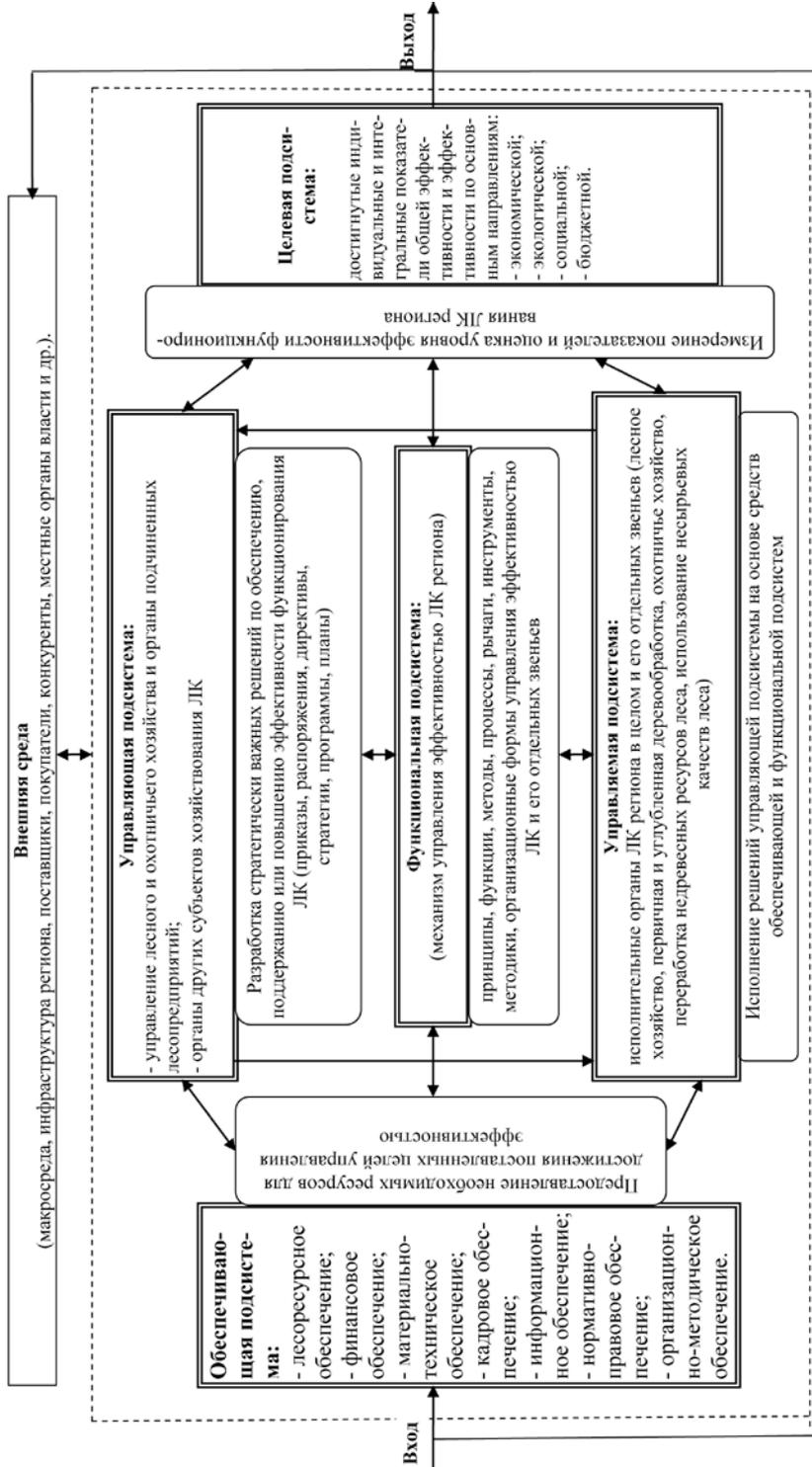


Рис. 2. Система интегрированного управления эффективностью лесного комплекса

Это позволит получить на выходе в качестве целевой подсистемы совокупность показателей эффективности, отражающих степень достижения целевых установок. Неотъемлемым элементом данной системы являются коммуникации прямой и обратной связи с элементами внешней среды, что также будут осуществлять косвенную оценку достигнутых результатов управления эффективностью лесного комплекса.

Система интегрированного управления эффективностью ЛК относится к открытым системам управления, так как важное значение для обеспечения ее стабильного и бесперебойного функционирования имеет поддержание тесной взаимосвязи с внешней средой. Внешняя среда по теории стратегического менеджмента содержит макро- и микросреду.

К макросреде функционирования ЛК относится система институтов государственной власти различных уровней, а также другие институты гражданского общества, которые прямо или косвенно влияют на деятельность ЛК региона. К микросреде, которая осуществляет непосредственное влияние на деятельность субъектов хозяйствования ЛК, традиционно относят рыночную инфраструктуру региона, существующих и потенциальных поставщиков, покупателей, прямых и косвенных конкурентов, местные общины и их органы, общественные организации экологического направления, другие субъекты, которые вступают в хозяйственные отношения с субъектами ЛК.

Особенно важным с позиций обеспечения эффективности работы различных хозяйственных звеньев ЛК региона является налаживание тесных и взаимовыгодных отношений с поставщиками и покупателями. Для этого нужно наладить в регионе прозрачный рынок купли-продажи лесосырья разных степеней переработки по приемлемым для всех субъектов рыночным ценам и устранить возможные проявления монополизма со стороны государственных лесохозяйственных предприятий, которые имеют приоритетное право на получение части заготовленной древесины по себестоимости ее заготовки. С другой стороны, чрезмерная дерегуляция деятельности субъектов малого предпринимательства может привести к дальнейшей тенизации рынка лесопродукции, что создаст неконкурентные условия для деятельности государственных лесохозяйственных предприятий, которые находятся под постоянным контролем соответствующих государственных структур.

Также не следует отвергать усиление конкуренции со стороны товаров-заменителей, поскольку в настоящее время активно развивается рынок пластмасс, являющихся неравнозначными заменителями столярных изделий из дерева. Но эти товары за счет низкой цены, эффективного маркетинга и удачной организации логистических потоков завоевали значительную часть рынка, хотя во многих европейских странах население снова переходит на использование столярных изделий из древесины, которые являются экологически безопасными.

Важное значение для развития ЛК имеет уровень развития рыночной инфраструктуры в соответствующем регионе. Ведь без взаимовыгодного со-

трудничества с финансово-кредитными учреждениями, лизинговыми, маркетинговыми, транспортными, логистическими и оптово-сбытовыми компаниями невозможно сформировать прозрачную рыночную среду, которая будет способствовать эффективному функционированию всех субъектов хозяйствования ЛК и улучшению качества и конкурентоспособности его продукции. К управляющей подсистеме относят управления лесного и охотничьего хозяйства и органы подчиненных ему лесопредприятий, а также органы других субъектов хозяйствования ЛК. Основной задачей управляющей подсистемы должна стать разработка стратегически важных решений по обеспечению, поддержанию или повышению эффективности функционирования ЛК. Эти решения могут формироваться в виде приказов, распоряжений, директив, концепций, стратегий, программ, планов, которые будут направлены для выполнения всем или отдельным звеньям ЛК региона.

К управляемой подсистеме относятся исполнительные органы ЛК в целом и его отдельных звеньев (лесное хозяйство, первичная и углубленная деревообработка, охотничье хозяйство, переработка недревесных ресурсов леса, использование несырьевых качеств леса). Эти структуры должны обеспечить эффективное выполнение решений субъектов управляющей подсистемы на основе совокупности необходимых средств обеспечивающей и функциональной подсистем.

Между управляющей и управляемой подсистемами предусмотрена не только прямая, но и обратная связь, которая дает возможность уточнения и согласования спорных моментов в процессе передачи и принятия к исполнению того или иного решения. Кроме того, возможность обратной связи является характерной чертой демократических систем управления, которые предусматривают активное вовлечение исполнителей в процесс принятия стратегически важных решений.

