

**ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ЛЕСА**

ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК

Научно-информационный журнал

2003 г. № 1(26)

Координационный совет журнала

Главный редактор
Зам. главного редактора

А.Н. ОБЛИВИН
В.Д. НИКИШОВ

Члены совета

Н.И. КОЖУХОВ
О.Н. НОВОСЕЛОВ
А.К. РЕДЬКИН
Е.И. МАЙОРОВА
О.А. ХАРИН
В.С. ШАЛАЕВ
А.С. ЩЕРБАКОВ
С.Н. РЫКУНИН

Ответственный секретарь

Е.А. РАСЕВА



Номер подготовили:

Ответственный секретарь
Редакторы

Е.А.РАСЕВА
Е.Г. ПЕТРОВА
Н.Д. БЛАГОДАТОВА
А.П. ГОЛОВИНА
Т.В. ГОРБУНЧИКОВА
М.А. ЗВЕРЕВ

Корректор
Набор и верстка

Оригинал-макет подготовлен в редакторе Microsoft Word 2000.

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

Свидетельство о регистрации журнала «Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник» ПИ № 77-12923 от 17.06.2002 г.

Перепечатка и воспроизведение полностью или частично текстов и фотографий журнала «Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник» только с письменного разрешения издательства.

© Московский государственный университет леса, 2003

Лицензия ЛР № 020718 от 02.02.1998 г.

Лицензия ПД № 00326 от 14.02.2000 г.

Подписано к печати 24.03.2003 г.
Объем 26,25 п. л.

Тираж 300 экз.
Заказ №

Издательство Московского государственного университета леса.
141005. Мытищи-5, Московская обл., 1-я Институтская, 1, МГУЛ.
Телефоны: (095) 588-57-62, 588-53-48, 588-54-15, факс (095) 588-51-09

СОДЕРЖАНИЕ

Лесное хозяйство

Набатов Н.М.	<i>Проблемы восстановления еловых насаждений в зоне смешанных лесов</i>	6
Набатов Н.М., Макашин В.А.	<i>Особенности перевода лесного ландшафта в лесопарковый в сосняке искусственного происхождения</i>	9
Лебков В.Ф., Каплина Н.Ф.	<i>Возрастная динамика формы ствола деревьев сосны обыкновенной и кедра сибирского</i>	18
Махнев А.К., Турлов А.Г., Куликов Г.М.	<i>Повышение устойчивости и защитных свойств лесов Урала и Зауралья</i>	24
Терехов Г.Г.	<i>Восстановление еловых лесов на среднем Урале в современных условиях</i>	27
Коновалов В.Ф.	<i>Организация селекционной лесосеменной базы березы повислой в Республике Башкортостан</i>	31
Коновалов В.Ф., Магафуров А.С.	<i>Сортиментная и товарная структура березняков Башкирского Предуралья</i>	35
Ситдииков Р.Г., Баранов А.И.	<i>Особенности роста и развития лесных культур дуба черешчатого на Южном Урале</i>	40
Ситдииков Р.Г.	<i>Формовое разнообразие липы мелколистной и некоторые аспекты ее плантационного выращивания</i>	43
Голосова М.А.	<i>Юбилейная конференция международной организации по биологической борьбе с вредными организмами (МОББ)</i>	46
Голосова Е.В.	<i>Искусство традиционного китайского сада</i>	47
Сиротов В.И., Бондарева Т.А.	<i>Проблемы реструктуризации лесного комплекса Московской области</i>	58

Экология

Рысин С.Л.	<i>Эколого-лесоводственный мониторинг лесопарковых насаждений</i>	62
Цветкова М.В.	<i>Оценка состояния лесонасаждений московского региона</i>	65
Цветкова М.В.	<i>Мониторинг зеленых насаждений и лесов московского региона</i>	67

Почвоведение

Федотов Г.Н., Поздняков А.И.	<i>Электрические свойства почв как проявление их коллоидной структурированности</i>	69
---------------------------------	---	----

Экономика

Анчиков Э.В.	<i>Инвестиционная политика предприятий лесного сектора</i>	75
Кравченко П.Е.	<i>Особенности принятия инвестиционного решения в лесной отрасли</i>	77

Математическое моделирование

Никонов В.Г., Рыбников К.К.	<i>Применение полиэдральных методов в прикладных математических задачах, сводящихся к анализу и решению систем линейных неравенств</i>	81
Рыбников К.К.	<i>Схемы функционирования формальных нейронов в нейрокompьютерных сетях как модели анализа множества решений системы булевых уравнений</i>	85
Журавлева О.Н., Ласковая Т.А., Рыбников К.К.	<i>Связь непрерывного и дискретного в математическом образовании</i>	93
Ролдугин П.В.	<i>Системы линейных неравенств для максимально негемильтоновых графов</i>	97
Нетыкшо В.Б.	<i>Об исследовании и применении вероятностных и геометрических свойств пороговых функций</i>	102
Полещук О.М.	<i>О развитии систем обработки нечеткой информации на базе полных ортогональных семантических пространств</i>	112
Полещук О.М., Полещук И.А.	<i>Нечеткая кластеризация элементов множества полных ортогональных семантических пространств</i>	117
Гольцов Н.А.	<i>Решение проблемы А.М. Лежандра нахождения общего подхода к численному решению обыкновенных дифференциальных уравнений и вычислению обыкновенных, повторных интегралов</i>	127
Гольцов Н.А.	<i>Решение обыкновенных дифференциальных уравнений на основе одного функционального ряда</i>	131
Иванов Г.А.	<i>Оценки достоверности математических моделей поперечных колебаний полуприподнятых стволов и хлыстов и влияние их параметров на частоту основного тона</i>	133

Бирюкова М.В.	<i>Анализ факторов, определяющих построение оптимизационной модели прибыли для фанерных предприятий</i>	136
---------------	---	-----

Физика

Саврухин А.П.	<i>Золотое сечение и элементарные частицы</i>	140
---------------	---	-----

Сертификация

Рыжков А.Е., Куракин Р.Ю.	<i>Методы отслеживания сертифицированной продукции при выполнении требований стандартов добровольной лесной сертификации по системе Forest Stewardship Council – FSC («Лесного Попечительского Совета» – ЛПС)</i>	144
------------------------------	---	-----

Рыжков А.Е., Куракин Р.Ю.	<i>К вопросу прослеживания сертифицированной продукции от заготовителя к потребителю (Chain-of-Custody) системы ЛПС</i>	148
------------------------------	---	-----

Деревообработка

Якунин Н.К.	<i>Влияние скорости резания на процесс пиления древесины круглыми пилами</i>	151
-------------	--	-----

Воспоминания. Размышления

Дурманова Э.А.	<i>О работе с кадрами в лесной отрасли в послевоенное десятилетие</i>	163
----------------	---	-----

Якунин Н.К.	<i>Скоростное пиление древесины – (что это такое?)</i>	173
-------------	--	-----

Дадыкин В.П., Потапова А.Д.	<i>Влияние короткого фотопериода, соответствующего околоземной орбите, на рост и развитие растений</i>	180
--------------------------------	--	-----

Евдокимов Ю.М.	<i>Мой Москвитин (воспоминания)</i>	193
----------------	-------------------------------------	-----

ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗОНЕ СМЕШАННЫХ ЛЕСОВ

Н.М. НАБАТОВ, профессор кафедры лесных культур МГУЛа, д. с.-х. н.

Одним из путей воспроизводства еловых лесов после их сплошных рубок является создание лесных культур. Вместе с тем искусственное восстановление ели представляет наиболее сложную проблему, так как принудительная антропогенная смена растительности приводит к нарушению природного естественного процесса, т.е. образование вначале травяного фитоценоза, а затем, а то и сразу, осинового или сероольхового биогеноза. Процесс смены ели после сплошных рубок осиной в зоне смешанных лесов как классический пример смены состава древостоев, научно обобщен и разработан Г.Ф. Морозовым и очень тесно связан с лесоводственными свойствами этих древесных пород и лесорастительными условиями. Благоприятные световые условия на вырубках, частое и обильное семеношение, легкость семян и разлет их на далекие расстояния, а особенно высокая репродуктивность осины в виде вегетативного размножения, быстрый рост в первые годы жизни, а также высокая устойчивость против поздних весенних заморозков, ставит ее в значительно лучшие лесорастительные условия по сравнению с елью. Достаточно 10-20 деревьев осины на 1 га, чтобы после сплошной рубки вырубка быстро покрылась ее корневыми отпрысками. По нашим наблюдениям даже на дерново-подзолистых песчаных свежих почвах в Бологовском лесхозе Тверской области возникло после сплошной рубки от одного дерева осины 150-200 экземпляров ее корневых отпрысков. Даже после первого приема постепенной рубки с интенсивностью около 40 % в Приокском лесничестве Калужского лесхоза Калужской области, площадь обильно заселялась осиной.

Катастрофическая смена ели осиной, как естественного процесса с биологической

точки зрения положительна, как плодосмен, но в целом отрицательна, так как обедняет хозяйственную ценность лесов. Дело в том, что осина очень сильно страдает от сердцевинной гнили. По нашим данным в том же Калужском лесхозе она поражена этой гнилью практически с 10-летнего возраста. Без культивирования ели в Сергиево-Посадском лесхозе Московской области после сплошных рубок растут осинники второй, даже третьей генерации с незначительной примесью ели. Вместе с тем неоднократное выращивание культур ели приводит к снижению класса бонитета, а следовательно, и продуктивности ельников. Например, при изучении лесного хозяйства ГДР, мы ознакомились с еловыми насаждениями, где после первой сплошной рубки, выполненной в 1812 г., а затем трехразового культивирования ели и рубки, к настоящему времени растет ельник III класса бонитета. В период же первой рубки он был I класса бонитета. Произошло снижение продуктивности ельника в 1,2 раза.

Успех искусственного лесовосстановления ели может быть обеспечен только тогда, когда оно тесно увязано со всеми приемами выращивания леса, системой наблюдений и экспериментов, ориентированных на оценку и прогноз состояния растительных сообществ, которые находятся под антропогенным воздействием, т.е. мониторинга лесов.

Лесокультурное дело в России имеет богатую историю. А.И. Писаренко, Г.И. Редько, М.Д. Мерзленко описали почти 300-летнюю историю выращивания насаждений искусственного происхождения. Однако созданию культур ели уделялось мало внимания, так как еловая древесина не находила широкого применения, а ее возобновление в

ходе естественного процесса, особенно при выборочных рубках, протекало в основном удовлетворительно. Древесина ели почти не применялась в строительстве, предпочтение отдавали сосне. Даже она не использовалась в качестве топлива, так как представляла определенную пожарную опасность.

Достаточно отметить, что в Лисинском лесхозе, учебно-опытном хозяйстве старейшей Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 95 % всех культур ели заложено только после 1945 г. (Писаренко, Редько, Мерзленко).

С развитием же целлюлозно-бумажной промышленности значение ели резко возросло, значительно вырос практический и теоретический интерес к выращиванию древостоев с преобладанием ели.

Несмотря на многочисленные исследования, выполненные в последние годы, и определенные успехи в создании еловых культур, по-прежнему остаются острые проблемы, которые связаны с их производством. По-прежнему важны многие не до конца решенные вопросы, которые имеют неразрывную связь с лесосеменным хозяйством, выращиванием посадочного материала, подготовкой лесокультурной площади, обработкой почвы, видом и возрастом посадочного материала, применением минеральных удобрений, регуляторов роста, экологически чистых препаратов агротехническими и лесоводственными уходами, формированием состава, структуры, строения, продуктивности ельников искусственного происхождения и т.д.

Особое значение имеет агротехника выращивания культур ели, при которой приемы обработки почвы остаются, как и ранее, актуальными. Вместе с тем разнообразие лесных почв, их динамичность требуют разработки и внедрения новых прогрессивных технологий, сохранения и улучшения экологической обстановки. Площади, вышедшие после рубки как чистых, так и смешанных ельников, представляют трудно обрабатываемые объекты из-за большого количества пней и поверхностных корневых систем ели. Еще А.П. Тольский указывал, что всякая об-

работка почвы является «ахиллесовой пятой» лесокультурных работ.

Обработке почвы, как части технологии земледелия, посвятили свои работы многие исследователи, как например, В.В. Огиевский, А.И. Стратонович, В.С. Шумаков и В.Н. Кураев, Н.П. Калиниченко, А.И. Писаренко, Н.А. Смирнов, В.В. Миронов, Г.И. Редько, А.Р. Родин, И.В. Трещевский, И.В. Шутов, Е.Л. Маслаков, И.А. Маркова, М.Д. Мерзленко и многие другие. Мы также проанализировали данный вопрос. К сожалению, приемы обработки почвы и почвообрабатывающие орудия в основном взяты из арсенала сельского хозяйства и имеют значительные различия с лесным. В сельском хозяйстве почвы обрабатываются ежегодно, их объектом является пашня и применяются различные системы: зяблевая обработка, черный, ранний, занятый и сидеральный пары и т. д. В лесном же хозяйстве почвы обрабатываются практически один раз, а объектом обработки служит целина вырубков.

Этот важный лесокультурный прием, к сожалению, обычно рассматривается и анализируется односторонне, без учета тесно взаимосвязанного комплекса лесоводственных, лесозаготовительных, технологических, природоохранных, экологических, экономических и других проблем. Способы обработки почвы, как правило, оцениваются с точки зрения их влияния на почвенную экологию, т. е. создание благоприятных условий в посевных и посадочных местах для прорастания семян, приживаемости сеянцев и саженцев, протекания нормальных физиологических процессов, борьбы с травянистой и нежелательной кустарниковой и древесной растительностью. Наиболее широкое распространение получила обработка почвы на вырубках путем нарезки борозд плугом ПКЛ – 70, ныне ПЛ – 1, и посадки лесных сеянцев и саженцев в их дно на хорошо дренированных почвах, что оценивается противоречиво. Дно борозды довольно часто представлено подзолистым горизонтом, с явно пониженным плодородием и неблагоприятными общими физическими свойствами. Вместе с тем зарастание дна борозды травяной растительно-

стью идет слабо, а при обработке почвы на вейниковых типах вырубок выворачиваются узлы кушения злейшего задернителя вейника лесного.

Посадка сеянцев и саженцев в пласты, образованные плугом ПКЛ –70 на дерново-подзолистых суглинистых почвах с временным и даже избыточным увлажнением крайне нежелательна. Такие пласты не обеспечивают благоприятных условий для роста и развития сеянцев и саженцев, так как обычно тонкие пласты пересыхают, заваливаются в дно борозды, образуются пустоты, особенно в тех случаях, когда рубка покрыта корневыми отпрысками осины, буйно зарастает злаковой травянистой растительностью и т. д. Разработчик плуга ПКЛ – 70 Ф.М. Курушин предназначал этот плуг только для посева семян и посадки сеянцев и саженцев в дно борозды. Работники лесничеств и лесхозов из-за отсутствия других средств механизации сажали в пласт, а многие исследователи-культурники изучали такие культуры, доказывая целесообразность этого способа.

Обработка почвы фрезами на тех рубках, где в составе древостоя до его рубки присутствовала осина и находился даже в стерильном состоянии вейник наземный, крайне нежелательна и даже недопустима, так как происходит черенкование корневых систем и рубка обильно покрывается корневыми отпрысками осины и буйно зарастает злаком.

Сравнительно редко, но почвы на рубках обрабатываются путем корчевки пней, когда их количество превышает 600 экз./га, и последующей сплошной или частичной вспашки. Это дает возможность наиболее широко механизировать весь процесс восстановления ели. Вместе с тем при корчевке пней увеличивается количество бессточных впадин, ухудшается плодородие и без того бедных лесных почв. Достаточно указать, что при корчевке пней на рубке вместе с ними уносится со 100 – метровой полосы шириной 2 м от 10 до 12 м³ почвы наиболее богатой гумусом, а затраты труда и средств достигают весьма больших величин.

Решение проблемы обработки почвы возможно прежде всего на основе системного комплексного подхода, научно-обоснованного лесокультурного районирования, зонального – типологического принципа деления лесов на более мелкие конкретизированные районы – таксоны, в основу которых должны быть положены почвенно-климатические и гидрологические условия, применяемая лесозаготовительная и лесокультурная техника, ее влияние на рельеф, почву, напочвенный покров и т. д.

Необходимо коренное совершенствование лесокультурного производства путем разработки внедрения прогрессивных технологий и особенно средств механизации с минимальной раскорчевкой пней на рубках. Это позволит сохранить богатство и плодородие относительно бедных лесных почв, а так же с наименьшим уроном нарушить экологическую обстановку, создающуюся после сплошной рубки древостоев.

Определенное значение при выращивании ельников искусственного происхождения имеют вид и возраст посадочного материала. Исследования в этом направлении выполнили Н.П. Калининченко, А.И. Писаренко, Н.А. Смирнов, О.М. Шапкин, А.Р. Родин, В.В. Миронов, И.В. Шутов, Е.Л. Маслаков, И.А. Маркова, М.Д. Мерзленко, Н.А. Бабич и многие другие. До сих пор однако остается, до известной степени, открытым вопрос о длительности влияния возраста сеянцев и саженцев ели на формирование насаждения. Имеются и противоречивые данные о длительности влияния возраста саженцев перед сеянцами при формировании насаждений.

Большое значение при выращивании культур ели высокого качества имеет комплексное использование минеральных удобрений, регуляторов роста и экологически чистых биопрепаратов. Известно, что посадка культур в дно борозд, раскорчеванные и продискованные полосы и т.п., приводит к торможению роста ели в первые годы жизни, так как при таких способах обработки почвы удаляется наиболее плодородный слой лесной почвы. Кроме того, как показали В.В. Миронов, А.Б. Калякин, Н.Г. Шиль-

ников, А.Р. Родин, О.М. Шапкин и др., выкопка и пересадка сеянцев хвойных пород вызывает первое торможение роста надземной части культур, которое продолжается в течение двух лет. Поэтому одним из путей ослабления этого этапа может служить создание культур саженцами в сочетании с минеральными удобрениями, ростовыми веществами и экологически чистыми биопрепаратами, что в последнее время, к сожалению, трудно осуществимо.

Выращивание еловых насаждений искусственного происхождения в зоне смешанных лесов сопряжено с большими трудностями, связанными с быстрым и обильным зарастанием еловых культур травянистой растительностью и особенно нежелательными листовыми деревьями и кустарниками, которые довольно часто не только заглушают, но и подавляют посадки ели. Это явление наиболее остро проявляется в свежих и влажных сураменах и раменах. Поэтому одним из основных лесохозяйственных приемов, способствующих сохранению еловых культур, являются рубки ухода.

Лесоводственная наука добилась определенных успехов в осуществлении рубок ухода. Достаточно отметить, что рубкам ухода в ельниках большое внимание уделили

В.П. Тимофеев, Н.П. Георгиевский, С.Н. Сеннов, В.Г. Атрохин, И.К. Иевинь, А.С. Тихонов, Д.И. Дерябин, И.С. Марченко, В.И. Желдак и многие другие. Однако до сих пор в реализации этого лесохозяйственного мероприятия сравнительно много нерешенных задач, среди которых недостаточно разработаны методы и способы ухода в ельниках, особенно динамика их строения и структуры под влиянием рубок ухода, что является актуальной задачей при ведении лесного хозяйства.

В выполнении рубок ухода острая проблема стоит в реализации удаляемой маломерной и малоценной древесины, относительно слабая разработанность технологий лесосечных работ, машин и механизмов. Требуется разработка новых машин и орудий с принципиальной основой подчинения средств механизации природе леса.

Внедрение в практику мониторинга лесов, т. е. системы наблюдения оценки и прогноза состояния и динамики еловых насаждений, позволит более эффективно управлять их использованием, воспроизводством и повышением эффективности, продуктивности и устойчивости. Это имеет особо важное значение при искусственном восстановлении ели, как коренной хозяйственно-ценной породы.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОДА ЛЕСНОГО ЛАНДШАФТА В ЛЕСОПАРКОВЫЙ В СОСНЯКЕ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Н.М. НАБАТОВ, *профессор кафедры лесных культур МГУЛа, д. с.-х. н.*

В.А. МАКАШИН, *главный лесничий Щелковского учебно-опытного лесхоза*

Среди всех природных комплексов лесные насаждения создают наиболее благоприятные условия для отдыха, восстановления сил человека. Популярность активного отдыха населения в лесу постоянно растёт и он испытывает огромное рекреационное воздействие.

Рекреационное лесопользование как пользование лесом в целях восстановления и улучшения здоровья человека значительно

усилилось в последнее время в Щёлковском учебно-опытном лесхозе Московского государственного университета леса. Лесные насаждения лесхоза, занимая благоприятное местоположение и обладая широким распространением бореальных сосняков с елью, сосняков кисличников, брусничников, черничников, а также возникших на их месте производных березняков и осинников, испытывают огромное рекреационное воздейст-

вие от мобильного (двигательного) отдыха населения не только городов Щёлково, Фрязино, других населённых пунктов, но и города Москвы. Сборщики грибов, ягод, плодов, цветов, лекарственных трав, туристы, отдыхающие, а особенно владельцы садово-огородных участков остро нуждаются в расширении рекреационных лесов. Эта задача может реально решаться путём перевода лесных ландшафтов в лесопарковые.

Лесной ландшафт как элемент географического ландшафта и отражающий биологические и экологические свойства лесов, тесно связан с древесными породами – ландшафтообразователями. Среди характерных типов лесных ландшафтов особое значение имеют ландшафты светлохвойных лесов, сформированных сосной и лиственницей (по Тюльпанову, 1968, 1975). Вместе с тем сосняки искусственного происхождения, которые широко распространены в лесхозе, чаще всего густые и, как следствие, монотонны, утомляют отдыхающих и не всегда приятны для населения. Поэтому значительное улучшение эстетических и санитарно-гигиенических свойств таких сосняков достигается рубками формирования ландшафта, т.е. рубками ухода в лесах рекреационного назначения, направленными на формирование лесопарковых ландшафтов и повышение их эстетической, оздоровительной ценности и устойчивости (ОСТ – 56-108-98).

Лесопарковый ландшафт как структурная форма лесного выделяется по ландшафтно-архитектурным признакам, представляет сложный природный объект со свойственным ему единством взаимоотношений составляющих компонентов: живой природы и окружающей среды. Поэтому целесообразность расширения лесопарковых ландшафтов в хозяйстве заслуживает серьёзного внимания.

Научно-исследовательские работы по переводу лесного ландшафта в лесопарковый сосредоточены в квартале 83/66 Гребневского лесничества, где в 1972г. были положены в основу постоянные пробные площади в 28-летних культурах сосны с примесью до 20 % ели и до 10 % берёзы, поселив-

шейся от налёта семян. Культуры сосны заложены весной 1944г., на старой вырубке в бывшем типе леса сосняк-кисличник. Обработка дерново-подзолистой легкосуглинистой свежей почвы выполнена путём нарезки плужных борозд конным плугом с шириной междурядий 2,5м. Посадка однолетних сеянцев осуществлена в дно борозд через 0,5м под меч Колесова. Первоначальная густота культур составила 8 тыс. экземпляров в 1 га. В течение первых двух лет после посадки проведён агротехнический уход путём прополки сорных трав и рыхления почвы.

В анализируемых культурах реализованы последовательно в 1972, 1980, 1988гг. прореживания и проходная рубка, а в 1998г – рубка формирования ландшафта (Набатов, Лепехин, 1974; Набатов, Макашин, 2000). Ландшафтная рубка – наиболее сложная для проведения, так как используется весь арсенал рубок ухода и их специальных приёмов и методов, осуществлена в первую очередь с учётом ухода за качеством деревьев и их пространственным размещением по площади с целью усиления рекреационного потенциала: привлекательности (аттрактивности), комфортности и устойчивости. Эта задача решалась путём реализации способа (выборочный и линейно-выборочный) интенсивности (слабая, умеренная и сильная) ландшафтной рубки.

Выборочный способ рубки заключался в более или менее равномерном удалении деревьев из состава насаждения, а линейно-выборочный – путём сплошной рубки определённых рядов и худших экземпляров между ними.

Методические особенности выборочного способа ухода за качеством деревьев определены по пятибалльной шкале их жизнеустойчивости (Моисеев, Яновский, Максимов и др. 1990 г.). При слабой интенсивности (до 15 %) вырублены деревья усохшие, со слабыми признаками жизнеспособности, сильно отставшие в росте, полностью поражённые стволовыми гнилями и вторичными вредителями (балл 5), а также усыхающие особи с наличием стволовых гнилей, со значительным количеством сухих

ветвей в кроне, имеющие сильные механические повреждения в результате ранее проведенных прореживаний и проходных рубок (балл 4).

При умеренной интенсивности рубки (16-25 %) удалялись деревья, отнесённые к 4 и 5 баллам, а также часть особей (около 20 %) явно ослабленных, с изреженной кроной, бледной окраской хвои, со значительным количеством сухих сучьев (балл 3).

Сильная интенсивность ландшафтной рубки (26-35 %) преследовала изъятие из сосняка искусственного происхождения всех деревьев, включённых в 3,4,5 баллы их жизнеустойчивости, а также экземпляров с некрасивой по форме ствола и кроны.

К лучшим деревьям, которые оставлены для выращивания и отнесены к первому (здоровые с признаками хорошего роста и развития) и ко второму баллам (особи с несколько замедленным приростом по высоте и незначительными повреждениями ствола без образования гнили) включены также экземпляры, которые обладают живописностью, причудливостью формы ствола и кроны.

При линейно-выборочном способе ландшафтной рубки сохранены основные принципы разреживания древостоя в ранее реализованных рубках ухода, т.е. полностью вырублены определённые ряды с изъятием из междурядий деревьев, отнесённых к 4-му и 5-му баллам жизнеспособности. Слабая интенсивность рубки включала удаление среднего ряда из оставленных ранее семи, умеренная – из пяти, сильная – из трёх. При этом особое внимание обращено на ландшафтно-архитектурное качество древостоя: расчленённость древесного полога, красочность, контрастность и объёмность восприятия ландшафта.

Перевод лесных ландшафтов в лесопарковые закрытого типа (полнота 0,6-0,8), как отметили Н.Н. Гусев, В.В. Нефедьев (1988), В.С. Моисеев, Л.Н. Яновский, В.А. Максимов и др. (1990), А.С. Тихонов, С.С. Зябченко (1990), А.Ф. Хайретдинов, С.И. Конашова (1994), Н.М. Набатов, В.А. Макашин (2000), Е.А. Редькина (2001), Н.В. Анд-

реев (2002) и др. наиболее полно отвечает их рекреационным достоинствам с минимальной потерей прироста древесины. Одновременно, как отметили в последние годы Л.П. Рысин, А.В. Абатуров, А.А. Маслов и др. (1999), С.Л. Рысин (1999,2002), Е.Г. Мозолевская, Е.Г. Куликова (2000), Е.Г. Мозолевская, Л.С. Матусевич (2002), В.В. Александров (2002) и др., регулярное и своевременное получение информации об антропогенной деятельности позволяет получить наиболее объективные данные о лесопарковых ландшафтах.

Выполненные в 1998г. нами исследования по реализации ландшафтной рубки (Набатов, Макашин 1999) позволили достигнуть образования 53-летнего насаждения, растущего по I б классу бонитета, а по ведущим признакам лесопаркового ландшафта: обзорности участка, просматриваемости и дальности перспективы, его можно охарактеризовать как закрытый ландшафт сосняка кисличного, средневозрастного с горизонтальной сомкнутостью (по Тюльпанову).

Последующие исследования по изучению таксационных показателей 58-летних культур сосны после ландшафтной рубки выборочным способом разреживания (табл. 1) позволили заключить, что отпад деревьев при слабой интенсивности составил 6,0 % (в т.ч. сосны 4,4 %), умеренной – 2,5 % (в т.ч. сосны 2,2 %) и сильной – 1,4 % (в т.ч. сосны 1,3 %). Отпад произошёл и тонкомерной берёзы преимущественно порослевого происхождения и имеющей механические повреждения, которые получены при ландшафтной рубке. В то же время произошло незначительное увеличение ели при слабой и умеренной интенсивности рубки, как результат перехода её тонкомерных экземпляров в эксплуатационную часть насаждения.

Состав древостоя как по количеству деревьев, так и запасу практически не изменился, а средний диаметр, высота и запас сосны обнаружили определённую зависимость от интенсивности рубки.

**Изменение таксационных показателей соснового древостоя выборочным способом
разреживания ландшафтной рубки**

№ п/п	Показатели	Возраст культур, лет					
		53		58		53	
		после рубки	через 5 лет после рубки	после рубки	через 5 лет после рубки	после рубки	через 5 лет после рубки
1	Количество деревьев, экз/га	654	615	520	507	433	427
	в т.ч. сосны	497	475	353	345	376	371
	ели	92	95	135	142	48	47
	берёзы	65	45	32	20	9	9
2	Состав по количеству деревьев	76С14Е10Б	80С16Е4Б	68С26Е6Б	68С28Е4Б	87С11Е2Б	87С11Е2Б
	по запасу	84С7Е9Б	83С7Е10Б	18С16Е6Б	78С16Е6Б	86С10Е4Б	87С9Е4Б
3	Средний диаметр, см	24,3	24,9	24,5	26,0	24,9	26,0
	в т.ч. сосны	25,5	26,2	26,2	26,9	24,8	26,0
	ели	17,1	17,5	19,1	19,6	23,6	23,3
	берёзы	23,0	28,1	24,4	31,9	33,6	35,7
4	Средняя высота, м.	23,6	24,2	24,1	25,1	24,6	26,2
	в т.ч. сосны	23,2	23,7	24,0	25,1	24,5	26,1
	ели	10,9	11,9	11,4	12,2	11,9	12,7
	берёзы	25,0	26,8	25,5	27,3	26,0	27,8
5	Площадь сечений, м ³ /га	30,3	32,3	24,5	27,0	21,1	22,7
	в т.ч. сосны	25,5	27,2	19,1	21,1	18,2	19,8
	ели	2,1	2,3	3,9	4,3	2,1	2,0
	берёзы	2,7	2,8	1,5	1,6	0,8	0,9
6	Полнота	0,84	0,91	0,68	0,74	0,58	0,62
	в т.ч. сосны	0,71	0,76	0,53	0,58	0,50	0,54
	ели	0,06	0,06	0,12	0,12	0,06	0,06
	берёзы	0,07	0,09	0,03	0,04	0,02	0,02
7	Запас, м ³ /га	338	355	316	341	277	306
	в т.ч. сосны	284	299	245	264	238	263
	ели	24	25	52	56	28	31
	берёзы	30	36	16	21	11	12
8	Интенсивность рубки, % по количеству деревьев	26,8		41,8		51,5	
	по запасу	11,7	слабая	17,9	умеренная	27,6	сильная
9	Отпад по количеству деревьев, %		6,0		2,5		1,4

Годичный текущий прирост по диаметру при слабой, умеренной и сильной интенсивности рубки составил соответственно 0,53 %, 0,57 и 1,00 %. Аналогичные изменения произошли и со средней высотой сосны. Она возросла соответственно на 0,47 %, 0,87 и 1,27 %, а её запас – на 1,07 %, 1,57 и 2,07 %.

Благодаря созданию благоприятных лесорастительных условий для лучших деревьев не только сосны, но и ели, берёзы, древостой проявил восстановление полноты в основном за счёт сосны. При слабой интенсивности рубки полнота древостоя увеличилась на 0,07 и приблизилась к нормаль-

ной. Следовательно, слабая интенсивность рубки выборочным способом не обеспечивает создания характерных черт лесопаркового ландшафта закрытого типа как наиболее рационального в зоне смешанных лесов.

При умеренной интенсивности ландшафтной рубки также произошло увеличение полноты древостоя на 0,06 и при сильной на – 0,04. Древостой, таким образом, сохранил особенности лесопаркового ландшафта закрытого типа, особенно при сильной интенсивности рубки.

Анализ распределения древостоя сосны по классам роста под воздействием ландшафтной рубки выборочным способом разной интенсивности показал, что произошли определённые изменения в качественном составе древостоя (табл. 2).

Отмечая несомненную субъективность отнесения тех или иных деревьев сосны по классам роста, вместе с тем обнаруживаются характерные черты перехода её экземпляров из одного класса в другой. При слабой интенсивности ландшафтной рубки практически не изменилось количество как деревьев-лидеров, создающих главную часть древостоя, так и деревьев-аутсайдеров. Следовательно, слабая интенсивность ландшафтной рубки мало изменяет строение средневозрастного сосняка искусственного происхождения.

Умеренная и сильная интенсивность рубки вызвала значительный переход деревьев II класса роста в I, как результат создания благоприятных условий для лучших деревьев.

Определённые изменения произошли в травяном покрове, который наиболее обстоятельно характеризует последовательно сменяющиеся 5 стадий рекреационной дигрессии, а также и в подлеске. При слабой интенсивности ландшафтной рубки выборочным способом через 5 лет после её реализации усилили свои позиции кислица и зелёный мох Плеуроциум Шредера (*Cop³* по шкале Друде), т.е. представители типично лесных тенивыносливых бореальных растений. Сохранили своё положение неморальные травы, такие как черника, черноголовка, вероника дубравная (*Sp*), но появились представители таёжных лесов – майник двулистный, звездчатка лесная (*Sol*). Таким образом, слабая интенсивность рубки как антропогенное вмешательство в природу леса не привела к рекреационной дигрессии.

Подлесок представлен полукустарником малиной, рябиной обыкновенной и бузиной красной, которые были в таком же количестве и состоянии до ландшафтной рубки.

Умеренная интенсивность способствовала некоторому расширению обилия кислицы и Плеуроциум Шредера (*Cop²*), но с сохранением своего положения относительно светлюбивых растений, как вероники дубравной, овсяницы луговой и светлюбивого вейника наземного (*Sp*). Подлесок стал более разнообразным и состоял из рябины обыкновенной, крупного кустарника лещины обыкновенной, крушины ломкой, ивы козьей, малины и бузины красной.

Т а б л и ц а 2

Распределение деревьев сосны по классам роста под влиянием выборочного способа ландшафтной рубки разной интенсивности

Класс роста	Процент деревьев по классам роста при разной интенсивности					
	слабая		умеренная		сильная	
	после рубки	через 5 лет после рубки	после рубки	через 5 лет после рубки	после рубки	через 5 лет после рубки
I	70,3	61,3	70,8	88,7	57,4	70
II	18,5	29,1	25	8,5	32,3	26,7
Итого лидеров	88,8	90,4	95,8	97,2	89,7	96,7
III	6,6	7,5	4,2	1,4	10,3	3,3
IV	4,6	2,1	0	1,4	0	0
Итого аутсайдеров	11,2	9,6	4,2	2,8	10,3	3,3
Всего	100	100	100	100	100	100

При сильной интенсивности ландшафтной рубки произошли наибольшие изменения в составе живого напочвенного покрова. Почти всю поверхность почвы заняли растения из семейства злаковых: овсяница овечья, вейники тростниковидный и наземный (*Cop*³), а также ожика волосистая, земляника лесная, зверобой продырявленный (*Sp*) одновременно появились луговые сорняковые виды трав, которые приняли единичное участие в сложении покрова.

Подлесок остался примерно таким же, как и при умеренной интенсивности рубки, но с некоторым сокращением лещины обыкновенной.

Анализ состояния сосняка искусственного происхождения через пять лет после линейно-выборочного способа разреживания ландшафтной рубки слабой интенсивности (табл. 3) показал, что отпад деревьев составил почти такую же величину (6,3 %), как и при выборочном способе (6,0 %), несколько больше при умеренной (на 2,1 %) и сильной (на 1,1 %) интенсивности.

Вместе с тем при слабой интенсивности рубки количество деревьев сосны уменьшается на 6,4 %, умеренной – на 2,0 % и сильной – на 1,3 %, а ели соответственно на 5,1 %, 12,7 и 9,2 %. Такие показатели отпада связаны в основном с тем, что между полностью удалёнными рядами изъяты преимущественно деревья сосны и ели 4-го и 5-го классов жизнеспособности.

Состав древостоя не претерпел заметных изменений, а вместе с тем средние диаметр и высота, а также запас древостоя обнаружили несколько иное изменение этих показателей. Годичный текущий прирост сосны по диаметру при линейно-выборочном способе слабой, умеренной и сильной интенсивности оказался соответственно на 0,01 %, 0,06 и 0,17 % больше, чем при выборочном. Напротив, этот показатель по высоте составил соответственно на 0,04 %, 0,14 и на 0,24 % меньше, а по объёму при слабой и умеренной интенсивности соответственно на 0,33 % и 0,03 % больше, чем при выборочном разреживании древостоя. При сильной же интенсив-

ности рубки линейно-выборочным способом годичный текущий прирост по объёму оказался на 0,27 % ниже, чем при выборочном.