Обеспечивающая подсистема охватывает всю совокупность необходимых ресурсов, которые есть в наличии и предназначены для обеспечения выполнения решений управляющей подсистемы субъектами управляемой подсистемы. Лесоресурсное обеспечение охватывает все ресурсы леса древесного и недревесного происхождения, а также природные условия, климатообразующие и химико-биологические функции лесов. С экономической точки зрения важна и выгодность размещения, и доступность лесных ресурсов, а также их качественные характеристики.

В рыночных условиях эффективное функционирование ЛК и его структурных звеньев становится невозможным и без надлежащего финансового обеспечения, которое охватывает все входящие и исходящие потоки финансовых ресурсов, которые обслуживают процесс формирования новой добавленной стоимости в лесоресурсной сфере. Финансовое обеспечение следует рассматривать не только в аспекте финансовой устойчивости, ликвидности или платежеспособности отдельного лесопользователя или их совокупности и их возможностей самостоятельно финансировать важные хозяйственные проек-

ты, но и, прежде всего, как отработаны процессы движения денежных средств по итогам финансовых операций.

Практически невозможно решать перспективные задачи эффективного развития ЛК и без надлежащего материально-технического обеспечения. Ведь в настоящее время для многих субъектов хозяйствования преимущественно государственной собственности характерно моральное и физическое старение основных средств. Подавляющее большинство лесозаготовительного и деревообрабатывающего оборудования хотя и является импортным, но оно морально устарело, во многих случаях его мощность не соответствует реальным объемам переработки лесосырья. Это приводит к значительному перерасходу топлива и энергии, что недопустимо в условиях постоянного роста закупочных цен на энергоносители.

Положительные сдвиги в этой сфере имеют преимущественно субъекты хозяйствования негосударственной формы собственности, собственники которых заинтересованы внедрять новейшие инновационные технику и технологии в целях рационального использования лесосырья, экономии топлива и энергии, повышения безопасности труда, обеспечения экологической безопасности и повышения качества продукции. Поэтому, прежде чем ставить высокие задачи повышения эффективности работы ЛК и его структурных звеньев, нужно создать должное и современное материально-техническое обеспечение.

Однако успешная реализация стратегических целей развития ЛК станет невозможной и без создания надлежащего кадрового обеспечения. Ведь любые управленческие решения, даже в условиях полной или частичной автоматизации процесса управления, выполняют люди, которые должны иметь соответствующий уровень подготовки и квалификации. Для этого важно даже в кризисных условиях сохранять высококвалифицированных работников, осуществлять целевое обучение молодых специалистов, проводить на постоянной основе стажировки, повышение квалификации и переквалификацию работников в соответствии с современными требованиями науки и техники в направлении освоения современных информационных технологий и методов управления во всех сферах ЛК.

Кроме того, нужно, чтобы каждый лесопользователь активно осваивал новейшие информационные технологии в практической работе для создания надлежащего информационного обеспечения реализации управленческих решений. Ведь современные информационные системы способны решать многие проблемы и способствовать ускорению и улучшению качества проведения геомониторинга территории в различных целях, совершенствованию системы учета, анализа и отчетности лесопользователей, расширению информационной базы для обоснования управленческих решений, внедрению систем электронного учета движения и инвентаризации лесосырья.

Для совокупности лесопользователей, которые находятся, например, в сфере подчинения областного управления лесного и охотничьего хозяйства,

возможно внедрение интегрированных глобальных информационных систем (ГИС) в сфере учета движения лесосырья и лесопродукции, финансового мониторинга и логистики, позволяющие повысить гибкость и обоснованность, а также значительно ускорить процессы принятия управленческих решений, что может стать дополнительным конкурентным преимуществом этих структур.

Деятельность субъектов хозяйствования ЛК, особенно государственного сектора, должна иметь надлежащее нормативно-правовое и организационно-методическое обеспечение, охватывающее всю совокупность норм и правил, методических подходов к организации процессов лесопользования, в том числе охраны и защиты леса, а также осуществление функций контроля. Следовательно, основная задача обеспечивающей подсистемы заключается в предоставлении необходимых ресурсов для достижения поставленных целей управления эффективностью или сообщении об имеющихся проблемах мобилизации и привлечению этих ресурсов, которые могут помешать их реализации при сохранении дееспособности других подсистем управления эффективностью ЛК.

Особой сложностью и важностью среди всех подсистем управления эффективностью ЛК отличается, по нашему мнению, функциональная подсистема, которая охватывает непосредственно сам механизм управления эффективностью ЛК региона, призванный найти оптимальное сочетание принципов, функций, методов, процессов, рычагов, инструментов, методик, организационно-правовых форм управления эффективностью ЛК и его отдельных звеньев путем применения прогрессивных технологий стратегического управления, которые активно используются лесопользователями ведущих зарубежных стран, но еще не нашли должного применения в странах СНГ. Формирование и отработка этого механизма является одной из важнейших задач построения всей системы интегрированного управления эффективностью ЛК, поскольку по уровню организации взаимосвязей между субъектом и объектом управления можно будет сделать вывод об эффективности управленческих действий на том или ином этапе функционирования системы управления.

По нашему мнению, в целях упорядочения всех процессов в механизме управления эффективностью целесообразно рассматривать его как совокупность отдельных механизмов управления, охватывающих важнейшие направления развития ЛК:

организационно-экономический механизм, который будет определять совокупность методов, подходов к организации процессов управления эффективностью ЛК и его структурных звеньев, подбирать наиболее подходящие организационно-правовые формы управления эффективностью ЛК и определять принципы их взаимодействия в процессе конкурентной борьбы на рынке;

институционально-правовой механизм призван определить место и роль важнейших государственных и рыночных институтов в системе управления эффективностью ЛК, а также стимулировать разработку новых или усовершенствование существующих нормативно-правовых актов в лесоресурсной

сфере для формирования прозрачных правил поведения различных субъектов в ЛК;

механизм экологизации природопользования в ЛК должен быть направлен на реализацию мероприятий по обеспечению экобезопасного лесопользования на основе принципов устойчивого развития с признанием приоритетности решения экологических проблем и соблюдение ресурсно-экологической безопасности;

механизм фискального и финансово-кредитного регулирования предусматривает упорядочение системы налогообложения лесопользователей в направлении преобладания действия стимулирующей функции налогов и сборов над фискальной, а также поиск эффективных форм взаимовыгодного финансирования и кредитования лесопользователей для реализации важных проектов регионального и национального масштабов;

механизм инвестиционного обеспечения инновационного развития ЛК должен быть направлен на упрощение процедур в целях стимулирования потенциальных отечественных и зарубежных инвесторов к различным видам инвестирования в развитие всех направлений деятельности в ЛК с акцентом на внедрение производственно-технических и управленческих инноваций на основе развития государственно-частного партнерства.

Действенность функциональной подсистемы будет зависеть от того, насколько удачно будут сочетаться и взаимодополняться методы, рычаги и инструменты государственного и рыночного регулирования лесопользования в условиях неопределенности рыночной среды функционирования ЛК.

На выходе системы управления эффективностью ЛК должны быть соблюдены целевые показатели работы ЛК и его структурных звеньев, свидетельствующие об эффективности его функционирования в отчетном периоде.

Итак, целевая подсистема управления эффективностью должна содержать систему индивидуальных и интегральных показателей общей эффективности и эффективности по основным направлениям (экономической, экологической, социальной и бюджетной). Основное назначение данной подсистемы заключается в измерении показателей и оценке уровня эффективности функционирования ЛК региона путем сравнения с эталонными, максимальными-минимальными или средними значениями соответствующих показателей.

Таким образом, целевая подсистема предусматривает разработку специальных методических подходов к оценке уровня эффективности функционирования ЛК по различным критериям, которые будут характеризовать отдельный вид эффективности и выбора системы показателей, которые соответствуют каждому критерию. Результаты оценки эффективности через механизм обратной связи могут стать базой для определения целевых ориентиров развития и обоснования выбора определенного набора стратегий деятельности для каждого лесопользователя.

Функционирование системы управления эффективностью ЛК в значительной степени зависит от выбора организационных форм интеграции лесопользователей.

хозяйственных структур. Такая интеграция обусловлена необходимостью наращивания инновационно-инвестиционного потенциала лесохозяйственного и деревообрабатывающего производства в целях централизации финансирования предпринимательских проектов как новых точек роста отдельных лесохозяйственных предприятий. Важной предпосылкой результативного внедрения организационных форм интеграции в лесном комплексе является дифференцированный подход к их выбору с учетом специфики отдельных сегментов лесного комплекса: лесное хозяйство, деревообрабатывающий, лесохимический или целлюлозно-бумажный подкомплекс. Перспективы формирования интегрированных структур в лесном комплексе связаны с дальнейшим развитием углубленной лесопереработки путем вовлечения в этот процесс целлюлозно-бумажных и лесопильно-деревообрабатывающих комбинатов, имеющих стабильные рынки сбыта своей продукции, в том числе и за рубежом.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, значительное распространение получают интегрированные структуры вертикального типа, ведь интеграция по технологическому принципу на основе комплексного использования древесины с ориентацией на выход конкурентоспособной конечной продукции обеспечивает значительный экономический эффект. Учитывая то, что наращивание инвестиционного потенциала ЛК возможно путем корпоратизации, приемлемой формой интеграции в условиях отечественных реалий является холдинг. Холдинги позволят сконцентрировать и мобилизовать значительный капитал на наиболее важных бизнес-направлениях, увеличить уровень капитализации, уменьшить финансовые риски, идентифицировать центры ответственности за выполнение стратегических планов. Исходя из того, что лесной фонд является собственностью народа, стоит создавать государственные холдинги, которые сохранят главенствующую роль государства в определении приоритетов хозяйственного освоения лесоресурсного потенциала.

Таким образом, совершенствование системы управления эффективностью, механизма разработки и выполнения стратегии и стратегических планов в процессе стратегического управления ЛК позволит не только упорядочить и усовершенствовать процесс управления, направив его на повышение эффективности функционирования ЛК, но и повысить уровень обоснованности управленческих решений руководителей и исполнительской дисциплины подчиненных на всех уровнях управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вуец Л.В.* Управление развитием лесного сектора региона : автореф. дис. ... канд. экон. наук. Ижевск, 2010. 20 с.
2. *Иванова Т.Н.* Особенности формирования механизма управления лесопромышленным комплексом // *Вестн. МГТУ.* 2006. Т. 9, № 4. С. 629–632.
3. *Каплан Р., Нортон Д.* Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. М.: ЗАО «Олимп-бизнес», 2003. 320 с.

4. Клейнхоф И.А., Иванова Т.Н. Вопросы совершенствования стратегического управления процессом воспроизводства лесных ресурсов // Вестн. МГУЛ – Лесной вестник. 2000. № 4. С. 46–52.

5. Колиснык Б.И. Методологические основы организации системы интегрированного управления эффективностью лесного сектора // Экономист. 2010. № 8. С.14–17.

6. Корниенко А.М. Развитие интеграционных процессов в региональных лесопромышленных секторах: автореф. дис. ... канд. экон. наук. СПб., 2009. 24 с.

7. Мишенин Е.В. Трансформация эколого-экономических основ воспроизводства лесных ресурсов // Науч. вестн. «Менеджмент природных ресурсов, экологическая и лесная политика». Вып. 14.2. М.: УкрДЛТУ, 2004. С. 66–71.

8. Хвесик М.А., Шубалий О.М., Василик Н.М. Комплексне використання лісоресурсного потенціалу: механізм стимулювання, інституціональне та інноваційно-інвестиційне забезпечення: моногр. К.: ТЗОВ ДКС, 2011. 498 с.

Поступила 01.09.12

Organization of Integrated Management of Forest Industry Performance

M.A. Khvesik, Doctor of Economics, Professor

Institute of Environmental Economics and Sustainable Development, National Academy of Sciences of Ukraine, Bulvar Tarasa Shevchenko, 60, 01032 Kiev, Ukraine
E-mail: khvesyk@mail.ru

A.M. Shubalyi, Candidate of Economics, Associate Professor

Lutsk National Technical University, Lvovskaya, 75, 43018 Lutsk, Ukraine
E-mail: shubalyi@mail.ru

In a market economy, it is important to develop new approaches to the management of forest industry performance based on the integrated approach at all levels of economic management. The study aimed to substantiate theoretical and methodological aspects of organization of integrated management of forest industry performance during market instability. The study was based on the methods of the classical theory of performance management, as well as systems and integrated approaches to the organization of the subject-object relations in forest industry. We have justified the steps of forming a system of forest industry performance management, which includes a number of theoretical and methodological procedures: the choice of targets, scope, processes, methodological framework for assessment, information support and software. On the basis of the systems approach, we have formed a structure of integrated management of the forest industry and substantiated the peculiarities of the relationship between its elements. The modern system of integrated management of forest industry performance should be based on a new institutional framework that will promote partnership between the state, permanent forest managers and business structures. Institutional challenges should be overcome through the transformation of the institutional and legal framework of the forest industry. We suggest a scheme describing how the system of integrated management of forest industry performance functions. This scheme involves attracting available resources, use of industry-specific regulatory and guidance materials that form a support sub-system. This will form the basis for the management, functional and manageable sub-systems for the development and implementation of new decisions and measures. Especially challenging and important is the functional sub-system

which should provide an optimal combination of the principles, functions, methods, instruments and tools for management of the forest industry performance. All of this will result in a target subsystem – a set of performance indicators reflecting the degree of target achievement. Integral parts of this system are the direct communication and feedback with the elements of external environment, which will also make an indirect assessment of the achieved results of performance management of the forest industry. The developed system of integrated management will allow us to, in a most efficient way, use the resource and production potential of the forest industry, while increasing the efficiency of its functioning.

Keywords: forest industry, system, control system, performance, performance management, mechanism of management, integration.

REFERENCES

1. Vuets L.V. *Upravlenie razvitiem lesnogo sektora regiona: avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk* [Managing the Development of the Region's Forest Sector: Cand. Econ. Sci. Diss. Abs.]. Izhevsk, 2010. 20 p.
2. Ivanova T.N. Osobennosti formirovaniya mekhanizma upravleniya lesopromyshlennym kompleksom [Formation of the Mechanism of Timber Industry Complex Management]. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2006, vol. 9, no. 4, pp. 629–632.
3. Kaplan R.S., Norton D.P. *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*. Boston, 1996 (Russ. ed.: Kaplan R., Norton D. *Sbalansirovannaya sistema pokazateley. Ot strategii k deystviyu*. Moscow, 2003. 320 p).
4. Kleynkhof I.A. Voprosy sovershenstvovaniya strategicheskogo upravleniya protsessom vosproizvodstva lesnykh resursov [Improvement of Strategic Management of Forest Resources Reproduction]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik*, 2000, no. 4, pp. 46–52.
5. Kolisnyk B.I. Metodologicheskie osnovy organizatsii sistemy integrirovannogo upravleniya effektivnost'yu lesnogo sektora [Methodological Basis for the Organization of Integrated Management of the Forestry Sector Performance]. *Ekonomist*, 2010, no. 8, pp.14–17.
6. Kornienko A.M. *Razvitie integratsionnykh protsessov v regional'nykh lesopromyshlennykh sektorakh: avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk* [Development of Integration Processes in the Regional Timber Industry Sectors: Cand. Econ. Sci. Diss. Abs.]. St. Petersburg, 2009. 24 p.
7. Mishenin E.V. Transformatsiya ekologo-ekonomicheskikh osnov vosproizvodstva lesnykh resursov [Transformation of Ecological and Economic Foundations of Forest Resources Reproduction]. *Nauchnyy vestnik "Menedzhment prirodnnykh resursov, ekologicheskaya i lesnaya politika"*. Iss. 14.2. Moscow, 2004, pp. 66–71.
8. Khvesik M.A., Shubaliy O.M., Vasilik N.M. *Kompleksne vykorystannja lioresursnogo potencialu: mehanizm stymuljuvannja, instytucional'ne ta innovacijno-investycijne zabezpechennja* [Integrated Use of Forest Resource Potential: The Incentive Mechanism, Institutional and Investment Support]. Kiev, 2011. 498 p.