В целом, произошло увеличение этого показателя при линейно-выборочном способе ландшафтной рубки по сравнению со слабой интенсивностью по диаметру при умеренной – на 0,09 %, сильной на 0,63 %; по высоте соответственно на 0,30 % и 0,60 %, и по объёму – на 0,20 % и 0,40 %.

Характерно, что древостой при слабой интенсивности рубки линейно-выборочным способом не изменил полноты, а при умеренной и сильной увеличил плотность стояния деревьев соответственно на 0,08 и 0,07, т.е. несколько больше, чем при выборочном разреживании.

Анализ распределения деревьев сосны, как главного ландшафтообразователя по классам роста под влиянием рубки формирования ландшафта, свидетельствует о характерных чертах изменения положения её экземпляров в насаждении (табл. 4). После ландшафтной рубки количество деревьев-лидеров, создающих основу древостоя, практически не изменилось от её интенсивности. Отмечены лишь определённые различия в соотношении деревьев I и II классов роста. Через 5 лет после рубки формирования ландшафта умеренной и сильной интенсивности произошло заметное увеличение деревьев, отнесённых к I классу роста (соответственно на 17,9 % и на 13,3 %). Установлен незначительный переход деревьев III класса роста в IV при слабой и умеренной интенсивности.

В целом, при линейно-выборочном способе ландшафтной рубки происходят меньшие изменения в перераспределении экземпляров сосны по классам роста, чем при выборочном, как результат более механического принципа отбора деревьев. Оценка обилия травяной растительности под воздействием ландшафтной рубки разной интенсивности линейно-выборочным способом позволила заключить, что она изменилась в основном в таком же направлении, как и при выборочном.

Изменение таксационных показателей соснового древостоя линейно-выборочным способом разреживания ландшафтной рубки

№ п/п	Показатели	Возраст культур, лет					
		53		58		53	
		после рубки	через 5 лет после рубки	после рубки	через 5 лет после рубки	после рубки	через 5 лет после рубки
1	Количество деревьев, экз/га	617	578	561	535	510	497
	в т.ч. сосны	481	450	402	394	388	383
	ели	117	111	118	103	87	79
	берёзы	19	17	41	38	35	35
2	Состав по количеству деревьев по запасу	78С19ЕЗБ 86С12Е2Б	78С19ЕЗБ 81С11Е8Б	70С21Е9Б 80С11Е9Б	74С19Е7Б 84С9Е7Б	76С17Е7Б 77С16Е7Б	77С16Е7Б 77С14Е9Б
	Средний диаметр, см	24,8	25,5	24,8	25,8	23,9	25,2
3	в т.ч. сосны	26,0	26,7	25,5	26,3	24,0	25,4
	ели	19,8	20,4	18,0	18,6	22,9	24,2
	берёзы	21,1	21,7	24,5	25,3	24,1	25,5
	Средняя высота, м.	24,7	25,2	24,9	25,8	24,9	26,2
4	в т.ч. сосны	24,7	25,2	24,8	25,7	24,8	26,2
	ели	12,6	12,8	10,7	11,1	11,5	12,1
	берёзы	23,5	24,0	25,2	26,2	25,0	26,3
	Площадь сечений, м ³ /га	29,8	30,3	27,2	28,4	22,7	23,7
5	в т.ч. сосны	25,5	25,9	21,8	23,0	17,5	18,5
	ели	3,6	3,6	3,0	3,0	3,6	3,5
	берёзы	0,6	0,8	2,4	2,4	1,6	1,7
	Полнота	0,85	0,85	0,75	0,83	0,62	0,69
6	в т.ч. сосны	0,70	0,70	0,60	0,63	0,48	0,50
	ели	0,13	0,13	0,08	0,12	0,10	0,14
	берёзы	0,02	0,02	0,07	0,08	0,04	0,05
	Запас, м ³ /га	323	346	305	329	273	298
7	в т.ч. сосны	278	292	244	264	210	229
	ели	39	42	34	37	44	48
	берёзы	6	6	27	28	19	21
	Интенсивность рубки, %	31,9		37,0		42,9	
8	по количеству деревьев по запасу	15,4	слабая	20,5	умеренная	28,8	сильная
	Отпад по количеству деревьев, %		6,3		4,6		2,5

Однако почва между вырубленными рядами зарастает в меньшей степени злаковыми растениями по сравнению с равномерной рубкой и значительно сильнее в полностью удалённых рядах. Здесь травянистая растительность сосредоточена чаще всего островками, группами, линейно. Аналогичные изменения произошли и в подлеске, который чаще всего приурочен к вырубленным рядам древостоя.

Анализ изменения таксационных показателей соснового древостоя на контрольной

площади, т.е. без реализации ландшафтной рубки показал, что они произошли значительно в меньших размерах, чем при их осуществлении (табл. 5). Эти изменения примерно аналогичны изменениям при слабой интенсивности рубки. Вместе с тем отпад деревьев всё же превысил на 1,1 % и 1,4 % отпад при слабой, на 2,8 % и 4,9 % при умеренной, на 4,9 % и 6,0 % при сильной интенсивности рубки соответственно выборочным и линейно-выборочным способом. Годичное увеличение средних диаметра, высоты и за-

паса сосны составило соответственно всего лишь 0,14 см, 0,26 м и 4м³/га.

Т а б л и ц а 4

Распределение деревьев сосны по классам роста под воздействием ландшафтной рубки слабой интенсивности линейно-выборочным способом

Класс роста	Процент деревьев по классам роста при разной интенсивности					
	слабая		умеренная		сильная	
	после рубки	через 5 лет после рубки	после рубки	через 5 лет после рубки	после рубки	через 5 лет после рубки
I	85	83,9	54,9	72,8	74	87,3
II	7,2	12,9	36,9	18,9	18,5	10,9
Итого лидеров	92,2	96,8	91,8	91,7	92,5	98,2
III	7,8	1,6	8,2	6,8	7,5	1,8
IV	0	1,6	0	1,5	0	0
Итого аутсайдеров	7,8	3,2	8,2	8,3	7,5	1,8
Всего	100	100	100	100	100	100

Т а б л и ц а 5

Изменение таксационных показателей соснового древостоя искусственного происхождения без реализации ландшафтной рубки (контроль)

№ п/п	Показатели	Возраст культур, лет	
		53	58
		после рубки	через 5 лет после рубки
1	Количество деревьев, экз/га в т.ч. сосны ели берёзы	894	828
		600	556
		214	197
		80	75
2	Состав по количеству деревьев по запасу	67С24Е9Б	67С24Е9Б
		85С10Е5Б	85С10Е5Б
3	Средний диаметр, см в т.ч. сосны ели берёзы	21,8	22,4
		24,3	25,0
		13,7	14,1
		20,4	21,0
4	Средняя высота, м в т.ч. сосны ели берёзы	24,5	25,0
		24,6	25,9
		13,6	14,0
		18,9	19,3
5	Площадь сечений, м ³ /га в т.ч. сосны ели берёзы	32,4	32,9
		27,0	27,3
		3,0	3,1
		2,4	2,5
6	Полнота в т.ч. сосны ели берёзы	0,93	0,96
		0,76	0,78
		0,14	0,14
		0,03	0,04
7	Запас, м ³ /га в т.ч. сосны ели берёзы	383	407
		325	345
		37	39
		20	23
8	Отпад по количеству деревьев, %		7,4

Увеличение аналогичных показателей ели, принимающей участие в составе древостоя 10 %, произошло крайне незначительно: 0,08см, 0,08м и 0,4 м³/га, как следствие расположения её под пологом высокополнотного насаждения (0,96) и наличия большого количества тонкомерных экземпляров. На основании выполненных исследований можно заключить, что при помощи ландшафтных рубок можно значительно снизить определённую монотонность чистых высокополнотных одновозрастных сосняков искусственного происхождения, изменить пространственное размещение деревьев по площади, улучшить качество выращиваемых особей, усилить эстетические, санитарно-гигиенические свойства насаждений.

Слабая интенсивность ландшафтной рубки практически не обеспечивает формирования лесопаркового ландшафта. Древостой значительно быстро восстанавливает своё первоначальное положение, так как этим лесохозяйственным мероприятием создаются благоприятные условия для роста и развития оставленных деревьев для выращивания.

Наиболее целесообразной интенсивностью ландшафтной рубки следует признать сильную (26-35 %), которая обеспечивает формирование лесопаркового ландшафта закрытого типа горизонтальной сомкнутости.

Увеличение интенсивности рубки более 35 % усиливает привлекательность сосняков искусственного происхождения, но может привести к снижению их устойчивости, а особенно комфортности из-за буйного развития злаковых растений, таких как ветники тростниковидный и лесной.

Формирование лесопаркового ландшафта, как показали наши исследования, может быть обеспечено выборочным и линейно-выборочным способом. Вместе с тем последний способ рубки облегчает технологию и механизацию лесосечных работ, а также даёт возможность получения ликвидной древесины. Кроме того, этот способ разреживания древостоя способствует более разнообразному размещению лучших деревьев по площади.

Литература

1. Александров В.В. Лесоводственная эффективность рубок обновления и применения минеральных удобрений в рекреационных сосняках Среднего Урала в целях повышения их устойчивости: Автореф. дис. ... канд. с/х. наук.– Екатеринбург, 2002. – 22 с.
2. Андреев Н.В. Влияние рекреации на состояние сосняков особо охраняемых природных территорий Марийского Заволжья (на примере национального парка «Марий Чодра»): Автореф. дис. ... канд. с/х. наук.– Йошкар-Ола, 2002. – 22с.
3. Гусев Н.Н., Нефедьев В.В. Рубки ухода в зелёных зонах. Экспрессинформ. – №10. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1988.– С. 2–10.
4. Лепехин В.Н., Набатов Н.М. Лесоводственная и экономическая оценка прореживания в искусственных сосняках //Лесное хозяйство.– 1974.– № 2. – С. 14–16.
5. Мозолевская Е.Г., Куликова Е.Г. Экологические категории городских насаждений. // Науч. тр./ Моск. гос. ун-т леса. – 2000.– Вып. 302(1) – С. 5–12.
6. Мозолевская Е.Г., Матусевич Л.С. Мониторинг состояния лесных и урбоэкосистем, как условие устойчивого развития лесного и городского хозяйства // Мониторинг состояния лесных и урбоэкосистем. – Международная научная конференция. //Тезисы докладов. – М.: МГУЛ, 2002. – С. 3–4.
7. Строительство и реконструкция лесопарковых зон (на примере Ленинграда)/ В.С. Моисеев, Л.Н. Яновский, В.А. Максимов и др. – Л.: Стройиздат, 1990. – 288 с.
8. Набатов Н.М., Макашин В.А. Особенности формирования лесопаркового ландшафта рубками ухода //Лесной вестник. Научно-информационный журнал 2(7). – М.: МГУЛ, 1999.– С. 91–92.
9. Набатов Н.М., Макашин В.А. Формирование лесопаркового ландшафта рубками ухода // Науч. тр./ Моск. гос. ун-т леса. – 2000.– Вып. 302(1) – С. 126–136.
10. ОСТ 56-108–98. Лесоводство. Термины и определения. – ВНИИЦлесресурс, 1999. – 56с.
11. Редькина Е.А. Особенности строения и динамики развития основных насаждений лесопаркового пояса Москвы: Автореф. дис. ... канд. биолог. наук.– М.: 2001. – 19 с.
12. Рысин С.Л., Абатуров А.В., Маслов А.А. и др. Принципы организации мониторинга состояния городских и пригородных лесов Москвы //Лесной вестник. Научно-информационный журнал 2(7) – М.: МГУЛ, 1999.– С. 16-21.
13. Рысин С.Л. Мониторинг состояния рекреационных искусственных насаждений в городских и пригородных лесах //Лесной вестник. Научно-информационный журнал 2(7). – М.: МГУЛ, 1999.– С. 36–38.
14. Рысин С.Л. Оценка рекреационного потенциала насаждений как основа организации мониторинга их состояния //Мониторинг состояния лесных и урбоэкосистем. – Международная научная конфе-

- ренция //Тезисы докладов. – М.: МГУЛ, 2002. – С. 34-35.
15. Тихонов А.С., Зябченко С.С. Теория и практика рубок леса. – Петрозаводск: Карелия, 1990. – 224 с.
16. Тюльпанов Н.М. Рубки ухода в лесах зелёных зон. – М.: Лесная промышленность, 1968. – 64 с.
17. Тюльпанов Н.М. Лесопарковое хозяйство. – Л.: Стройиздат., 1975. – 161 с.
18. Хайретдинов А.Ф., Конашова С.И. Рекреационное лесоводство.– Уфа: БГАУ, 1994. – 223 с.

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ФОРМЫ СТВОЛА ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И КЕДРА СИБИРСКОГО

В.Ф. ЛЕБКОВ, *Институт лесоведения РАН, д.б.н.*,
Н.Ф. КАПЛИНА, *Институт лесоведения РАН, к.б.н.*

Форма древесного ствола в значительной мере определяет устойчивость и эффективное функционирование дерева. От сбига ствола зависят его объем и сортиментная структура. По этим и иным причинам обусловленность формы ствола, ее изменчивость в древостоях и возрастная динамика представляют несомненный интерес для исследования.

В настоящей статье делается попытка проследить особенности трансформации формы ствола у модельных деревьев сосны обыкновенной и кедра сибирского посредством анализа хода роста деревьев на протяжении длительного возрастного периода, измеряемого двумя – тремя столетиями, и тем самым выяснить степень консерватизма формы ствола и практические возможности ее хозяйственного контроля. Метод подбора древостоев одного естественного ряда по форме ствола как альтернатива аналитическому способу выявления динамики формы ствола неприемлем из-за сложности его практической реализации.

Для этой цели отобраны четыре пробные площади (ПП), заложенные авторами в различные годы. Таксационные параметры этих ПП приведены в табл. 1. На ПП срублены и обмерены с анализом хода роста: ПП 1-86 – 10, ПП 1-87 – 6, ПП 1-84 – 6, ПП 1-61 – 13 модельных деревьев, взятых по принципу пропорционального представительства, в общей сложности их число составило 35.

У каждого модельного дерева на поперечных срезах с последовательностью 2 м

учитывался, от периферии к центру, диаметр ствола с возрастным шагом 10 лет, на основании чего получена графическая информация об образующих древесного ствола для этих же возрастных периодов. Далее производилась аппроксимация образующих древесного ствола в сосняках на ПП 1-86 и 1-87 для возрастов 30, 50 и 70 лет, а в древостоях на ПП 1-84 и 1-61 – соответственно для 60, 100, 140, 180, 220, 260, 300 и 332 лет.

Сама аппроксимация выполнялась по методике авторов, опубликованной в статьях [1,2]. Использованное для этой цели рабочее уравнение, представляющее модифицированную функцию распределения Вейбулла, имеет вид:

$$y = 1 - 2 / (2^{(x/b)^{c1}} + 2^{(x/b)^{c2}}), \quad (1)$$

где y – теоретическая численность в долях единицы (в данном случае – относительная удаленность места обмера стола от вершины дерева); x – изучаемый признак, (диаметр ствола); b – параметр масштаба интегральной кривой распределения; c_1 и c_2 – параметры ее формы.

С помощью коэффициента формы c_1 описывается главным образом верхняя половина ствола, а c_2 – нижняя, что создает предпосылки для более корректной интерпретации показателей формы ствола.

Достоинством уравнения (1) является интерпретация им формы всего ствола, тогда как многие употребляемые в практике косвенные методы оценки формы ствола дают представление лишь о соотношении отдельных точек образующей ствола.

Таксационная характеристика древостоев на ПП, использованных в статье
(С – сосна, Е – ель, К – кедр, Лц – лиственница)

№, год закладки	Местоположение	Состав древостоя	Средние таксационные показатели сосны и кедра (I ярус, на 1 га)					
			возраст, лет	высота, м	диаметр, см	сумма площадей сечений, м ²	запас, м ³	число стволов, экз.
1-1986	Андреевский лесхоз, Владимирская область	10С	77	26	26	37	422	693
1-1987	Гусевский леспромхоз, Владимирская область	10С	78	27	28	32	385	512
1-1984	Емцовский лесхоз, Архангельская область	7С3Е	332	30	49	28	384	149
1-1961	Июский леспромхоз, Красноярский край	9К1Лц	229	29	49	54	612	290

Коэффициент формы c_2

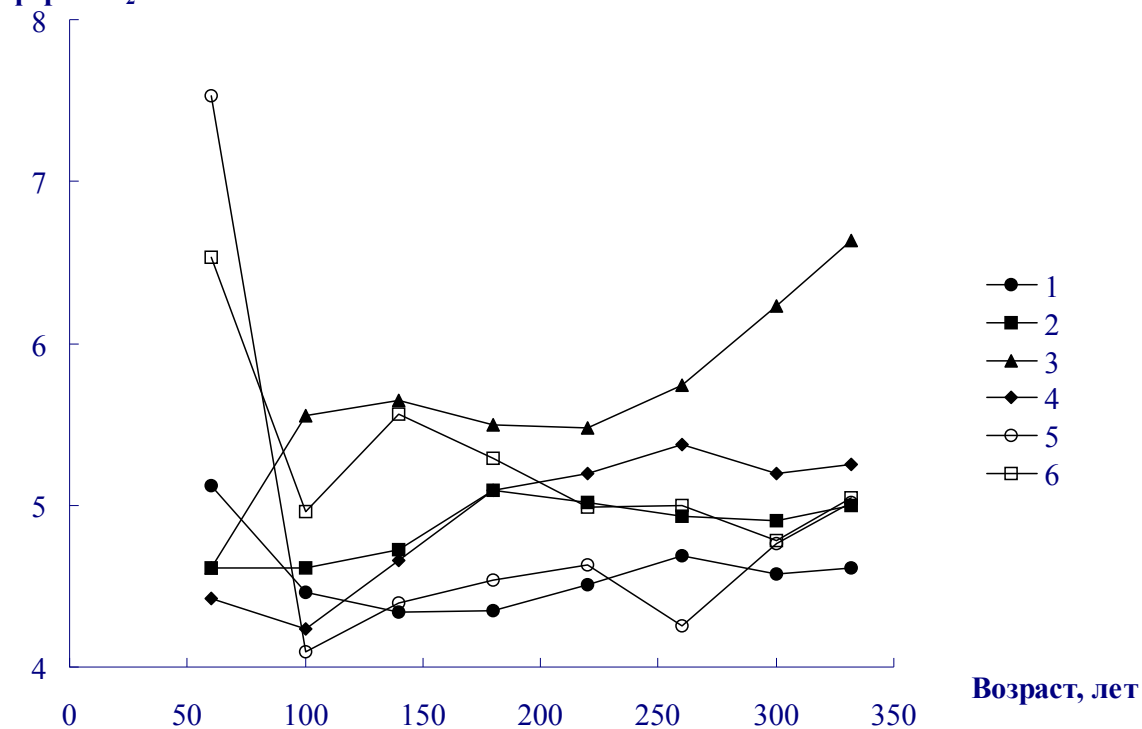


Рис. 1. Изменение с возрастом коэффициента формы c_2 у модельных деревьев сосны на пробной площади 1-1984 (цифрами обозначены номера модельных деревьев)

Усредненные показатели для совокупности модельных деревьев: диаметра (без коры) и коэффициентов уравнения (1), варьирования коэффициента c_2 по пробным площадям и возрастным периодам и ретроспективной изменчивости периодических средних значений c_1 и c_2

№№ пробных площадей	Учетный возраст, лет	Средние значения				Коэффициент варьирования c_2				Среднее ретроспективное значение		Коэффициент варьирования средних по периодам значений	
		$D_{1,3}$, см	b	c_1	c_2	Общий, %	В ступени, %						
							систематическая ошибка	случайная ошибка	c_1	c_2	c_1	c_2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1-86	30	15,7	11,7	0,88	5,0	23	-1	12	1,03	5,11	14,6	2,2	
	50	20,3	14,8	1,03	5,1	17	5	6					
	70	24,7	17,6	1,18	5,2	15	8	7					
1-87	30	15,4	11,5	0,83	4,6	8	-12	6	0,98	4,73	15,4	2,3	
	50	19,9	14,7	0,97	4,8	5	-4	6					
	70	22,9	16,5	1,15	4,7	5	-2	6					
1-61	60	14,6	11,4	0,94	4,4	20	-	-	0,96	3,90	3,2	7,0	
	100	24,4	16,6	0,99	3,7	12	-12	14					
	140	31,4	21,0	0,98	3,7	15	-4	10					
	180	37,6	24,0	0,98	3,8	21	-3	9					
	220	43,4	27,2	0,92	3,9	20	1	8					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1-84	60	18,5	14,2	1,01	5,5	23	6	14	1,05	5,04	14,7	4,9	
	100	25,5	18,3	0,78	4,7	11	-3	17					
	140	30,0	21,6	0,88	4,9	12	-1	19					
	180	34,4	24,7	1,14	5,0	9	3	9					
	220	37,8	27,0	1,16	5,0	7	6	4					
	260	40,3	29,0	1,16	5,0	10	7	7					
	300	43,3	30,8	1,07	5,1	12	7	9					
332	45,8	32,8	1,22	5,3	13	9	10						

Примечание: прочерки обозначают отсутствие расчетных данных

Для каждого из 35 модельных деревьев были определены по указанным выше возрастным периодам значения диаметра на высоте груди (без коры), а также коэффициентов масштаба (b), первого (c_1) и второго (c_2) коэффициентов формы по уравнению (1). Полученный исходный массив данных явился основой для анализа возрастной динамики формы ствола деревьев сосны и кедра.

Касаясь динамики формы ствола отдельных деревьев, можно сделать общее замечание об индивидуальном характере изменения коэффициентов формы. У одних деревьев наблюдается постепенное повыше-

ние с возрастом коэффициента c_2 , что говорит об улучшении формы ствола. Другим свойственно понижение этого коэффициента. Третьим, наиболее частым случаем, является варьирование коэффициента на протяжении жизни дерева, чередование положительных и отрицательных изменений. В качестве примера, иллюстрирующего это утверждение, на рис. 1 приведена динамика коэффициента c_2 у деревьев сосны в самом старом древостое – 332-летнего возраста. Форма ствола в интервале 90 – 332 лет улучшилась у модельных деревьев № 3, 4 и 5, ухудшилась у № 6, претерпела несущественные из-

менения у №№ 1 и 2. Причем эти изменения в равной степени могут относиться и к крупномерным, и к тонкомерным деревьям.

Аналогичная картина наблюдается и на остальных пробных площадях в сосновых и кедровых древостоях.

Для выявления мало заметных на первый взгляд тенденций в процессе преобразования формы ствола отдельных деревьев были рассчитаны по пробным площадям средние арифметические значения: диаметра на высоте груди (без коры), коэффициента b , c_1 и c_2 , а для оценки разброса показателей модельных деревьев в пределах ретроспективной возрастной группы – коэффициент изменчивости (вариации) показателя c_2 – общий для всей совокупности модельных деревьев и в пределах средней ступени толщины. В последнем случае за среднее значение принималось не реальное среднее значение c_2 в ступени, а рассчитанное по уравнению [2]:

$$y = 12,80 q_2 - 4,43, \quad (2)$$

где y – коэффициент формы; c_2 ; q_2 – соотношение диаметров на середине длины ствола и высоте груди (без коры).

Оценка рассеивания средних коэффициентов формы уравнения (1) c_1 и c_2 в ретроспективном плане выполнена путем расчета средних значений коэффициентов c_1 и c_2 , которые они принимали в прошлом, вплоть до времени обмера древостоев и коэффициентов их варьирования. Этот прием обусловил необходимость вычисления систематической и случайной ошибок (основного отклонения), в процентах. Все перечисленные показатели изложены в табл. 2.

Варьирование формы нижней половины ствола, отражаемой коэффициентом формы c_2 , на различных пробных площадях и в разных возрастах, имеет неодинаковую величину. В двух древостоях (ПП 1-86 и 1-61) они колеблются от 12 до 23 %, в среднем – 18 %, а в остальных древостоях (ПП 1-87 и 1-84) изменяются в диапазоне 5-13 %, в среднем – 9 %. По литературным данным [3] коэффициент изменчивости второго коэффициента формы ствола q_2 в сосняках Приангарья на девяти пробных площадях равен

в среднем 6,2 %, что несколько ниже наших данных. Изменчивость формы ствола в древостоях различной густоты заметно варьирует с возрастом: изменчивость формы ствола в первой группе древостоев характеризуется коэффициентом вариации 15 %, а во второй – даже 22 %. Соотношение числа деревьев с различной формой ствола постоянно изменяется вследствие процесса самоизреживания древостоя и динамичности формы ствола каждого дерева, что видно из того же рис. 1.

Варьирование c_2 в каждом возрастном периоде в пределах ступени толщины гораздо ниже, чем внутри всего древостоя. Случайная ошибка (среднеквадратическое отклонение) этого показателя для всех пробных площадей колеблется в интервале 4-19 %, в среднем 9,6 %.

Большой интерес представляют данные о средних значениях коэффициентов c_1 и c_2 за все возрастные периоды наблюдений и их варьирование в динамике. Средний коэффициент c_1 изменяется в пределах совокупности пробных площадей от 0,96 до 1,05, а c_2 – от 3,90 до 5,11, что показано, кроме табл. 2, и на рис. 2. Варьирование среднепериодических значений c_1 составляет, за исключением кедровника, 14,6-15,4 %, а c_2 – 2,2-7,0 %. Таким образом, можно заключить, что показатели формы ствола в пределах древостоев по возрастным периодам отличаются большой разнородностью, а их средние значения с возрастом претерпевают незначительные изменения, т.е. весьма стабильны.

Следует также отметить, что средние показатели формы ствола на каждой пробной площади имеют свой, присущий только ей, ход их динамики. Форма ствола, которую приобрели деревья в молодости – в 30-50 лет, определяет ее параметры и в более высоком возрасте. Напрашивается вывод о том, что средняя форма ствола существенным образом связана с начальной густотой древостоя. Сосняки, особенно на пробной площади 1-86, имели повышенную плотность и как следствие – коэффициент формы c_2 находится в районе отметки 5,0. Кедр-

ровник же в молодости, очевидно, имел невысокую густоту, что не позволило коэффициенту c_2 выйти за пределы величины 4,0. Можно также с большой долей вероятности говорить о том, что колебания изменчивости формы ствола в древостое с возрастом обусловлены реакцией деревьев на пульсирующее увеличение площади их питания и непрерывную перестройку равномерности размещения деревьев по площади.

Из табл. 2 видно, что при весьма высокой стабильности средней формы ствола древостоев на протяжении их жизни все же просматривается некоторая тенденция увеличения (примерно на 5-10 %) c_2 . А с возрастом повышается и диаметр деревьев. Для выяснения вопроса о наличии множественной корреляционной связи между c_1 и c_2 , с одной стороны, и диаметром и возрастом деревьев – с другой были произведены соответствующие расчеты, результаты которых помещены в табл. 3. Вычисления сделаны для двух совокупностей деревьев – общей (35 деревьев) и отдельно более молодой части (ПП 1-86 и 1-87, 16 деревьев). Для каждого дерева использованы образующие ствола по всем учтенным возрастным периодам.

Анализируя данные табл. 3, можно констатировать, что коэффициенты уравнения (1) c_1 и c_2 в длительном возрастном цикле обнаруживают одинаковую, между слабой и средней, множественную связь с возрастом и диаметром деревьев ($R = 0,34$ и $0,35$). В совокупности же молодых деревьев (ПП 1-86 и 1-87) эта связь оказывается более выраженной ($R = 0,60$). Очевидно, это объясняется интенсивно протекающим формообразовательным процессом именно в начальный период жизни древостоя, когда складывается структура крон деревьев, более резко выражен процесс дифференциации древостоя с преобладающим отпадом тонкомерных деревьев, т.е. биологические параметры молодняков характеризуются большим динамизмом.

Оценки парной корреляции коэффициентов c_1 и c_2 с возрастом и диаметром де-

ревьев представляют совершенно иную картину. Для c_1 можно отметить наличие заметной по величине связи с диаметром дерева в общей совокупности модельных деревьев ($R_{y1x2} = 0,31$) и связи с возрастом в молодых древостоях ($R_{y1x1} = 0,45$). Для c_2 картина во все удручающая – R во всех случаях колеблется от 0,08 до 0,17. Это обстоятельство во многом объясняет кажущуюся абстрагированность динамики формы ствола от таксационных показателей деревьев. Тем не менее «незаметные глазу» парные связи существуют, о чем говорит анализ частных коэффициентов корреляции c_1 и c_2 с изучаемыми признаками. Для c_1 в общей совокупности заметно влияние диаметра дерева ($r_{y1x2} 0,34$), а в молодых древостоях – особенно возраста ($r_{y1x1} 0,60$), а также диаметра дерева ($r_{y1x2} - 0,44$). Для c_2 следует отметить связи как с возрастом ($r_{y2x1} -0,31$), так и с диаметром дерева ($r_{y2x2} 0,32$) на протяжении всего возрастного периода наблюдений – от 30 до 332 лет. В молодняках же эти частные связи не выявлены. Синхронность частных коэффициентов c_2 с возрастом и диаметром объясняется наличием между двумя последними тесной связи, выражаемой уравнением

$$y = 11,3 + 0,585 x, \quad (7)$$

где y – диаметр дерева на высоте груди, без коры, см; x – возраст.

Заключение

Подводя итог выполненной оценке динамики формы древесного ствола деревьев сосны и кедра, можно сделать следующие выводы.

1. Каждое из деревьев обеих пород на протяжении жизни (200 – 300 лет) имеет свою историю формы ствола, не сохраняя ее неизменной. Она может либо улучшаться, либо ухудшаться, либо варьировать в том или ином направлении.

2. Непрерывные изменения формы ствола деревьев приводят к большому «разбросу» коэффициентов формы c_1 и c_2 в статике. Коэффициенты варьирования этих показателей достигают 15 – 20 %.

Коэффициент
формы c_2

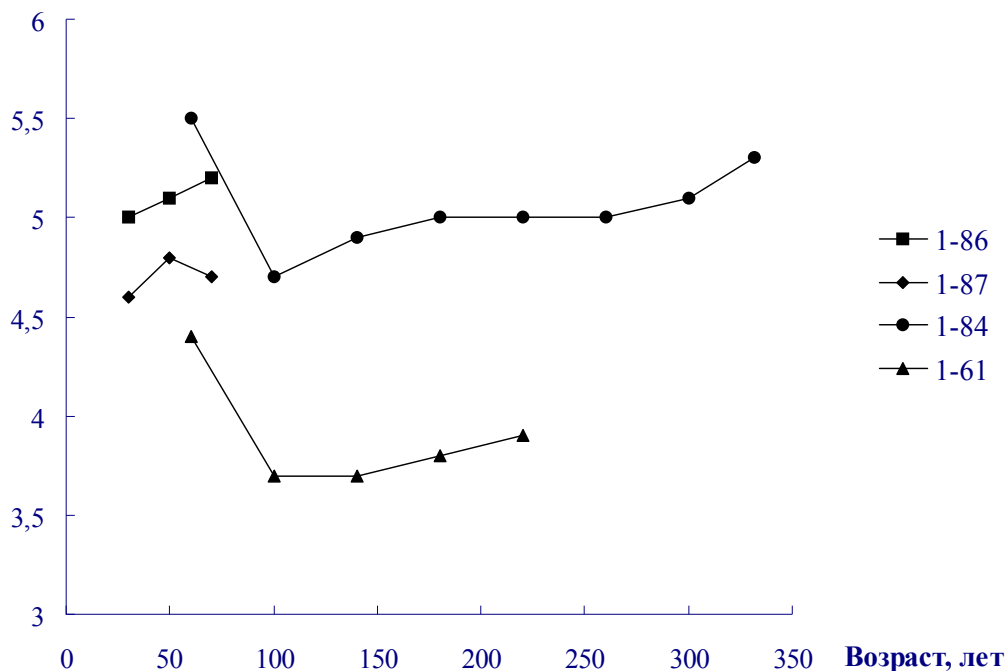


Рис.2. Возрастная динамика среднего значения коэффициента формы c_2 у модельных деревьев сосны и кедра на пробных площадях (цифрами обозначены номера пробных площадей)

Т а б л и ц а 3

Показатели множественной корреляционной связи коэффициентов формы c_1 и c_2 с возрастом и диаметром модельных деревьев

Показатель	Совокупность из 35 модельных деревьев	Совокупность из 16 модельных деревьев
Уравнения множественной корреляции	$y_1 = 0,794 - 0,00055 x_1 + 0,01028 x_2$ (3)	$y_1 = 0,965 + 0,0148 x_1 - 0,0349 x_2$ (4)
Коэффициенты корреляции	$R_{y_1 x_1 x_2} = 0,34, S_e = 0,25$ $r_{y_1 x_1} = -0,14, r_{y_1 x_2} = 0,34$ $R_{y_1 x_1} = 0,07, R_{y_1 x_2} = 0,31$	$R_{y_1 x_1 x_2} = 0,60, S_e = 0,23$ $r_{y_1 x_1} = 0,60, r_{y_1 x_2} = -0,44$ $R_{y_1 x_1} = 0,45, R_{y_1 x_2} = 0,07$
Уравнения множественной корреляции	$y_2 = 4,363 - 0,0043 x_1 + 0,0330 x_2$ (5)	$y_2 = 4,724 + 0,0044 x_1 + 0,00097 x_2$ (6)
Коэффициенты корреляции	$R_{y_2 x_1 x_2} = 0,35, S_e = 0,84$ $r_{y_2 x_1} = -0,31, r_{y_2 x_2} = 0,32$ $R_{y_2 x_1} = -0,15, R_{y_2 x_2} = 0,17$	$R_{y_2 x_1 x_2} = 0,10, S_e = 0,77$ $r_{y_2 x_1} = 0,07, r_{y_2 x_2} = 0,00$ $R_{y_2 x_1} = 0,10, R_{y_2 x_2} = 0,08$

Обозначения в таблице 3: y_1 – коэффициент c_1 , y_2 – c_2 , x_1 – возраст дерева, лет; x_2 – диаметр дерева на высоте груди, без коры, см;

$R_{y_1 x_1 x_2}$ – коэффициент множественной корреляции y_1 или y_2 с возрастом и диаметром дерева; S_e – ошибка коэффициента множественной корреляции, в абсолютном выражении; r – коэффициент частной корреляции; $R_{y_1 (y_2) x_1 (x_2)}$ – коэффициент парной корреляции признаков.

3. Несмотря на высокую изменчивость формы ствола средние для древостоя значения изменяются в динамике незначительно, в пределах 2,2 – 7,0 %, что говорит об их высокой стабильности (консерватизме).

4. Наиболее характерной, но слабо-выраженной тенденцией динамики формы ствола является довольно резкое снижение показателей формы при переходе от стадии жердняка к средневозрастному древостою и дальнейшее их улучшение вплоть до возраста перестойности.

5. Анализ корреляции показателей формы ствола с возрастом и диаметром дерева подтвердил наличие средней по тесноте множественной корреляционной связи между этими признаками, поэтому роль возраста и диаметра в динамике формы следует учитывать при планировании и реализации хозяйственного контроля за формой ствола.

6. Первопричиной в процессе формообразования следует считать начальную густоту древостоя и возрастные изменения площадей питания деревьев. Эти факторы опосредованно, через динамику диаметра дерева, изменяют его форму.

Отсюда все мероприятия, вызывающие резкое изменение площади питания деревьев, начиная с создания лесных культур

пониженной густоты (например, посадка укрупненных саженцев, посадка в площадки, неумеренное расширение междурядий и т.п.), и кончая интенсивными рубками ухода, с выборкой 30 – 40 % запаса, слабой охраной лесного фонда от вредителей и пожаров, и т.п., неизбежно влекут за собой ухудшение формы ствола дерева. А на этом теряется в среднем 20 – 30 % объема древесного ствола.

7. Общий, хозяйственно важный вывод: неправильным ведением хозяйства можно быстро и радикально ухудшить форму ствола и практически невозможно – улучшить ее. Единственно правильным, но длительным путем ее улучшения является подержание высокой полноты древостоя на протяжении всего периода лесовыращивания.

Литература

1. Лебков В.Ф. Аппроксимация образующей ствола и идентификация его формы функцией распределения // Лесной журнал. – 2002. – № 5. – С. 15–23.
2. Лебков В.Ф., Каплина Н.Ф. Закономерности формы древесного ствола хвойных и лиственных пород // Лесной вестник. – 2001. – № 5. – С. 49–55.
3. Немич В.Н., Гончарук В.В. Изменчивость и строение древостоев по форме ствола // Лесная таксация и лесоустройство / Межвуз. сборник научных трудов. – Красноярск, 1999. – С. 88–98.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЛЕСОВ УРАЛА И ЗАУРАЛЬЯ

А.К. МАХНЕВ, профессор, главный научный сотрудник Ботанического сада УрО РАН, д. б. н.,
А.Г. ТУРЛОВ, и. о. руководителя гос. лесной службы КПП по Тюменской области,
Г.М. КУЛИКОВ, ст. научный сотрудник, к. с.-х. н.

В теоретические основы лесоведения Г.Ф. Морозов (1912, 1914, 1914а, 1917) заложил три основных положения, необходимые для существования и развития леса как природной системы. Это – биологические свойства древесных пород, условия их местопрорастания и вмешательство человека в жизнь леса в процессе его хозяйственной

деятельности. Эти положения Г.Ф. Морозова особенно актуальны для Урала и Зауралья при изучении техногенных лесных сообществ, произрастающих в лесотундре, лесостепной и степной зонах. В настоящее время технический прогресс в некоторых районах Уральского федерального округа принял столь разрушительные формы, что частично

превратил их в зоны экологического бедствия и создал условия, опасные для человеческой жизни (Чижов, 1998). На снижение отрицательных последствий антропогенного (техногенного) воздействия, а также нежелательных природных явлений направлена работа коллектива Лаборатории экологии техногенных растительных сообществ (ЭТРС) Уральского отделения РАН. Тематика научных исследований лаборатории включает следующие три направления.

- Разработка экологических основ формирования устойчивых культур фитоценозов на нарушенных землях.
- Изучение структурно-функциональной организации и динамики растительных сообществ в условиях техногенного стресса. Организация мониторинга состояния и динамики лесных экосистем в крупных промышленных центрах Урала и Сибири.
- Изучение внутривидовой изменчивости и закономерностей формирования популяционной структуры лесообразующих видов (сосны, березы) с целью создания целостной системы объектов для сохранения биоразнообразия и генофонда древесных растений (Мамаев, Ирошников, Махнев, 2001).

В рамках двух последних из перечисленных выше направлений НИР лаборатория ЭТРС в содружестве со специалистами государственной лесной службы КПП по Тюменской области в шести лесхозах подтаежных и лесостепных лесов на постоянных опытных объектах в сосновых и березовых лесах изучает популяционную структуру насаждений и восстановительно-возрастную динамику подроста под пологом древостоев, на лесосеках постепенных рубок обновления и после пожаров с целью разработки мероприятий, направленных на повышение устойчивости и защитных свойств лесов лесостепной зоны Западной Сибири.

Нами установлено, что в условиях лесостепного ландшафта возникновение и устойчивое существование сосновых островных лесов и переход к колочным формам существования березово-осиновых насаждений на значительном удалении от русел рек, тес-

но связано с поднятием суши Тоболо-Ишимского междуречья и наличием здесь песчаных отложений четвертичного и послечетвертичного периодов. На современном этапе развития островных боров верхний песчаный горизонт, толщиной от 0,5 до 2,0 м, обеспечивает сравнительно хорошую дренированность корнеобитаемого слоя почв, а плодородные подстилающие суглинки и глины – высокую продуктивность сосновых древостоев. На водоразделах, за пределами песчаных почв, формируются смешанные и чистые березовые насаждения колочного типа.

В последние 150 лет процессы возобновления сосны во всех изученных нами островных борах проходили в весьма близких эдафических условиях. При этом высокополнотные сосновые насаждения формировались длительный период времени. В сухих и периодически свежих сосняках с неустойчивым водным режимом в верхних горизонтах почвы и в толстом (до 12 см) слое грубогумусной лесной подстилки сформировались преимущественно чистые по составу древостои сосны, при этом на 63–69 % лесопокрытой площади они одноярусные и разновозрастные, а на 5–14 % – двухъярусные, сложные по форме строения. С повышением влажности и трофности почв в составе сосняков увеличивается участие лиственных пород и сокращается площадь разновозрастных насаждений. В устойчиво свежих ягодно-мшистом, зеленомошниковом и вейниковом сосняках площадь чистых по составу древостоев в настоящее время составляет 42–77 %. Одноярусные и разновозрастные сформировались на площади, составляющей 35–47 %, а двухъярусные сложные по форме древостои – на площади от 3 до 12 %. В свежем периодически влажном сосняке разнотравном преобладают средне- и низкополнотные сосново-березовые древостои, в которых доля разновозрастных не превышает 39 %, а абсолютно разновозрастные встречаются не более чем на 3 % площади. Процессам возобновления здесь препятствует дернина злаковых трав.

В настоящее время, по изложенным причинам, в брусничной группе типов леса 20 %, а в зеленомошниковой – 26–33 % вы-

делов эксплуатационного фонда не имеют соснового подроста. Это, в основном, высокополнотные древостои. Равномерно-постепенные рубки умеренной интенсивности благоприятно влияют на процессы минерализации лесной подстилки и возобновляемость сосны под пологом материнских древостоев.

В древостоях брусничной и зеленомошниковой групп типов леса мы рекомендуем проводить постепенные рубки обновления. В высокополнотных древостоях с полнотой 0,8-1,0 в первый прием должно проводиться равномерное разреживание верхнего яруса древостоя; в зеленомошниковой группе типов леса до полноты 0,7, в брусничной – до 0,6 с учетом площади волоков. В пасеках лесосек полнота древостоя должна быть 0,8 и 0,7 соответственно группе типов леса. Во второй и последующие приемы рубка должна проводиться группово-постепенным способом до полной замены материнского древостоя.

Минерализация почвы практически во всех брусничных и зеленомошниковых типах леса дает положительные результаты. Например, в зеленомошниковой группе типов леса на полосах, минерализованных плугом ПКЛ-70, насчитывается до 172 тыс. всходов сосны на 1 га. Это почти в 13 раз больше в сравнении с неминерализованными участками лесосек и в 18,7 раза больше в сравнении с контрольными без рубки древостоями. В других типах леса самосева меньше. В сухих типах леса он частично погибает от недостатка влаги в верхних горизонтах почвы, а в периодически влажных – под войлоком трав.

В сосняке разнотравном под пологом древостоев общая численность всходов, самосева и подроста сосны к возрасту рубки древостоя не превышает $1,7 \pm 0,26$ тыс. шт./га. Это ниже нормативного критерия достаточности. Его численность, необходимая для естественного лесовосстановления, образуется и сохраняется только в высокополнотных древостоях. При полноте менее 0,7 его численность резко снижается, начинают интенсивно развиваться вейники и ма-

лина, уплотняется почва, а при полноте 0,5 и ниже возобновление сосны прекращается. В таких древостоях в подросте преобладают порослевые лиственные древесные породы. Следовательно, постепенные и добровольно-выборочная рубки в этом типе леса дают отрицательный лесоводственный эффект и проводить их здесь нецелесообразно. В средне- и низкополнотных сосняках разнотравном и близких по лесорастительным условиям типам леса мы рекомендуем рубку древостоев проводить узколесосечным способом с последующей посадкой культур сосны крупномерным посадочным материалом.

Следует отметить, что сосновые островные боры расположены в аридной лесостепной зоне, где испарение влаги в два раза превышает сумму выпадающих осадков, а в возобновительный период часто теплая погода резко сменяется на холодную с минусовой температурой. Все это отрицательно влияет на периодичность и урожайность семеношения сосны, устойчивость и направленность возобновительных процессов и сохранность нового поколения леса и, несомненно, является одной из причин формирования разновозрастных древостоев в сухих и периодически свежих сосняках, а также нежелательной смены сосны на лиственные древесные породы в периодически влажных, формирование островных, колючих лесов и березово-осиновых займищ (Куликов, Пономарев, 1997).

По мнению С.Н. Санникова и Н.С. Санниковой (1985), в популяционном отношении островные сосновые леса Тоболо-Ишимского лесостепного междуречья представлены в основном местной сосной. Для сохранения ее генофонда нами разработаны Рекомендации по рубкам обновления и реформирования (Куликов и др., 2000).

Однако сосновые и сосново-березовые леса в Зауралье сохранились лишь на расстоянии 30–50 км от русел рек. На водоразделах господствуют березовые разновозрастные насаждения порослевого и смешанного происхождения III-IV реже II классов бонитета. С 2001 г. лаборатория ЭТРС возобновила здесь исследования. Из-

вестно, что под березовыми лесами в результате слабой дренированности почв распространены солонцы, солоды и почвы полигидроморфного типа – темно-серые лесные осолоделые и лугово-черноземные. На первом этапе работ установлено, что основным отрицательным моментом в березовых колочных лесах является наличие в них более 50 % спелых и перестойных древостоев вегетативного происхождения с нежизнеспособным подростом под пологом.

В селекционно-генетическом отношении березняки Зауралья представляют довольно уникальное явление. Здесь нами идентифицировано 4 группы популяций березы повислой и 5 групп популяций березы пушистой. Встречаются также береза Крылова и формы плосколистовидная и капокорешковая (Махнев, 1987).

Для охраны генофонда и биоразнообразия белых берез на ближайшую перспективу планируется осуществить в рамках соответствующих программ опытных и опытно-промышленных работ ряд мероприятий, направленных на оптимизацию способов и возраста рубок обновления и реформирования березняков, методов естественного и искусственного лесовозобновления путем создания преимущественно смешанных сосново-березовых и елово-березовых насаждений и введения в естественные березовые древостои здоровой формы осины типа ивантеев-

ской, черного тополя и других древесных пород, адаптированных к жестким климатическим и неблагоприятным почвенным условиям лесостепной зоны Урала и Зауралья.

Литература

1. Куликов Г.М., Пономарев К.А., Лесовосстановительные процессы в островных борах Западной Сибири // Исследование лесов Урала. – Екатеринбург, 1997. – С. 61.
2. Куликов Г.М. и др. Рекомендации по рубкам обновления и реформирования в лесах I группы Урала и Зауралья. – Екатеринбург, 2000. – 15 с.
3. Мамаев С.А., Ирошников А.И., Махнев А.К. Итоги и задачи сохранения генофонда древесных пород в РФ // Лесная генетика и селекция на рубеже тысячелетий. Тез. докл. научн.-практич. конференции. – Воронеж: НИИЛГ и С, 2001. – С. 4.
4. Махнев А.К. Внутривидовая изменчивость и популяционная структура берез секции *Alboe* и *Nanae* – М.: Наука, 1987. – 128 с.
5. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. Вып. 1. Введение в биологию леса. – СПб, 1912.
6. Морозов Г.Ф. Биология наших лесных пород. Из серии «Библиотека натуралиста». – СПб, 1914.
7. Морозов Г.Ф. Роль вмешательства человека в жизнь леса // Лесопромышленный вестник. – 1914. – № 8.
8. Морозов Г.Ф. О типологическом изучении лесов // Труды Костромского общества по изучению местного края. – Вып. 6. – 1917.
9. Санников С.Н., Санникова Н.С. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса. – М.: Наука, 1985. – 149 с.
10. Чижов Б.Е. Лес и нефть Ханты-Мансийского автономного округа. – Тюмень, 1998. – 144 с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Г.Г. ТЕРЕХОВ, *отдел лесоведения Ботанического сада УрО РАН*

Промышленная эксплуатация лесов продолжается на Урале более 300 лет, наиболее интенсивно осваивались высокопроизводительные древостои. Начиная с 30-х годов XX в., здесь широко применяются, в том числе, в горных условиях, концентрированные сплошные рубки. До начала 90-х годов ежегодно леса вырубались на площади 250-270 тыс. га, а в последние 25 лет заго-

товка древесины выполнялась на огромных площадях с помощью агрегатной техники, после которой длительное время сохраняется резко нарушенная экологическая среда (Данилик и др., 1987 ; Терехов , 1989; Побединский, 1995; Обыденников, Тибуков, 1996).

По мнению Б.П. Колесникова (1969), «все возрастающие масштабы эксплуатации

лесов приводят или привели к нарушению естественных лесовосстановительных потенциалов природы». В результате антропогенного воздействия и других факторов, при высоких естественных потенциалах возобновления хвойных пород в лесной зоне Урала, отмечается их интенсивная смена малоценными мягколиственными породами на огромных площадях и почти во всех лесорастительных подзонах (Санников, 1961; Данилик, 1968; Исаева, Луганский, 1975а, 1975б; Ковалев, 1989; Луганский и др., 1994).

Уральские леса в научной литературе длительное время рассматривались лишь как источник древесного сырья и только в последние 40 лет они оцениваются комплексно, то есть с учетом их защитных и социально-гигиенических функций (Побединский, 1966, 1970; Колесников, 1968, 1973, 1978; Данилик, 1968а, 1968б; Мурзаева, 1969). При этом значительное внимание уделяется зонально-географической системе как основе интенсификации лесного хозяйства, в том числе, при решении вопросов восстановления леса естественным или искусственным путем. Решение данных вопросов отвечает общей концепции ведения лесного хозяйства на региональной зонально-типологической основе (Колесников и др., 1973; Коновалов, Шебалов, 1973, 1975; Колесников, 1978; Луганский и др., 198 ; Моисеев, Побединский, 1982; Исаева, 1984; Фрейберг, Терехов, 1998).

Темнохвойные леса являются господствующей коренной формацией горной полосы Урала (Зубарева, 1967). Площадь елово-пихтовых насаждений только в Свердловской области составляет 1,9 млн. га (18,5 % от общей площади лесного фонда). Эти леса являются одним из основных элементов биосферы, выполняя, кроме сырьевого значения, важнейшие водоохранно-защитные функции, значение которых в условиях Урала с высокой степенью урбанизации особенно важно, поскольку здесь формируются водные источники Волжско-Камского бассейна на западе и Обского бассейна на востоке. До настоящего времени в этих лесах широко применяются сплошные

рубки с высокой степенью концентрации тяжелой гусеничной техники, уничтожающей почти полностью подрост, разрушающей почвенный покров до 70 % площади на лесосеках, оставляющей большое количество (13-84 м³ /га) порубочных остатков и высокие пни (Терехов, 1989). Основным способом восстановления леса – хвойно-лиственными породами, однако почти на трети всех вырубок создаются лесные культуры.

История лесокультурного дела на Урале насчитывает более чем 180-летний период. Основоположником искусственного лесовосстановления от опытных посевов до промышленных объемов (30-400 га в год) на Урале является И.И. Шульц, который внес неоценимый вклад в теорию и практику лесокультурного дела. В период работы им были составлены наставления о сборе семян сосны, методах создания лесных культур, способах обработки почвы; сконструированы лесная ручная сеялка и специальные грабли для срезания кочек, передвижная шишкосушилка и веялка лесная (Егоров, 1969; Теринов, 1979; Чернов, 1995).

За 40-летний период его деятельности лесничим и главным лесничим в разных лесных дачах Урала были проведены работы по выращиванию леса искусственным путем на площади около 15 тыс. га.

Выдающаяся роль в развитии и организации лесокультурного дела принадлежит главному лесничему имения Строгановых в Пермской губернии А.Е. Теплоухову и его сыну Федору. Наибольшее внимание они уделяли разработке агротехники выращивания посадочного материала и создания лесных культур. А.Е. Теплоуховым впервые была обоснована идея создания лесных культур на суглинистых почвах дичками с комом почвы, а также сеянцами и саженцами различных древесно-кустарниковых пород, выращенных в лесных питомниках. Посевы семян сосны и ели проводились с покровной культурой – овсом. Ф.А. Теплоуховым были совершенствованы многие лесокультурные приемы: организация питомников, выкопка, подготовка и перевозка посадочного материала на лесокультурную площадь; густота

размещения растений и схемы смешения пород (Егоров, 1969; Чернов, 1998).

Большой вклад в развитие лесокультурного дела на Урале в XIX и в начале XX столетия внесли последователи и ученики И.И. Шульца, отца и сына Теплоуховых – Н.Г. Мальгин, В.Ф. Овсянников, Н. Агеев, Ф.Г. Гилев и многие другие.

Несмотря на богатый опыт лесоводов XIX в. длительное время на вырубках темнохвойных лесов в XX в. создавались культуры сосны посевом или посадкой, лишь с конца 70-х годов эта тенденция начала изменяться в сторону коренной породы – ели. При этом в лесокультурной практике использовались шаблонные упрощенные технологии при промышленном лесовосстановлении с низким уровнем механизации работ на посадке и уходах. Результаты исследований производственного опыта восстановления леса (Путятин и др., 1975; Макаров, Терехов, 1977) свидетельствуют о низкой лесоводственной эффективности культур сосны на большей части участков и невысокой – ели. Недостатков в лесокультурном производстве достаточно много, однако основной причиной, на наш взгляд, является то, что оно проводилось без учета природных особенностей, не учитывалось положение о единстве растительных организмов и среды обитания (Редько, 1977).

Нами (Терехов, 1988), по результатам многолетних исследований для четырех основных групп типов леса: липняковой, ягодниковой, разнотравной и травяно-зеленомошниковой на зональной основе, составлены рекомендации по созданию и выращиванию устойчивых культурценозов ели сибирской, которые апробированы на десятках площадях и успешно внедряются. Особенностью их является, прежде всего, создание культур ели на вырубках 4-5-летней давности с наличием поросли лиственных пород средней высотой около 1 м и сомкнутостью крон 25-30 % площади. В этих условиях уменьшается кратность и интенсивность повреждения ели поздневесенними заморозками; значительно повышается качество подготовки (расчистки) площади и обработки

почвы. Расчистка площади проводится поперек склонов с минимальной степенью минерализации их на ширину до 2,5 м при однорядной посадке и до 6 м – при двухрядной. При этом полосы получаются более прямолинейными, чем на свежих вырубках. Обработка почвы на дерново-подзолистых легкосуглинистых свежих почвах – бороздами, минполосами глубиной до 10 см, на средне- и тяжелосуглинистых – образование микроповышений (гряды высотой не менее 40 см, пласты и валы – не менее 20 см). Культуры в первом случае создаются механизированным способом или вручную стандартными 3-летними или укрупненными 4-летними сеянцами (с подрезанной корневой системой после 3 года выращивания в посевном отделении) в количестве 5 и 4 тыс. экземпляров в 1 га, во втором, в основном вручную, укрупненными сеянцами и 5-летними (3+2) саженцами в количестве 4 и 3 тыс. экз. на 1 га. Агротехнические уходы за культурами, созданными с использованием сажалок, проводятся с помощью культиваторов, в остальных случаях – вручную, а лесоводственные уходы (осветление в междурядьях) – с помощью катков осветлителей, в рядах – секорами.

Опытно-производственные культуры ели сибирской, созданные по рекомендуемым технологиям на территории Шамарского, Шалинского (Староуткинского), Билимбаевского, Новоуральского и Нижнетагильского лесхозов Свердловского управления лесами на площади более 100 га, свидетельствуют о высокой лесоводственной эффективности (приживаемость деревьев не менее 70 %). При переводе в покрытые лесом земли по ОСТ 56-99-93 «Культуры лесные. Оценка качества» большинство участков соответствовало первому классу качества, около 20 % – отличного состояния и 25 % – 2-му классу качества. Культуры ели 10-летнего возраста в ягодниковой и разнотравной группах типов леса превышали по высоте в 1,5-2,0 раза критерии, установленные ОСТом. Наибольшее число деревьев (до 70 %), поврежденных поздневесенними заморозками, отмечено в травяно-зеленомошной группе типов леса, а

наименьшее (около 20 %) – в ягодниковой. Первое осветление культур, созданных по пластам, проводилось коридорным способом в 7-8-летнем возрасте, по центру технологических полос – 9-11-летнем возрасте. Ширина коридоров в первом случае составила около 1 кратной высоты, во втором – 1,5. После рубок ухода у культур ели резко увеличилось приросты по высоте, диаметру. Повторный лесоводственный уход возможен в конце первого класса возраста культур.

С 9-11-летнего возраста у отдельных деревьев (лидеры по высоте) ели по микроповышениям отмечено начало плодоношения, а в конце первого класса возраста доля плодоносящих деревьев возросла в среднем до 19 % (минимально 11 %, максимально – 37 %) от общего числа учтенных. При этом количество шишек на одном дереве увеличилось с 1-2 шт. до 11-42 шт.

Таким образом, состояние 15-20-летних культур ели сибирской, произрастающих в разных типах леса, свидетельствует об их устойчивом положении в составе естественных лесных сообществ при своевременном регулировании численности лесных пород.

Литература

1. Данилик В.Н. Березовые леса Бисертского леспромхоза и основные принципы ведения хозяйства в них / Леса Урала и хозяйства в них – Свердловск. – 1968. – Вып. 1. – С. 60–73.
2. Данилик В.Н. Способы рубок и технология лесосечных работ в горных лесах Урала / Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 2. – Свердловск, 1968. – С. 78–80.
3. Данилик В.Н. О влиянии способов рубок на возобновление в горных темнохвойных лесах Южного и Среднего Урала / Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 3. – Свердловск, 1969. – С. 5–14.
4. Данилик В.Н., Макаренко Г.Л., Мурзаева М.К., Теринов Н.И., Толкач О.В. Изменение водоохранно-защитной роли лесов Среднего и Южного Урала под влиянием хозяйственных мероприятий // Средообразующая роль лесов и ее изменения под влиянием антропогенных воздействий / Научные труды ВНИИЛМ. – М. – 1987. – С. 3–21.
5. Егоров М.Н. К вопросу истории лесных культур Билимбаевской дачи // Труды аспирантов и соискателей УЛТИ. – Свердловск.: 1969. – С. 31–34.
6. Зубарева Р.С. Лесорастительные условия и типы темнохвойных лесов горной полосы Среднего Урала // Типы и динамика лесов Урала и Зауралья / Труды Института Экологии растений и животных. – Свердловск, 1967. – Вып. 53. – С. 13–87.
7. Исаева Р.П. Рекомендации по ведению лесного хозяйства на зонально-типологической основе в лесах Свердловской области. – М., 1984. – 56 с.
8. Исаева Р.П. Луганский Н.А. Процессы естественного возобновления леса в подзоне сосново-березовых предлесостепных лесов // Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 8. – Свердловск, 1975. – С. 10–34.
9. Исаева Р.П. Луганский Н.А. Естественные лесовосстановительные процессы в подзонах Южной тайги и темнохвойно-широколиственных лесов Урала / Лесообразовательный процесс на Урале и в Зауралье. – Свердловск, 1975. – С. 94–128.
10. Ковалев Б.А. Таежным лесам – надежную защиту // Лесное хозяйство. – 1989. – № 12. – С. 9–11.
11. Колесников Б.П. Лесоводственные основы рационального использования лесных ресурсов Урала // Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 1. – Свердловск, 1968. – С. 5–19.
12. Колесников Б.П. Лесохозяйственные области таежной зоны СССР и система лесного хозяйства в аспекте долгосрочных прогнозов // Информационный бюллетень Научного Совета по комплексному освоению таежных территорий. – Вып. 2. – Иркутск, 1969. – С. 9–39.
13. Колесников Б.П. О комплексном районировании лесных территорий // Вопросы лесоведения. Т. 2. – Красноярск, 1973. – С. 37–45.
14. Колесников Б.П. Зонально-географические системы ведения лесного хозяйства – научная основа его интенсификации на Урале // Леса Урала и хозяйство в них. Вып. 11. – Свердловск, 1978. – С. 5–17.
15. Колесников Б.П. Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: Практическое руководство. – Свердловск, 1973. – 177 с.
16. Коновалов Н.А., Шебалов А.М. Типы лесорастительных условий – основа производства лесных культур // Леса Урала и хозяйство в них. – Свердловск, 1975. – Вып. 8. – С. 108–116.
17. Луганский Н.А., Данилик В.Н., Исаева Р.П. Основные положения по ведению лесного хозяйства в лесах Урала / Проблемы развития производительных сил Урала на перспективу до 1990-2000 гг. (с учетом прилегающих территорий) – М., 1980. – С. 46–51.
18. Луганский Н.А., Теринов Н.И., Залесов С.В., Куликов Г. – М. Основные тенденции динамики лесного фонда Свердловской области и пути оптимизации лесопользования // Леса Урала и хозяйство в них. – Свердловск, 1994. – Вып. 17. – С. 4–23.

19. Макаров В.А. Терехов Г.Г. Лесоводственная и экономическая оценка технологии создания культур сосны в таежной зоне Урала // Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 10.– Свердловск, 1977. – С. 124–131.
20. Моисеев Н.А., Побединский А.В. Региональные системы хозяйственных мероприятий на зонально-типологической основе / Организация и ведение лесного хозяйства на зонально-типологической основе. – М., 1982. – С. 342.
21. Мурзаева М.К. Влияние различных способов рубок и технологии лесосечных работ на повреждение поверхности почвы и ее водно-физические свойства // Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 3.– Свердловск, 1969. – С. 15–21.
22. Обыденников В.И., Тибуков А.В. Смена растительного покрова в ельниках после сплошных рубок агрегатной техникой // Лесоведение. – 1996. – № 2. – С 3–12.
23. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. 2-е изд., дополненное и переработанное. – М., 1966. – 62 С.
24. Побединский А.В. Влияние способов рубок на изменение водоохранно-защитной роли горных лесов Урала // Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 5.– Свердловск, 1970. – С. 5–9.
25. Побединский А.В. Лесоводственно-экологическая оценка влияния лесозаготовительной техники на почвенно-растительный покров // Лесное хозяйство. – 1995. – № 3. – С. 30–33.
26. Путьтин Ю.П., Путьтина Э.И., Терехов Г.Г. Анализ опыта создания лесных культур в горной части таежной зоны Урала // Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 8.– Свердловск, 1975. – С. 129–141.
27. Редько Г.И. Районирование и проектирование лесокультурных работ в СССР. – Л.: ЛТА, 1977. – 40 с.
28. Санников С.Н. Естественное возобновление сосны и меры содействия ему в Припышминских борах. – Свердловск, 1961. – 71 с.
29. Терехов Г.Г. Рекомендации по проектированию лесокультурных комплексов в лесной зоне Свердловской области. – Свердловск, 1988. – 29 с.
30. Терехов Г.Г. Характеристика состояния вырубков после заготовки леса агрегатной техникой и лесовосстановление на них / Ускорение социально-экономического развития Урала: Доклады Всесоюзной научно-практической конференции. 16-18 ноября 1989 г. Секция 3. Рациональное природопользование и охрана окружающей среды. Ч. 1. – Свердловск, 1989. – С. 106–108.
31. Теринов Н.И. Памяти Шульца И.И. // Лесное хозяйство. – 1979. – № 1 – С. 78–79.
32. Фрейберг И.А., Терехов Г.Г. Эколого-лесоводственные основы воспроизводства лесов Урала // Леса Урала и хозяйство в них. – Вып. 20.– Екатеринбург, 1998.– С. 152–159.
33. Чернов Н.Н. Краткая история лесокультурного дела на Урале. – Екатеринбург, 1995. – 78 с.
34. Чернов Н.Н. Лесные культуры на Урале. Т. 1. – Екатеринбург, 1998. – 542 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ ЛЕСОСЕМЕННОЙ БАЗЫ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

В.Ф. КОНОВАЛОВ, профессор Башкирского ГАУ, д.с.-х.н.

В Республике Башкортостан произрастают два вида берез – береза повислая (*Betula pendula* Roth.) и береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.).

Преобладающей и наиболее важной в хозяйственном отношении является береза повислая. Данный вид характеризуется широкой внутривидовой изменчивостью и формовым разнообразием.

В естественных и искусственных березовых насаждениях республики по данному признаку выделены 3 основные группы деревьев березы повислой: 1 – деревья наиболее сильного роста с ромбовидной трещи-

новатостью коры и бересты – ромбовиднотрещиноватые формы; 2 – деревья сильного роста с гладкой берестой или с неглубокой продольной трещиноватостью коры у основания ствола – гладкокорые формы; 3 – деревья замедленного роста с груботрещиноватой корой с глубокими продольными трещинами в нижней части ствола – грубокорые формы.

Циклические изменения солнечной активности, определяющие глобальные атмосферные процессы, усиление антропогенного и биотического воздействия на лесные фитоценозы, общее ухудшение экологиче-

ской обстановки и интенсивная эксплуатация березовых древостоев в последние десятилетия привели к упрощению их фенотипической структуры, снижению устойчивости и ухудшению качественного и санитарного состояния, сокращению и частичной утраты ценных генотипов и аллелей вида.

Поэтому в современных условиях актуальными являются вопросы сохранения генофонда березы повислой и организации лесосеменной базы вида на основе устойчивых и высокопродуктивных березовых насаждений, выделенных в процессе их селекционной инвентаризации.

При проведении селекционной инвентаризации проводится отбор наиболее лучших деревьев березы повислой с последующим их выделением и зачислением в категорию плюсовых, имеющих важное значение в селекции и разведении данного вида (Яблоков, 1962; Косников, 1987; Котов, 1997; Указания..., 2000; Коновалов, 2002). На 1 января 2000г., по данным «Центролессема», в различных регионах России, в том числе и в Республике Башкортостан, выделены 449 плюсовых деревьев березы повислой.

Отбор плюсовых деревьев березы повислой необходимо проводить во всех лесорастительных условиях, но стремиться к их концентрации в пределах лучших и наиболее хорошо сохранившихся её естественных популяций. Это позволит обеспечить в дальнейшем высокую популяционную однородность семенных деревьев вида на формируемых лесосеменных плантациях.

Для березы повислой, обладающей высоким полиморфизмом, целесообразно выделять плюсовые деревья двух групп:

1 – деревья с прямослойной древесиной, лучшие из феноформ вида по всему комплексу таксационных показателей, с диаметром, превышающим среднее значение для древостоя на 30 % и высотой – на 10 %, с протяженностью бессучковой зоны не менее 50 % и расположением остроугольных бровок не менее 40 % длины ствола;

2 – плюсовые деревья с волнисто-свилеватой древесиной, средние по качеству древесного ствола, имеющие не ниже средних для древостоя и данной феноформы биометрические показатели диаметра и высоты дерева.

На первом этапе отбора оценку деревьев березы повислой и распределение их по селекционным категориям проводят по совокупности внешних признаков, то есть по фенотипу.

В ряде лесхозов Республики Башкортостан проведены работы по выделению плюсовых деревьев, насаждений и ПЛСУ березы повислой, обобщенные и систематизированные З.С. Чурагуловой (1998).

Анализ проведенной работы по отбору плюсовых деревьев березы повислой в лесхозах Республики Башкортостан (табл. 1) показывает, что в естественных популяциях березняков встречается незначительное количество ее особей, являющихся кандидатами в категорию элитных представителей вида.

Имеющийся фонд плюсовых деревьев (65) березы повислой является источником заготовки ее семян с улучшенными селекционно-генетическими свойствами. Наряду с выделением плюсовых деревьев березы повислой проводится работа по выделению плюсовых насаждений данного вида. На 1 января 2000г. в различных регионах России, включая Башкортостан, плюсовые насаждения березы повислой выделены на 149га.

Плюсовые насаждения березы повислой в ряде лесхозов Республики Башкортостан выделены на площади 56,6га (табл. 2).

Данные насаждения являются высокопродуктивными и высококачественными для лесорастительных условий указанных лесхозов и выделены как семенные заказники.

Количество аттестованных плюсовых деревьев березы повислой

Лесхоз Лесничество	Номер квартала	Номер выдела	Количество плюсовых деревьев, шт.	Год аттестации
Абзелиловский				
Кизильское	34	21	1	1979
Кирдасовское	34	43	5	1994
Аскинский				
Тюйское	66	6	5	1986
Аургазинский				
Тукаевское	8	19	3	1998
Тукаевское	29	11	2	1998
Бакалинский				
Бакалинское	41	7	3	1997
Баймакский				
Сибайское	30	10	5	1987
Сибайское	72	7	5	1989
Сибайское	72	8	5	1991
Ермекеевский				
Суккуловское	48	7	5	1993
Илишевский				
Турачинское	61	8	2	1979
Инзерский				
Дубинское	37	12	4	1989
Кигинский				
Леузинское	100	75	5	1985
Леузинское	56	16	5	1986
Леузинское	118	35	5	1986
Стерлитамакский				
Куганакское	9	13	5	1986

Выделенные плюсовые насаждения березы повислой

Лесхозы Лесничество	Номер квартала	Номер выдела	Площадь, га	Год аттестации
Абзелиловский				
Кирдасовское	34	43	11,0	1994
Аскинский				
Тюйское	66	6	5,0	1986
Аургазинский				
Тукаевское	82	19	5,0	1998
Бакалинский				
Сибайское	66	10	5,0	1998
Ермекеевский				
Суккуловское	48	7	5,0	1993
Кигинский				
Леузинское	56	16	5,0	1986
Леузинское	118	35	4,0	1989
Кигинское	107	32	5,0	1987
Стерлитамакский				
Куганакское	48	7	5,0	1993
Миякинский				
Миякибашевское	74	42	5,5	1992
Миякибашевское	45	12	2,0	1992
Миякибашевское	28	14	1,9	1992
Миякибашевское	28	16	0,9	1992

Лесосеменные заказники березы повислой

Лесхоз	Лесничество	Квартал	Выдел	Площадь, га	Год аттестации	Плюсовые деревья	
						количество, шт.	год аттестации
Абзелиловский	Кирдасовское	34	43	11,0	1994	6	1994
Баймакский	Сибайское	66	10	5,0	1991	15	1991

Т а б л и ц а 4

Постоянные лесосеменные участки березы повислой

Лесхоз Лесничество	Номер квартала	Номер выдела	Площадь, га	Год закладки
Абзелиловский Кирдасовское	34	36	11,0	1980
Калтасинский Калтасинское Чумарское	26 92	24 4	5,0 5,0	1988 1990
Павловский Павловское	81	3	5,0	1989
Стерлитамакский Стерлитамакское	Колхозные леса		5,0	1993
Янаульский Кармановский Кармановское	118 118	13 15	5,0 10,0	1987 1989

Данные плюсовые насаждения березы повислой рекомендованы в качестве генетических резерватов с целью сохранности элитных материнских деревьев как источника получения высококачественных семян для создания лесосеменных плантаций.

В ряде лесхозов Башкирского Зауралья выделены плюсовые насаждения (16га), оформленные в установленном порядке в качестве лесосеменных заказников (табл. 3).

Объектами постоянной лесосеменной базы наряду с плюсовыми насаждениями, выделенными в семенные заказники, являются постоянные лесосеменные участки (ПЛСУ), специально сформированные в высокопродуктивных естественных насаждениях и лесных культурах известного происхождения. По состоянию на 1 января 2000 года в России постоянные лесосеменные участки березы сформированы на площади 37,8га, лесосеменные плантации созданы на 5,2га.

Постоянные лесосеменные участки березы повислой в лесхозах Республики

Башкортостан выделены на площади 46 га (табл. 4). Они являются объектами постоянной лесосеменной базы березы повислой и используются для массовой заготовки ее семян с улучшенными наследственными свойствами.

При отводе и формировании лесосеменных участков рекомендуется отдавать предпочтение насаждениям с преобладанием хозяйственноценных форм березы повислой – ромбовиднотрещиноватых, гладкокорых и грубокорых, характеризующихся повышенной энергией линейного и радиального роста, наличием высококачественных стволов с прямослойной и узорчатой волнисто-свилеватой текстурой древесины.

Непродуктивные и низкокачественные деревья названных и других переходных форм березы повислой, произрастающие на лесосеменных участках, подлежат удалению путем проведения селекционных рубок ухода во избежание нежелательного опыления лучших особей вида.

На лесосеменных участках после селекционной оценки деревьев и установления их принадлежности к перспективным феноформам рекомендуется проводить сбор семян отдельно по каждой форме березы повислой, формируя однотипные партии и обеспечивая их раздельное хранение.

Для более эффективного использования наследственных свойств феноформ березы повислой необходимо проводить раздельный посев семян по формам вида. Такой подход позволяет ослабить конкуренцию между деревьями различных форм березы повислой и усилить ее в пределах каждой из них, что обеспечивает лучшую приспособляемость и устойчивость насаждения в целом. Сортность семян березы повислой, заготавливаемых с ПЛСУ, должна определяться не только оценкой их посевных качеств, но и процентом выхода в последующем ее хозяйственноценных форм, особенно грубокорых, имеющих узорчатую волнисто-свилеватую текстуру древесины.

Составление соответствующей документации на ПЛСУ и оформление в натуре намеченных лесных участков проводят в соответствии с Указаниями о порядке отбора и учета лесосеменных объектов в Российской Федерации (1995г.) и требованиями ОСТ 56-35-96 «Участки лесные семенные постоянные основных лесообразующих пород» (1996г.).

Таким образом, система селекционно-семеноводческой работы с березой повислой

основана на сохранении генофонда вида в ареале его распространения.

Она базируется на комплексном применении индивидуального, группового и массового отбора ее хозяйственноценных форм. При индивидуальном отборе в насаждениях выделяются плюсовые деревья березы повислой, при групповом и массовом – плюсовые насаждения вида. С плюсовых деревьев березы повислой производится сбор семян с целью закладки лесосеменных плантаций. Семена, собранные с плюсовых деревьев березы повислой на постоянных лесосеменных объектах (ЛСП и ПЛСУ), используются для создания высокопродуктивных лесных культур данного вида.