УДК 630*581.52(571.64)

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПОЙМЕННЫХ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ ОСТРОВА САХАЛИН

© *А.А. Смирнов, канд. биол. наук, доц.*

Сахалинский государственный университет, ул. Ленина, 290, г. Южно-Сахалинск,
Россия, 693000
E-mail: asm03@yandex.ru

А.П. Добрынин, д-р биол. наук, проф.

Череповецкий государственный университет, ул. Луначарского, 5, г. Череповец,
Вологодская область, Россия, 162600
E-mail: apdobrtnin@mail.ru

Долинные леса о-ва Сахалин представляют собой самобытное природное явление и занимают территорию около 80 тыс. га, простираясь узкими полосами вдоль рек, водный режим которых характеризуется периодическими паводками, свойственными муссонному климату региона. Паводки обеспечивают поступление большого количества минерального и органического материала, что является причиной образования достаточно плодородных почв и формирования высокопродуктивных древостоев, запас древесины которых достигает 700 м³/га и более, объем отдельных деревьев превышает 25 м³.

На основании геоботанических и лесоводственных исследований, проведенных в поймах рек Белая и Пиленга, проанализированы современное состояние и продуктивность пойменных лесов о-ва Сахалин, образованных тополем, чозенией, ольхой, черемухой, ильмом, боярышником и различными видами ив, в условиях современного антропогенного воздействия. Представлены также данные о состоянии лесовозобновления: количество подроста колеблется в пределах 0,4...4,2 тыс. шт./га при доминировании крупного (> 1,5 м) и среднего (0,5...1,5 м) подроста ильма, ольхи и черемухи.

Долинные леса острова длительное время испытывают влияние деятельности человека (выпас скота, рекреация, добыча гальки и др.). Выполняя важную водоохранную роль и обеспечивая рыбные ресурсы нерестовых рек, они должны стать объектом повышенного внимания со стороны органов охраны природы.

Ключевые слова: пойменные леса, древостой, подрост, возобновление, таксация, производительность, подлесок, травяной покров.

Состояние долинных лесов Европейского Севера уже освещалось в целом ряде работ [1, 5 – 7], описанию пойменных лесов Дальнего Востока, в том числе, произрастающих на о-ве Сахалин в пределах таежной зоны, уделялось обычно мало внимания, при этом они могут быть охарактеризованы как интересное и самобытное природное образование. Пойменные леса о-ва Сахалин представляют из себя специфичный тип интразональной растительности и

обычно представлены насаждениями, образованными тополем, чозенией, ольхой, древовидными ивами и простирающимися узкими полосами вдоль рек. В их составе встречаются также черемуха, ильм, боярышник, в редких случаях – ясень и орех. Пойменные леса острова, имеющие общую площадь около 80 тыс. га, играют чрезвычайно важную водоохранную и почвозащитную роль, обеспечивают продуктивность нерестилищ ценных лососевых рыб.

Данным исследованием предусматривалось выявление ряда количественных и качественных параметров пойменных лесов о-ва Сахалин.

Водный режим сахалинских рек характеризуется периодическими паводками, возникающими в периоды свойственного муссонному климату прохождения тайфунов. Реки становятся бурными, сильно разливаются и заполняют обширные пространства пойм, принося различный минеральный и органический материал. Ложа речных долин выложены глыбами, валунами, галькой, щебнем и гравием, перекрытыми наносами песка, глины и ила. Последнее обстоятельство, несмотря на малую мощность почвенного профиля (всего 40...50 см), обеспечивает пойменным почвам острова достаточно высокие показатели продуктивности (содержание гумуса, слабокислая реакция, оптимальный воздушный режим, проточное увлажнение).

Наиболее заметными лесообразователями пойменных лесов Сахалина являются: тополя Махимовича (*Populus maximowiczii*) и душистый (*P. suaveolens*), чозения земляничнолистная (*Chosenia arbutifolia*), достигающие высоты 30 м и диаметра 1,5 м, ольха волосистая (*Alnus hirsuta*), черемуха (*Padus avium*), боярышник зеленомякотный (*Crataegus chlorosarca*), ильмы японский (*Ulmus japonica*) и лопастной (*U. laciniata*), ивы удская (*Salix udensis*), росистая (*S. rorida*) и Шверина (*S. schwerinii*)^{*}. Сведения о биологии представителей семейства *Salicaceae*, в том числе играющих важную лесообразующую роль, содержит целый ряд специальных работ [3, 4, 9, 10].

Долинные леса острова длительное время испытывают влияние деятельности человека, в результате чего часть их деградировала, сменившись вейниковыми лугами, пастбищами, пашнями, местами добычи щебня, гальки и подъездными путями к ним. Тем не менее еще встречаются массивы пойменных лесов, поражающие своей производительностью (запас стволовой древесины), превышающей в отдельных случаях 1000 м³/га.

В ходе экспедиционных работ 2001–2007 гг. нами в поймах рек Белая и Пиленга были исследованы четыре участка пойменного леса, два из которых имеют двухъярусную и два – одноярусную структуру древостоя довольно сложного видового состава. Микрорельеф пойм образован вытянутыми параллельно руслу рек понижениями, маркирующими места водных потоков различных лет. В табл. 1 приведена таксационная характеристика насаждений по результатам сплошной перечислительной таксации.

* Здесь и далее названия растений приведены в соответствии с [9].

Таблица 1

Таксационная характеристика лесов Сахалина (поймы рек Белая и Пиленга)

№ массива	№ яруса	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Бонитет	Полнота	Запас, м ³ /га	Состав	Количество деревьев, шт./га	Тип леса
1	1	75	21	40	III	0,70	210	6,5Т2Иву0,5Ивр0,6Ол0,4Бояр	162	Т.вт.
2	1	90	22	56	III	1,02	333	4,6Иву3,2Т2Ол0,2Ивр	133	И.вт.
3	1	15	27	120	II	0,15	66	10Т	6	Т.вт.
	2	0	17	32	III	0,23	48	5,4Ивш3,1Ол1,4Ч	83	
	<i>Всего</i>	50	–	–	–	0,38	114	5,8Т2,3Ивш1,3Ол0,6Ч	89	
4	1	15	27	130	II	1,65	744	6,6Т3,4Чоз	41	Т.вт.
	2	0	8	11	III	0,37	36	4,4Ол4Илл1Ил0,6Ч	1200	
	<i>Всего</i>	20	–	–	–	2,02	780	6,3Т3,2Чоз0,2Ол0,2Илл0,1Ил	1261	

Примечание. Т – тополь Максимовича, Чоз – чозения земляничниколистная, Ол – ольха волосистая, Ч – черемуха обыкновенная, Бояр – боярышник зеленомякотный, Ил – ильм японский, Илл – ильм лопастной, Иву – ива удская, Ивр – ива росистая, Ивш – ива Шверина, Т.вт. – тополевик высокотравный, И.вт. – ивняк высокотравный.

Комментируя табл. 1, можно отметить, что пойменные леса Сахалина, появляющиеся на наносном речном субстрате и формируемые тополем, чозенией, ивами, ольхой и другими долинными видами, могут обладать (для оценки использовались специальные лесотаксационные справочники [2, 11, 12 и др.]) достаточно высокой производительностью. Объем стволов достигает 25 м³. Наиболее распространенный тип леса – тополевик (ивняк, ольшаник, чозенник) высокотравный.