Литература

1. Коновалов В.Ф., Чурагулова З.С. Сохранение генофонда березы повислой в Республике Башкортостан //Интеграция науки и высшего лесотехнического образования, инновационная деятельность на предприятиях лесного комплекса: Материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием, 24–26 сентября 2002 г.: В 2 т. – Т.1.– Воронеж: ВГЛТА, 2002. – С. 174–178.
2. Косников Б.И. Создание ЛСП в засушливых условиях Западной Сибири // Лесное хозяйство. – 1987. – № 3 – С. 31–34.
3. Котов М. М. Генетика и селекция. Часть 2.: Учебник для вузов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1997. – 108 с.
4. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. – М.: Рослесхоз, 2000. – 197 с.
5. Чурагулова З.С. О защитном лесоразведении в Башкирском Зауралье. – Уфа, 1998. – 93 с.
6. Яблоков А.С. Селекция древесных пород. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 305 с.

СОРТИМЕНТНАЯ И ТОВАРНАЯ СТРУКТУРА БЕРЕЗНЯКОВ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

В.Ф. КОНОВАЛОВ, профессор Башкирского ГАУ, д. с.-х. н.,
А.С. МАГАФУРОВ, доцент Башкирского ГАУ, к. с.-х. н.

Организация рационального использования лесов базируется на изучении лесных ресурсов. Одним из главных показателей лесных ресурсов является товарная структура запаса древостоя элемента леса, которая характеризуется выходом деловой древесины по категориям крупности, сортам

лесоматериалов, по назначению (сортиментов) и дровяной древесины.

Значительная доля лесных площадей Республики Башкортостан (20,5%), занятых берёзовыми насаждениями, находятся в Башкирском Предуралье.

Для данной природной зоны товарная структура березняков недостаточно изучена. В регионе используются всеобщие таблицы товарности березовых насаждений, разработанные Н.П. Анучиным (1981), сортиментные и товарные таблицы П.М. Верхунова (1997) для горных лесов Южного Урала.

Для равнинных лесов Башкирского Предуралья соответствующие лесотаксационные нормативы не составлялись.

В основу предлагаемых нами сортиментных таблиц берёзы для равнинных лесов Урала положена структура потребления различных лесоматериалов в народном хозяйстве исследуемого региона (таблица 1). При этом также учитывалась распространённость в древостоях сортообразующих пороков древесины.

Наиболее распространёнными пороками древесины, разрушающих целостность лесоматериалов и увеличивающих количество отходов, являются стволовая гниль, кривизна и сучки. Поэтому для рационального использования древесины в этих древостоях следует получать возможно большее число лесоматериалов, используемых в круглом виде.

На основании полученных экспериментальных данных, в разрабатываемых нами нормативах наиболее ценные сортименты (фанерный и клёпочный кряжи) заготавливались из крупной деловой древесины первого сорта. Остальные категории крупной деловой древесины использовались в виде пиловочника. Строительный лес заготавливался из средней – 1 и средней – 2 деловой древесины.

Т а б л и ц а 1

Объём заготовок лесопродукции в Республике Башкортостан

Наименование лесопродукции	Объём заготовок, тыс.м ³
Фанерный кряж	8,6
Пиломатериалы	16,1
Штакетник	8,4
Стройбревно	7,9
Деловая древесина	33,2

Мелкая деловая древесина отнесена к подтоварнику.

Наши исследования (табл. 2) показывают, что выход сортиментов в различных типах лесорастительных условий резко отличается.

Выход пиловочника по типам леса в ступени толщиной 52 см в древостоях 3 разряда высот составляет: в разнотравном – 38,1 %, ягодниковом – 40,4 % и крупнотравно-приручьевом – 46,8 %. Наибольший выход балансовой древесины во всех типах леса отмечен в ступени толщиной 12 см. На долю разнотравного типа леса приходится от 0,1 % до 54,1 %, в ягодниковом этот процент варьирует от 0,1 % до 57,5 %, крупнотравно-приручьевом – от 0,1 %–50,2 %.

Выход клёпочного и фанерного кряжей в разнотравном типе леса в процентном соотношении ниже и не превышает 0,1 – 14,6 % и 3,7 – 25,8 % соответственно. Такая же законо-

мерность прослеживается и в других изучаемых типах леса. Так, это соотношение в ягодниковом типе леса составляет 0,1 – 15,4 % и 3,9 – 27,4 %, крупнотравно-приручьевом – 0,1–13,6 % и 1,7–12,9 % соответственно.

Выход подтоварника по типам леса составляет: в разнотравном – 0,1–11,3 %, ягодниковом – 0,1–12,1 % и крупнотравно-приручьевом – 0,1 %–10,3 %.

Таким образом, наибольшее различие по выходу сортиментов наблюдается между ягодниковым и крупнотравно-приручьевом типами леса.

Так, выход пиловочника в 3 разряде высот в ягодниковом типе леса до ступени толщиной 28 см на 1,4 – 44 % выше, чем в крупнотравно-приручьевом. Далее процент выхода данного сортимента в крупнотравно-приручьевом типе леса увеличивается на 4,0 – 6,7 %.

Выход сортиментов по группам типов леса, 3 разряд высот

Ступень толщины, см	Высота, м	Объем ствола в коре, м ³	Тип леса: березняк																
			разнотравный					ягодниковый					крупнотравно-приручьево́й						
			пиловочник	балансы	клепочный кряж	фанерный кряж	подтоварник	пиловочник	балансы	клепочный кряж	фанерный кряж	подтоварник	пиловочник	балансы	клепочный кряж	фанерный кряж	подтоварник		
8	13,1	0,035	0	46,7				11,3		49,9				12,1		43,1			10,3
12	17,1	0,094	0	54,1				9,2		57,5				9,8		50,2			8,5
16	20,0	0,188	21,1	34,9	0	0		10,2	22,4	37,1	0	0	10,8	19,6	32,4	0	0		9,5
20	22,2	0,316	35,4	18,6	5,4	0		8,7	37,4	19,7	5,7	0	9,2	33,0	17,3	5,0	0		8,1
24	23,7	0,479	30,8	23,8	10,0	0		4,3	32,5	25,1	10,6	0	4,5	28,7	22,3	9,3	0		3,8
28	24,8	0,674	25,8	25,2	13,1	3,7		1,6	27,3	26,7	13,9	3,9	1,7	25,9	23,6	12,2	1,7		1,4
32	25,6	0,900	28,0	15,4	14,6	10,7		0,6	29,6	16,3	15,4	11,3	0,6	31,2	14,4	13,6	4,9		0,6
36	26,2	1,156	31,7	6,4	13,1	17,4		0,2	33,6	6,7	13,9	18,4	0,2	37,6	5,9	12,2	8,1		0,2
40	26,6	1,441	34,8	2,0	9,1	22,2		0,1	36,8	2,1	9,6	23,5	0,1	42,9	1,9	8,5	10,0		0,1
44	26,9	1,755	36,8	0,5	5,4	24,7		0	39,0	0,5	5,7	26,2	0	45,5	0,5	5,0	12,0		0
48	27,1	2,098	37,9	0,1	2,8	25,7		0	40,1	0,1	3,0	27,2	0	46,8	0,1	2,6	12,0		0
52	27,2	2,468	38,1		1,4	25,8			40,4		1,5	27,4		46,8		1,2	12,9		
56	27,3	2,867	37,9		0,7	25,6			40,2		0,7	27,2		46,3		0,6	12,9		
60	27,4	3,293	37,7		0,4	25,0			40,0		0,4	26,6		45,7		0,4	12,0		
64	27,5	3,748	37,2		0,2	24,5			39,7		0,2	26,1		44,9		0,2	12,0		
68	27,5	4,230	36,7		0,1	24,0			39,1		0,1	25,6		44,2		0,1	12,0		
72	27,6	4,741	36,1		0	23,5			38,6		0	25,1		43,1		0	11,9		
76	27,6	5,281	35,5		0	23,0			38,0		0	24,6		42,2		0	11,9		
80	27,6	5,849	34,7		0	22,4			37,1		0	24,0		41,4		0	11,0		

Имеются различия по выходу балансовой древесины в зависимости от типов леса. Между разнотравным и ягодниковым типами леса они составляют 0,1 – 3,2 %, разнотравным и крупнотравно-приручьево́м – 0,1 – 3,6 %, ягодниковым и крупнотравно-приручьево́м – 0,1-6,8 %, что в среднем составляет 1,3 %, 1,5 % и 2,7 % соответственно.

По кле́пчному кряжу различия между изучаемыми типами леса варьируют – от 0,1 % до 1,8 %, что в среднем составляет 0,4 %.

Наибольшие различия проявились в выходе фанерного кряжа. Если между разнотравным и ягодниковым типами леса оно не превышает 0,8 %, то между ягодниковым и крупнотравно-приручьево́м эта величина достигает 14,2 % и в среднем составляет 1,1 % и 10,1 % соответственно. Различия между типами леса по выходу подтоварника не превышают 2 %.

Товарные таблицы для деловых деревьев берёзовых древостоев разработаны на основе полученных рядов распределения деревьев по ступеням толщины в зависимости от среднего диаметра элемента леса и сортиментных таблиц. Товарные таблицы для деловых деревьев берёзы построены в зависимости от целевого назначения в двух вариантах. В варианте 1 товарных таблиц указаны проценты выхода деловой древесины по категориям крупности, а в их пределах – по сортам (ГОСТ 9462-88); приводится процентное содержание технологического сырья (ТУ 13-0273685-404-89, ОСТ 13-234-87), дров топливных (ГОСТ 3243-88) и отходов в общем запасе деловых стволов древостоя элемента леса. Вариант 2 товарных таблиц содержит распределение запаса элемента леса на деловую древесину по крупности и промышленным сортиментам.

Выход деловой древесины по категориям крупности, класс товарности – 1

Средний диаметр, см	Высота, м	Тип леса: березняк											
		разнотравный				ягодниковый				крупнотравно-приручьевой			
		крупная	средняя – 1	средняя – 2	мелкая	крупная	средняя – 1	средняя – 2	мелкая	крупная	средняя – 1	средняя – 2	мелкая
13	16	0	2,2	15,5	44,3	0	2,3	16,4	47,1	0	2	14,3	40,7
15	17	0	7,2	20,7	35,2	0	7,6	22,0	37,3	0	6,8	19,4	32,9
17	18	0,2	13,7	23,0	27,0	0,2	14,7	24,4	28,8	0,2	12,9	21,5	25,4
19	18	1,4	20,6	22,6	20,5	1,4	21,9	24,0	21,8	1,3	19	20,8	18,8
21	21	3,9	26,1	20,6	15,4	4,1	27,7	21,8	16,4	3,6	24,6	19,5	14,4
23	22	8,3	29,4	17,9	11,4	8,8	31,2	18,9	12,1	7,6	27,2	16,5	10,5
25	22	13,7	30,1	14,9	8,4	14,5	31,9	15,7	8,9	12,6	27,9	13,8	7,7
27	23	19,7	29,0	12,1	6,1	20,9	30,8	12,8	6,5	18,2	26,9	11,2	5,7
29	23	25,8	26,8	9,7	4,5	27,4	28,5	10,2	4,8	23,8	24,9	9	4,2
31	23	31,4	23,8	7,6	3,3	33,2	25,3	8,1	3,4	29,3	22,3	7,2	3,1
33	24	36,6	21,0	6,1	2,4	38,8	22,3	6,4	2,5	34,2	19,8	5,7	2,3
35	24	41,4	18,1	4,7	1,8	43,9	19,2	5,0	1,9	38,2	16,9	4,4	1,7
37	24	45,5	15,5	3,7	1,3	47,6	16,2	3,9	1,4	41,9	14,4	3,4	1,2
39	24	48,4	12,9	2,8	1,0	51,2	13,7	3,0	1,0	44,5	12	2,6	0,9
41	24	51,2	10,9	2,3	0,7	54,4	11,5	2,4	0,7	47,1	10,2	2,1	0,7
43	27	53,5	9,1	1,8	0,5	57,0	9,6	1,8	0,5	49,6	8,4	1,7	0,5
45	27	54,8	7,5	1,4	0,4	58,3	7,9	1,4	0,4	51,5	7,1	1,3	0,4

Товарные таблицы составлены для наиболее распространённых типов леса: березняки разнотравный, ягодниковый и крупнотравно-приручьевой.

Анализ товарной структуры березовых древостоев (табл. 3) показывает, что выход деловой древесины по категориям крупности в различных типах леса резко отличается. Выход крупной деловой древесины в разнотравном, ягодниковом и крупнотравно-приручьевом типах леса при 1 классе товарности, при среднем диаметре 27 см и высоте 23 м составляет 19,7 %, 20,9 и 18,2 % соответственно.

Выход средней – 1 категории крупности, при 1 классе товарности, средний диаметр древостоя – 25 см и высота – 22 м составил: в разнотравном типе леса – 30,1 %, ягодниковом – 31,9 % и крупнотравно-

приручьевом – 27,9 %. Выход средней – 2 категории крупности при среднем диаметре 19 см и высоте 18 м в данных типах леса равен 22,6 %, 24,0 и 20,8 % соответственно. Процент выхода мелкой деловой древесины по изучаемым типам леса также имеет разные величины. В разнотравном типе леса при среднем диаметре 15 см и высоте 17 м выход мелкой деловой древесины равен 35,2 %, ягодниковом 37,3 % и крупнотравно-приручьевом – 32,9 %. Аналогичные закономерности наблюдаются при других средних диаметрах и высотах березового древостоя. Отмечены различия в выходе деловой древесины березы по категориям крупности в древостоях 2 и 3 класса товарности в зависимости от типов леса (см. табл. 3).

Наибольший интерес для различных отраслей производства представляет выход

промышленно ценных сортиментов. Анализ изученных материалов показал влияние лесорастительных условий на выход круглых пиловочных лесоматериалов.

Выход пиловочника при 1 классе товарности древостоя, средний диаметр 21 см и высота – 21 м, по типам леса составляет: в разнотравном – 26,5 %, ягодниковом – 28,2 % и крупнотравно-приручьёвом – 24,9 %. Выход балансовой древесины при среднем диаметре 25 см и высоте 22 м не превышает 22,4 %, 31,2 и 30,0 % соответственно. С увеличением среднего диаметра древостоя выход балансовой древесины во всех типах леса

возрастает. Процент выхода в запасе древостоя клёпочного и фанерного кряжей значительно ниже.

Выход данных сортиментов в разнотравном типе леса при среднем диаметре древостоя 29 см и высоте 23 м составляет 7,3 % и 11,1 %, ягодниковом – 7,7 % и 11,7 %, крупнотравно-приручьёвом – 6,7 % и 5,1 % соответственно. При среднем диаметре древостоя 15 см и высоте 17 м выход подтоварника в разнотравном типе леса достигает 8,6 %, ягодниковом – 9,2 % и крупнотравно-приручьёвом – 8,0 % (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Выход деловой древесины по промышленным сортиментам, класс товарности – 1

Средний диаметр, см	Высота, м	Тип леса: березняк														
		разнотравный					ягодниковый					крупнотравно-приручьёвой				
		пиловочник	баланси	клепочный кряж	фанерный кряж	подтоварник	пиловочник	баланси	клепочный кряж	фанерный кряж	подтоварник	пиловочник	баланси	клепочный кряж	фанерный кряж	подтоварник
13	16	36,2	16,5	0,1	0	9,2	38,5	17,6	0	0	9,8	33,3	15,2	0,1	0	8,4
15	17	30,6	23,6	0,4	0	8,6	32,5	25,0	0,2	0	9,2	28,6	22,1	0,4	0	8,0
17	18	28,3	27,5	0,5	0,1	7,5	30,1	29,3	0,7	0,1	7,9	26,6	26,0	0,5	0	7,0
19	18	28,2	29,2	0,9	0,6	6,2	29,9	31,0	1,1	0,6	6,5	26,0	27,2	0,8	0,3	5,6
21	21	26,5	28,9	4,2	1,7	4,8	28,2	30,6	4,4	1,8	5,1	24,9	28,0	4,0	0,8	4,4
23	22	25,2	29,2	5,3	3,6	3,6	26,8	30,9	5,6	3,8	3,8	23,3	28,7	4,9	1,7	3,3
25	22	22,6	29,4	6,4	5,9	2,7	24,0	31,2	6,6	6,3	2,9	21,0	30,0	5,9	2,7	2,4
27	23	19,5	30,0	7,0	8,5	2,0	20,7	31,8	7,5	9,0	2,1	18,0	31,7	6,5	3,9	1,9
29	23	16,3	30,7	7,3	11,1	1,5	17,3	32,6	7,7	11,7	1,6	15,1	33,6	6,7	5,1	1,4
31	23	13,1	31,2	7,3	13,3	1,1	13,9	33,1	7,7	14,1	1,1	12,4	35,6	6,7	6,3	1,0
33	24	10,7	32,1	7,0	15,4	0,8	11,3	34,1	7,4	16,4	0,8	10,1	37,3	6,6	7,3	0,7
35	24	8,5	33,0	6,5	17,4	0,6	9,0	35,0	6,9	18,5	0,6	7,9	38,5	6,1	8,1	0,5
37	24	6,8	33,9	5,9	19,0	0,4	7,1	35,4	6,2	19,9	0,4	6,3	39,9	5,4	8,9	0,4
39	24	5,3	34,2	5,3	20,0	0,3	5,6	36,3	5,5	21,3	0,3	4,9	40,6	4,9	9,4	0,3
41	24	4,1	34,9	4,7	21,1	0,2	4,3	37,1	4,9	22,5	0,2	3,8	41,7	4,3	10,0	0,2
43	27	2,8	34,9	4,9	22,0	0,2	2,7	37,2	5,3	23,5	0,2	2,4	42,3	4,8	10,5	0,1
45	27	2,1	35,1	4,3	22,4	0,1	2,1	37,3	4,5	23,9	0,1	1,9	43,1	4,2	10,9	0,1

Подобные закономерности по выходу промышленных сортиментов в общем запасе древостоев березы выявлены при других средних диаметрах, высотах и классах товарности.

Проведённые теоретические и экспериментальные исследования с применением современных методов моделирования товарной структуры берёзовых древостоев, произрастающих в равнинных лесах Баш-

кирского равнинного Предуралья, позволили разработать новые сортиментные и товарные таблицы. Данные таблицы призваны решать задачи по повышению достоверности и точности лесоучётных работ при отпуске леса на корню, отводе и таксации лесосечного фонда для лесных торгов, аукционов и других задач, стоящих перед лесным хозяйством Башкирского Предуралья и в целом Республики Башкортостан.

Разработанные сортиментные и товарные таблицы для берёзовых древостоев равнинных лесов Башкирского Предуралья своевременно восполняют дефицит подобного типа лесотаксационных нормативов и позволяют обеспечить качественное ведение лесохозяйственных и лесозаготовительных работ в регионе.

Литература

1. Анучин Н.П. Сортиментные и товарные таблицы. – 7-е изд., перераб., доп. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 552 с.
2. Верхунов П.М. Сортиментные и товарные таблицы для лесов Горного Урала. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВНИИЦлесурс, 1997. – 208 с.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Р.Г. СИТДИКОВ, *зав. кафедрой лесных культур Башкирского ГАУ, к. с.-х. н.*,
А.И. БАРАНОВ, *лесничий Укского лесничества Ашинского лесхоза*

По схеме геоботанического районирования территории Ашинского лесхоза Челябинской области и Иглинского лесхоза Республики Башкортостан, где проводились наши исследования, относятся к подзоне хвойно-широколиственных лесов. Коренные темнохвойно-широколиственные леса из ели, пихты, с примесью широколиственных по мере понижения высоты над уровнем моря переходят в широколиственные леса из дуба черешчатого, липы мелколистной клена остролистного и ильмовых. С 40-х годов XX века в Предуралье идет усыхание дуба и других его спутников. В Ашинском лесхозе

до настоящего времени сохранились островки дубовых насаждений, неподвергающиеся усыханию. После рубки здесь успешно идет естественное семенное возобновление дуба черешчатого (рис. 1).

Рост и развитие культур дуба по фазам исследованы в Ашинском лесхозе, где их создано по 2001 год на площади 2214 га. Почва на пробных площадях серая лесная тяжелосуглинистая, обеспеченность элементами питания для дуба низкая. Содержание гумуса 2,8%, фосфора 8,81 и калия 13,35 мг на 100 г почвы, рН солевая от 5,0 до 7,1.

Т а б л и ц а 1

Результаты статистической обработки показателей роста культур дуба черешчатого

Значения	Диаметр у шейки корня, мм	Высота ствола, см	Высота до первого живого сучка, см	Текущий прирост по высоте, см	Диаметр кроны, см	
					СЮ	ВЗ
Фаза приживания						
Сумма	583,00	2191,00	421,00	296,00	1911,00	1715,00
Минимальное	5,00	12,00	3,00	2,00	14,00	12,00
Максимальное	7,00	25,00	5,00	4,00	20,00	19,00
Среднее	5,83	21,41	4,21	2,96	19,11	17,15
Фаза индивидуального роста						
Сумма	1589,09	7759,00	3034,00	1485,00	3200,00	3032,00
Минимальное	13,00	60,00	28,00	10,00	28,00	26,00
Максимальное	17,00	95,00	33,00	20,00	35,00	34,00
Среднее	15,89	77,39	30,34	14,85	32,00	30,32



Рис. 1. Естественное возобновление дуба черешчатого в кв.60, выдел 12 Укского лесничества Ашинского лесхоза

Результаты статистической обработки показателей роста в фазах приживания и индивидуального роста культур дуба приводятся в табл. 1, из которой видно, что 3-летние культуры дуба имеют средний диаметр у шейки корня 5,83 мм, среднюю высоту 21,41 см и текущий прирост по высоте 2,96 см; 7-летние культуры дуба в фазе индивидуального роста улучшают рост и показатели роста составили соответственно 15,89

мм, 77,59 см и 14,85 см. С увеличением возраста культур дуба черешчатого коэффициент изменчивости стволов по диаметру и высоте увеличивается.

В фазе формирования древостоя рост культур изучен на 2 пробных площадях: в кв. 41 выдел 1 (рис.2) и в кв. 37 выдел 30 городского лесничества, созданные посевом желудей с размещением 2,0 x 0,5 м.

Т а б л и ц а 2

Рост культур дуба в фазе формирования древостоя

Лесничество	№ кв и выдел	Площадь га	Возраст, лет	Состав	Средние		Площадь сечения, м ²	Полнота	Бонитет	Запас, м ³ /га	Ср. прирост, м ³ /га	Тип лесных культур
					Высота, м	Диаметр, см						
Городское	37 (30)	10	56	10Д	18	17	33,76	0,7	II	297	5,3	Посев желудей 2,5x0,5
Городское	41 (1)	10	41	10Д	18	17	31,75	0,7	II	280	6,8	Посев желудей 2,5x0,5



Рис. 2. Культуры дуба черешчатого в кв. 41 выдел 1 Городского лесничества

Т а б л и ц а 3

Рост культур дуба в фазе формирования древостоя в кв. 37 городского лесничества

Возраст, лет	Ход роста в высоту		Ход роста по диаметру		Объем ствола без коры, м ³	Годичный прирост по объему, м ³	
	м	текущий годовой прирост, м	см	текущий годовой прирост, см		текущий	средний
10	3,5	0,35	3,7	0,37	0,00173	0,0002	0,0002
20	6,0	0,31	5,7	0,20	0,02512	0,0023	0,0013
30	10,6	0,40	7,5	0,18	0,07649	0,0051	0,0025
40	13,5	0,29	8,7	0,12	0,20478	0,0128	0,0051
50	17,0	0,35	15,1	0,64	0,50641	0,0302	0,0101
56	18,0	-	18,0	-	0,29971	-	-

Из табл. 2 видно, что к 56 годам дуб развивается по II классу бонитета и запас при полноте 0,7 составляет около 300 м³/га, тогда как в стандартных таблицах естественные семенные насаждения дуба при средней высоте 18 м и полноте 1,0 имеют запас на 1 га 230 м³.

Ход роста среднего модельного дерева дуба черешчатого в 56 лет характеризуется данными табл. 3, из которой следует, что до 50 лет средний прирост, как и в предыдущих фазах, остается в пределах 0,35 см в год, средний прирост с 50 лет по диаметру резко возрастает, что сказывается и на увеличении прироста по объему: текущий прирост по объему увеличивается в 2,5 и сред-

ний прирост в 2 раза. Поэтому создание устойчивых к условиям региона культур дуба черешчатого является важной задачей. Культуры следует создавать при наличии бокового затенения, на более богатых почвах в смешении с его спутниками – липой, кленом, ильмовыми, а также с сосной при одновременном вводе. Необходимо учесть и то, что представители теплой нормальной флоры, к которой относится дуб черешчатый, в регионе занимают склоновые, наиболее прогреваемые местоположения. Учитывая незначительное усыхание культуры дуба черешчатого, следует создавать также на северных склонах и пойменных местах.

ФОРМОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЕЕ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

Р.Г. СИТДИКОВ, зав. кафедрой лесных культур Башкирского ГАУ, к. с.-х. н.

В литературе выделены рано- и поздно-распускающиеся формы липы. Нами приведены исследования морфологических форм липы по почкам, листьям, цветам, плодам, выходу луба и коре. По проведенным исследованиям выделены и описаны 3 формы липы на Южном Урале: крупнотрещиноватая, мелкотрещиноватая и гладкокорая [Ситдииков, Садыков, 1993].

Крупнотрещиноватая форма липы мелколистной представлена деревьями высотой до 27 м и диаметром на высоте груди свыше 2 м. Крона густая, в молодости продолговато-цилиндрическая, в перестойном возрасте – шатровидная. Стволы в насаждении стройные, хорошо очищены от сучьев, полнодревесные. Длина бессучковой части ствола в возрасте 70 лет при полноте насаждения 0,7 составляет 7-8 м. Кора на старых стволах темная, глубоко продолговатобороздчатая с отслаивающимися частями корки, на молодых деревьях и ветвях желтовато-зеленая, гладкая.

Максимум сокодвижения наблюдается в середине июня. С этого периода проводят съем луба на мочало.

Цветочные почки образуются на молодых облиственных побегах. Цветет в конце июня – начале июля. Цветы желтоватые по 5-9 шт. в полусонтиках, очень душистые. Цветут сначала насаждения на южных и восточных склонах, а затем западных и северных. Общая продолжительность цветения в горных районах составляет до 20-25 дней. Цветение продолжается до глубокой старости – 400-500 лет. Количество цветков на 1 пог.м с возрастом увеличивается. В 30-летнем насаждении при полноте 0,6 количество цветков на 1 пог. м составляет 485 шт.

Орешки с 4-5 неясными гранями, коричневато-серые, слегка опушенные, округ-

лой формы шириной 5 мм, длиной 7 мм с характерным выступом на конце. Масса 1000 шт орешков составляет 25-30 г, их жизнеспособность – 80 %.

К почве требовательна, однако встречается на самых разнообразных местах, отсутствует на заболоченных и на засоленных участках. Зимостойка и редко повреждается морозом. Исключительно теневынослива: в Белорецком районе растет даже в елово-липовых насаждениях в подлеске или во втором ярусе. В широколиственных лесах часто входит в первый ярус.

Крупнотрещиноватая форма липы распространена неравномерно. В насаждениях на ее долю приходится до 39 % от общего количества деревьев липы. Опад листьев обогащает почву известью, улучшает ее структуру и повышает плодородие.

Древесина ее легкая без ядра, мягкая, легко обрабатывается и находит широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Жилой дом из ее бревен долговечен. Выход мочала, по нашим исследованиям, достигает максимума в 70-летнем возрасте и составляет 1,78 кг с 1 пог. м.

Размножается семенами, отводками, порослью от пня. Порослевую способность на Южном Урале сохраняет в течение всей жизни – до 500 лет.

Мелкотрещиноватая форма липы имеет кору на старых деревьях серовато-темного цвета, неглубокие продольные трещины шириной до 5 мм. Количество цветков меньше, чем у крупнотрещиноватой.

Протяженность бессучковой зоны ствола менее крупнотрещиноватой формы.

Масса 1000 шт. семян 24,2 г. Семена темновато-коричневые, округлые, опушенные со следами пыльцевой трубки. Жизне-

способность их 82 %. Выход мочала с 1 пог. м коры достигает 1,83 кг.

В насаждениях мелкотрещиноватая форма липы представлена 33 % от общего количества деревьев.

Гладкокорая форма липы характеризуется темной корой и мелкими неглубокими трещинами. Количество цветков меньше чем у липы мелкотрещиноватой формы. Орешки длиной 4-5 мм и шириной 3,5-4 мм. Масса 1000 шт. семян 23,7 г. Семена темно-

вато-коричневые, округлые без следов пыльцевой трубки, жизнеспособность – 84 %. Выход мочала с 1 пог. м луба составляет 1,95 кг.

Встречаемость в липовых насаждениях этой формы – 28 %.

Изменчивость габитуальных признаков форм липы приводится в табл. 1, из которой видно что формы липы различаются между собой по основным показателям роста дерева – диаметру на высоте 1,3 м и высоте ствола.

Т а б л и ц а 1

Изменчивость габитуальных признаков форм липы

Габитуальные признаки	Формовые разновидности		
	крупнотрещин.	мелкотрещин.	гладкокорая
Диаметр ствола, см	29,600± 4,137	26,467± 4,486	25,333± 3,457
Высота, м	21,787± 1,064	20,827± 0,957	21,173± 0,856
Высота расположения кроны, м	7,060± 1,085	5,840± 1,040	5,947± 0,93
Диаметр кроны, м	3,847± 0,694	3,813± 0,610	3,800± 0,561
Длина кривизны ствола, м	0,113± 0,168	0,187± 0,192	0,240± 0,331
Радиальный прирост за последние 10-летие, мм	3,090± 0,354	2,890± 0,354	2,70± 0,305

Т а б л и ц а 2

Корреляционные связи диаметров стволов с изученными признаками липы

Название признаков	Коэффициенты корреляции (r)			Коэффициенты линейной регрессии		
	крупнотрещин.	мелкотрещин.	гладкокорая	крупнотрещин.	мелкотрещин.	гладкокорая
Высота, м	0,706	0,776	0,757	0,823	4,421	1,007
Высота расположения кроны, м	0,706	0,561	0,645	1,91	4,785	1,719
Диаметр кроны, м	0,774	0,819	0,730	2,456	2,811	1,066
Длина кривизны ствола, м	-0,012	-0,208	-0,549	-8,197	7,576	-4,071

Например, на проб. площади № 4 (средний возраст насаждения 70 лет, экспозиция северная) крупнотрещиноватая форма значительно превосходит мелкотрещиноватую и гладкокорую формы липы; по энергии линейного роста на 0,9-2,03 м и 0,6-1,6 м соответственно.

Индивидуальная изменчивость деревьев по энергии линейного и радиального роста имеет важное хозяйственное значение. Коэффициенты корреляции и линейной регрессии между названными признаками при-

ведены в табл. 2, данные которой показывают, что из анализируемых признаков наиболее информативными оказались высота ствола ($r = 0,706; 0,776; 0,757$) и диаметр кроны ($r = 0,774; 0,819; 0,730$). Связь диаметров стволов с этими признаками является положительной и достоверной: $F = 14,995; 19,480; 12,468$.

Статистические показатели роста липы мелколистной в изреженных естественных насаждениях в квартале 32 Калмакуловского лесничества приведены в табл. 3, из

которой видно что, диаметр и высота ствола, высота до кроны за 15 лет на всех пяти секциях (размещение деревьев 3x5 м, 6x6 м, 8x8 м, 10x10 м и 12x12 м) увеличиваются. Увеличение диаметра кроны более информативно на секциях 3 и 5 при размещении деревьев 8x8 и 12x12 м.

Ход роста среднего модельного дерева липы в кв. 32 Калмакуловского лесничества приводится в табл. 4, из которой видно, что максимальный прирост по высоте приходится к 25-30 годам, по диаметру 35 годам и максимальный текущий и средний приросты приходятся к 40 годам.

Статистические показатели роста плантационных культур липы в кв. 40 Калмакуловского лесничества, созданные посадкой саженцев высотой 2 м и диаметром 2,5 см, характеризуются данными табл. 5, из которой видно, что средняя высота 15-

летних культур липы составляет $6,80 \pm 0,60$ м, высота ствола до кроны $2,35 \pm 0,25$ м, диаметр ствола $7,76 \pm 0,45$ см и диаметр кроны СЮ – $1,04 \pm 0,10$ м и ВЗ – $1,10 \pm 0,11$ м. Как видно сохранившиеся культуры липы при размещении 8x8 м имеют достаточно высокие показатели роста и формируют деревья с раскидистой кроной, что сказывается на цветении и, тем самым, на увеличении медосбора.

Поэтому такое размещение можно рекомендовать при создании плантационных лесных культур липы.

Наиболее высокий выход мочала дает липа гладкокорой формы. В хозяйствах, ведущих заготовку мочала, необходимо создавать плантационные культуры этой формы. В липовых насаждениях деревья делятся по времени распускания листьев на рано- и поздне-распускающиеся.

Т а б л и ц а 3

Статистические показатели роста липы мелколистной в кв. 32 Калмакуловского лесничества по годам исследования

Примерное размещение деревьев липы	Диаметр ствола, см		Высота ствола, м		Высота до кроны, м		Диаметр кроны, м	
	1987 год	2002 год	1987 год	2002 год	1987 год	2002 год	1987 год	2002 год
3x5 м	$10,50 \pm 0,66$	$11,67 \pm 1,29$	$11,57 \pm 0,20$	$16,42 \pm 0,74$	$7,07 \pm 0,46$	$8,6 \pm 1,42$	$3,63 \pm 0,18$	$3,04 \pm 0,27$
6x6 м	$8,63 \pm 0,79$	$12,00 \pm 0,89$	$12,00 \pm 0,38$	$15,68 \pm 0,38$	$6,18 \pm 0,38$	$8,69 \pm 0,92$	$2,84 \pm 0,22$	$2,75 \pm 0,153$
8x8 м	$12,66 \pm 0,37$	$12,00 \pm 0,97$	$12,66 \pm 1,66$	$14,00 \pm 0,73$	$6,33 \pm 1,20$	$8,68 \pm 0,68$	$2,28 \pm 0,17$	$2,73 \pm 0,17$
10x10 м	$12,57 \pm 11,20$	$14,00 \pm 0,83$	$12,00 \pm 0,38$	$19,00 \pm 0,33$	$6,18 \pm 0,37$	$9,68 \pm 0,38$	$2,87 \pm 0,16$	$2,58 \pm 0,13$
12x12 м	$9,81 \pm 0,89$	$12,81 \pm 1,23$	$11,13 \pm 0,56$	$13,95 \pm 0,65$	$4,46 \pm 0,31$	$5,88 \pm 0,55$	$2,74 \pm 0,16$	$3,00 \pm 0,23$

Т а б л и ц а 4

Ход роста среднего модельного дерева липы мелколистной

Возраст, лет	Ход роста в высоту, м		Ход роста по диаметру, см		Объем ствола в м ³ без коры	Годичный прирост по объему в м ³	
	высота	текущий годовой прирост по высоте	диаметр на высоте груди без коры	текущий годовой прирост		текущий	средний
5	1,6	0,32	1,5	0,30	0,0004	0,0001	0,0001
10	3,0	0,28	3,0	0,30	0,0027	0,0005	0,0003
15	4,6	0,32	4,4	0,28	0,0057	0,0006	0,0004
20	6,3	0,34	5,9	0,30	0,0138	0,0016	0,0007
25	8,4	0,42	7,3	0,28	0,0250	0,0022	0,0010
30	10,5	0,42	8,8	0,30	0,0391	0,0028	0,0013
35	11,0	0,31	10,3	0,36	0,0544	0,0031	0,0015
40	12	0,30	11,7	0,29	0,0710	0,0033	0,0018

Ранораспускающиеся формы липы имеют наибольшее число цветков. Наличие в насаждениях рано- и поздне­распускающихся форм способствует удлинению срока заготовки луба и сбора меда.

Для повышения медосбора плантационные культуры липы следует создавать на склонах различной экспозиции. Этот фактор играет большую роль в пчеловодстве, где 80 % товарного меда получают с липы. В целях получения здоровых с преобладанием семенной липы насаждений необходимо вы-

рашивать лесные культуры этой породы – крупнотрещиноватой рано- и поздне­распускающихся форм, не допуская в дальнейшем обезлички семян, а именно отдельно выращивать сеянцы в питомнике, пересаживать сеянцы или саженцы в лесорастительные условия, аналогичные местам заготовки семян этих форм.

При выращивании плантационных лесных культур в целях получения древесины следует отдавать предпочтение этой форме.

ЮБИЛЕЙНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПО БИОЛОГИЧЕСКОЙ БОРЬБЕ С ВРЕДНЫМИ ОРГАНИЗМАМИ (МОББ)

М.А. ГОЛОСОВА, профессор, участник конференции, зам. председателя Постоянной комиссии по биологической защите леса МОББ

Международная организация МОББ в конце сентября 2002 г. провела юбилейную конференцию по итогам 25-летней деятельности ее Восточно-Палеарктической Секции. МГУЛ – как действительный член этой организации, принял участие в юбилейной конференции и научном симпозиуме по интегрированным системам и биологическим методам борьбы с вредителями растений.

Конференция проходила в Венгрии (г. Будапешт). Принимающая организация – Министерство сельского хозяйства и регионального развития при активной поддержке Глобальной Организации МОББ.

На юбилейную конференцию и научный симпозиум были приглашены руководители постоянных комиссий ВПС МОББ и ведущие специалисты в области биологической защиты растений из Польши, Болгарии, Югославии, России, Украины, Белоруссии, Чехии, Македонии и других стран биогеографического региона Восточной Палеарктики.

В конференции принял участие вице-президент Глобальной организации С. Прушинский, а в научном симпозиуме – ученые Западной Секции и Секции Восточной Азии.

На конференции в докладе президента академика А.И. Сметника «Состояние и

перспективы развития биометода в странах-членах ВПС МОББ» было отмечено, что за 25 лет Восточно-Палеарктическая Секция провела большую плодотворную работу по организации совместных исследований, практических разработок, обмену информацией и материалами, организовывала и проводила конференции по различным проблемам биологической защиты, содействовала исследованиям и практическим работам по интродукции и акклиматизации энтомофагов, по разработке новых биопрепаратов на основе энтомопатогенных микроорганизмов, адаптированных к конкретным природно-климатическим условиям.

На научном симпозиуме ученые разных стран сделали сообщения о конкретных теоретических и практических разработках по биометоду. Российская делегация (ВНИМЛМ, МГУЛ, ВИЗР, Новосибирский аграрный университет, Российский НИИ биотехники) представила серию докладов, освещающих состояние биометода и пути совершенствования его в России.

После конференции участникам была предоставлена возможность ознакомиться с работой центральной станции защиты растений Венгрии, где были продемонстрированы

современное оборудование и техника для обработки растений на сельскохозяйственных полях и лесных насаждениях.

Участники конференции также посетили прекрасно оборудованную центральную лабораторию по систематике энтомофагов. Она имеет связи с научными учреждениями и лабораториями разных стран мира, с которыми обменивается систематическим материалом и проводит определение энтомофагов. Участникам была предоставлена возможность ознакомиться с систематическими коллекциями, условиями сбора и хранения насекомых-энтомофагов.

Работа в Международной организации МОББ дает возможность получения информации по новейшим достижениям в области биометода. Контакты с учеными раз-

ных стран, посещение научных учреждений и лабораторий, обмен публикациями – все это не только обогащает наши знания, но и дает большой стимул для исследований в области биологической защиты леса. Информация используется в читаемых студентам курсах по биометоду и технологии лесозащиты, при методических разработках, при написании учебных пособий и учебников.

В последние годы деятельность Восточно-Палеарктической Секции расширяется. Многие ученые из Западной и других секций успешно сотрудничают с Восточно-Палеарктической Секцией. А в 2001 г. на VIII сессии Генеральной Ассамблеи ВПС МОББ в члены этой секции была принята Европейская и Средиземноморская организация по карантину и защите растений (ЕОЗР, Париж).

ИСКУССТВО ТРАДИЦИОННОГО КИТАЙСКОГО САДА

Е.В. ГОЛОСОВА, *главный архитектор ГБС РАН, к. с.-х. н.*

Китай – одна из древнейших цивилизаций на планете, история культуры которой насчитывает около пяти тысяч лет и давняя человечеству больше, чем любая другая – от пороха и фарфора до шелка, бумаги и чая, – известна еще и не менее значимым, чем перечисленные достижения: созданием грандиозных по размерам, удивительных по наполнению и глубочайших по философскому смыслу, садов. Своеобразие китайской культуры отразилось и на традициях хронологии собственной истории. Периоды правления династий намного красноречивей говорят об основных вехах истории и культуры, чем сухие цифры григорианского календаря.

Истоки традиционного китайского садоводства, как вида искусства, лежат во времена Ханьской и Цзиньской династией (221 до н. э. – 220 г. н. э.)

Однако некоторые китайские историки утверждают, что хронологию становления китайского сада можно проследить еще от XVI – XI веков до н. э., от одной из первых правящих династий в истории Китая – дина-

стии Шан. Археологи обнаружили гадальные кости, относящиеся к тому времени, на которых имелись многочисленные надписи, указывающие на существование особых природных зон, используемых для охоты, развлечений и отдыха.

В древней китайской Книге Песен (Ши-цзин), по свидетельству китайского исследователя садов Вен Дзююаня, можно найти названия этих зон отдыха и охоты – Лин Ю, Лин тай и Лин чи. Во времена Ханьской династии они объединяются под общим названием *юань*, в них появляются дворцы и павильоны для отдыха, а в последующие времена династии Чин к дворцам и павильонам прибавляются и храмы. Со времён правления династии Тан (618–907 гг. н. э.) о китайском садоводстве можно говорить как о признанном виде искусства.

В течение более чем двухтысячелетнего периода квалификация проектировщиков постоянно повышалась, а также усовершенствовались сами методы и технологии исполнения в строительстве садов. В резуль-

тате международного культурного обмена китайские традиции декоративного садоводства в разной степени влияли на садовое искусство других стран. В отношении граничащих с Китаем стран Юго-восточной Азии прослеживается прямое и бесспорное влияние не только в плане садового искусства, но и по многим другим видам – литературе, живописи, архитектуре. Связано это не столько собственно с культурным обменом, сколько с активным шествием буддийского мировоззрения, вбирающего в себя культурные и религиозные традиции других стран, продвигая их дальше на восток и юго-восток. Этому свидетельствует схожесть, почти тождественность некоторых садовых приёмов и стилей архитектурных построек в Сучжоу, на юго-востоке Китая и на японском о. Кюсю – в Фукуоке, Дазайфу. Европа знакомилась с китайским искусством через экспедиционные трофеи английских и голландских мореплавателей: тончайший фарфор с изображёнными на нём жанровыми сценками, драконами, садовыми пейзажами, архитектурными постройками, через шёлк и бумагу.

К XVII веку в европейских парковых комплексах стали появляться особенно модные постройки в китайском стиле. Сегодня они прочно вошли в классику европейского ландшафтного искусства: китайская пагода в Шенонсо на юге Франции, китайский павильон в Ораниенбауме, в пригороде Санкт-Петербурга, и удивительный парк у подножья Эйфелевой башни в Париже.

Китайские сады разных периодов всегда отражали уровень китайской культуры в целом. Основные эстетические принципы были общими для литературы, живописи, архитектуры и для садов. Китайские исследователи утверждают, что процесс создания сада очень близок по своему смыслу и исполнению к традиционной ландшафтной живописи тушью. И то, что было так нехарактерно для Европы того времени – символизм, в ранних садах востока проявляется достаточно ярко.

В отличие от европейских садов, где ландшафтное садоводство и живопись существовали совершенно независимо друг от друга вплоть до XVIII века, китайские сады

создавались, главным образом, поэтами и художниками. Они выражали свои эстетические взгляды и чувства не только через собственные произведения, но и через сады, где потом вновь черпали вдохновение для создания поэм и живописных работ. Высшим мастерством считалось изображение выразительных, по своему природному происхождению, миниатюрных гор. Природные пейзажи Китая изобилуют прекрасными живописными видами на многие известные горные ландшафты. Так же, как в природе встречается огромное множество природных каменных образований, точно так же садовники, используя природные образы, устраивали в садах остроконечные горные пики, пещеры, гроты, каменные осыпи и объёмные, в отличие от плоских европейских, лабиринты. Таким же образом переносились в сады озёра и реки, участки морских побережий и острова.

Конструктивно классический китайский сад состоит из комплекса стилизованных природных объектов, логически скомпонованных мастером сада в едином пространстве. Огромное значение в китайских садах придаётся архитектуре, включённой непосредственно в ландшафт сада. Всевозможные дворцы и павильоны, прежде всего, являются наиболее выгодными точками обзора, а уже затем их художественная ценность рассматривается с точки зрения композиционного соответствия. Весьма популярны и каноничны в этом отношении беседки на вершине горы, откуда открывается панорамный вид сада, но и сама беседка служит ярким украшением горной вершины.

Поскольку архитектурные постройки всегда предназначались для включения их в существующий садовый ландшафт, использовались самые различные конструкции: обычные небольшие павильоны, павильоны или домики на террасированном склоне горы, навесы и галереи, мосты различной формы, каменные лодки, арочные или круглые проходы; маленькие и большие по площади залы, выходящие в сад; двухэтажные залы, двухэтажные павильоны и многое другое. Каждая архитектурная постройка в китайских садах обозначается определённым термином,

поэтому в специальной китайской литературе о садах не бывает разночтения в описании. Например, малый зал, выходящий в сад, – это *тин*, а большой – это *тан*; двухэтажный зал – *лоу*, а двухэтажный павильон – *э*.

Стили архитектурных построек в китайских садах определяются по плану постройки, по очертанию и форме крыши, по форме и расположению дверей и окон, материалу и конструкции стен и фактуре поверхности. Роспись стен и скульптура тоже обладают специальными характерными признаками каждого исторического периода и бесконечными вариациями. Несмотря на кажущееся разнообразие, они никогда не противоречат друг другу и главной концепции сада.

Вода представляет ещё одну немаловажную особенность китайского сада, которую невозможно пропустить. От огромных рукотворных озер до изысканных маленьких прудиков, вода составляет главный тематический элемент садовой композиции. Водная поверхность и соединённая с нею береговая линия, созданные садовниками, должны максимально приближаться к естественным природным картинам. Водоёмы правильной геометрической формы редко можно увидеть в китайских садах – лишь там, где этого требует планировка сада. Если рассматривать китайский сад с позиций даосской философии, то камень во всех его проявлениях, архитектура, звук падающей воды – это символ *ян*, а сама вода в озере – спокойная и безмолвная – это *инь*.

Другая составляющая китайского сада – единство в оформлении несущих колонн и опорных элементов павильонов и видимой части стропильной конструкции крыши. Именно они являются главным декоративным элементом здания. Роспись на них – особенно характерно это для павильонов императорских садов севера Китая – содержит, как правило, жанровые сценки, декоративный орнамент, включающий животных, пейзажи, религиозных персонажей. Зачастую он указывает на степень образованности и силу вдохновения мастера и, возможно, на выражение его собственного интереса и темперамента. Посетитель, проходя через сад, может

оценить профессиональную культуру живописцев, резчиков по дереву и поэтов.

Китайские сады можно подразделить на три главные категории: императорские сады; частные сады; сады, где использован естественный ландшафт.

В последнюю категорию входят сады при храмах, монастырях и сады родовых имений. Все они значительно отличаются по размерам, тематике и характеристикам. Поскольку наиболее известные императорские сады расположены на севере, их характерные особенности легли в основу понятия стиля Северных садов. Южные сады, в большинстве своём частные или принадлежащие мелким местным правителям, составили определённый стиль Южных садов, наибольшую известность из которых представляют сады Сучжоу, Ханчжоу и Нанкина. И если в садах использован естественный ландшафт, то это вовсе не означает, что они полностью нерукотворны. Они также созданы человеком, как и многие другие, лишь с незначительным изменением основных параметров окружающего пейзажа и внесением необходимых дополнений. Эти сады более просты и натуральны по композиции по сравнению с двумя другими типами. Поскольку главным строительным материалом в садах было дерево, множество китайских садов было разрушено со временем, в результате войны и стихийных бедствий. Те, что сохранились до сегодняшнего дня, были созданы в основном в периоды правлений династий Мин и Цин (1368–1911 гг.), но и они вполне полно могут продемонстрировать великое искусство традиционного китайского сада.

Императорские сады

Предпосылки создания шедевров садового искусства примерно одинаковы во всех странах мира, и китайские сады не являются исключением. Садовое искусство могло, как впрочем и другие его виды, развиваться в любой стране только после того, как экономический уровень развития общества достигал определённой высоты, и основные государственные ценности и власть были сконцентрированы в руках управленческой элиты. Только при определённом избытке

средств в государстве могли создаваться великолепные сады.

Как уже сказано ранее, первые сады, о которых упоминается в древних литературных и живописных источниках, были созданы в эпоху династий Цзинь и Хань. Первый император Цзиньской династии создал сад, названный Шанлиньюань, южнее реки Вэй, в котором был построен дворец Эпан. Это самый первый императорский сад, зафиксированный в хрониках. Первый император Ханьской династии, Гао-цзу, построил дворец Вэй Ян рядом с известным озером Тай-и. Озеро имело три острова (история умалчивает, были ли они естественного происхождения или сооружены людьми). Острова эти назывались Пенлай, Фанчжоу и Инчжоу. Эти острова упоминаются в китайских мифах как даосский рай или «острова бессмертных», которые носил по волнам Северного моря, и, при приближении к ним людей, они уходят под воду. Многие китайские императоры снаряжали экспедиции на поиски этих островов.

Ханьский правитель У Ди реконструировал Шанлиньюань, добавив к ансамблю дворец Цзяньчжан, подобный тому, что был построен на озере Кунь Мин. Дворцовый комплекс вместе с садом занял площадь в несколько сотен квадратных ли (один ханьский *ли* равен приблизительно 400 метрам). В юане имелось 10 дворцовых комплексов. В саду содержались животные всех видов, необычные цветы и растения. Сад был необъятных размеров, периметр его составлял около 127 км. Периоды правления династий Вэй и Цзинь ознаменованы длительными войнами. Простой люд, как и полагается, бедствовал, а аристократия строила роскошные сады. Император Вэнь из династии Вэй построил знаменитый «Сад Лесных Ароматов» в Лояне, тогдашней столице, где использованы камни с горы Тай-син. Композиционным центром сада являлась модель другой известной горы Цзин-ян.

В периоды Северных и Южных династий (420–581 гг.) садовое искусство становится всё более и более популярным. На Севере при строительстве императорских садов часто копировали сады Цзиньской и Хань-

ской династий; на Юге садовое искусство находилось под влиянием литературы, изящных искусств и философии Западной Цзинь (265–316 гг.). Интеллигенция того времени была охвачена идеями Даосизма, Буддизма, Конфуцианства и целого ряда оккультных наук. Каждый учёный развлекал себя беседами на философские темы разного толка. Древние китайские учёные и мыслители считали для себя идеальным проживание среди гор, в уединённом и далёком от мирских дел месте. Под влиянием подобных идей, садовое искусство Юга имело тенденцию к имитации природных сцен и созданию созерцательных ландшафтов. Сунский император Вэнь построил сад на озере Сан в области Цзянь-кан (в настоящее время озеро Сюань У в Нанкине). В нем было лишь несколько построек, и доминировали ненарушенные природные ландшафты.

В периоды династий Суй и Тан феодальная система управления государством достигла определённого прогресса и была достаточно динамичной. Это было то время, когда бурно развивались различные направления в китайском изобразительном искусстве и императорский сад испытывал с их стороны значительное влияние. Суйский император Вэн Ди построил Западный сад, примерные размеры которого составляли 200 квадратных *ли* (один суйский *ли* равнялся 500 м), то есть 50 квадратных километров. Озеро в саду имело около 10 *ли* в периметре с обязательными тремя «небесными» островами посередине. В этом саду (юане) имелось шестнадцать дворцовых комплексов, соединённых многочисленными каналами, через которые были перекинуты пешеходные мостики. Повсюду росли плакучие ивы и бамбук, чередовавшиеся с огромными полянами цветов. Лодка в форме дракона могла по каналам достичь любой части сада.

Период правления Танской династии считается одним из наиболее процветающих и благополучных в китайской истории. Путевой дворец императора Сюань-цзуна – Хуацин («Чистое Великолепие») – был широко известен. Естественные природные окрестности изобиловали непревзойдёнными по кра-

соте видами, поблизости находилось множество горячих источников, которые придавали этой области дворца весьма специфический вид. Наступило время, когда императорское семейство перестали удовлетворять сады и дворцы в пределах границ городских стен, что и побудило их расширять границы дворцового сада далеко за пределы городских стен.

Если посмотреть на план города Чанъани – китайской столицы времён Танской династии, – то видно, что в процентном соотношении императорский сад превосходит общую площадь городской застройки почти в пять раз. Известный поэт того времени Ду Му так описывал дворец Хуацин: «Возвращаясь в столицу, вновь я входил в великолепие дворца Хуацин; подобно рисунку бесконечных кружев тысячи залов стоят гордо один за другим в своём великолепии» (Чао Юнь, 1988). Это описание ясно указывает на размах и величие императорского путевого дворца.

В эпоху династии Сун особое место в дворцовых садах начинают играть камни. Повсеместно идёт поиск необычных по форме камней, их начинают размещать на специально выделенных для них площадках. Впервые появляется понятие «Сад камней». Император Хуэй-цзун потратил почти 10 лет, строя «Озеро Золотого Сияния» в Бяньляне – новом столичном городе того времени, создавая там знаменитую Вечную Гору (Сумеру) с хорошо известным пиком Гэнь-юэ на ней. Он, не колеблясь, разрушал мосты, дороги, каналы, чтобы добытые таким варварским способом камни отправить на строительство в Бяньлян. Это событие вошло в историю Китая как «Массовое перемещение цветов и камней».

Даже в наши дни можно иметь представление об этом событии, встречая разрозненные камни из Бянь-ляня в других садах, так как сам знаменитый сад императора Хуэй-цзуна был разрушен вместе с его империей. «Вечная гора» занимала площадь около 10 квадратных *ли*. Самый высокий пик Гэнь-юэ достигал 150 м высоты. Горная цепь располагалась с востока на запад. Восточную часть сада занимал священный (заповедный) сливовый лес.

Ландшафт был сформирован по принципу максимального приближения к природе, ландшафт сада был весьма разнообразен: мягкие впадины и озера, извилистые водные потоки, из разбросанных по всему саду беседок открывались хорошо продуманные и сформированные пейзажные картины. Сама структура сада «Вечной горы» показала, что искусство проектирования сада, так же как и квалификация исполнителей этого проекта, достигала беспрецедентно высокого для этого уровня мастерства. Процесс зашел настолько далеко, что император, всецело восхищённый и поглощенный литературой, садоводством и другими видами изящных искусств, полностью утратил контроль над государственными делами, что закончилось, в конце концов, захватом Китая варварами.

Последующие династии Ляо, Цзинь Юань и Мин не строили новых садов для своих императоров. Главным императорским садом был Западный сад в Пекине (в настоящее время парк Бэй Хай). В течение правления династии Цин (1644–1911 гг.), интерес к садам поднялся на новую высоту. Цинские императорские сады имели множество вариаций, в отличие от известных ранее довольно стандартных моделей. В пределах Запретного города – императорской резиденции Го Гун – существовали четыре небольших сада: «Королевский сад», «Сад поиска Удачи», «Сад спокойствия и благополучия» и «Сад памяти».

В западном пригороде Пекина в то время тоже существовали замечательные сады, такие, как Юаньминюань, Чанчунь, Цини, Цзинмин и Цзин-и. В 200 км севернее Пекина расположен город Чендэ, построенный как императорская летняя резиденция. Его можно назвать комплексом императорских садов, расположенных на большой территории. Сады строились с огромным разнообразием пейзажных картин, чтобы они были привлекательными для императорской семьи в разное время года. Императоры Кан-си и Цянь-лун много раз путешествовали на юг и постепенно внедряли в свои северные сады элементы южного садового дизайна.

Наиболее внушительный и самый большой среди Цинских императорских са-

дов был Юаньминюань, известный как «Сад садов». Он находился в северо-восточном пригороде Пекина и был построен в 48-й год царствования Кан-си (конец XVII в.), при котором китайская империя достигла вершины своего материального благополучия, и это был главный пейзажный сад, созданный полностью на ровном рельефе, включающий бесконечное множество и разнообразие пейзажных картин. Каждая пейзажная картина имела свой комплекс построек. Количество видовых точек и открывающихся из них неповторимых видов было, практически, бесконечно. Этот великолепный сад был разрушен в 1860 году французскими и британскими армиями, что стало невосполнимой потерей для садового искусства Китая.

Композиция императорских садов ясно отражала специализацию функций. В пределах сада находились управленческая администрация, жилые помещения и зоны отдыха. Каждое здание отвечало определённым целям. Храмы также были включены в императорские сады во времена Цзинской династии, внося в них религиозно-мистический дух. Первой основной отличительной чертой императорских садов была их грандиозность. Да как же иначе могло быть? Император – сын Неба, властелин Поднебесной. Его обитель также должна быть бескрайне велика, как и само небо.

Всё, что произрастает и существует на поверхности земли, – это результат соприкосновения двух божественных начал – Земли (Камня) и Неба. Поэтому моделью природной красоты мог стать только сад императора, имеющего прямое отношение к божественному небесному началу. Эстетика императорского сада постепенно вышла вперед по сравнению с другими видами искусства и науками, в силу сложившихся социально-экономических условий и под влиянием достижений в других сферах.

Особое значение при создании сада имела его планировка. В императорских садах, а впоследствии и в других, а также в храмовых комплексах, основой построения стали планировочные оси юг–север, на них низывались здания с внутренними дворами.

На оси юг–север располагались все главные дворцы и павильоны. На вторичных осях располагались меньшие по размеру и менее значимые строения; хозяйственные постройки относили к периферии. Обзорные беседки располагали в центре природного ландшафта, ища сбалансированности и гармонии между архитектурой дворцов и храмов и окружающей средой.

В каждом комплексе здания ориентировались таким образом, что формировали независимый объект в пределах отведенного пространства. Императорские сады не были столь формальны и официальны, как императорские дворцы. И в плане, и в форме они были свободнее и, главное, здесь не было никакой иерархической организации. В каждом отдельно взятом участке дворцового сада (а их могло быть множество), формировался якобы не зависимый от других, самостоятельный ландшафтный объект.

Для павильонов, расположенных в императорских садах, жёлтая черепица применялась лишь для наиболее важных зданий. В большинстве случаев использовалась черепица серо-коричневого цвета на двух ярусных крышах. Колористическая гамма сада состояла из зелени растений, красных колонн построек и серой черепицы крыш. Одной из главных особенностей императорского сада было наличие росписей. Чтобы создать своеобразную оживлённую атмосферу (стиль *хэ-си*), избегали в росписях изображения драконов и тяжёлых насыщенных цветов, напротив – приветствовалось изображение спокойных ландшафтов со сценами из аллегорических басен, с цветами (стиль – *сучжи*) и деревьями. Поскольку императорские сады были огромны, размеры «миниатюрных» гор и водоёмов были тоже значительны, чтобы вертикальные и горизонтальные параметры сада не противоречили друг другу и составляли единое целое.

Гора (камень, земля) и вода – вечная основа сада, их баланс – самое главное при проектировании. В основе всего лежит даосское представление о гармонии – баланс сил и символы равновесия в природе – инь и ян, что и олицетворяют собой в садах вода и камень. Безусловно, кроме этого, сад включает

и другие элементы. По своей эстетической и философской сути они могут иметь и меньшее значение, чем камни и вода, но без них не существует и не складывается образ китайского классического сада. Среди этих объектов – пагоды, мемориальные стелы, арочные и круглые проходы, балюстрады, скульптуры животных, фрагменты стен, каменные мосты и др. Они участвуют в формировании точек обзора во внутренних дворах (внутренних садах), с их помощью мастер расставляет главные акценты, они просто делают сад более интересным.

Несмотря на целый ряд политических и культурных катаклизмов в Китае, многие императорские сады сохранились и до наших дней – это парк Бэй Хай, Летний дворец и Запретный Город в Пекине, императорский курорт в Ченде, Чистое озеро в провинции Шанси и др.

Частные сады

Частные сады в Китае возникли позже, чем те, которыми владели императоры. Самые ранние упоминания о частных садах относятся к концу правления Ханьской династии. С того времени не только императорские, но и частные, и храмовые сады развивались и совершенствовали свою художественную форму.

В периоды династий Мин и Цин бурное развитие частного садоводства достигло пика своей популярности. Так же, как и в случае с императорскими садами, прослеживается непосредственная связь частных садов с живописью и литературой, и она становится тем более важной и тесной, чем большего мастерства достигают садовники.

Широкую известность получили, благодаря своей элегантности и сложности, сады Сучжоу – в то время столицы небольшого княжества У. Получив мировую известность, эти сады по праву носят название жемчужин китайского садового искусства. Наиболее известный частный сад Ханьского времени был построен в Лояне богатым человеком по имени Юань Гуанхань. Территория сада равнялась приблизительно трем гектарам. Через сад проходили извилистые галереи, которые в

удобных местах соединялись с павильонами. В саду также были разнообразные водоёмы с прозрачной водой, сады камней, собственный зоопарк и множество необычных растений.

В периоды династий Вэй и Цзинь дома мандаринов (чиновников) имели сады, примыкающие к жилым помещениям. Там также создавались миниатюрные горы, водоёмы с островами, беседки и павильоны на разных уровнях рельефа. Наиболее известные сады той эры были: Сад Роскошного Леса, Сад Чжана Луня и Сад Восточный Сян в Лояне. Это было время, когда создание искусственных гор становится почти самостоятельным видом искусства. Горы моделируются с натуры, с огромными камнями, взятыми часто именно из тех мест, которые копируются, с возведением необычных пиков и замысловатых утёсов, к которым вели каменные лестницы и дорожки.

Многие аристократы и учёные посвящали природе поэмы, написанные изысканным языком, не стесняясь выражений о страстной любви к своей природе и своим садам. Именно по этим хронологическим литературным источникам можно судить о высокой эстетической оценке, даваемой современниками произведениям садового искусства того времени. В течение правления династий Суй и Тан (581–907 гг.) богатые аристократы неуклонно следовали традициям создания сада, сложившимся ранее в периоды Северных и Южных династий. С изменением политической и экономической обстановки в стране, всё большие материальные богатства сосредотачивались в руках отдельных семей. В соответствии с этим частные сады увеличивались как числом, так и размером.

Поэзия времён Танской династии известна своим романтизмом. В произведениях того времени можно найти много восторженных стихов, посвящённых любви к природе. Среди поэтов стало модно жить в сельской местности, в окружении собственных садов, воспевая красоту окружающего мира не со стороны, а как бы изнутри.

Вилла Ванчуань, построенная известным поэтом Ван-вэем, – наиболее известный сад того времени, расположена на вершине

горы Чжуннань. Ван-вэй использовал естественный ландшафт, лишь незначительно изменив его. Сад получился изысканным и элегантным. Для специально созданных пейзажных сцен использовались поэтические названия: «Волны ивы», «Озеро мелодии», «Изыщество абрикосовой рощи». Интеллигенция и учёные Древнего Китая оказывали ощутимое влияние на дизайн сада, становились новаторами нового искусства соединения натурального и искусственного ландшафта, не нарушая естественной гармонии.

Во времена династии Сун (960–1279 гг.) торговля и ремёсла бурно развивались. Плотность населения быстро увеличивалась, что влекло за собой быстрый рост городов. Аристократы и многочисленные члены императорских семей, так же как и богатые торговцы и ремесленники, максимально пытались использовать все свои привилегии, и в том числе привилегию иметь собственный сад. Поэтому они ускоренными темпами продолжали развивать садовое наполнение своих резиденций, создавая особенно популярные горные ландшафты. Это течение в древней китайской садовой культуре получило название «городской горный лес».

Согласно историческим данным, в западной столице империи – в Лояне – имелось более тысячи резиденций с частными садами, двадцать из которых были повсеместно известны как непревзойдённые садовые шедевры. В Кайфене, восточной столице, также было чуть менее полутора десятков очень известных садов. На Юге наиболее известные частные сады были расположены в окрестностях Пинцзяна (нынешнего Сучжоу), Усина и Линъана (современного Ханчжоу). Размеры частных садов в то время были очень велики. Рыли водоёмы, грунт из которых шёл на устройство холмов; бамбуковые рощи, беседки и высокие дворцы, и павильоны среди диковинных цветов и деревьев. Число пейзажных картин в саду со временем постоянно увеличивалось, чтобы различные, не похожие друг на друга, виды и открывающиеся композиции развлекали владельцев и их гостей.

В ландшафт сада стали включать объекты дальнего плана, территориально ему не

принадлежащие. В теорию композиции были введены понятия «собственный вид» и «заимствованный вид». Это было необходимо для того, чтобы создать впечатление бесконечных просторов сада, не отделимых от естественного природного ландшафта. Стало очень популярным устраивать необычные горные лабиринты, с гротами и тупиками, с открытым небом над головой на некоторых участках, где в ночное время в композицию включались и звёзды, видимые из каменных колодцев и подземных полуоткрытых галерей. Там же могли протекать ручьи и неожиданно открываться пещеры.

С особой тщательностью подбирались камни: их разнообразие, вид и история происхождения часто составляли великую гордость владельцев. Размещённые в необычных композициях группами или поодиночке, они должны были представлять собой законченные произведения искусства. Великим мастерством считалось умение создать гармоничную композицию, уменьшая или увеличивая визуально размер и значимость камня в композиции путём установки его на возвышенное место или, наоборот, углубляя в землю. В результате получались оригинальные композиции, возведшие многие китайские сады в разряд мировых шедевров ландшафтной архитектуры.

Пекином, как своей столицей, пользовались многие династии – Ляо, Цзань, Юань, Мин и Цин. Поэтому близкая к императору знать и чиновники тоже имели свои резиденции в Пекине, сделав его городом многих известных садов. В период Минской династии в Пекине и окрестностях было более 20 известных садов. Наиболее известным из них был сад Шао Юань, или сад Ми Ваньчжуна («Сад погружения»).

В период династии Цин было не менее 50 садов. Сохранились до наших дней лишь 7 из них, главные из которых – Сад при дворце принца Гуна, Ке Соу, Сад Но в резиденции Туна и сад Лю в резиденции Юна. С тех пор эти сады часто меняли владельцев, многие годы в них отсутствовал надлежащий уход, впоследствии они часто восстанавливались для других целей. В результате ориги-

нальные первоначальные проекты были практически утрачены.

В то же время Южные сады, концентрирующиеся вокруг крупных преуспевающих городов – Янчжоу, Нанкин, Сучжоу, Цзяцин и Ханчжоу, – с хорошими путями сообщения, процветали в более благоприятных погодных условиях, используя все достижения культуры того времени. В период ранней Цин город Янчжоу, расположенный на перекрёстке Великого канала и реки Янтцзе, монополизировал соляную торговлю и через это стал очень преуспевающим и богатым. Здесь было много богатых торговцев, знатных людей и учёных. Каждый Цинский император в своих поездках на юг много раз проезжал через Янчжоу. В результате в городе появлялись все новые и новые сады, соперничающие в праве приветствовать императора именно в нём, или стать главным императорским садом. Если император останавливался в том или ином саду, то хозяин тут же повышался в звании, рейтинг сада неимоверно возрастал.

Большинство садов было построено в лесной зоне, примыкающей к изящному Западному озеру. Эти сады не только заимствовали виды лесного озера и ближайших лесов, они также использовали виды друг друга, создавая удивительные картины, никогда не существовавшие в природе. В целом эти сады не предназначались непосредственно для резиденций, они, скорее, использовались для общественных приёмов, для встреч с друзьями за чашкой вина, как уединённые места для написания поэм и других развлечений, для пения, и танцев. Они часто открывались для публики утром и закрывались вечером и играли в современном понимании роль городских парков – возможно, коммерческих. Из сотни известных садов такого типа наиболее известными были: «Сад теней», «Сад Бяня», «Круглый сад», «Восточный сад», «Сад очарования весны», «Южный сад» и «Сад молодого бамбука».

Сады в Янчжоу были известны ещё и древней методикой формирования искусственных гор послойной укладкой специальных камней. На пике этой моды почти каждая се-

мья в Янчжоу устраивала свой собственный садик среди искусственных скал с романтическими, одиноко стоящими павильонами на склоне горы или в туманной расселине. Но когда на трон Цинской династии взошёл император Дао-гуан, процветающий город Янчжоу быстро стал приходить в упадок, как и вся китайская культура в тот период.

Частные сады Сучжоу имеют другую и довольно длинную историю и, в некоторой степени более удачную судьбу. Со времен Пяти Династий (907–960 гг.) до середины правления династии Цин сады Сучжоу постоянно развивались и совершенствовались в плане проектирования. В городе неуклонно развивались ремесла, и процветала торговля. Постепенно он стал самым большим и самым богатым городом на юге реки Янтцзе. Кроме того, Сучжоу имел уникальные естественные особенности рельефа, способствующие созданию разнообразных садов. Каналы и небольшие реки в пределах города обильно снабжали водой сады, создавали красивый городской ландшафт и были просто удобным средством передвижения по городу.

Все эти благоприятные факторы сделали Сучжоу привлекательным местом для торговцев, художников и поэтов, вносящих свой вклад в разработку новых направлений в искусство сада. Мандарины и богатые торговцы соперничали за владения землями в центре города для создания на них новых садов. Сады становились центрами досуга, в них пели и слагали поэмы, живописцы писали картины. Другие сады создавались как места уединения – для философских размышлений в тишине и одиночестве, как подобие рая, куда на склоне лет стремились их владельцы.

В Сучжоу сохранились традиционные сады в большей степени и лучшем виде, чем во всех других областях Китая. Эти сады отличаются тонким своеобразием и высокохудожественным исполнением. Наиболее известные из них – «Сад Промедления», «Сад Мастера сетей», «Сад Львиной рощи», «Сад Поднимающейся Волны», «Сад неумелого правителя» (иногда называют «Сад Скромного администратора»). Как видно даже из их на-

звания, особенность садов Сучжоу заключалась в умении мастеров наполнить сад непредсказуемыми вариациями открывающихся картин, создавая непостижимо таинственную атмосферу. Поэтическая эlegantность и живописность садов Сучжоу являются признанными шедеврами Южного стиля в китайском садовом искусстве, вершиной артистизма и мастерства.

Стиль Южных садов оказал влияние и на сады других областей Китая. Они существенно отличаются от северных – в основном императорских – и планировочной структурой, и формами крыш павильонов, и декоративными резными элементами, и отсутствием ярких росписей на несущих конструкциях строения и колоннах. Им присущ своеобразный баланс составляющих элементов – камня, воды, цветов (их много) и деревьев. Считается, что на этой основе возникло целое направление в садовом искусстве Китая, которое трактуется как «Устройство горы и леса у её подножия».

Частные сады Юга часто расположены или сзади, или сбоку от основного жилого здания. В то время как другие части жилого комплекса сгруппированы вместе относительно центральной оси, создающей формальный порядок залов и отсеков, сады в плане свободны и асимметричны. В этом проявляется знаменитый даосский закон гармонии – равновесия инь-ян, то есть хаоса и порядка.

В композиции сада выделяется обычно одна большая открытая площадь, к которой примыкают все наиболее значимые пейзажные картины и главные виды на основные павильоны. Пространства разделялись галереями, стенками, условными границами, группами деревьев и кустарников, невысокими холмами и были соединены с центральной площадью через арочные и круглые проходы, пещеры, окна, чтобы создать иллюзию бесконечных лабиринтов, наполнив их духом таинственности.

В больших садах центральное открытое пространство – ядро сада – часто украшалось солитерными или групповыми посадками деревьев, садами камней. Главная площадь в саду предназначалась для большого

количества гостей и проведения приёмов. Весьма значительными были и павильоны в этой части, часто уходящие одной стороной фундамента прямо в воду озера. Они были открыты со всех сторон, чтобы гости могли наслаждаться разнообразными видами, открывающимися со всех сторон света.

Большие земляные горы и небольшие каменистые холмы имели множество пиков и утёсов. К вершинам вели каменные дорожки, проложенные спирально вокруг холма или серпантинном – по одному склону. Небольшие каменистые холмы состояли исключительно из камней, к ним не вели дорожки, так как они были предназначены исключительно для обзора. Водная поверхность – ровная; форма водоёмов – свободная. Каменные отмели или укрепленные камнем берега имели естественный вид. Здесь вновь прослеживается параллель с китайской пейзажной живописью: попытка создать пейзажные картины натуральными материалами. В том месте, где павильоны спускались непосредственно в воду, прямая линия создавала изящный контраст естественному берегу. Вода, впуская в себя архитектуру, выделяла ей роль переходного элемента между камнем (ян) и мягкой податливостью воды (инь).

Водоём в китайском саду часто ассоциируется с бесконечностью и неопознанным космическим пространством – с небольшими мостами через реки, «впадающие» в «небо», «плавающими» павильонами, каменными композициями, установленными в воде. Всего несколько растений опускаются к кромке воды в озере. Водная гладь, как правило, чистая, и лишь водный гиацинт или водяная лилия островками свободно плавают на поверхности. Вода в водоёмы поступает извне сада очень спокойными, изящными потоками. Она проходит медленно через разные пространства сада, нанизывая на себя, как на нить, разнообразные пейзажные картины. В большинстве китайских садов, особенно южных, нет стремительных звонких потоков с перекатами и водопадами. Вода течёт тихо, располагая к покою в уединении, не мешая сосредоточиться на красоте открывающихся ландшафтов.