Некоторые особенности имеют и процессы лесовозобновления под пологом пойменных лесов острова. Количество подроста, как правило, невелико и колеблется в пределах от 0,4 до 4,2 тыс. шт. / га. Преобладает крупный и средний подрост ильма, ольхи, черемухи, реже встречается подрост боярышника и чозении. Встречены лишь единичные экземпляры подроста осины (*Populus tremula*) и пихты сахалинской (*Abies sachalinensis*), обычно избегающих условий пойм. В табл. 2 приведены данные о количестве и состоянии лесовозобновления под пологом древостоев охарактеризованных выше массивов, полученные с использованием учетного метода, предложенного В.Ф. Рылковым [8].

Как свидетельствуют данные табл. 2, под пологом леса практически отсутствует подрост светолюбивых тополя, чозении и ив, что позволяет сделать

Таблица 2

Состояние лесовозобновления под пологом пойменных лесов

№ мас-сива	Состав древостоя	Состав подроста	Количество подроста, тыс. шт./га	Распределение, %, подроста по высоте, м		
				< 0,5	0,5...1,5	> 1,5
1	6,5Т2,0Иву0,5Ивр0,6Ол0,4Бояр	10,0Ол	1,5	-	44	56
2	4,6Иву3,2Т2,0Ол0,2Ивр	4Ол2Ил2Илл1Чоз1Бояр	0,6	-	25	75
3	5,8Т2,3Ивш1,3Ол0,6Ч	5Ол5Ч	4,2	14	24	62
4	6,3Т3,2Чоз0,2Ол0,2Илл0,1Ил	7Ол3Ил	0,4	-	5	95

заключение о пионерном генезисе тополельников, чозенников и ивняков, появляющихся лишь после катастрофических половодий, сопровождающихся речными отложениями в виде галечниковых и песчаных кос, постепенно зарастающих перечисленными выше древесными видами (классический пример сингенеза).

Подлесок образован видами, предпочитающими местообитания с точным увлажнением: *Ribes latifolia*, *Rosa acicularis*, *Spiraea salicifolia*, *Sorbaria sorbifolia*, *Sambucus miquelii* (встречен древовидный экземпляр бузины высотой 7 м и диаметром 16 см). Подлесок куртинный, достаточно редкий, расположенный по кромкам старых зарастающих водотоков.

В травяном покрове господствует сахалинское высокотравье. Чаще всего встречаются: *Aconitum neosachalinense*, *A. umbrosum*, *Agrimonia viscidula*, *Angelica genuflexa*, *A. ursina*, *Anthriscus sylvestris*, *Artemisia maximowiczii*, *A. montana*, *Aruncus dioicus*, *Cacalia hastata*, *C. kamtschatica*, *C. robusta*, *Calamagrostis langsdorffii*, *C. purpurea*, *Caltha fistulosa*, *Cardamine leucantha*, *Carex dispalata*, *Cimicifuga simplex*, *Cirsium kamtschaticum*, *C. schantarense*, *Coptis trifolia*, *Equisetum hyemale*, *Filipendula camtschatica*, *Fritillaria camtschaticensis*, *Geum macrophyllum*, *Hemerocallis middendorffii*, *Heracleum lanatum*, *Impatiens noli-tangere*, *Ligularia fischeri*, *Lysichiton camtschaticense*, *Maianthemum dilatatum*, *Matteuccia struthiopteris*, *Osmundastrum asiaticum*, *Petasites amplus*, *Phragmites australis*, *Pteridium aquilinum*, *Ranunculus repens*, *Senecio cannabifolius*, *Solidago dahurica*, *Stellaria radians*, *Symplocarpus renifolius*, *Thalictrum minus*, *Th. sachalinense*, *Trientalis europaea*, *Urtica angustifolia*, *U. platyphylla*. Обильный травяной опад обеспечивает плодородие пойменных почв. Отдельные из перечисленных видов имеют некоторое хозяйственное значение: *Rosa acicularis*, *Pteridium aquilinum* и *Petasites amplus*.

Пойменные леса выполняют важную экологическую роль и представляют собой интересное природное явление с точки зрения продуктивности фитомассы. Зачастую они страдают от несанкционированной добычи щебня, гальки, песка и требуют дополнительного внимания со стороны природоохранных органов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисова М.А., Богачев В.В.* Состояние и возобновление вязовников в долинах малых рек подзоны южной тайги // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспектива. СПб., 2011. Т. 1. С. 35–37.
2. *Ефимов Н.В.* Справочник таксатора. Хабаровск, 1955. 131 с.
3. *Колесников Б.П.* Чозения [*Chosenia macrolepis* (Turcz.) Kom.] и ее ценозы на Дальнем Востоке // Тр. ДВФ АН СССР. 1937. Сер. бот. Т. 2. С. 703–800.
4. *Комаров В.Л.* Сем. Ивовые – *Salicaceae* Lindl. // Флора СССР. М.; Л., 1936. Т. 5. Тополь – *Populus* L. С. 216–242.
5. *Комиссарова М.Г.* Типы северных пойменных дубовых лесов Европейской России // Лесн. журн. 2013. № 3. С. 34–44. (Изв. высш. учебн. заведений).
6. *Корчагин А.А., Сенянинова-Корчагина М.В.* Леса Молого-Шекснинского междуречья // Тр. Дарвинского гос. заповедника. 1957. Вып. 4. С. 291–402.
7. *Леонтьев А.М.* Основные закономерности распространения растительности Молого-Шекснинского междуречья до образования водохранилища // Тр. Дарвинского гос. заповедника. 1949. Вып. 1. С. 9–32.
8. *Рылков В.Ф.* Лесовосстановление основных типов вырубок // Лесовоспроизводство лесных ресурсов. Новосибирск: Наука, 1988. С. 43–54.
9. Сосудистые растения советского Дальнего Востока / Под ред. С.С. Харкевича. В 8 т. СПб.: Наука, 1985–1996.
10. *Усенко Н.В.* Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока. Справочная книга. Хабаровск: Хабар. кн. изд-во, 1984. 272 с.
11. *Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г.* Справочник таксатора. Таблицы для таксации леса. М.: Лесн. пром-сть, 1965. 460 с.
12. *Тюрин А.В., Науменко И.М., Воронанов П.В.* Лесная вспомогательная книжка. М.: Гослесбуиздат, 1956. 532 с.

Поступила 14.10.13

Productivity of the Floodplain Forests on the Sakhalin Island

A.A. Smirnov, Candidate of Biology, Associate Professor

Sakhalin State University, Lenina, 290, 693000 Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
E-mail: asm03@yandex.ru

A.P. Dobrynin, Doctor of Biology, Professor

Cherepovets State University, Lunacharskogo, 5, 162600 Cherepovets, Russia
E-mail: apdobrtnin@mail.ru

The floodplain forests of Sakhalin are a unique natural phenomenon occupying the territory of approximately 80 thousand ha. They are stretching in narrow stripes along the island rivers experiencing freshets from time to time due to the monsoon climate of this region. Freshets provide an inflow of a large quantity of organic and mineral matter, which results in quite rich soils and highly productive tree stands up to 700 m³/ha. The volume of some trees exceeds 25 m³.

The geobotanical and silvicultural research conducted in Sakhalin's flood-plain forests (Belaya and Pilenga Rivers) allowed us to analyze the current state and productivity of the forests comprised of *Populus*, *Chosenia*, *Alnus*, *Padus*, *Ulmus*, *Crataegus* and *Salix* under conditions of the modern anthropogenic influence. The paper presents reforestation data:

the number of undergrowth ranges from 0.4 to 4.2 thousand plants per ha, the large (>1.5 m) and medium (0.5–1.5 m) undergrowth of elm, alder and bird-cherry tree being predominant.

Over a long period of time, Sakhalin's flood plain forests experienced anthropogenic influence (livestock grazing, recreation, pebble extraction, etc.). However, such forests have an important water-protective role and ensure fish resources of spawning streams. Thus, they must become an object of protection.

Keywords: floodplain forests, stand, undergrowth, reforestation, inventory, productivity, underwood, grass cover.

REFERENCES

1. Borisova M.A., Bogachev V.V. Sostoyanie i vozobnovlenie vyazovnikov v dolinakh malykh rek podzony yuzhnoy taygi [The State and Regeneration of Elm Forests in the Valleys of Small Rivers in the Southern Taiga Subzone]. *Otechestvennaya geobotanika: osnovnye vekhi i perspektiva* [Russian Geobotany: Milestones and Prospects]. St. Petersburg, 2011, vol. 1, pp. 35–37.
2. Efimov N.V. *Spravochnik taksatora* [Afforestation Inspector's Reference Book]. Khabarovsk. 1955. 131 p.
3. Kolesnikov B.P. Choseniya (*Chosenia macrolepis* (Turcz.) Kom.) i ee tsenozy na Dal'nem Vostoke [Chosenia (*Chosenia macrolepis* (Turcz.) Kom.) and Its Cenoses in the Far East]. *Tr. DVF AN SSSR. Ser. bot.*, 1937, vol. 2, pp. 703–800.
4. Komarov V.L. Sem. Ivovye – *Salicaceae* Lindl. [Willow Family – *Salicaceae* Lindl.]. *Flora SSSR. T. 5. Topol' – Populus L.* [Flora of the USSR. Vol. 5. Poplar – *Populus L.*]. Moscow, Leningrad, 1936, pp. 216–242.
5. Komissarova M.G. Tipy severnykh poymennykh dubovykh lesov evropeyskoy Rossii [Types of Northern Floodplain Oak Forests of the European Part of Russia]. *Lesnoy zhurnal*, 2013, no. 3, pp. 34–44.
6. Korchagin A.A., Senyaninova-Korchagina M.V. Lesa Mologo-Sheksninskogo mezhdurech'ya [Forests of the Mologa and Sheksna Rivers Interstream Area]. *Trudy Darvinskogo gosudarstvennogo zapovednika* [Works of the Darwin Nature Reserve]. 1957, iss. 4, pp. 291–402.
7. Leont'ev A.M. Osnovnye zakonomernosti rasprostraneniya rastitel'nosti Mologo-Sheksninskogo mezhdurech'ya do obrazovaniya vodokhranilishcha [Key Regularities of Vegetation in the Mologa and Sheksna Rivers Interstream Area Before the Formation of the Water Storage Reservoir]. *Trudy Darvinskogo gosudarstvennogo zapovednika* [Works of the Darwin Nature Reserve]. 1949, iss. 1, pp. 9–32.
8. Rylkov V.F. Lesovosstanovlenie osnovnykh tipov vyrubok [Reforestation of the Main Types of Cutting Areas]. *Lesovosproizvodstvo lesnykh resursov* [Reforestation]. Novosibirsk, 1988, pp. 43–54.
9. *Sosudistye rasteniya sovetskogo Dal'nego Vostoka* [Vascular Plants of the USSR Far East]. Ed. by Kharkevich S.S. In 8 vols. St. Petersburg. 1985–1996.
10. Usenko N.V. *Derev'ya, kustarniki i liany Dal'nego Vostoka. Spravochnaya kniga* [Trees, Shrubs and Lianas of the Far East. Reference Book]. Khabarovsk, 1984. 272 p.
11. Tret'yakov N.V., Gorskiy P.V., Samoylovich G.G. *Spravochnik taksatora. Tablitsy dlya taksatsii lesa* [Afforestation Inspector's Reference Book. Forest Inventory Tables]. Moscow, 1965. 460 p.
12. Tyurin A.V., Naumenko I.M., Voropanov P.V. *Lesnaya vspomogatel'naya knizhka* [Auxiliary Forest Book]. Moscow, 1956. 532 p.



ИСТОРИЯ НАУКИ

УДК 061.75

СТО ЛЕТ ЛЕСОВОДСТВА В ИЗРАИЛЕ: ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

© *С.М. Спринцын, канд. экон. наук, гл. инж.*

Служба лесного хозяйства Израиля, 15/8, ул. Гидеон Хаузнер, г. Беэр-Шева, Израиль, 84712

E-mail: prin@zahav.net.il

Статья посвящена истории разведения лесов в Израиле. Рассмотрены климатические особенности территории, проблемы первых лет лесоразведения, допущенные ошибки и вызванные этим проблемы. Описаны современные методы и технологии лесоразведения, дана оценка будущего развития лесного хозяйства.

Ключевые слова: опустынивание, климат, осадки, мастер-план, монокультурные леса, усыхание, новые технологии лесопосадок.

Введение

В конце позапрошлого века знаменитый американский писатель Марк Твен, посетив восточное Средиземноморье, охарактеризовал его как пустынную страну с богатейшей землей, заросшей держи-деревом и терновником.

Прошло всего сто лет и ландшафты страны изменились до неузнаваемости. Пустыня зазеленела хвойными и лиственными лесами, садами, парками, плантациями плодовых деревьев. Сегодня 8 % (160 тыс. га) территории Израиля покрыто лесами, что на порядок выше, чем в странах Ближнего Востока, и почти столько же, сколько в ряде стран Африки (Гана, Мали, Сомали – 10 %), Азии (Казахстан – 2 %, Армения и Азербайджан – 10...11 %). Необходимо отметить, что во всех перечисленных странах осадки выпадают и летом, и зимой, в отличие от Израиля, где сухие периоды длятся иногда по 8, 10, а то и по 12 мес.

Что способствовало этой поразительной метаморфозе, как развивается сегодня лесное хозяйство Израиля, какие направления предусмотрены на будущее? Вот вопросы, на которые мы попытаемся дать ответ в данной работе.

География и климат

Израиль расположен в восточной оконечности Средиземного моря. В стране можно выделить несколько климатических зон: от субтропической, влажной средиземноморского типа на севере и в центре страны, до полупустынной и пустынной в ее южной части. При этом районы полупустыни и пустыни занимают более 60 % всей территории.

Важнейшей характеристикой климата является уровень увлажненности территории, описываемый индексом аридности Стенца, т.е. соотношением между количеством выпадающих осадков (P) и испаряемостью (ЕО). Вместе с температурными условиями она определяет тип растительности и всего географического ландшафта и решающим образом влияет на тип и характер лесного хозяйства (рис. 1).

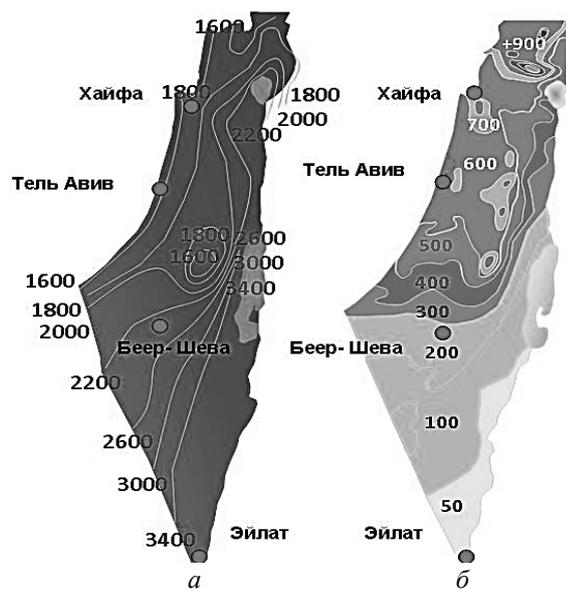


Рис. 1. Среднегодовые испарение (а) и осадки (б)

Поэтому показателю большая часть страны может быть отнесена к аридной зоне. Например, на севере Израиля он составляет 0,56, в центре – 0,31, на юге, в зоне современных интенсивных лесопосадок – 0,10. В южной части страны среднегодовая температура превышает 22 °С, средняя температура самого жаркого месяца 30 °С. Кроме того, в переходные периоды, осенью и весной, вся территория страны подвержена влиянию больших масс очень жаркого и сухого воздуха из пустынь Аравийского полуострова, воздействие которых может непрерывно продолжаться до 10 дн. Эти воздушные массы приносят с собой высокую (до 40 °С и больше) температуру, пыль и песок.