Постройки в частных садах Юга занимают больше пространства, чем в садах Севера. Часто здания соединяются извилистыми галереями. Портики и веранды, ведущие к входным дверям в помещения, защищают вход от палящего летнего солнца. Все части сада, скомпонованные в различных вариантах (имеются в виду, и здания, и растения, и элементы рельефа – камни, вода, скульптура), вместе составляют богатейшую палитру пейзажных картин, позволяющих выделить сады Юга в отдельное направление в китайском классическом садоводстве. Кроме того, различные формы и дизайн окон со свинцовыми переплетами, имитирующими растения и животных, включения мозаики и витражей, а также дощечек с каллиграфией, устанавливаемых под козырьком крыш или на опорах, различная высокохудожественная мебель с инкрустацией и резьбой и другие архитектурные элементы – всё это сформировало в конечном итоге понятие Южный китайский садовый стиль.

Естественные природные парки и сады храмов

Китайцы исторически умели и любили наслаждаться красотой естественной природы. Множество природных парков исторически использовались как места отдыха. Эти природные парки существенно отличаются от вышеупомянутых садов, где вмешательство человека доминирует. Хотя, надо сказать, грань эта слишком тонка, и не всегда можно с уверенностью сказать, где проходит та незримая грань, отделяющая природное от рукотворного.

Так называемые природные парки в то же время, не могут рассматриваться как абсолютно ненарушенная среда, поскольку определенное благоустройство в них все-таки проведено прежде всего для удобства пользования, но лишь в том минимуме, который был крайне необходимым. Китайские исследователи находят уникальность частных садов именно в этом. Они отводились для общественных гуляний. В период Танской династии один из них был расположен к юго-востоку от столичного города Чаньань. Ме-

сто было известно своей невероятной красотой в долине излучистой реки Цюй-Цзянь. В границах национального парка, для лучшего обзора и любования пейзажами, было поставлено множество беседок, домиков для отдыха, галерей и пагод.

В те времена и простой народ, и знать, и члены императорских семей шли в парк, чтобы отдохнуть и насладиться красотами его естественных пейзажей. Особенно выдающимся пейзажам, называемым *фен*, было принято давать поэтические названия, например: «Восемь пейзажей Озера великого блеска» в Дзиньане, «Десять цветных пейзажей Западного озера» в Ханчжоу или «Двадцать четыре картины Изящного озера» в Янчжоу. Одно время упоминалось о «Шестидесяти картинах Глупого старика» в долине Уси. Эти пейзажи всегда красивы, необычны, в них присутствуют и звёзды в ночное время, и естественные гроты, звонкие весенние ручьи, небольшие бухточки и водопады – вообще всё, чем может быть богата щедрая природа Китая, и всё то красивое, что может оценить человек в силу своего развития и образования.

В отличие от императорских и частных садов, при благоустройстве природных парков не существовало каких-либо правил, кроме лишь нескольких – не нарушать естественную гармонию (не навреди!) и в то же время сделать его удобным для отдыха.

Многие старые китайские храмы поминовения предков тоже традиционно располагались в живописных местах, что влекло за собой некоторое преобразование окружающего ландшафта. Храмы, находившиеся в пределах границ городов, не часто имели сады на своей территории, но расположенные за пределами города, в окружении красоты природы, они изменяли структуру ландшафта, включая природные картины в храмовый комплекс. Сады при храмах (или храмы в садах) постепенно становились местами отдыха и осмотра достопримечательностей.

Почти все древние природные парки сохранили большое количество исторических реликвий, что является ещё одной их характерной и отличительной особенностью. Например, в парке «Глупого старика» в долине

Уси, собственноручная надпись известного каллиграфа Ван-сичжи украшает фронтон Орхидного павильона. Другим национальным сокровищем является каллиграфия, выполненная Танским императором Тай-цзуном в поминальном храме его предков. В парке «Западного Озера» расположена могила героя Южный Сун полководца Юэ Фэй и т. д.

Легенды и невероятные истории сопровождают историю природных парков уже не одно тысячелетие. И это только поддерживает и так неослабевающий интерес к этим загадочным местам. Очень популярна легенда о Белом Змее, живущем в пещере на Золотой горе Чженьцзян, где стоит храм монаха Фа Хай (героя легенды). Люди до сих пор приходят в парк и ищут следы и свидетельства пребывания здесь и Белого Змея, и жившего когда-то монаха. В Наньцзине озеро Мочоу получило своё название после того, как тысяча четыреста лет назад сюда пришла одна женщина и принесла историю своей любви; эту легенду люди рассказывают и в наши дни. На Западном озере в Ханчжоу есть композиции, называемые «Сломанный мост» и «Прыгающий тигр», они тоже связаны с древними легендами, так же как и «Холм белого тигра» в Сучжоу и «Пруд черного дракона» в древнем городе Лицзянь.

Природные парки, кроме всего прочего, были местом отправления религиозных культов. Во время религиозных праздников в них проходили весёлые ярмарки и театрализованные представления. Природные парки никогда не строились по генеральному про-

екту: они возникали стихийно и развивались очень долгий период. Использовались лишь те материалы, которые находились непосредственно на месте; постройки были просты и лаконичны, красота естественна и изящна. Парки процветали и приходили в упадок вместе с рассветом и упадком династий. Многие из них уже не существуют, другие пережили своё падение и восстановлены. Большинство сохранившихся до наших дней природных парков относится к временам правления Династии Цин.

Рассматривая тесную взаимосвязь четырёх видов китайского искусства – садоводства, литературы и поэзии, живописи и каллиграфии, – можно видеть, что они развивались и совершенствовались в тесной взаимосвязи друг с другом: стоило поэту или художнику описать красоту увиденного им пейзажа, туда сразу же стекались любители и ценители этих искусств и поклонники мастеров. Справедливо и обратное – поэты писали о прекрасных садах, вдохновляющих их и художников на творчество, каллиграфы оставляли свои произведения в храмах и украшали ими павильоны. И всё это не происходило одно без другого. Известны случаи, когда сады строились по произведениям поэтов. Наиболее известный пример – Сад в Пекине – по поэме XVIII века «Сон в красном тереме» – был лишь иллюстрацией к поэтическому произведению. Тот, кто хоть немного знаком с богатством китайской культуры, может оценить её в полной мере, бывая в садах и природных парках этой удивительной страны.

ПРОБЛЕМЫ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В.И. СИРОТОВ, *профессор каф. экономики и организации лес. хоз. и лес. пром. МГУЛа*;
Т.А. БОНДАРЕВА, *асп. каф. экономики и организации лес. хоз. и лес. пром. МГУЛа*

Размежевание лесоохранных и лесопользовательских функций в лесах России, произошедшее в конце прошлого века, разрушило сложившиеся годами производственные связи между лесным хозяйством, ле-

созаготовительной и деревообрабатывающей отраслями промышленности. Многочисленные частные коммерческие фирмы и фирмочки, ища максимальную, сиюминутную выгоду, начали по клочкам растаски-

вать лесосечный фонд, выхватывая лучшие участки, освоение которых не требует практически никаких вложений ни в строительство дорог, ни в социальную сферу.

При отсутствии лесного дохода государство не в состоянии в нужных объемах организовать и финансировать возобновление лесов на вырубленных площадях, борьбу с лесными пожарами и вредителями лесов, а также оградить национальное достояние, коим является лес, от расхищения. Известно множество случаев, когда лесхозы вступают в «неформальные» взаимоотношения с лесопромышленниками, занимаются извлечением прибылей путём проведения рубок ухода (постепенные и выборочные рубки), извлекая из лесфонда спелую крупномерную древесину. При этом они освобождены не только от платы за древесину на корню, но и от уплаты налогов за её реализацию. Вводя аренду лесного фонда, многие лесные службы стараются предоставить её на возможно более короткий срок, что увеличивает зависимость предпринимателей от них. И, одновременно, не стимулирует предпринимателей на вложение средств в инфраструктуру. На торгах продаются наиболее доступные и «лакомые кусочки» леса, которые, как правило, приобретают не лесозаготовительные предприятия, ибо в большинстве своём они не способны не только выиграть на торгах, но и оплатить тот уровень арендной платы, который обеспечивал бы покрытие расходов на лесовозобновление.

Отдав лесопользование на растерзание в руки частного сектора экономики, государство лишило себя возможности получения «лесного» дохода, ибо при современном финансовом механизме значительная часть валютной выручки от экспорта лесоматериалов из России стала оседать в офшорных и других замаскированных банковских счетах лесозэкспортёров и их партнёров.

Фактически государство утратило свой контроль за состоянием и использованием лесов и ушло от ответственности за будущую деградацию их.

В результате ведётся истребление наиболее доступных и выгодных для экс-

плуатации насаждений, резко сокращены объёмы лесовосстановительных работ и через некоторое время леса России будут представлены осиной, берёзой и другими малоценными породами.

При резком снижении объёмов производства большинства видов лесопромышленной продукции за последние годы, экспорт древесины продолжает расширяться, характеризуясь чёткой сырьевой направленностью, отличаясь невысокой (по сравнению с зарубежными странами) эффективностью. Эта «деятельность» ведёт к сокращению поставок круглых лесоматериалов для собственных деревоперерабатывающих предприятий, которые зачастую простаивают из-за нехватки сырья.

Любому здравомыслящему лесному специалисту ясно, что там, где нет лесопользования, там нет и возобновления лесов. Несвоевременная уборка лесного урожая ведёт к его гибели, это не только потеря ресурсов, использование которых могло бы внести существенный вклад в экономику страны, но и потеря экологической устойчивости и природоохранной значимости лесов. Рациональное неистощительное использование лесов может быть обеспечено только путём создания полноценного, взаимоувязанного лесного комплекса.

Аналогичная ситуация сложилась и в Московской области (которая по лесистости типична для двенадцати субъектов Российской Федерации, входящих в Центральный экономический регион), где в 2000 г. лесозаготовки по главному пользованию вели 77 коммерческих организаций. В среднем на одного лесопользователя объём заготовок составил менее 10 тыс. м³. Разве можно организовать при таких объёмах эффективную переработку заготовленной древесины? В 1999 г. размер промежуточного пользования, выполняемого лесхозами, составил 975 тыс. м³, а по главному пользованию – только 584 тыс. м³. Почти с 1 млн. м³ в бюджет не поступила плата за лес на корню и налоги.

Более того, в Московской области, по мнению сотрудников Минприроды, самыми злостными нарушителями оказались лесхозы, которые ведут несанкционированную

вырубку лесных массивов, в том числе и на особо охраняемых территориях. Ущерб государству от нарушений природоохранного законодательства в подмосковном лесном комплексе МПР оценило в более чем в 723 млн. рублей[2].

В последнее время в специальной литературе много и часто пишется об устойчивом управлении лесами.

В «Заявлении о принципах в отношении лесов», принятых на конференции ООН по Окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро 3 – 14 июня 1992 г., подчёркивается, что леса с их сложными экологическими процессами необходимы для экономического развития и поддержания всех форм жизни. В числе названных принципов есть и такой: «Для экологически безопасного использования лесов потребуется *устойчивость структур производства* и потребления в мировых масштабах». Поэтому мы вполне солидарны с мнением академика Н.А. Моисеева, «что для наиболее полного и рационального использования лесов и устойчивого управления ими следует прежде всего создать *сбалансированные ЛПК*, отрегулировать их экономические отношения с органами управления лесами».

Весьма поучителен в этом плане опыт Канады, где в провинции Альберта, например, неистощительное пользование лесом обеспечивается тем, что лесопромышленные компании обязаны собственными силами обеспечивать полное и качественное возобновление вырубаемых площадей. Более того, лесопромышленная компания Вельвуд, начиная с 1983 г., осуществляет не только возобновление лесов, но и воспроизводство диких животных и рыбы. Вряд ли в нашей стране в современных условиях какая-либо фирма, купившая на торгах небольшой участок леса, или взявшая его в аренду на короткий срок, последует этому примеру!

А в Финляндии, например, лесозаготовитель при получении разрешения на заготовку леса, вносит залог в сумме, обеспечивающей естественное или искусственное лесовозобновление на вырубленной им площади.

В России возможен вариант выполнения лесовосстановительных работ за счёт бюджета губернии, на территории которой работает лесозаготовитель.

Главное, в чём мы твёрдо убеждены, когда лесозаготовитель будет твердо уверен в том, что в течение длительного (40 – 50 и более лет) периода только он будет эксплуатировать переданный в его распоряжение лесной массив, то только тогда он будет заинтересован в строительстве лесовозных дорог, перерабатывающих цехов, жилья и т. д. С другой стороны, построенные им дороги обеспечат проведение всего комплекса лесовосстановительных и лесозащитных работ.

Известно, что за последнее десятилетие прошлого века в России почти в 4 раза сократилось производство пиломатериалов, практически прекращено производство деревянного домостроения. Экспорт российских пиломатериалов составляет лишь несколько процентов, а из-за низкого качества обработки и отсутствия сушки они не выдерживают конкуренции на мировом рынке. Высокое качество древесины, произрастающей в лесах Московской области, позволяет получать пиломатериалы и другие изделия деревообрабатывающих производств, отвечающие самым взыскательным требованиям. Однако для того чтобы обеспечить высокое качество обработки, необходимо иметь соответствующее оборудование. Высокое качество обработки пиломатериалов достигается за счёт внедрения ленточно-пильного, кругло-пильного и фрезерно-пильного оборудования и сушильных камер. Это оборудование в большом ассортименте выпускается как за рубежом, так и в нашей стране. Так, например, Калининградская фирма «Гравитон» выпускает целую совокупность современного ленточно-пильного оборудования, позволяющего не только обеспечить высокое качество пиломатериалов, но и существенно повысить полезный выход. По свидетельству журнала «Техномир» срок окупаемости этого оборудования 2-3 месяца, а цены – в 2-3 раза ниже западных аналогов.

Савёловский завод деревообрабатывающего оборудования производит и по-

ставляет как комплектные технологические линии, так и отдельные виды оборудования для больших и малых деревообрабатывающих производств.

Уверенные в своём будущем лесопромышленные комплексы смогут выйти на мировой рынок с продукцией глубокой переработки древесины, качество которой будет соответствовать мировым стандартам.

Пока не поздно, необходимо научно обосновать наиболее целесообразные структуры лесозаготовительных и лесоперерабатывающих производств, их взаимосвязи между собой и владельцами лесного фонда и

тем самым обеспечить формирование лесного комплекса, устойчивого к условиям работы в рыночных отношениях, обеспечивающего полноценное, неистощительное пользование и рациональное лесовозобновление.

Литература

1. Журнал «Техномир». – 2001. – № 3 (9).
2. Журнал «Лесопромышленник и лесозэкспортер России». Специальный выпуск. М., Сентябрь.– 2002.
3. Моисеев Н.А. Научные и практические проблемы Русского леса // Лесное хозяйство. – 2000. – № 5.
4. Писаренко А.И., Страхов В.В. О лесной политике России. – М.: Юриспруденция, 2001. – 160 с.

НОВЫЕ КНИГИ



В учебнике изложены научные и теоретические основы управления техническим состоянием машин и оборудования лесного комплекса, эффективностью и качеством их работы на основе системы технического обслуживания и ремонта. Рассмотрены влияние технического состояния на важнейшие показатели эффективности и качества, процессы формирования системы технического обслуживания и ремонта ее составных частей. Даны научные основы ремонта машин, основные технологические методы и способы восстановления изношенных деталей.

Освещены вопросы организации ремонтного производства.

Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Машины и оборудование лесного комплекса» направления «Технологические машины и оборудование» и «Лесоинженерное дело» направления «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств».

Для студентов, обучающихся по специальностям: «Машины и оборудование лесного комплекса» и «Лесоинженерное дело».

ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ЛЕСОПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

С.Л. РЫСИН, *доцент кафедры лесных культур МГУЛа, к. б. н.*

Москва – это мегаполис, занимающий площадь около 1000 км² с населением примерно 9 млн. человек (что составляет более 6 % населения страны), с многочисленными промышленными предприятиями и густой сетью транспортных магистралей. Тем не менее, на ее территории и в ближайших окрестностях до сих пор сохраняется немало насаждений, значительная часть которых исторически связана с естественно произрастающими здесь лесами. Сегодня городские и пригородные леса столицы являются одной из важнейших составляющих урболандшафта. Весьма велико их значение в обеспечении устойчивого развития Москвы – они играют огромную роль в решении экологических проблем города, выполняя средообразующие, почвозащитные, водоохранные, санитарно-гигиенические и рекреационные функции.

Все увеличивающаяся интенсивность антропогенного воздействия на природу существенно ухудшает условия жизни человека. Тем большую ценность приобретают еще сохранившиеся лесные массивы. Они очищают воздух от загрязнений, насыщают его кислородом, создают более благоприятную климатическую среду и служат излюбленным местом отдыха сотен тысяч горожан.

На территории города в настоящее время находится более 40 лесопарковых массивов, различающихся по площади, выполняемым функциям, уровню благоустройства и ряду других показателей. Исключительно велико значение лесов, входящих в состав лесопаркового защитного пояса (ЛПЗП) г. Москвы, который был создан в 1935 г. в соответствии с генеральным планом реконструкции столицы. За прошедшие шесть десятилетий его значение выросло многократно.

В основе организации и ведения хозяйства в зеленых насаждениях и городских лесах столицы должен находиться мониторинг их состояния. В течение ряда лет (1997-2000 гг.) нами совместно с сотрудниками Института лесоведения РАН проводились такие работы на территории основных массивов городских и пригородных лесов столицы. Эти исследования осуществлялись в рамках Программы мониторинга под руководством ЗАО «Прима-М».

Опыт организации такого рода исследований дает основание говорить о том, что наиболее полные результаты можно получить лишь при реализации комплексного подхода, который подразумевает применение различных методик сбора, обработки и анализа первичной информации. Главная задача мониторинга насаждений заключается в периодическом контроле их устойчивости в условиях специфической городской среды, где на естественные процессы развития лесных экосистем существенно влияют антропогенные факторы, в первую очередь – загрязнение атмосферы, почвы и рекреационное воздействие. Кроме того, большую роль могут играть нарушения гидрологического режима, вызванные строительством, искусственным изменением рельефа и т.д. Интегральным показателем происходящих изменений становится более или менее заметная трансформация лесных экосистем и, прежде всего, растительности.

Растения весьма чутко реагируют на меняющиеся условия, а потому могут служить надежными индикаторами состояния среды. При этом важно наблюдать за изменением состояния растительного покрова во времени. Эти наблюдения позволяют обнаружить тенденции в динамике лесного сообщества и дать прогноз его развития на будущее.

Для проведения такого рода многолетних наблюдений целесообразно закладывать постоянные пробные площади (ППП), на которых систематически по одной и той же методике фиксируются все изменения, происходящие во всех ярусах растительности. Созданная в 1997-2000 гг. система ППП охватила крупнейшие зеленые массивы столицы. В их числе насаждения национального парка «Лосиный Остров», природного парка «Битцевский лес», Главного ботанического сада РАН, опытного Серебряноборского лесничества, а также крупных городских лесопарков, являющихся одновременно памятниками садово-паркового искусства (Измайлово, Фили-Кунцево, Покровское-Стрешнево, Кузьминки, Кусково, Царицыно). В этой системе представлены типичные для территории города ландшафты, основные лесообразующие породы (сосна, ель, липа, дуб, береза), основные типы экосистем, лесные сообщества, находящиеся в разных условиях антропоического воздействия, насаждения разного происхождения (как естественного, так и искусственного). Одновременно с таксационными, лесоводственными и геоботаническими исследованиями проводились определение рекреационного потенциала насаждений и оценка ущерба, нанесенного им рекреацией. Полученные материалы дают возможность сделать обоснованные выводы об особенностях роста и состояния городских лесов разного породного состава, а также выявить тенденции их дальнейшего развития.

Состояние значительной части **сосновых** древостоев на территории г. Москвы можно оценить как удовлетворительное. Однако из-за полного отсутствия жизнеспособного подроста у сосны в городе нет будущего. Состояние лиственных пород, растущих под пологом сосны, не вызывает опасений (за исключением территорий лесопарков, непосредственно примыкающих к Московской кольцевой автомобильной дороге (МКАД)). Для сохранения сосны в составе городских лесов столицы рекомендуется проведение комплекса мероприятий, к числу которых относятся: содействие естественному возобнов-

лению, создание лесных и лесопарковых культур, своевременное проведение рубок ухода и формирования. В ряде случаев более целесообразным представляется не препятствовать естественной замене сосновых древостоев лиственными (в первую очередь, липовыми), которая произойдет через несколько десятилетий. Уже сейчас в сосновых насаждениях есть довольно значительные участки, где эта смена завершилась.

Еловые леса на территории Москвы сохранились сегодня лишь в виде небольших по площади участков насаждений искусственного происхождения и их состояние нельзя признать удовлетворительным. Это объясняется, с одной стороны, подавленностью роста ели (под воздействием высокого уровня техногенного загрязнения и интенсивных рекреационных нагрузок), а с другой – отсутствием естественного возобновления этой породы.

На основании имеющихся результатов можно сделать вывод о том, что создание чистых по породному составу традиционных посадок хвойных пород на территории города абсолютно нецелесообразно. Такие искусственные насаждения малопригодны для отдыха и весьма неустойчивы к рекреационным нагрузкам. Нужно разрабатывать новые типы лесопарковых культур, которыми заменят в будущем малоценные или деградировавшие насаждения.

Древостои с преобладанием **липы** занимают на территории г. Москвы около 20 % лесопокрытой площади. Помимо этого липа весьма часто произрастает совместно с другими породами – сосной, дубом, березой. Установлено, что липа находится в хорошем состоянии не только там, где она является основной лесообразующей породой, но и там, где она растет во втором ярусе. В целом липовые древостои в лесопарках г. Москвы сохраняют устойчивость, особенно в местах, удаленных от транспортных магистралей и городских кварталов, но и они должны находиться под систематическим контролем.

Состояние **дуба** на территории г. Москвы достаточно неоднородно и зависит от многих факторов. Лучшими показателями

характеризуется дубрава на территории ГБС РАН, которая находится в условиях регулируемого рекреационного лесопользования. Значительно хуже дуб чувствует себя в условиях техногенного загрязнения среды. Естественное возобновление этой породы в городских лесах практически отсутствует. На основании полученных результатов был сделан вывод о том, что в целом для лесопарковых насаждений г. Москвы характерен процесс постепенного замещения дуба другими породами и, в первую очередь, липой.

Одной из самых распространенных древесных пород на территории Москвы является **береза**. В городских лесах она образует как чистые, так и смешанные древостои. Береза относительно успешно переносит особенности городской среды; ее устойчивости способствует и достаточно активное возобновление, преимущественно порослевое. Судя по всему, в жестком охранном режиме березняки не нуждаются.

Особую тревогу вызывает состояние лесопарковых **насаждений, непосредственно примыкающих к трассе МКАД**. Для изучения влияния этой магистрали на лесные экосистемы разных типов было предложено использовать трансекты – постоянные пробные площади, имеющие вид полос, отходящих перпендикулярно от трассы вглубь лесных массивов. Анализируя изменение параметров принятых показателей по мере удаления от МКАД, можно объективно оценить изменение растительности в связи с влиянием этой автомагистрали.

Детальным изучением состояния растительности на трансектах было установлено, что деревья очень чутко реагируют на интенсивное загрязнение, которое испытывает лес рядом с МКАД. Отчетливо прослеживается ухудшение состояния всех без исключения древесных пород. Весьма важно, что в составе подроста в насаждениях присутствуют исключительно лиственные породы. Такой характер возобновления свидетельствует, что сосна – одна из главных лесообразующих пород настоящего времени в этих условиях не имеет будущего. Состояние кустарниковых пород аналогично состоянию деревьев – в

непосредственной близости от МКАД подлесок, играющий в лесу важную защитную роль, обречен на гибель. Резко меняются состав и структура травяного покрова. В полосе шириной около 40 м от МКАД типично лесные виды уступают место сорнякам.

На основании полученных материалов был сделан вывод, что лесная растительность в пределах 40-метровой полосы, непосредственно примыкающей к МКАД, находится в критическом состоянии. Необходимо в самое ближайшее время разработать и реализовать систему мероприятий по созданию устойчивых посадок древесных и кустарниковых пород в зоне деградации лесной растительности.

Результаты мониторинга за 1997-2000 гг. свидетельствуют о том, что в целом состояние насаждений в лесопарках Москвы продолжает оставаться относительно удовлетворительным. Однако оно должно находиться под постоянным контролем специалистов. Только в этом случае можно будет своевременно выявлять происходящие изменения, обоснованно трактовать вызывающие их факторы и, в случае необходимости, оперативно проводить нужные хозяйственные мероприятия. Длительные стационарные наблюдения на постоянных пробных площадях дают возможность выявить происходящие изменения и объяснить их механизм. Использование государственной топографической основы, применение аэрофотоснимков в лесоустройстве, а также материалы детальных исследований состояния насаждений на ППП, проводимых специалистами разного профиля позволят создать единую геоинформационную систему как в целом всех лесных и лесопарковых ресурсов г. Москвы, так и отдельных объектов.

Литература

1. Леса Москвы. Опыт организации мониторинга. – М., 2001. – 148 с.
2. Состояние зеленых насаждений в Москве (по данным мониторинга 1997 г.). Аналитический доклад. – М.: «Прима-Пресс-М», 1998. – 238 с.
3. Состояние зеленых насаждений в Москве (по данным мониторинга 1998 г.). Аналитический доклад. – М.: «Прима-Пресс-М», 1999. – 216 с.

4. Состояние зеленых насаждений в Москве (по данным мониторинга 1999 г.). Аналитический доклад. – М.: «Прима-Пресс-М», 2000. – 277 с.

5. Состояние зеленых насаждений в Москве (по данным мониторинга 2000 г.). Аналитический доклад. – М.: «Прима-Пресс-М», 2001. – 290 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

М.В. ЦВЕТКОВА, *асп. кафедры ландшафтной архитектуры МГУЛа*

К настоящему времени имеются достаточно полные данные о состоянии и факторах ослабления и усыхания насаждений Москвы и ближнего Подмосковья.

К естественным (природным) факторам нарушения устойчивости и снижения декоративности и полезных функций зеленых насаждений г. Москвы относятся, в основном, следующие:

1) неблагоприятные погодные и климатические факторы, в том числе стихийные бедствия;

2) высокий возраст насаждений, сопровождающийся снижением их устойчивости и увеличением пораженности болезнями;

3) комплекс болезней, способных развиваться на живых деревьях и образовывать очаги поражения;

4) повреждение деревьев членистоногими фитофагами.

К числу антропогенных факторов неблагоприятного воздействия на зеленые насаждения г. Москвы относятся:

1) химическое, физическое и биогенное загрязнение атмосферы, поверхностных и грунтовых вод и почвы;

2) несовершенство технологии сезонной, в особенности зимней, уборки дорог;

3) нарушение температурного и водного режимов воздуха и почвы;

4) рекреационная нагрузка и нанесение многообразных по своему характеру механических повреждений корням, стволам и кронам деревьев;

5) несовершенство режима ведения хозяйства в системе озеленения, ухода и защиты городских зеленых насаждений и несовершенство методов ведения городского хозяйства.

Аналогичные факторы характерны и для ряда других городов Московского региона с напряженной экологической обстановкой.

Только 5-10 % московских деревьев, не считая тех, что в лесопарке, можно назвать здоровыми. По мнению столичных экологов посадки, расположенные в 30-35 м от центральных магистралей, обречены на гибель. По данным Академии жилищно-коммунального хозяйства самая неблагоприятная ситуация на сегодняшний день в Центральном округе, где на одного жителя приходится 7,4 м² зеленых насаждений, в Восточном округе – 57,5 м²

Зеленые насаждения в г. Москве на 70-80 % деградированы, великовозрастны. За последние годы вырубками, солью, ураганами уничтожены сотни тысяч деревьев. Фактическая компенсация составляет несколько процентов.

В ближайшие 2-3 года финансовые ресурсы надо сосредоточить на восстановлении зеленого хозяйства в г. Москве.

Для того чтобы обеспечить минимально необходимую среду через 10-15 лет, восстановлением необходимо заняться именно сейчас. Если все останутся в таком же состоянии, как сейчас, через 10 лет г. Москва фактически станет каменными джунглями.

Большую опасность для Московских лесов представляет жук-короед, оккупировавший окрестности столицы. Было вырублено около 60 тысяч подмосковных деревьев, зараженных жуком-короедом. Из-за теплового и влажного лета ослабевшая растительность не смогла сопротивляться нашествию жука.

В Подмосковных лесах (в Шаховском, Волоколамском, Дмитровском районах) было очищено до 6 тыс. га пораженных лесов в

2001г. Если бы это не было сделано, площадь поражения достигла бы через год 50 тыс. га. Необходимо также отметить недостаточное финансирование лесхозов из госбюджета. Пока оно осуществляется на уровне 8-10 % от требуемого природой и людьми.

Большую опасность представляют также лесоторфяные пожары. До 20 июля 2001г. было отмечено 127 природных возгораний в 12 районах, общей площадью 29,16 га. Наиболее горящие районы: Шатурский, Орехово-Зуевский, Егорьевский, Павло-Посадский, Ногинский, Луговицкий, Воскресенский. Денег из федерального областного бюджета на тушение пожаров выделяют явно недостаточно. Нет денег на патрульный самолет (стоимость 1 га патрулирования 6 тыс. рублей). Не хватает горючего для патрульных машин. Например, на топливо выделено из областного бюджета 1 млн. рублей, что лесхозам хватает на 1-2 месяца работы. Техника в лесхозах не обновляется, половину машин из-за износа необходимо списывать.

Необходимо также предусматривать средства на восстановление лесов. Общая площадь лесов, погибших в 1999 г., составляла 4202 га, из них 3620 га – хвойные насаждения. В 1999 г. площадь погибших лесов, по сравнению с 1998г, увеличилась на 122 га, хвойных насаждений на 733 га. Большой урон лесонасаждениям принес летний ураган 2001г. (в г. Москве погибло около 15 тыс. деревьев).

Большой вред лесу наносят предновогодние вырубки елок. Ежегодно окрестности столицы лишаются миллионов зеленых красавиц. Посадки елок, вместо погубленных, восстанавливаются через 15 лет.

У экологической службы и лесхозов недостаточно средств для полного контроля вырубки елок (дефицит бензина, транспорта, денежных средств).

Вырубка елей наносит большой вред экологии Московского региона. Ель – это зимние легкие. Зимой хвойные деревья не спят и очищают подмосковный воздух.

Большую угрозу лесонасаждениям представляет незаконченное строительство и самозахват земель с вырубкой деревьев. Например, в Истринском районе хозяйственные фирмы Гудвина документы оформили на 20 га, захватили 34 га.

В г. Москве строительные работы многоэтажного дома в Хорошевском парке и вырубки деревьев под котлован были начаты без утверждения проекта и согласования с природоохранными органами и государственной экспертной комиссией по проведению экологической экспертизы.

На основании вышеизложенного, с целью улучшения состояния лесонасаждений и лесов, можно сделать следующие выводы.

1. Необходимо разработать систему мероприятий в целях предотвращения ослабления и усыхания насаждений Московского региона.
2. В ближайшие 2-3 года необходимо сосредоточить усилия на восстановление лесов и лесонасаждений.
3. Необходимо увеличить финансирование лесхозов на восстановление лесов, на технику для тушения пожаров, на борьбу с жуком-короедом.
4. Необходимо предотвратить вырубку предновогодних елок в больших масштабах.
5. Исключить случаи незаконной вырубки лесов и лесонасаждений, самовольного захвата земель под строительство с вырубкой деревьев.

Литература

1. Оценка роли факторов нарушения устойчивости, ослабления и усыхания деревьев в насаждениях Москвы. /Мозолевская Е.Г., Белова Н.К., Куликова Е.Г. и др. Сб. докладов IV Международной конференции. – М.: Прима-Пресс-М, 1999. – 237 с.
2. Ишков А.Г.. Анализ экологической ситуации в Москве на рубеже XXI века. С чего начать XXI в. / Сб. докл. IV Международной конференции. М.: Прима-Пресс-М, 1999. – 237 с.
3. Мусалян К.. Конфликт. Ничего не вижу, ничего не слышу, ничего не скажу. //Вечерняя Москва. – 2001. – 14 сентября.

МОНИТОРИНГ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ЛЕСОВ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

М.В. ЦВЕТКОВА, *асп. кафедры ландшафтной архитектуры МГУЛа*

Зеленые насаждения и леса Московского региона выполняют многообразные полезные функции санитарно-гигиенического, почвозащитного и противоэрозионного, водо-охранного и климаторегулирующего характера. Одним из главных условий улучшения состояния окружающей среды Московского региона является организация экологического мониторинга. Необходимость организации мониторинга обусловлена сложившейся потребностью в восстановлении и повышении устойчивости санитарно – гигиенических, ландшафтообразующих и других свойств зеленого фонда в усложнившейся экологической ситуации.

На первом этапе организации системы мониторинга г. Москвы были определены 68 площадок.

Выбранные площадки охватили весь спектр городских зеленых насаждений в центре города, за пределами Садового кольца, на окраине города и за МКАД (Зеленоград, Солнцево, Косино, Бутово), в т.ч. посадки на автомагистралях с различной интенсивностью движения, малые скверы, бульвары и парки, лесопарки в пределах городской черты.

В виду ухудшающегося состояния лесонасаждений и лесов Московского региона и их большого влияния на напряженную экологическую обстановку целесообразна организация экологического мониторинга не только г. Москвы, но и всего Московского региона в целом.

Для этого весь Московский регион должен быть разбит на отдельные области наблюдения. Причем в первую очередь экомониторинг должен организовываться в местах напряженной экологической обстановки, где происходит наибольший объем выбросов загрязняющих веществ.

Для организации экомониторинга необходимо выделение большого объема финансовых средств из бюджета региона, поэтому на первом этапе могут быть использованы растения, наиболее чувствительные к загрязнению окружающей среды.

Для защиты здоровья человека во многих странах введены стандарты на предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязнителей воздуха. Чувствительность растений к загрязнению атмосферы количественно и качественно отличается от чувствительности человека; в связи с этим в отдельных промышленно развитых странах разработаны стандарты и для защиты растений.

Повреждения растений от воздействия атмосферного загрязнения подразделяются на «скрытые», хронические и острые. Под влиянием низких концентраций поллютантов, обычно непродолжительно возникают визуально невидимые, «скрытые» повреждения; они затрагивают физиолого-биохимические процессы и анатомические структуры клеток листьев растений. Хронические эффекты нарушений возникают при достаточно длительных (месяцы, годы) периодах загрязнения с сублетальными концентрациями поллютантов. Такие воздействия приводят к постепенному разрушению хлорофилла и вызывают хлоротичность (пожелтение, обесцвечивание) отдельных участков листа. Хлорозы проявляются в виде точек, пятен различной формы, сливающихся в дальнейшем и оставляющих поврежденными лишь небольшие участки мезофилла вдоль крупных жилок. Острые повреждения вызываются высокими концентрациями загрязнителей, убивающими прежде всего мезофилльные клетки листа.

Диапазон абсолютных различий наиболее и наименее чувствительных к загрязнению древесных растений варьирует в пределах 10-кратной величины. В известной мере он отражен в стандартах на загрязнение воздуха, принятых в странах Европейского Экономического Сообщества (ЕЭС). Используемый в странах ЕЭС подход дает возможность более эффективно использовать имеющиеся шкалы относительной чувствительности растений, подкрепляя их данные абсолютными значениями ПДК.

В России пока не разработаны ПДК для представителей растительного мира и при необходимости используются ПДК для человека, имеющие, как правило, более высокие значения.

Наиболее жесткие ограничения для двуокиси серы разработаны рабочей группой по атмосферному загрязнению Международного союза лесных организаций. Ее рекомендации, основанные на многолетнем изучении влияния SO₂ на ель европейскую, принята в качестве чувствительного биоиндикатора, таковы: в период вегетации максимальная разовая концентрация за 30 мин. не должна превышать 0,075 мг/м³, в сутки – 0,05, в год – 0,025 мг/м³. Такие требования необходимо выполнять, чтобы сохранить жизненное состояние ели и ее средообразующие свойства. Если целью ПДК является только сохранение продуктивности еловых лесов, то максимальную концентрацию разрешается увеличить, но не более чем в 2 раза.

Анализ современной литературы по влиянию атмосферного загрязнения на лесные деревья приводит к выводу, что принятые в европейских странах ограничения вполне применимы для России.

Для изучения влияния МКАД на окружающую среду могут быть выбраны одни из наиболее чувствительных к загрязнению биологических тест-объектов – лишайники.

Лишайники обладают высокой чувствительностью к городской и промышленной среде и, в тоже время, способны выдерживать суровые условия существования. Практическое отсутствие лишайников в районах атмосферного загрязнения отмечено многими ис-

следованиями. Лишайники, особенно эпифитные, являются ценными биоиндикаторами атмосферного загрязнения и их использование может дать быстрый, простой и дешевый доступ к информации, характеризующей степень загрязнения атмосферы, особенно в городских и промышленных условиях.

Для изучения воздействия загрязнения на лишайники применяются различные количественные методы учета. Обычно определяется число видов лишайников, имеющих на определенном виде субстрата, или частота появления видов в сообществе, или процент занимаемой площади (покрытие). Для обеспечения достоверности сравнения должны делаться только между одинаковыми видами, растущими на одинаковом субстрате и с одинаковой ориентацией.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Целесообразно создание экологического мониторинга не только в г. Москве, но и на территории всего Московского региона.
2. На первом этапе организации экомониторинга могут быть использованы растения, наиболее чувствительные к загрязнению окружающей среды.
3. Необходимо использовать опыт стран ЕЭС и США в России для разработки шкалы относительной чувствительности растений, подкрепляя их данные абсолютными значениями ПДК.

Литература

1. Мониторинг состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы. Методы оценки состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы / Е.Г. Мозолевская, Н.К. Белова, Е.Г. Куликова, Т.В. Шарапа, В.А. Липаткин, В.М. Сураппаева. – Экология большого города. Альманах. Вып.2. Проблемы содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. – М, 1997. – 176 с.
2. Якубов Х.Г., Пупырев Е.А.. Мониторинг зеленых насаждений как элемент общегородской системы мониторинга окружающей среды. – Экология большого города. Альманах. Вып.2. Проблемы содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. – М, 1997. – 176 с.
3. Алексеева В.А.. Лесные экосистемы и атмосферные загрязнения – Л.: Наука, 1990. – 54 с.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ИХ КОЛЛОИДНОЙ СТРУКТУРИРОВАННОСТИ

Г.Н. ФЕДОТОВ, *доцент МГУЛа, к. хим. н.,*

А.И. ПОЗДНЯКОВ, *факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносов, д. биол. н.*

Почву, в первом приближении, можно рассматривать как трехфазную, неоднородную структуру, в которой пустоты, заполненные почвенным воздухом, чередуются с твердыми частицами, покрытыми пленками жидкости, а также порами и каналами с почвенным раствором. Поверхность грубодисперсной фракции, образующей пористую каркасную структуру, обычно покрыта слоем органо-минеральных коллоидных частиц.

Во многих работах обращено внимание на особые свойства поверхности коллоидно-гелевых почвенных частиц [1-3]. При этом фигурирует различная терминология, описывающая состояние вещества на поверхности грубодисперсной фракции почв – органо-минеральный гель, почвенная матрица и некоторые другие.

В обобщающей монографии Зубковой, Карпачевского [3] показано, что на поверхности минеральной матрицы формируется органическая матрица, образование которой по некоторым представлениям во многом и формирует почвы как таковые, а также обуславливает их свойства.

Однако специальных работ, направленных на изучение вопроса о структурной организации вещества, находящегося на поверхности почвенных частиц, практически нет. Принимается, что органо-минеральный гель (ОМГ) представляет собой некий конгломерат вторичных минералов и органических молекул различного размера [3]. Изучаются различные свойства ОМГ и отдельных его составляющих, но вопрос структурной организации и вытекающих из этой структуры свойств, к сожалению, не рассматривается [3].

Мы предположили, что ОМГ – коллоидное образование, состоящее из коагуляционных коллоидных структур органиче-

ских и минеральных частиц, а низкомолекулярные вещества находятся в адсорбционном слое коллоидных частиц или входят в состав диффузных атмосфер [4,5]. Размещение на поверхности грубодисперсной фракции почв подобного коллоидного образования придает почвам, в первую очередь, коллоидные свойства.

Приведем ряд литературных данных, подтверждающих выдвинутое положение.

Во-первых, поверхность многих неорганических веществ покрыта слоем коллоидных частиц толщиной 2-4 нм (рис.1). Слой коллоидных частиц на поверхности тел является результатом процесса выветривания. В почвах процесс выветривания первичных минералов продолжается длительное время и, минеральная матрица, по-видимому, может рассматриваться в качестве слоя коллоидных частиц, образующихся при выветривании первичных минералов [3]. В химии хорошо известно, что переход из одного кристаллического состояния в другое проходит, в случае замедленности, по каким-либо причинам стадии кристаллизации через аморфизацию, то есть через образование коллоидных частиц. При прохождении реакции в водной среде или при наличии пленочной влаги этот процесс выражен особенно ярко. Поэтому коллоидное состояние вещества надо воспринимать как обязательную промежуточную стадию при изменении веществ в условиях образования и существования почв.

Во-вторых, в нейтральных и слабокислых средах, характерных для большинства почв, катионы железа и алюминия не могут существовать в виде трехзарядных гидратированных ионов, а существуют только в виде коллоидных частиц и гидроксополимеров [6, 7], которые в силу своего положительного заряда должны взаимокоагулиро-

вать с отрицательно заряженными коллоидами почв.

В-третьих, полимерные молекулы, близкие по размерам и набору полярных групп к гуминовым кислотам, могут существовать в водном растворе только в виде коллоидных частиц [8]. Гуминовые кислоты и фульвокислоты, представляющие собой молекулы полиэлектролитов различного размера, различной структуры и различной насыщенности полярными группировками, при образовании гумуса взаимодействуют друг с другом и с молекулами так называемых, неспецифических веществ гумуса. В результате образуются коллоидные мицеллы сложной структуры. Это подтверждает образование коллоидного раствора при гидролизе гуматов или щелочных вытяжек из почв, в частности, ионным обменом.

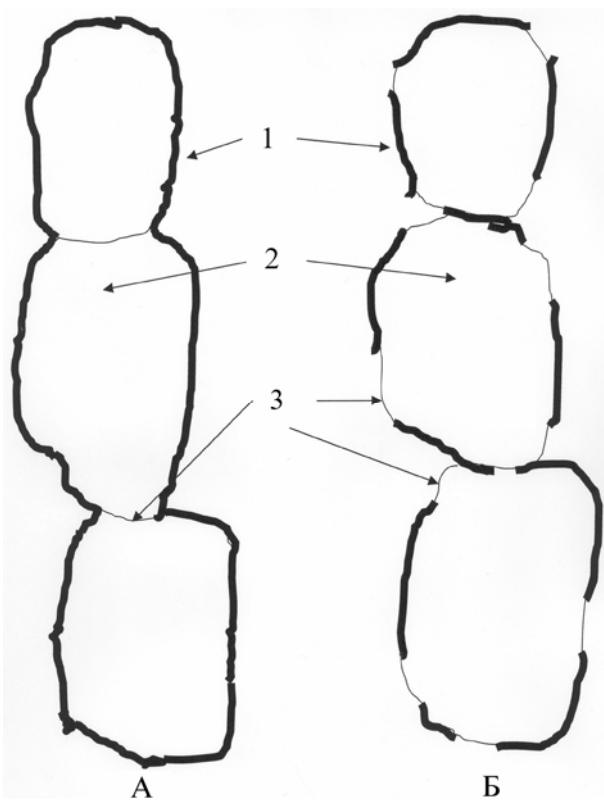


Рис.1. А – почва с ненарушенной структурой;
 Б – разрушенной структурой:
 1 – почвенный гель ;
 2 – поверхность почвенных частиц;
 3 – поверхность почвенных частиц, свободная от органо-минерального геля

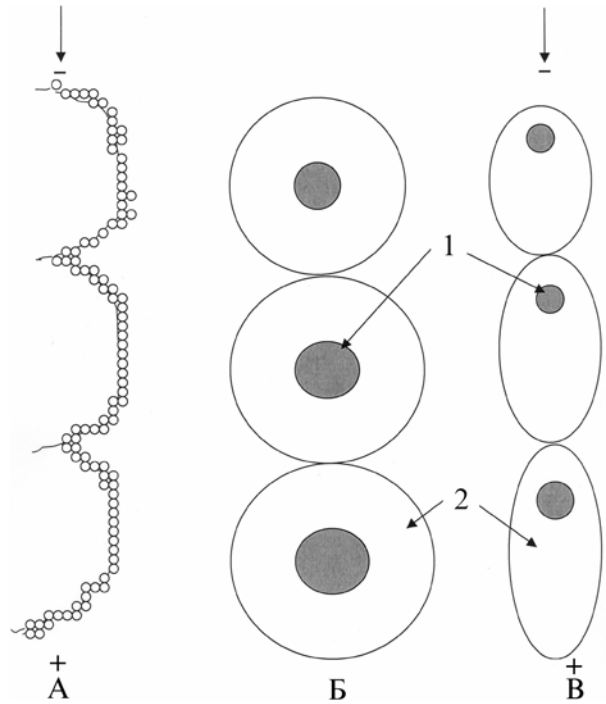


Рис.2. А. Схематическое расположение ЕКК в почвах.
 Б. Схема взаиморасположения коллоидных частиц в ЕКК.
 В. Поляризация коллоидных частиц в ЕКК.
 1 – отрицательно заряженное ядро коллоидной частицы,
 2 – положительно заряженный диффузный слой коллоидной частицы.

В-четвертых, хорошо известно, что многие глинистые частицы, входящие в состав ОМГ, имеют коллоидные размеры.

Таким образом, исходя из литературных данных, практически все компоненты органо-минерального геля (ОМГ) являются коллоидами. Если согласиться с подобной точкой зрения о коллоидности почвенного геля, то его можно попытаться рассмотреть не как бесструктурный конгломерат, а как структурированный коагулят, со всеми характерными для коагулята свойствами (пептизация, тиксотропия, синерезис, образование периодических коллоидных структур и т.д.). Следовательно, почву можно представить как некое структурированное коллоидное образование.

Рассмотрим, что может представлять единый коллоидный каркас (ЕКК) в почвах (рис. 2.) и какие свойства должны вытекать из подобной структурной организации.

Коллоидные частицы, находясь на поверхности грубодисперсной фракции почв, в силу энергетической выгоды [4] покрывают почвенные частицы тонким непрерывным слоем. Помещение любых предметов в почвы приводит к покрытию их поверхности почвенным гелем, на чем, в частности, основан один из методов выделения почвенных микроорганизмов [9]. Взаимодействуя между собой, коллоидные частицы должны образовывать непрерывный каркас. Большинство из них фиксируется друг относительно друга, по-видимому, во втором энергетическом минимуме, то есть диффузные атмосферы вокруг коллоидных частиц при такой фиксации сохраняются. Причем их ядра, находясь в силовом поле почвенных частиц и друг друга, теряют способность к самостоятельному перемещению относительно почвы. Фактически образуется локальная периодическая коллоидная структура [4]. Диффузные же атмосферы коллоидных частиц значительно мобильнее и способны к перемещению относительно ядер коллоидных частиц. Из рис. 2 видно, что смещение диффузных атмосфер должно быть процессом согласованным, фактически эстафетным. При наличии в почвах ЕКК, смещение диффузных атмосфер относительно каркаса будет происходить как единое целое и при макроизмерениях можно предположить возможность обнаружения разделения зарядов. Следовательно, разность электрических потенциалов должна появляться между верхней и нижней поверхностями образца при механических воздействиях, особенно ударных, т.е. должен существовать пьезоэлектрический эффект. Если же коллоидные структуры в почве локализованы в некоторых малых объемах и не образуют ЕКК, то несогласованное хаотическое смещение зарядов при макроизмерениях никак проявляться не должно.

Основным условием возможности обнаружения подобных эффектов является соотношение скоростей поляризации – смещения диффузных атмосфер при действии нагрузок и деполяризации, определяемой электропроводностью почв. Наличие в поч-

вах длительно существующей остаточной поляризации [10] позволяет надеяться обнаружить в почвах пьезоэффект.

Таким образом, если существует ЕКК, то при приложении механической нагрузки, должно наблюдаться возникновение потенциалов между верхней, к которой прикладывается нагрузка, и нижней поверхностями образца со смещением вниз положительного заряда. Кристаллографическое условие возможности проявления пьезоэффекта, состоящее в отсутствии в системе центра симметрии или в его исчезновении, выполняется [11].

В связи с тем, что образование ЕКК должно приводить к включению всех противоионов – ионов диффузного слоя коллоидных частиц в структуру, удельная электропроводность почв с нарушенной структурой должна зависеть от напряженности электрического поля в них, уменьшаясь при уменьшении напряженности поля. В противном случае остаточная поляризация в почвах не могла бы существовать длительное время из-за преобладания деполяризационных явлений.

В качестве объектов исследования использованы почвы основных генетических типов и некоторых интразональных почв в реальных природных условиях с ненарушенным ЕКК, нарушенным ЕКК (см. рис.1), а также с восстановленным ЕКК. Исследования проводились как в полевых, так и в лабораторных условиях. Проверка целостности ЕКК или результат ее восстановления может быть оценена по измерениям остаточной поляризации.

Установление факта существования ЕКК, его формирования или восстановления оценивали по длительности существования остаточной поляризации следующим образом.

А. Эксперименты с нарушенным ЕКК

В пластиковую гофрированную трубу диаметром 50 мм и высотой 150 мм насыпали соответствующую почву, просеянную через сито 3 мм. Измерения возникающей поляризации проводили неполяризующимися хлорсеребряными электродами [12], которые размещали в верхней и нижней частях образцов в трубках. Через такую систему про-

ливали 50 мл дистиллированной воды и измеряли разность возникающих электрических потенциалов. Измерения пьезоэффекта на таких образцах не проводили.

Б. Эксперименты с восстановленным ЕКК.

Восстановление ЕКК проводили двумя способами.

В первом случае для восстановления ЕКК использовали длительное в течение 2-х месяцев периодическое увлажнение исходных воздушно-сухих почвенных образцов, размещенных в ящики размеров 30×30 см слоем 50 см дистиллированной водой. Для определения пьезоэффекта и других явлений остаточной поляризации из этих образцов путем вдавливания тонкостенной пластиковой трубки диаметром 40 мм и высотой 55 мм отбирали образцы. Почву нижней и верхней частей пробы подравнивали и помещали в установку для определения пьезоэффекта. Верхний электрод для измерения пьезоэффекта служил также и поршнем для ударного механического воздействия, которое осуществлялось посредством падения грузика в 500 г с высоты 10 см по направляющему штырю.

Во втором случае восстановление ЕКК осуществлялось длительной (в течение 5-6 часов) подачей воды со скоростью 8,5 мл в минуту (практически по каплям) в насыщенный до полной влагоемкости образец почвы, помещенный в гофрированную трубку диаметром 50 мм и высотой 150 мм. Контроль формирования ЕКК осуществлялся по изменению и стабилизации разности потенциалов поляризации, измеряемой неполяризуемыми электродами между верхней и нижней частью образца, при помощи цифровых мультиметров с внутренним сопротивлением 10 МОм.

Для подтверждения зависимости электропроводности почв от напряженности электрического поля в них при малых напряженностях было проведено измерение электропроводности на тепличном субстрате, кубанском выщелоченном черноземе, дерново-подзолистой и торфяной почвах из поймы р. Яхромы и ее окрестностей. Использо-

вали четырехэлектродный метод [13]. Образцы почв помещали в ящики размером 10×10×40 см, периодически проливали водой в течение 2 месяцев, поддерживая влажность близкую к ППВ. Измерения проводили в термостатированных при 22°C образцах. Напряжение подавалось от источника питания постоянного тока Б5-48 на электроды из нержавеющей стали размером 10×10 см, размещенных в торцах пластиковых ящиков. Медные измерительные электроды находились на расстоянии 15 см друг от друга в средней части ящика. Токи и напряжения измеряли при помощи цифровых мультиметров.

При изучении времени существования остаточной поляризации в тепличном субстрате с нарушенной и ненарушенной структурами было выяснено, что отличие во времени составляет 2-3 порядка. Однако условия исследования почв были слишком разными, чтобы можно было сделать какие-либо однозначные выводы. Все же мы предположили, что результаты лабораторных опытов определяются не малыми геометрическими размерами образцов, а отсутствием ЕКК. В этом случае не все противоионы входят в структуру, электропроводность почв повышается и деполяризация значительно ускоряется. Подтверждением этому служат эксперименты, проведенные Арефьевым еще в 1938 г. [10], в которых было показано, что при перемешивании песчаных почв их электропроводность увеличивается.

Сделанная нами попытка восстановления коллоидной структуры образца пропиткой водой до полного влагонасыщения с последующим стеканием воды в течение суток не дала положительных результатов. Остаточная поляризация существовала лишь несколько минут.

Возник вопрос о способе восстановления ЕКК. Известно, что в тепличных хозяйствах после завоза грунта посадку растений проводят через 3-4 недели. Причем в течение этого срока его периодически поливают. Вполне логично предположить, что восстановлению ЕКК способствуют два фактора – время и движение воды. Скорость та-

кого движения не должна быть большой, чтобы не разрушать почвенную структуру, а восстанавливать ЕКК. Исходили из того, что пока ЕКК изменяется, будет меняться и разность потенциалов. Восстановление структуры должно привести к стабилизации РП.

Полученные результаты [14] свидетельствуют, что через 5-6 часов подачи воды РП стабилизируется. Возникшая при движении воды через образец поляризация исчезает только через несколько часов. Пролит 50 мл воды такого образца с восстановленным, по-нашему мнению, ЕКК приводит к существованию остаточной поляризации в течение нескольких часов.

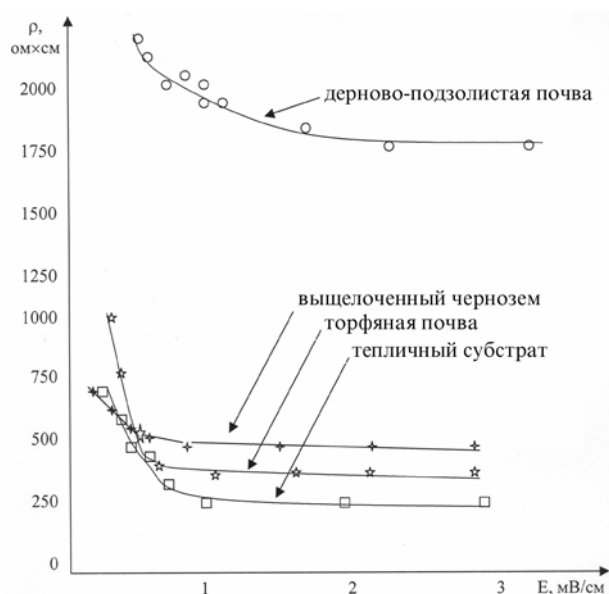


Рис.3. Зависимость удельных сопротивлений почв с ненарушенным ЕКК от напряженности в них электрического поля

Подобный эксперимент подтверждает существование ЕКК и свидетельствует, что восстановление ЕКК процесс длительный, который в обычных условиях (без многочасовой фильтрации воды) должен, по-видимому, происходить в течение многих суток и недель.

При изучении зависимости удельного сопротивления почв с восстановленной структурой от напряженности в них электрического поля были получены результаты (рис.3), которые свидетельствуют, что во

всех изученных нами почвах при напряженности электрического поля в них меньше 1 мВ/см наблюдается, как мы и ожидали, резкий рост удельного сопротивления, объясняющий длительное существование остаточной поляризации.

Полученные нами данные позволяют предположить, что величина остаточной поляризации почв определяется увеличением их удельного сопротивления при малых напряженностях электрического поля, и является свойством почв, а точнее ЕКК почв. Из чего следует, что остаточная поляризация почв может не зависеть от величины начальной поляризации.

Определение пьезоэффекта показало, что во всех случаях, как и ожидалось, в нижнюю (противоположную ударной нагрузке) часть почвенного образца смещался положительный заряд (табл. 1). Однако почвы, с точки зрения перераспределения в них нагрузочных напряжений, несравнимо более сложный объект, чем кристаллы, для которых впервые получен пьезоэффект. Нагрузка в них передается в силу структуры ЕКК не только по самому коллоидному каркасу, но и от коллоидных частиц почвенным частицам. Грубодисперсная фракция почвенных частиц из-за тиксотропности почвенного геля образует свой каркас. Поэтому величина пьезоэффекта должна зависеть как от свойств ЕКК, так и от свойств каркаса из почвенных частиц, степени передачи нагрузок от ЕКК к почвенному каркасу. Несмотря на невысокую воспроизводимость, полученные результаты достаточно информативны, так как важно именно наличие пьезоэффекта в почвах, что характеризует структурированность органо-минерального геля и формирование единого коллоидного каркаса в них.

Отметим, что при геофизических исследованиях пород был обнаружен подобный эффект, названный сейсмоэлектрическим эффектом второго рода [15]. Величина его была почти на 2 порядка меньше наблюдаемого нами в почвах пьезоэффекта, что, по-нашему мнению, связано со значительно меньшей выраженностью гелевого слоя в породах, чем в почвах. Объясняли данный

эффект наличием в пористых структурах двойного электрического слоя и смещением жидкости относительно каркаса при ударных нагрузках [16,17]. Однако получаемые при исследовании сейсмoeлектрического эффекта второго рода данные не всегда соответствовали такой простой модели. В частности, в работе [18] показано, что при волновых воздействиях на размещенный в воде образец полиметилметакрилата величина пьезоэффекта достигает максимума не сразу, а постепенно, через некоторое время. Если при этом образец вынуть из воды, а затем снова опустить в воду, то величина пьезоэффекта не изменяется. Если же протереть поверхность образца, на которую воздействуют волны, то пьезоэффект падает до нуля с последующим постепенным выходом на максимум. Объяснить такие результаты постепенным развитием двойного электрического слоя невозможно, а вот постепенным развитием гелевого слоя под влиянием волновых воздействий можно.

Т а б л и ц а

Величина пьезоэффекта при ударных нагрузках

Вид почвы	Величина пьезоэффекта, мВ
Тепличный субстрат	5-7
Торфяная почва	10-15
Южный чернозем	20-30
Дерново-подзолистая почва	40-60

Все вышеизложенное подтверждает выдвинутое нами предположение о существовании в почвах единого коллоидного каркаса почвенного геля и позволяет по-новому взглянуть на ряд происходящих в почвах процессов.

Литература

1. Золотарева Б.Н. Гидрофильные коллоиды и почвообразование.– М.: Наука, 1982.– 59с.
2. Тюлин А.Ф. Органо-минеральные коллоиды почв, их генезис и значение для корневого питания высших растений.– М.: АН СССР, 1958.– 52 с.
3. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Матричная организация почв.– М.: РУСАКИ, 2001.– 296 с.
4. Ефремов И.Ф. Периодические коллоидные структуры.– Л.: Химия, 1971.– 192 с.
5. Фридрихсберг Д, А. Курс коллоидной химии.– Л.: Химия, 1984.– 368 с.
6. Вертегел А.А. Синтез высокодисперсных оксидов металлов с контролируемой фрактальной структурой. Дис. ... канд. хим. наук.– М.: МГУ, 1996. – 150 с.
7. Шариков Ф.Ю. Криохимический синтез высокодисперсных оксидных порошков с использованием процессов ионного обмена. Дис. ... канд. хим. наук.– М.: МГУ, 1991.– 122 с.
8. Тагер А.А. Физикохимия полимеров.– М.: Химия, 1978.– 544 с.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1980.– 224 с.
10. Федотов Г.Н., Неклюдов А.Д. Фильтрационные электрические поля и почвенная экология растений //Экологические системы и приборы.– 2002.– № 4.– С. 7–12.
11. Желудев И.С. Электрические кристаллы.– М.: Наука, 1969.– 216 с.
12. Федотов Г.Н., Неклюдов А.Д., Олиференко Г.Л. Электроды для измерения электрических полей в почвах //Экологические системы и приборы.– 2002.– № 1.– С. 16–18.
13. Поздняков А.И. Полевая электрофизика почв // Наука/Интерпериодика.– 2001.– 187 с.
14. Федотов Г.Н. Единая водозаполненная капиллярная система – основной параметр, определяющий электрическое поведение почв // Лесной вестник. 2002.– №5.– С. 106–112.
15. Иванов А.Г. Сейсмо-электрический эффект второго рода // Известия АН СССР. Сер. «География и геофизика», 1940.– С. 699–727.
16. Френкель Я.И. К теории сейсмических и сейсмoeлектрических явлений во влажной почве // АН СССР. Сер. «География и геофизика», 1944.– №4 – С. 8.
17. Пархоменко Э.И. Явления электризации в горных породах.– М.: Наука.– 1968.– 255 с.
18. Соболев Г.А., Демин В.М. Механоэлектрические явления в Земле.– М.: Наука, 1980.– 216 с.

ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПОЛИТИКА ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО СЕКТОРА

Э.В. АНЧИКОВ, аспирант кафедры «Экономика и организация на предприятиях лесного хозяйства и лесной промышленности» МГУЛа

Инвестирование является довольно сложным и многогранным процессом, на который влияет множество факторов, знание которых имеет важное научное и практическое значение. С практической точки зрения знание таких факторов, механизм их влияния на инвестиционную деятельность и эффективность инвестиций являются основой для разработки научно обоснованной инвестиционной политики и более эффективного управления инвестиционным процессом.

Необходимо отметить, что в научной литературе недостаточно освещены факторы, влияющие на инвестиционную деятельность и эффективность инвестиций. Кроме того, среди авторов нет единого взгляда при исследовании данного вопроса.

На основании обобщения литературных источников, а также личных исследований все факторы, влияющие на эффективность инвестиций, можно классифицировать по масштабности на воздействующие на макроуровне, региональном уровне и уровне предприятия.

Рассмотрим факторы, влияющие на эффективность инвестиций на уровне предприятия более подробно. К ним можно отнести: эффективность проводимой предприятием экономической и социальной политики; качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции; уровень использования основных производственных фондов и производственных мощностей; степень рациональности использования имеющихся ресурсов на предприятии; компетентность руководителя предприятия и степень совершенства управлением предприятием; качество и эффективность реализуемых инвестиционных проектов и т.д.

Необходимо отметить, что между эффективностью инвестиций, инвестиционной привлекательностью и инвестиционной деятельностью существует тесная взаимосвязь. Таким образом, эффективность инвестиций определяет инвестиционную привлекательность, а инвестиционная привлекательность – инвестиционную деятельность. Чем выше эффективность инвестиций, тем выше уровень инвестиционной привлекательности и масштабнее инвестиционная деятельность, и наоборот.

Инвестиционная привлекательность предприятия характеризуют такие факторы: показатели эффективности работы предприятия в динамике; показатели ликвидности, платежеспособности и финансовой устойчивости предприятия в динамике; перспективы развития предприятия и возможности сбыта продукции; репутация предприятия на внутреннем и международном рынке; рыночный курс акций предприятия; величина чистой прибыли, приходящаяся на одну акцию и т.д.

Следует отметить, что инвестиционная деятельность в значительной степени зависит от инвестиционной привлекательности. Создание хороших условий для выгодного вложения инвестиций является основой для расширения инвестиционной деятельности. При их отсутствии инвестиционная деятельность снижается.

Масштабы инвестиционной деятельности на микроуровне характеризуют следующие показатели:

- капитальные вложения в динамике, направленные на развитие производства;
- доля чистой прибыли, направляемой на развитие производства;

- масштабы деятельности предприятия в динамике;
- ввод в действие производственных мощностей в динамике;
- темпы ввода и выбытия основных производственных мощностей;
- величина долгосрочной кредиторской задолженности;
- величина инвестиций в сопоставимых ценах в динамике;
- величина привлеченных инвестиций и др.

Известно, что темпы развития экономики зависят от эффективности использования уже имеющегося производственного потенциала и от темпов вложения инвестиций. Необходимо стремиться к тому, чтобы темпы роста экономики опережали темпы роста вложенных инвестиций.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что для привлечения и повышения эффективности инвестиций инвестиционным процессом необходимо управлять.

Однако управление инвестиционным процессом не означает прямое и мелочное вмешательство государственных и региональных органов власти в инвестиционный процесс. В условиях рынка управлять инвестиционным процессом означает создавать цивилизованные правила для игры всех инвесторов, а также благоприятные условия для оживления инвестиционной деятельности и повышения эффективности инвестиций.

В условиях рыночных отношений приоритет должен быть отдан в первую очередь экономическим рычагам воздействия, так как они по своей сути в наибольшей степени отвечают рыночной экономике. Административные рычаги необходимо использовать только в том случае, если для достижения определенной цели, имеющей важное экономическое и социальное значение, экономические рычаги недостаточны или малоэффективны.

Государство на основе совершенствования налоговой системы, проведения разумной финансово-кредитной политики и других рычагов должно обеспечить стабильность экономики и низкий темп инфляции,

что является условием для оживления инвестиционной деятельности. Очень важно, чтобы инвестиционная деятельность в стране регулировалась на основе определенных законодательных актов, имеющих долговременный характер.

Знание факторов, механизма их влияния на инвестиционную деятельность и эффективность инвестиций имеет важное научное и практическое значение, и в первую очередь для управления инвестиционной деятельностью на любом уровне. Но при этом необходимо учитывать всю совокупность факторов, так как только в этом случае можно управлять инвестиционной деятельностью и достигать поставленной цели. Требуется комплексный подход при управлении инвестиционной деятельностью, а его обеспечивает инвестиционная политика.

Анализ показывает, что в научной экономической литературе сущность инвестиционной политики слабо освещена. Не уделяется существенного практического внимания инвестиционной политике как на макро-, так и на микроуровне. С момента перехода на рыночные отношения государство до сих пор не выработало инвестиционной политики, адекватной этому периоду. Она отсутствует и в большинстве субъектов Российской Федерации, а так же на уровне отдельных предприятий и организаций. Все это отрицательно отразилось на инвестиционной деятельности и экономике страны.

Разработке инвестиционной политики как на макро, так и на микроуровне, должен предшествовать глубокий анализ состояния экономики и выявления причин, в наибольшей степени повлиявших на это состояние. Важную роль в подъеме экономики и повышении эффективности производства играет отраслевая инвестиционная политика, которая является составной частью государственной инвестиционной политики. Она должна разрабатываться и на уровне отдельных межотраслевых комплексов, и отраслей экономики.

Под отраслевой инвестиционной политикой подразумевается выбор и инвестиционная поддержка приоритетных отраслей

экономики, развитие которых обеспечивает экономическую безопасность страны, экспорт готовой продукции, динамизм развития страны на дальнейшую перспективу.

Под инвестиционной политикой коммерческой организации понимается комплекс мероприятий, обеспечивающих выгодное вложение собственных, заемных и других средств в инвестиции с целью обеспечения стабильной финансовой устойчивости организации.

Инвестиционная политика на предприятии должна вытекать из его стратегических целей, т.е. из перспективного плана экономического и социального развития, а в конечном итоге она должна быть направлена на обеспечение его финансовой устойчивости не только на сегодня, но и на будущее.

При разработке инвестиционной политики на предприятии необходимо придерживаться следующих принципов:

- инвестиционная политика должна быть нацелена на достижение стратегических планов предприятия и его финансовую устойчивость;

- должны быть учтены инфляция и факторы риска;

- должны быть экономически обоснованы инвестиции;

- сформирована оптимальная структура портфельных и реальных инвестиций;

- проекты должны быть ранжированы по их важности и последовательности реализации исходя из имеющихся ресурсов и с учетом привлечения внешних источников;

- должны быть выбраны надежные и более дешевые источники и методы финансирования инвестиций.

Таким образом, для разработки и осуществления инвестиционной политики предприятием необходимы постоянный анализ внутренней и внешней его среды для формирования потребности в инвестициях, поиск их источников, разработка и реализация инвестиционных предложений. Учет этих и других принципов позволит избежать многих ошибок и просчетов при разработке инвестиционной политики на предприятии.

ОСОБЕННОСТИ ПРИНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО РЕШЕНИЯ В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

П.Е. КРАВЧЕНКО, *асп. кафедры экономика и организация лес. хоз. и лес. пром. МГУЛа*

Принятие решения является сложным и интересным процессом. Очень важно принимать «правильные» решения на пути к цели, которые, соответственно, приведут к ее достижению. Сегодня существует достаточно много моделей принятия «любого» решения. Необходимо отметить, что при детальном рассмотрении существующих на сегодня моделей принятия инвестиционного решения становится понятно, что хотя их достаточно много, но все они очень похожи. Вследствие этого можно обобщить и сформировать типичную модель, со стандартным набором составляющих. Так, обычно модели включают в себя фазы, этапы, стадии или элементы, кто как из авторов именуется со-

ставляющие их модели. Соответственно, каждой фазе принятия инвестиционного решения соответствует свой набор компонентов. Что подтверждает приведенное ниже исследование.

Немного истории, начнем с 1967 года, когда была опубликована работа Alexis and Wilson. Авторами был предложен следующий набор элементов, характерных для процесса принятия любого решения.

1. Набор альтернатив.
2. Набор результатов или преимуществ, связанных с каждым проектом (чистая прибыль от каждого проекта).
3. Некоторые параметры окружающей деловой среды (например, уровень инфля-

ции), которые надо учитывать при выборе возможных альтернативных решений.

4. Цели и задачи, которые хотят решить принимающие решение (например, максимизация прибыли).

5. Критерии, выводимые из этих общих задач и позволяющие классифицировать альтернативы с точки зрения того, насколько их результаты способствуют достижению целей принимающего решение.

6. Ограничения на альтернативы, которые может выбрать принимающий решения.

7. Лицо, принимающее решение.

В отличие от вышеприведенной модели Эддоус М., Стенфилд Р. предложили последовательность фаз принятия инвестиционного решения, при которой постановка цели стоит на первом месте. В тоже время Майкл Бромвич не дополнил модель, а только лишь подчеркнул важность элемента – «постановки цели», то есть он в своем исследовании включил элемент «постановки цели» в этап формулирования проблемы. Норткотт Д. в монографии «Принятие инвестиционных решений» предложил модель принятия инвестиционного решения, которая состоит из пяти фаз, но все элементы первой модели, так или иначе входят в фазы его модели.

На наш взгляд, модель должна состоять из следующих фаз: фаза формулировки проблемы; фаза поиска; фаза принятия решения; фаза реализации; фаза контроля (мониторинга, «послеинвестиционный контроль»).

Детализируем фазу формулировки проблемы и выделим в ней следующие компоненты: параметры окружающей среды, цели, определение критериев (с применением определенной методики и показателей), допущения, функциональные взаимосвязи.

К основным параметрам окружающей деловой среды можно отнести: инфляцию, котировку валюты, налоги, ставку рефинансирования. Необходимо уточнить, что окружающая среда динамично меняется и в реальности будущее имеет достаточно весомые показатели неопределенности, которые можно рассчитать с помощью математических и статистических методов. В оценке

инвестиционных проектов при оценке неопределенности практикуется использовать методы учета количественных характеристик, а именно методы вероятностной или интервальной неопределенности.

При оценке котировки валюты необходимо владеть информацией о прогнозе изменения обменного курса валюты или индекса внутренней инфляции иностранной валюты. Причем при прогнозе инфляции следует учитывать официальные сведения, а также экспертные и прочие оценки, учитывающие дефлятор ВВП, и/или индексы цен по достаточно большой «корзине» постоянного состава¹.

При оценке налогов, необходимо владеть информацией о системе налогообложения, которая, должна включать, возможно, более полный перечень налогов, сборов, акцизов, пошлин и иных аналогичных платежей. К тому же по каждому налогу в отдельности нужно располагать следующей информацией: база налогообложения, ставка налога, периодичность выплат налога (то есть сроки уплаты), льготы по налогам, распределение налоговых платежей между бюджетами различного уровня. Кроме того, законодательные (представительные) органы субъектов Российской Федерации вводят свои региональные налоги, сборы, налоговые льготы и устанавливают размеры ставок по ним в пределах норм, установленных налоговым законодательством Российской Федерации.

Под внешними ограничениями, как и допущениями, будем подразумевать государственную политику и программы развития лесной отрасли, а также федеральные и областные нормативные акты, стимулирующие инвестиционную деятельность в определенном направлении, например за счет изменения налогов и тарифов.

Так, основными целями развития лесной промышленности до 2015 г. являются: удовлетворение растущего внутреннего спроса в высококачественной бумажной

¹ Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция) – М: Экономика, 2000.

продукции российского производства, укрепление позиции России на традиционных экспортных рынках за счет развития глубокой переработки древесины, совершенствование законодательства в области использования лесных ресурсов. К основным направлениям относятся и институциональные преобразования через создание ВИС на базе крупных деревоперерабатывающих предприятий. Для модернизации и технического перевооружения лесопромышленных производств предлагается внедрение лизинга, прежде всего, отечественной техники. Предполагается создание лизинговых компаний, в том числе с участием государства.