В последнее десятилетие в Израиле наблюдается удлинение засушливых периодов, интенсификация и крайняя неравномерность выпадения осадков. Засушливые годы были и раньше, но несколько меньшей продолжительности. Это явление наиболее характерно для всей территории юга Израиля.

Так, по многолетним наблюдениям южной гидрологической станции Беер-Шевы, расположенной в пограничной (между полупустынным и пу-

стынным климатом) климатической зоне, длительные периоды засухи (1921–1929 гг.) чередовались с более дождливыми периодами (1933–1937 гг., 1989–1993 гг.). Эта тенденция сохраняется и в настоящее время. За последние 8 лет среднегодовое количество выпавших осадков в районе Беер-Шевы составило 98 мм против нормативных 200 мм. По расчетам, вероятность выпадения осадков на среднегодовом многолетнем уровне весьма невелика и составляет здесь всего 30 %.

Краткая история лесоводства в Израиле

Люди, издревле населявшие страну, использовали древесину на строительство и отопление жилищ, бесчисленные стада животных в поисках пропитания безжалостно и бесконтрольно уничтожали однолетнюю растительность, низкорослые деревья и кустарники и, вытаптывая землю, превращали ее в камень. Постепенное уничтожение растительности привело к катастрофическим эрозионным процессам, смыву почвы в сезон дождей и опустыниванию практически всей территории страны [2].

Масштабы подобной катастрофы иллюстрирует старый аэрофотоснимок (рис. 2, *а*), где отчетливо видны абсолютно мертвые, без малейших признаков растительности, эрозионные склоны.

Первые посадки деревьев имели чисто практический характер: нужна была древесина для строительства и отопления домов; создавались лесозащитные полосы между сельскохозяйственными плантациями; осушались значительные заболоченные площади для ликвидации распространенной в этих местах малярии.

После создания организации «Фонд существования Израиля» (Керен Каймет ле-Израэль – ККЛ), а в его рамках Лесной службы, посадки лесов приобрели планомерный характер. За прошедшие годы были высажены 250 млн саженцев самых различных пород деревьев, освоены тысячи гектаров пустышей и заброшенных земель, созданы хвойные и эвкалиптовые леса в местах,

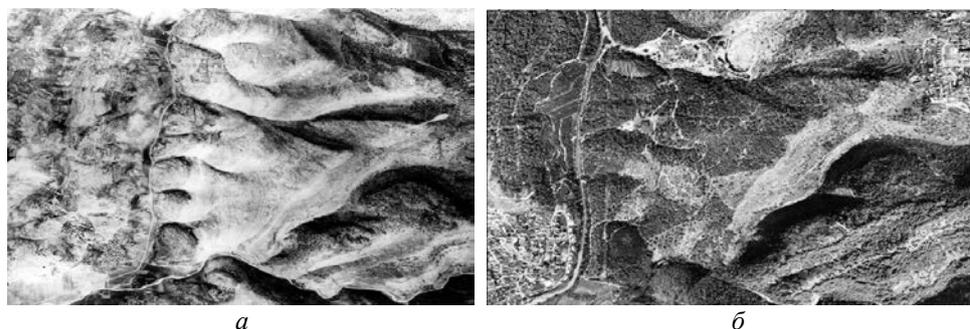


Рис. 2. «Мертвая» (*а*) земля и та же территория через 60 лет после начала лесопосадок (*б*)

где никогда не было не только лесов, но и отдельных деревьев. Эта работа продолжается, и сегодня Израиль является одной из немногих стран мира, где из года в год увеличиваются лесные площади (рис. 2, б).

Современное лесоводство

В последние десятилетия лесоводство в Израиле приняло весьма упорядоченный характер, так как в 1995 г. был разработан и утвержден национальный мастер-план лесоразведения, имеющий статус государственного закона [1]. Планом определяются назначение и статус земель, предназначенных для лесоразведения: выделены зоны для создания парковых лесов, сохранения реликтовых лесов, лесов общего пользования, лесов вдоль рек и ручьев и т.д. Кроме того, план устанавливает укрупненную структуру лесопосадок, обязывает Лесную службу разрабатывать подробные проекты и представлять их на открытое общественное обсуждение.

В последние годы основные лесопосадки (примерно 80 %) осуществляются на юге страны, в районах с исключительно сложными климатическими условиями. Именно здесь отрабатываются новые технологии лесоразведения, которые в дальнейшем используются и в зонах с более благоприятным климатом.

Юг страны сильно изрезан оврагами, балками, каньонами, имеющими большей частью эрозионное происхождение (рис. 3). Почвы представлены литосолями на карбонатных отложениях и лессовыми почвами в северной и центральной частях, регосолями и песками в ее южной части.

Необходимо отметить, что в этой части страны, кроме отдельных деревьев местных пород (акация, тамариск, рожковое дерево, терновник, фисташковое дерево), никогда не существовало значительных лесных массивов. Массовые посадки лесов на юге Израиля начались в середине 50-х годов прошлого века. Этому способствовали большой приток эмигрантов и необходимость быстрого хозяйственного освоения обширных пустынных территорий.



Рис. 3. Почвенная эрозия

Территория на юге страны, предназначенная для посадок новых лесов, была разделена по почвенно-климатическим условиям на два крупных региона: западный и восточный. При этом, если в западном регионе, с преобладанием лессовых почв, основной породой являлись различные виды эвкалиптов, то в восточном регионе, на каменистых и скалистых склонах, преобладали посадки сосны алеппской.

За достаточно короткий период на юге Израиля были сформированы значительные массивы монокультурных хвойных и эвкалиптовых лесов. К настоящему времени на этой территории леса составляют треть от всех искусственно созданных лесов страны и занимают 31 тыс. га.

Породный состав этих лесов отличается от породного состава лесов севера и центра. Так, если в целом по стране хвойные леса занимают 65 % всей лесопокрытой площади, то на юге только – 37 %, в то время как доля эвкалиптов здесь выше: 19 против 10 % в целом по стране. Значительные различия существуют и в площадях, занятых местными лиственными породами: 30 против 15 % в среднем по стране.

Таким образом, сегодня на юге страны возникла совершенно новая экологическая ситуация, стержневым элементом которой стал лес. Благодаря этому приостановились эрозионные процессы, увеличилось биоразнообразие, была создана иная социально-экономическая инфраструктура: рабочие места, новые города, поселки, дороги, водохранилища и сельскохозяйственные угодья, места отдыха, туристические маршруты.

Проблемы и решения

Однако в развитии лесного хозяйства страны были допущены серьезные ошибки, последствия которых не преодолены до сих пор. Одной из таких ошибок являлось создание чрезмерно плотных монокультурных хвойных лесов на больших площадях. Так, на отдельных территориях плотность посадок сосны алеппской достигала 4,0 тыс. деревьев на гектар при средней плотности 1,5...2,0 тыс., что много даже для зон с более влажным и прохладным климатом. Разумеется, трудно переоценить пионерную роль монокультурных хвойных лесов в освоении пустынных, заброшенных и разрушенных земель, однако они больше подвержены болезням и стрессам в засушливые годы. В середине 80-х – начале 90-х гг. прошлого века чрезмерно плотные монокультурные леса алеппской сосны сильно пострадали от поражений подкорным червецом (*Matsucoccus josephi*). Тогда в стране погибло примерно 4,0 тыс. га леса.

В последние годы из-за продолжительных периодов засухи леса Израиля испытывают значительный водный стресс. Так, в засушливые 1998–2000 гг. произошло усыхание хвойных лесов на площади примерно в 1,5 тыс. га, в 2009–2012 гг. засухе подверглись хвойные насаждения на площади примерно в 3,0 тыс. га. Разумеется, не все хвойные леса гибнут от нехватки воды. По нашим наблюдениям, прежде всего страдают участки с высокой плотностью

насаждений, расположенные на южных, мало каменистых склонах, и деревья, которые по тем или иным причинам отстали в развитии.

В настоящее время лесное хозяйство Израиля трансформируется от создания монокультурных хвойных лесов, весьма чувствительных к климатическим изменениям, к созданию устойчивых многофункциональных лесов с обширным видовым разнообразием высаживаемых пород деревьев. Меняя структуру лесного покрова, специалисты добиваются наивысших показателей приживаемости и выживаемости всех высаживаемых деревьев. Например, приживаемость однолетних саженцев составляет примерно 88...92 %, выживаемость деревьев в пятилетнем возрасте достигает 82 % от первоначально высаженного количества.

По нашим оценкам, успех или неуспех лесоразведения в полупустынных зонах в значительной мере зависит от качества посадочного материала, правильного выбора способа подготовки почвы под посадки, точного соблюдения технологии посадок и правил ухода за ними.

В Лесной службе Израиля функционируют 3 лесопитомника, каждый мощностью до 1 млн саженцев в год (рис. 4), которые работают по самым современным технологиям, выращивая саженцы только с закрытой корневой системой в специальных пластиковых контейнерах многократного использования (объем 300... 500 см³). Период выращивания саженцев хвойных и лиственных пород составляет от 6 до 8 мес. К этому возрасту саженцы хвойных пород достигают высоты 50...60 см, эвкалипты и саженцы лиственных пород – 80...100 см. Специальная компьютерная система управляет поливом саженцев в зависимости от температуры и влажности воздуха.



Рис. 4. Лесопитомник

Важнейшее значение имеет подготовка почвы под новые посадки. Сегодня вся подготовка почвы осуществляется бульдозерами по террасной технологии в целях сбережения максимального количества воды для высаженных деревьев. Размеры террас и расстояние между ними зависят от почвенных и геологических условий, топографии местности, типа высаживаемых древесных пород, целей лесоразведения. Как правило, при посадках лиственных пород расстояние между террасами составляет 8...10 м, между посадочными местами – от 5 до 8 м, в зависимости от породы. Деревья хвойных пород высаживаются через 2,0...2,5 м, посадочные места готовятся с помощью мини-экскаватора и представляют собой 20-сантиметровое углубление размером 1 м × 1 м с каналом для поступления воды. После посадки саженца на него ставится пластмассовый рукав, далее посадочное место закрывается листом перфорированного пластика (рис. 5). Эта довольно дорогостоящая конструкция обеспечивает сохранение почвенной влаги, создает удобный для саженцев особый микроклимат и предохраняет их от повреждения при выпасе скота.



Рис. 5. Посадки лиственных деревьев

Таким образом, 100-летняя история лесопосадок в Израиле может служить примером безграничных возможностей человека по возрождению природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kaplan M. National Master Plan for Forests and Afforestation. Maor Wallach, Jerusalem, 2009.
2. Liphshitz N., Biger G. Green Dress for a country. Keren Kayemeth Leisrael Ariel Publishing House, Jerusalem, 2000. 265 p.

Поступила 03.12.13

A Century of Forestry in Israel: Achievements, Problems and Prospects*S.M. Sprintsyn, Candidate of Economics, Chief Engineer*Israeli Forest Service, Gideon Hanzner Str., 15/8, 84712 Beersheba, Israel
E-mail: prin@zahav.net.il

The paper describes the centennial history of afforestation in Israel and considers the influence of the climate during the first few years after planting. Modern afforestation techniques and technologies are described and future development of forestry is assessed.

Keywords: desertification, climate, precipitation, master plan, monoculture forests, drying, tree planting technologies.

REFERENCES

1. Kaplan M. *National Master Plan for Forests and Afforestation*. Jerusalem, 2009.
 2. Liphshitz N., Biger G. *Green Dress for a Country*. Jerusalem, 2000.
-



ЮБИЛЕИ

УДК 06.091

ЮБИЛЕЙ ПРОФЕССОРА В.И. МЕЛЕХОВА



1 апреля 2014 г. отметил свое 75-летие Владимир Иванович Мелехов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой древесиноведения и тепловой обработки древесины Северного (Арктического) федерального университета, академик Российской академии естественных наук и Академии проблем качества РФ.

В.И. Мелехов, окончив в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт (АЛТИ), получил диплом инженера-механика по машинам и оборудованию деревообработки и был направлен в Центральный научно-исследовательский институт механической обработки древесины (ЦНИИМОД), где работал инженером, младшим и старшим научным сотрудником. В 1964 г. он поступил в очную аспирантуру ЦНИИМОДа и в 1969 г. успешно защитил диссертацию.

В декабре 1969 г. он по конкурсу был избран заведующим кафедрой древесиноведения и тепловой обработки древесины АЛТИ. В 1974 г. ему было присвоено ученое звание доцента, в 1991 г. – профессора, в 1999 г. – ученая степень доктора технических наук.

Проф. Мелеховым создано новое научное направление по исследованию свойств механически деструктурированной до волнокнистообразного

состояния цельной древесины, получению новых древеснокомпозитных материалов. Его работы в области древесиноведения, связанные с изучением качественных характеристик древесины Европейского Севера, получили высокую оценку научного сообщества. Он принимает участие в разработке и координации основных научных направлений по древесиноведению, гидротермической обработке древесины, является членом президиума Российского координационного совета по современным проблемам древесиноведения, избран председателем Северного регионального отделения наук о лесе РАЕН, членом президиума Центрального правления отделения РАЕН, утвержден аттестованным экспертом РФ по вопросам древесины, технологии и оборудования для ее обработки. Активно участвует в работе диссертационного совета Д21.008.03 по защите докторских и кандидатских диссертаций, является председателем диссертационного совета Д212.008.01 при Северном (Арктическом) федеральном университете имени М.В. Ломоносова. Владимир Иванович Мелехов – главный редактор журнала «ИВУЗ. Лесной журнал».

Он оппонирует докторские и кандидатские диссертации в диссертационных советах Московского государственного университета леса и С.-Петербургского государственного лесотехнического университета, рецензирует учебники для вузов по профилю специальности, учебные пособия, научные статьи, готовит экспертные заключения по заявкам промышленности и административных органов, участвует в работе международных и российских научных конференций (Москва, С.-Петербург, Вологда, Красноярск, Архангельск, Брянск). По результатам научных исследований проф. В.И. Мелехов опубликовал более 320 научных работ, 8 монографий, справочники по сушке древесины, учебные пособия. Его монография «Качественные характеристики древесины сосны в культурах» признана лучшей в университете. Он получил 50 патентов и авторских свидетельств на изобретения. Патенты на технические решения по деревообрабатывающему и лесосушильному оборудованию, дереворежущему инструменту, теплообменным аппаратам широко используются в промышленности и повышают эффективность производственных процессов на деревообрабатывающих и машиностроительных производствах, предприятиях нефтегазовой отрасли.

Приказами Министерства образования и науки РФ, Министерства сельского хозяйства РФ назначался председателем государственных аттестационных комиссий в Вологодском государственном техническом университете и Вологодской государственной молочнохозяйственной академии.

В.И. Мелеховым создана научная школа. Под его руководством и при научном консультировании защищены 17 диссертаций, в том числе 3 докторских. Докторская диссертация В.П. Агеева признана лучшей в рейтинге ВАК в 2011 г. Ученики В.И. Мелехова плодотворно трудятся в России и за рубежом.

За заслуги в подготовке высококвалифицированных кадров для лесной и деревообрабатывающей промышленности и большой вклад в фундамен-

тальную и отраслевую науку В.И. Мелехов удостоен высокого звания «Заслуженный деятель науки РФ», награжден знаками «Изобретатель СССР» и «Почетный работник высшего профессионального образования РФ», серебряной медалью ВДНХ, почетной серебряной медалью В.И. Вернадского, медалью «Ветеран труда».

Е.Г. Царев,
директор лесотехнического института
Северного (Арктического) федерального
университета имени М.В. Ломоносова,
профессор

E.G. Tsarev,
Director of Forestry Engineering Institute
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Professor

Birthday Anniversary of Professor V.I. Melekhov