Следующим важным этапом в разработке концепции инвестиционного решения является постановка целей. Для каждого инвестиционного решения может быть построено множество взаимосвязанных целей, отражающих структуру самого решения и его участников. Единственно, что важно всегда, цели проекта должны быть четко определены, то есть должны иметь ясный смысл, при этом результаты целей с учетом заданных ограничений и требований должны быть измеримы.

В международной практике инвестиционные проекты принято оценивать следующими показателями, которые основываются на дисконтировании. В качестве *нормы дисконтирования* инвестиционных показателей могут выступать рыночная ставка ссудного процента, депозитный процент, норма эффективности капитала, норма прибыли и др.

1. Чистый дисконтированный доход (чистый приведенный эффект) (*Net Present Value — NPV*);

2. Индекс доходности (показатель рентабельности, индекс рентабельности инвестиций (*Profitability Index — PI*);

3. Внутренняя норма доходности (*Internal Rate of Return — IRR*);

4. Модифицированная внутренняя норма прибыли (*Modified Internal Rate of Return — MIRR*);

5. Срок окупаемости инвестиций (*Payback Period — PP*)

6. Потребность в дополнительном финансировании (капитал риска)

7. Группа показателей характеризующая финансовое состояние предприятия.

Потребность в оценке финансового состояния возникает, когда в проектных материалах необходимо показать устойчивое финансовое положение участника инвестиционного проекта. Проводится на основе финансовой отчетности, среди которой можно выделить: форму №1 (баланс предприятия), форму №2 (отчет о прибылях и убытках).

Анализ финансового состояния обычно проводят с помощью системы финансовых коэффициентов:

а) оценка имущественного положения;

б) оценка ликвидности;

в) оценка финансовой устойчивости;

с) оценка деловой активности;

д) оценка рентабельности;

е) оценка положения на рынке ценных бумаг.

Фаза поиска характеризуется тем, что в ней необходимо выяснить и учесть альтернативные варианты развития будущих событий.

При одновременном рассмотрении некоторой совокупности проектов необходимо четко уяснить отношения между ними. Наиболее часто встречаются ситуации, когда проекты рассматриваемой совокупности являются:

- взаимонезависимыми;

- взаимоисключающими;

- взаимодополняющими или взаимовлияющими.

Фаза принятия решения заключается в выборе альтернативы посредством сравнения друг с другом оцененных альтернативных решений и принятия одной из них. Набор результатов или преимуществ, которые заключаются только в сравнении чистой прибыли от каждого проекта на сегодня довольно односторонний. Необходимо пользоваться несколько большим набором этих самых результатов. При выборе наиболее эффективного проекта предварительно необходимо решать следующие задачи.

• Во первых, надо оценить *реализуемость* проектов (или вариантов), т.е. провести проверку каждого по отдельности

всеми возможными ограничениями (технического, экономического, экологического, социального и иного характера);

- Во вторых, надо оценить *абсолютную эффективность проекта*, т.е. оценить превышение оценки совокупного результата над оценкой совокупных затрат. При отрицательной абсолютной эффективности инвестиционный проект исключается из дальнейшего рассмотрения.

- В третьих, надо оценить *сравнительную эффективность проектов*, т.е. определить возможность предпочтительности одного проекта или совокупности проектов по сравнению с другим (или другими). Достаточно часто проводится на множестве альтернативных проектов.

- В четвертых, надо *выбрать* из множества инвестиционных проектов совокупность *наиболее эффективных* при тех или иных ограничениях (как правило, ограничениях на их суммарное финансирование).

Оценка каждого из проектов или их совокупности, рассматриваемой как один объединенный проект, проводится методами оценки эффективности инвестиций по приведенным выше показателям. В случае положительного результата после расчета показателей критериев, проект принимается, а в случае отрицательного переходят к новой формулировке проблемы, то есть к фазе №1.

Следующей фазой является фаза реализации инвестиционного решения и далее – фаза контроля.

На фазе контроля проводятся сравнения ожидаемых последствий, которые привели к принятию решения по определенной альтернативе с наступающими в действительности последствиями. Стоит отметить, что и в этой фазе иногда применяются инвестиционные расчеты.

Хорнгрен и Фостер (Horngren and Foster 1987 стр. 696) сформулировал то, что назвали «тройной пользой послеинвестиционного контроля», то есть, по их мнению,

существуют три формулировки полезности от послеинвестиционного контроля.

1. Убеждение в том, что затраты и технические характеристики удовлетворяют первоначальному плану.

2. Повышают уверенность в том, что инвестиционное предложение было тщательно продумано и четко оценено.

3. Создается предпосылка улучшение оценки последующих инвестиционных решений, проектов.

И в конце несколько слов непосредственно о лице, принимающее решение. Вопрос в том, кто принимает решения. Ответ на этот вопрос неоднозначен, так как решения могут приниматься как на основе количественного подхода, так и субъективного подхода (т.е. на основе чувства лица, принимающего решения, которое формируется из предыдущего опыта столкновения с подобным решением). Количественный подход требует наличия определенного состава критериев оценки, субъективный – наличие мнений. Таким образом, для второго подхода требуется достаточно широкий круг участников (бухгалтеров, менеджеров, инженеров и т.д.). Поэтому при объединении этих двух подходов можно достигнуть максимального эффекта.

Литература

1. Тацун М.. Эффективная лесная политика — залог стабильной работы отрасли // Лесная газета, 29 января 2001. — № 9.
2. Бромвич Майкл. Анализ экономической эффективности капиталовложений — М.: ИНФРА-М, 1996. — 425 с.
3. Игошин Н. В. Инвестиции — М.: Юнити, 1999.
4. Бизнес-план. — М.: Финансы и статистика, 2000.
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция) / Утверждены Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ и Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике № ВК 477 от 21.06.1999 г. — М.: Экономика, 2000.
6. Лутц Крушвиц Инвестиционные расчеты — Спб.: 2001.
7. Норткотт Д. Принятие инвестиционных решений. — М.: Банки и биржи, 1997. — 247 с.

Одним из универсальных подходов к созданию математических моделей функционирования различных узлов электронных схем является построение системы булевых уравнений, решения которой описывают их основные параметры. Таким образом, задача построения методов решения системы булевых уравнений приобретает важное значение в прикладных исследованиях.

В представленных ниже пяти работах проводится анализ ряда вопросов развития одного из таких методов, получившего в литературе название метода разделяющих плоскостей. Суть этого метода состоит в погружении множества решений системы булевых уравнений в полиэдр, определяющий выпуклый многогранник.

Основные приложения этого подхода – анализ нейросетей и синтез нейрокомпьютеров, построение экономических моделей и решение задач распознавания образов – исследуются в статье В.Т. Никонова и К.К. Рыбникова, в следующей за ней статье К.К. Рыбникова изучаются алгоритмические схемы реализации этого метода, и приводятся оценки их сложности. В работах В.Б. Нетькшо и П.В. Ролдугина исследуются вероятностные характеристики полиэдрального подхода и возможности исследования с помощью этого подхода ряда важных, с практической точки зрения, задач теории графов.

В работе О.Н. Журавлевой, Т.А. Ласковой и К.К. Рыбникова обсуждается вопрос, связанный с определением места метода разделяющих плоскостей в общем аппарате дискретного анализа. Основное значение этого метода заключается в связи непрерывного и дискретного подходов к изучению одной из важнейших практических задач – задачи решения системы булевых уравнений.

Рекомендуя эти работы для опубликования в «Вестнике государственного университета леса – Лесном вестнике», хотел бы выразить уверенность в том, что эти публикации привлекут внимание специалистов, занимающихся математическим моделированием, синтезом нейросистем, а также будут полезны для построения учебных курсов дискретной математики для студентов инженерных и экономических специальностей.

В.Г. Никонов

Действительный член РАЕН,
доктор технических наук
В.Г. Никонов.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИЭДРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ В ПРИКЛАДНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ, СВОДЯЩИХСЯ К АНАЛИЗУ И РЕШЕНИЮ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ

В.Г. НИКОНОВ, действительный член РАЕН, д. т. н.;

К.К. РЫБНИКОВ, докторант МГУЛа, к. ф.-м. н.

Можно указать значительное количество прикладных задач, сводящихся к решению систем линейных неравенств

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1; \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m. \end{cases} \quad (1)$$

Множество решений системы (1) образует некоторый многогранник, или поли-

эдр, в n -мерном пространстве (ограниченный или разомкнутый). Для ряда задач система неравенств (1) возникает естественно, являясь составной частью ее постановки [2, 5], в иных случаях система (1) может быть специально построена [1]. Возможность задания с помощью системы неравенств широкого класса задач связана, прежде всего, с большими логическими возможностями ба-

зиса пороговых соотношений. Кроме того, оценка значений взвешенной суммы лежит в основе многих задач по распознаванию образов, анализу обстановки и принятию решений и, как следствие, различных экономических задач.

Несмотря на природу возникновения системы (1), общая проблема ее анализа и решения разбивается на следующие три близкие, но не тождественные, постановки:

- 1) проверка совместности системы (1);
- 2) нахождение в случае совместности хотя бы одного решения системы (1);
- 3) нахождение всех решений системы (1).

Если для хорошо изученной системы линейных уравнений задачи 1, 2, 3 имеют практически одинаковую сложность, эквивалентную сложности обращения матрицы, то для систем линейных неравенств эти задачи отличаются одна от другой принципиально.

Обнаружение несовместности системы (1) может носить локальный характер и сводится к выделению несовместной подсистемы. В действительной области задача нахождения хотя бы одного решения системы (1) имеет полиномиальную сложность, но при этом известные полиномиальные алгоритмы чрезвычайно трудоемки. Что же касается нахождения всех решений системы (1), то именно эта задача сводится к полному описанию строения многогранника решений в действительной области – полиэдра.

В случае дискретных или булевых неизвестных x_i алгоритмические проблемы, связанные с анализом и решением системы (1), усложняются. В частности, для этого случая не существует универсального полиномиального алгоритма распознавания совместности, аналогичного алгоритму Л.Г. Хачияна для действительной области.

Определение множества решений системы (1) в общем случае является задачей экспоненциальной относительно размеров системы по сложности.

В том случае, если матрица $A = \{a_{ij}\}_{m \times n}$ является абсолютно унимодулярной (например, выполняются условия Хеллера – Томп-

кинса для случая $a_{ij} = \pm 1$ или 0 [8]), нижняя достижимая оценка сложности алгоритма определения всех решений системы (1), основанного на переборе вершин выпуклого многогранника, соответствующего (1), носит полиномиальный характер [6],[7].

В работе [6] определен вид этой оценки $(m(n-1)+2)L(m,n)$, где $L(m,n)$ – полиномиальная оценка определения вершины многогранника $\{x | Ax \geq b, x \geq 0\}$.

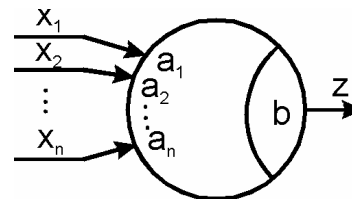
Приведем примеры различных прикладных задач, сводящихся к анализу и решению систем (1).

1. Настройка порогового элемента на решение задачи распознавания

Под пороговым элементом (ПЭ) понимается устройство, реализующее пороговую функцию (рис.) с логикой

$$z = 1 \Leftrightarrow a_1x_1 + \dots + a_nx_n \geq b, \quad (2)$$

где $a_i, b, +, \geq$ – действительные; x_i – дискретные (в частном случае – двоичные).



Рисунок

Как показали исследования, начатые в 40-е годы Мак Каллоком и Питтсом, ПЭ является простой и достаточно точной моделью нейрона живого организма, очень хорошо решающего задачи распознавания путем настройки [5].

Рассмотрим бионическую модель процесса настройки модели нейрона – ПЭ – для случая $x_i \in \{0,1\}$. Предположим, что во всем множестве V_n входных сигналов, – n -мерных векторов, выделено два непересекающихся подмножества:

$$X = \{(x_1^{(i)}, \dots, x_n^{(i)})\},$$

$$Y = \{(y_1^{(j)}, \dots, y_n^{(j)})\}, \quad i = \overline{1, t_1}, \quad j = \overline{1, t_2}, \quad X \subset V_n,$$

$$Y \subset V_n, \quad X \cap Y = \emptyset.$$

Будем говорить, что ПЭ различает эти два множества, если при подстановке всех векторов одного из них нера-

венство (2) выполнено, а при подстановке всех векторов из другого – не выполнено, то есть

$$\begin{cases} a_1x_1^{(1)} + \dots + a_nx_n^{(1)} \geq b; \\ \vdots \\ a_1x_1^{(n)} + \dots + a_nx_n^{(n)} \geq b; \\ a_1y_1^{(1)} + \dots + a_ny_n^{(1)} < b; \\ \vdots \\ a_1y_1^{(2)} + \dots + a_ny_n^{(2)} < b. \end{cases} \quad (3)$$

Получившаяся система (3) есть система линейных неравенств, где в качестве неизвестных выступают коэффициенты ПЭ a_1, \dots, a_n , а векторы из множеств X и Y – известны. Если система (3) имеет решение относительно a_1, \dots, a_n , то существует ПЭ, различающий множества X и Y . Коэффициенты a_1, \dots, a_n – действительные, поэтому задача распознавания совместности системы (3) и нахождение хотя бы одного решения имеют полиномиальную сложность.

Задача распознавания является важной прикладной задачей, входит обязательной составной частью в различные критерии, используемые в алгоритмах, имеющих большое практическое значение [2, 5].

Среди важнейших задач такого типа можно указать задачи распознавания образов, анализа обстановки и принятия решений, автоматического управления и т. д.

Кроме того, пороговый элемент является базовым элементом принципиально новой вычислительной среды – нейросети, и его настройка представляет собой фрагмент настройки и обучения сети в целом. К нейросетям и построенным на их основе нейрокомпьютерам в настоящее время привлечено внимание ученых во всем мире, так как эти вычислители позволяют решать множество трудноформализуемых прикладных задач.

2. Системы линейных неравенств в экономических задачах

Для экономических задач линейные ограничения, задаваемые неравенствами, представляют собой строгое математическое выражение условий, в которых протекает коммерческая деятельность. Ограничения, налагаемые на закупку сырья, аренду поме-

щений, заработную плату, уровень рентабельности производства и т. д., в формализованном виде и составят систему неравенств (1), решение которой, например, может указывать на приемлемый вариант ассортиментной политики производства. Если сформированная таким образом система (1) окажется несовместной, то задуманный вариант экономического поведения не имеет коммерческого смысла. В случаях, когда система неравенств совместна, поиск ее решений соответствует нахождению допустимых вариантов ведения экономической политики. При этом в значительной части известных экономических задач выбор из допустимых вариантов оптимального осуществляется с помощью так называемой целевой функции.

Так или иначе, анализ совместности системы неравенств (1) является неотъемлемой частью данной проблематики, так же как и построение эффективных алгоритмов решения таких систем в действительной и дискретной областях.

3. Решение нелинейных систем булевых уравнений методом разделяющих плоскостей

Широкий класс прикладных задач дискретной математики сводится к анализу и решению нелинейных систем булевых (и k -значных) уравнений

$$f_i(x_1, \dots, x_n) = \gamma_i, \quad i = \overline{1, N}. \quad (4)$$

Один из приемов решения системы (4) основан на сведении (4) к равносильной системе линейных неравенств, или разделяющих плоскостей [1, 3]. В основе этого метода, получившего название метода разделяющих плоскостей, лежит замена каждого булевого уравнения системы (4) вида

$$f(x_1, \dots, x_n) = \gamma \quad (5)$$

на равносильную относительно 0-1 решений систему неравенств

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1; \\ \vdots \\ a_{k1}x_1 + \dots + a_{kn}x_n \geq b_k. \end{cases} \quad (6)$$

Такая замена всегда возможна. В частности, всегда можно отсечь от n -мерного единичного куба V_n , любую вершину. Действительно, вершину $(0, \dots, 0)$ отсекает плоскость

$$x_1 + \dots + x_n \geq 1, \quad (7)$$

то есть неравенство (7) выполнено во всех вершинах V_n , за исключением вершины $(0, \dots, 0)$. К любой другой вершине из вершины $(0, \dots, 0)$ можно перейти путем инвертирования некоторых x_i . В аналитическом плане инвертированию x_i отвечает замена x_i в неравенстве (7) на $(1 - x_i)$, что позволяет, исходя из неравенства (7), легко получить неравенство, отсекающее любую другую вершину n -мерного единичного куба V_n . Следовательно, обращаясь к равенству (5) и выделяя все вершины V_n , в которых это уравнение не выполнено, можно построить систему неравенств, их отсекающую; эта система неравенств будет, очевидно, равносильна равенству (5) относительно 0-1 решений.

Принципиальное существование системы (6) для любого уравнения (5) тем самым доказано, хотя получившаяся в связи с вышеизложенным алгоритмом система не является оптимальной по числу неравенств. Система неравенств вида (6) с наименьшим « k » получила название минимальной системы разделяющих плоскостей (МСРП), для ее поиска разрабатываются специальные методы. С точки зрения пороговой логики, построению МСРП соответствует синтез простейшей однокаскадной сети ПЭ, реализующей функцию $f(x_1, \dots, x_n)$ [3, 4].

Доказанная таким образом возможность замены каждого нелинейного уравнения системы (4) на равносильную систему линейных неравенств позволяет построить итоговую систему линейных неравенств, равносильную (4):

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1; \\ \vdots \\ a_{M1}x_1 + \dots + a_{Mn}x_n \geq b_M. \end{cases} \quad (8)$$

Главной особенностью системы (8), с алгоритмической точки зрения, является то, что для нее нужно искать обязательно 0-1 решения, а не произвольные действительные, как в предыдущем примере, для чего разрабатываются специальные алгоритмы.

К анализу систем уравнений (4) сводятся различные задачи, связанные с функционированием дискретных устройств переработки информации. Сведение систем нелинейных уравнений (4) к системам линейных неравенств (8) позволяет исследовать поведение дискретных устройств с помощью математического аппарата систем линейных неравенств.

Рассмотренные задачи показывают, что системы линейных неравенств занимают особое место в прикладной математике. Разработка методов проверки совместности таких систем и алгоритмов их решения имеет большое практическое значение.

Литература

1. Балакин Г.В., Никонов В.Г. Методы сведения булевых уравнений к системам пороговых соотношений / Обзорение прикладной и промышленной математики. Сер. «Дискретная математика», 1994, Т. 1. В. 3. – С. 389–401.
2. Галушкин А.И. Сфера применения нейрокомпьютеров расширяется / Приложение к журналу «Информационные технологии». – 2001. – № 10. – М.: Машиностроение, 2001.
3. Никонов В.Г. Пороговые представления булевых функций / Обзорение прикладной и промышленной математики. Сер. «Дискретная математика». Т. 1. Вып. 3. – 1994 – С. 402–457.
4. Никонов В.Г. Классификация минимальных базовых представлений всех булевых функций от четырех переменных / Обзорение прикладной и промышленной математики. Сер. «Дискретная математика». Т. 1. Вып. 3. – 1994 – С. 458–545.
5. Нейронные сети: история развития теории. Нейрокомпьютеры и их применение. Кн. 5 / Под общей ред. А.И. Галушкина, акад. Я.З. Цыпкина. – М.: Издательское предприятие редакции журнала «Радиотехника», 2001.
6. Рыбников К.К. Оценки сложности некоторых схем метода разделяющих плоскостей при решении систем булевых уравнений / Обзорение прикладной и промышленной математики. Т.9. Вып. 2. – М. 2002. – С. 442–443.
7. Рыбников К.К. Методы решения систем булевых уравнений, основанные на погружении множеств

ва решений в выпуклый многогранник // Науч. тр / Моск. гос. ун-т леса. – 1995. – Вып. 269. – С. 88–91.

8. Хеллер И., Томпкинс Ч. Обобщение одной теоремы Данцига. В сб. "Линейные неравенства и смежные вопросы. – М.: ИЛ, 1959.

СХЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ФОРМАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ В НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ КАК МОДЕЛИ АНАЛИЗА МНОЖЕСТВА РЕШЕНИЙ СИСТЕМЫ БУЛЕВЫХ УРАВНЕНИЙ

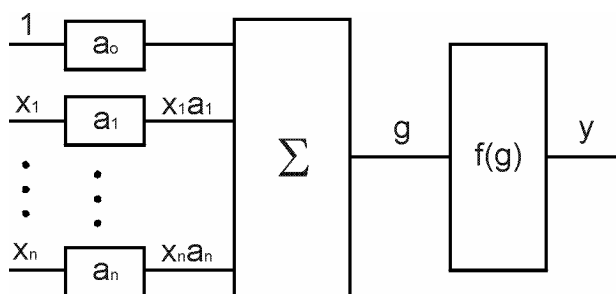
К.К. РЫБНИКОВ, докторант МГУЛа, к. ф-м. н.

Формальным нейроном называется элементарный процессор, используемый в узлах нейронной сети, определяющий схему работы нейрокомпьютера. Математическую модель формального нейрона можно представить уравнением

$$y = f(g) = f\left(\sum_{i=1}^n a_i x_i + a_0\right),$$

где y – выходной сигнал нейрона; $f(g)$ – функция выходного блока нейрона; a_i – постоянный коэффициент – вес i -го входа; x_i – i -й входной сигнал; a_0 – начальное состояние нейрона; $i = 1, 2, 3, \dots, n$ – номер входа нейрона; n – число входов [1, 2].

Иллюстрацией к определению формального нейрона может служить следующая структурная схема:



Функция выходного блока, получившая в литературе название функции активации, может, вообще говоря, иметь любой вид в зависимости от особенностей конкретной задачи. Наиболее известны линейные, ступенчатые, линейные с насыщением, многороговые и сигмоидные функции. Одним из наиболее часто встречающихся типов

функций активации является простая пороговая, то есть функция $f(g)$, имеющая следующий вид:

$$f(g) = \begin{cases} b, & \text{если } g < 0; \\ c & \text{если } g \geq 0, \end{cases}$$

где b и c – некоторые постоянные. Как правило, выбираются случаи $b = -1$; $c = 1$ или $b = 0$; $c = 1$.

В этом случае, очевидно, анализ схемы функционирования формального нейрона сводится к анализу структуры множества решений системы линейных неравенств вида

$$g < 0 \text{ или } g \geq 0,$$

где каждое неравенство порождается набором входных сигналов.

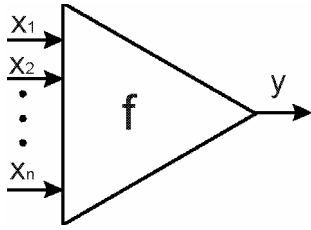
Построенный таким образом полиэдр, то есть множество решений системы линейных неравенств, дает полное представление о работе формального нейрона.

Полиэдральный подход к моделированию узлов электронных схем может быть использован также при анализе двоичного преобразователя, работа которого описывается уравнением

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = y, \quad (1)$$

где y – входной двоичный сигнал преобразователя, а x_i – i -й входной двоичный сигнал; $i = 1, 2, \dots, n$ – номер канала входа, $x_i = 0$ или 1; f – булева функция.

Общий вид подобного преобразователя иллюстрируется следующей схемой:



Как известно [3], булево уравнение (1) можно представить в следующем виде:

$$K_1 \vee K_2 \vee \dots \vee K_r = 0, \quad (2)$$

где K_j ; $j = 1, 2, \dots, r$ – конъюнкция, то есть

$$K_j = x_{i_1}^{\sigma_1} \& x_{i_2}^{\sigma_2} \& \dots \& x_{i_{l(j)}}^{\sigma_{l(j)}},$$

$$\sigma_k \in \{0, 1\}; \quad x_{i_k}^0 = \bar{x}_{i_k}; \quad x_{i_k}^1 = x_{i_k};$$

$$i_k \in \{1, 2, \dots, n\}; \quad k = 1, 2, \dots, l(j).$$

Ясно, что уравнение (1) удовлетворяется тогда и только тогда, когда все конъюнкции, входящие в представление (2), принимают значение 0.

Нетрудно заметить, что условие

$$K_j = 0$$

эквивалентно условию

$$a_{i_1} x_{i_1} + \dots + a_{i_{l(j)}} x_{i_{l(j)}} \leq l(j) - \bar{l}(j) - 1,$$

$$\text{где } a_{i_t} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sigma_{i_t} = 1; \\ -1 & \text{если } \sigma_{i_t} = 0; \end{cases} \quad t = 1, 2, \dots, l(j),$$

а $\bar{l}(j)$ – число переменных, входящих в конъюнкцию K_j с отрицанием.

Отсюда ясно, что решение уравнения (1) может быть получено как решение соответствующей системы линейных неравенств, переменные в которой принимают значения 0 или 1. Это утверждение с помощью аналогичных рассуждений может быть распространено на задачу решения системы булевых уравнений

$$f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = y_i \quad i = 1, 2, \dots, t. \quad (3)$$

Сведение задачи решения системы булевых уравнений, описывающей работу двоичных преобразователей, и задачи анализа функциональной схемы формальных нейронов к определению целочисленных точек полиэдров говорит об общности этих двух задач, которые можно рассматривать как ма-

тематические модели узлов преобразования в электронных схемах. Более того, эквивалентные модели подобного типа, очевидно, могут быть построены по одной системе линейных неравенств.

Само же сведение задач к определению векторов x ($x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$), удовлетворяющих условиям

$$Cx \leq d, \quad (4)$$

$$x_j = 0 \text{ или } 1; \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (5)$$

где $C = \|c_{ij}\|$ – $(s \times n)$ -матрица, а $d^T = (d_1, d_2, \dots, d_s)$ – s -мерный вектор, дает возможность получить решения системы (3) с помощью методов бивалентного целочисленного программирования. Подобные методы получили название методов разделяющих плоскостей [4, 5, 6, 13, 14].

Несмотря на то, что такой подход позволяет сразу разработать новый класс универсальных методов решения систем булевых уравнений, вопрос о сложности их реализации до сих пор остается практически неизученным.

Такая ситуация возникла в связи с тем, что дискретное программирование сейчас не располагает какими-либо общими аналитическими оценками сложности методов бивалентного целочисленного программирования.

Разумеется, сложность рассматриваемых методов весьма высока, поскольку в общем виде задача (4)–(5) принадлежит к так называемым универсальным переборным задачам, для которых неизвестны какие-либо алгоритмы их решения, обладающие неэкспоненциальной (по s и n) сложностью.

Однако это не снижает актуальности задачи получения аналитических оценок сложности подобных методов, так как благодаря им можно выявлять системы булевых уравнений специального вида, входящие в область их эффективного применения.

В настоящей работе предлагается метод, для которого удастся установить оценку его сложности.

Покрывание множества решений системы булевых уравнений многогранниками канонического типа

Методы бивалентного целочисленного программирования, как правило, наиболее удобно применять в том случае, когда поиск (0,1)-векторов, т. е. векторов, компоненты которых удовлетворяют условию (5), ведется не в полиэдре (4), а в множестве, определенном системой уравнений и неравенств вида

$$M(A, b) = \{x \mid Ax = b, x \geq 0\},$$

где $A - (m \times n)$ -матрица, а $b - m$ -мерный вектор, заданные над полем действительных чисел, т. е. в многограннике канонического вида.

Предположим, что полиэдр $M^*(C, d) = \{x \mid Cx \leq d\}$ уже построен и множество его (0,1)-точек совпадает со множеством решений системы булевых уравнений $G(x)$. В дальнейшем без ограничения общности рассуждений будем полагать, что $M^*(C, d) -$ ограниченный полиэдр, так как мы всегда можем в систему неравенств, определяющих $M^*(C, d)$, включить неравенства

$$\sum_{i=1}^n x_i = n; \quad x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Теорема 1. Пусть

$$p^{(k,j)} = (p_1^{(k,j)}, p_2^{(k,j)}, \dots, p_{s+1}^{(k,j)}), \quad j = 1, 2, \dots, q_k$$

– вершины многогранника P , в которых достигается решение задачи линейного программирования

$$\min_p \left(\sum_{i=1}^s d_i p_i + k p_{s+1} \right),$$

$$\text{где } P = \left\{ \begin{aligned} p &= (p_1, p_2, \dots, p_{s+1}) \mid (C^T, e^T) p^T = e^T; \\ e &= (1, 1, \dots, 1), \quad p^T \geq 0 \end{aligned} \right\}$$

и $I^{(k,j)}$ – множества всех номеров положительных компонент вершин

$$p^{(k,j)}, \quad j = 1, 2, \dots, q_k, \quad \text{то есть} \\ I^{(k,j)} = \{i_1, i_2, \dots, i_{r(k,j)}\},$$

где $p_{i_1}^{(k,j)} > 0; p_{i_2}^{(k,j)} > 0, \dots, p_{i_{r(k,j)}}^{(k,j)} > 0$.

Тогда $G_k(x)$, где $G_k(x) -$ множество решений $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ системы (4) – (5),

удовлетворяющих условию $\sum_{i=1}^n x_i = k$, а

$M(A^{(k)}, b^{(k)}) -$ многогранник канонического вида; $A^{(k)} - (m_k \times n)$ - подматрица C , а $b^{(k)} -$ вектор, составленный из соответствующих компонент вектора d :

$$M(A^{(k)}, b^{(k)}) = \left\{ x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \mid \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j = d_i, \quad i \in \bigcup_{j=1}^{q_k} I^{(k,j)} \right\}.$$

Доказательство. Рассмотрим задачу линейного программирования следующего вида:

$$\max_x \sum_{i=1}^n x_i, \quad (6)$$

где множество допустимых решений X определяется полиэдром

$$Cx \leq d, \quad \sum_{i=1}^n x_i \leq k. \quad (7)$$

Ясно, что $G_k(x)$ является подмножеством множества решений задачи (6)–(7).

Выпишем для задачи (6)–(7) двойственную задачу. Эта задача имеет вид

$$\min_p \left(\sum_{i=1}^s d_i p_i + k p_{s+1} \right), \quad (8)$$

где множество допустимых решений P определяется условиями:

$$(C^T, e^T) p^T = e^T, \quad p^T \geq 0; \quad (9)$$

$p = (p_1, p_2, \dots, p_{s+1})$, $e = (1, 1, \dots, 1)$ – вектор, все n компонент которого – единицы.

Пусть $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)^T -$ решение задачи (6)–(7), а $p^* = (p_1^*, p_2^*, \dots, p_{s+1}^*) -$ решение задачи (8)–(9).

Из соотношений (7) следует, что

$$\langle p^*, Wx^* \rangle \leq \sum_{i=1}^s d_i p_i^* + k p_{s+1}^*,$$

где $W = \begin{pmatrix} C \\ e \end{pmatrix}$, а $\langle p^*, Wx^* \rangle -$ скалярное произведение векторов p^* и Wx^* .

Но в силу свойств скалярного произведения и соотношения (9) выполняются следующие равенства:

$$\langle p^*, Wx^* \rangle = \langle W^T p^*, x^* \rangle = \sum_{i=1}^n x_i^*,$$

что дает возможность, воспользовавшись основным соотношением теоремы двойственности [7], для нашего случая

$$\sum_{i=1}^m x_i^* = \sum_{i=1}^s d_i p_i^* + k p_{s+1}^*, \quad \max_x \sum_{j=1}^n x_j, \quad (10)$$

получить соотношение $\langle p^*, Wx^* \rangle = \langle g, p^* \rangle$, где $g = (d_1, d_2, \dots, d_s, k)^T$.

Следовательно,

$$\langle p^*, g - Wx^* \rangle = 0.$$

Рассмотрим вектор $h = g - Wx^*$. Из условий (7) следует, что $h \geq 0$. Поэтому условие

$$\langle P^*, h \rangle = \sum_{i=1}^{s+1} p_i^* h_i = 0$$

выполняется тогда и только тогда, когда

$$p_i^* h_i = 0$$

для всех $i = 1, 2, \dots, (s+1)$.

Если $p_i^* > 0$, $i \neq s+1$, то

$$h_i - (g - Wx^*)_i = d_i - \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j^* = 0.$$

Проводя эти рассуждения для произвольного набора вершин многогранника P , в которых достигается решение задачи (8)–(9), приходим к утверждению теоремы.

На основе теоремы можно построить конечное множество многогранника канонического типа, объединение которых включает в себя $G(x)$. Алгоритм построения этих многогранников состоит из подготовительного этапа и конечного числа итераций.

Для простоты описания алгоритма будем полагать при этом, что при подстановке любого $(0,1)$ -вектора P в левую часть любого неравенства (4) она принимает целое значение.

Подготовительный этап заключается в построении полиэдра $M^*(C, d)$. Далее полагаем $\sum_{i=1}^n x_i = k$; $d^{(1)} = d$ и переходим к реализации итерационного процесса.

Опишем произвольную i -ю итерацию алгоритма. Перед началом итерации мы предполагаем в качестве исходной информации $(s \times n)$ -матрицей $C = \|c_{ip}\|$ и s -мерным вектором $d^{(i)}$.

Построим задачу линейного программирования

где множество допустимых решений определяется полиэдром

$$Cx \leq d^{(i)}, \quad \sum_{j=1}^n x_j \leq k. \quad (11)$$

Далее построим задачу линейного программирования, двойственную по отношению к задаче (10)–(11):

$$\min_p \sum_{j=1}^s (d_j^{(i)} p_j + k p_{s+1}). \quad (12)$$

Определим все угловые точки $p^{(k,j_1)}, p^{(k,j_2)}, \dots, p^{(k,j_k)}$, множества допустимых решений P , в которых достигается решение задачи (12). Если значение целевой функции при этом не равно k , то итерационный процесс закончен. В противном случае выполняются следующие операции. Пусть $I_i^{(k,j)}$, $j = 1, 2, \dots, k$ – множество всех индексов $(v_1, v_2, \dots, v_{r(k,j)})$, таких, что

$$P_{v_1}^{(k,j)} > 0, P_{v_2}^{(k,j)} > 0, \dots, P_{v_{r(k,j)}}^{(k,j)} > 0.$$

Множество индексов $\bigcup_{j=1}^k I_i^{(k,j)}$ определяет номера неравенств в полиэдре $M^*(C, d)$, которым решение задачи X^* удовлетворяет как строгим равенствам, т. е.

$$c_{l_1} x_1^* + c_{l_2} x_2^* + \dots + c_{l_n} x_n^* = d_l^{(j)};$$

$$I \in \bigcup_{j=1}^k I_i^{(k,j)}.$$

Определив все элементы множества индексов $\bigcup_{j=1}^k I_i^{(k,j)}$, построим полиэдр

$$Cx \leq d^{(i+1)}, \quad \sum_{j=1}^n x_j \leq k,$$

где $d_l^{(i+1)} = \begin{cases} d_l^{(i)}, & \text{если } l \in \bigcup_{j=1}^k I_i^{(k,j)}; \\ (d_l^{(i)} - 1) & \text{– в противном случае.} \end{cases}$

(В этом случае, когда у задачи (12) нет решения, т. е. она не допустима, можно сделать вывод о том, что у системы (3) нет $(0,1)$ - решения).

В соответствии с теоремой 1 в результате итерационного процесса мы получим множество $\bigcup_{j=1}^k I_i^{(k,i_j)}$ номеров неравенств, выполняющихся в системе (4) как точные неравенства при подстановке в нее решений системы уравнений (3), обладающих единичными компонентами.

Переходим далее к $(i+1)$ -й итерации. Число итераций, вообще говоря, может быть различным. Однако оно, очевидно, не превосходит величины $\max_{i=1,2,\dots,s} (d_i - d_i^{\min} + 1)$, где d_i^{\min} – минимальное значение, которое может принимать левая часть i -го неравенства системы (4) на множестве n -мерных $(0,1)$ -векторов.

Применив алгоритм для всех случаев $k = 1, 2, \dots, (n-1)$ – в двух случаях, когда $k = 0$, $k = n$ возможное решение определяется однозначно и может быть сразу опробовано путем подстановки его в систему (4) – мы получим $v \leq n-1$ смешанных систем из равенств и неравенств. В этом случае, если будут определены все $(0,1)$ -векторы, удовлетворяющие хотя бы одной из таких смешанных систем, то тем будут определены и все решения системы (3). При этом мы каждый раз можем, разумеется, находить все $(0,1)$ -решения системы уравнений, а потом подставлять их в общую систему неравенств, проверяя, не будут ли они решениями системы (3).

Заметим, что число итераций, вообще говоря, может быть сокращено, поскольку, по существу, на каждой i -й итерации мы решаем параметрическую задачу линейного программирования (12) [8]:

$$\min_p \sum_{j=1}^s (d_j^{(i)} + \lambda) p_j + k p_{s+1}, \quad (13)$$

полагая $\lambda = 1 - i$. Следуя Гассу, мы можем определить такие критические интервалы $\lambda'_i < \lambda < \lambda''_i$, $i = 1, 2, \dots, q$, при выборе параметра λ внутри которых мы будем получать одни и те же решения задачи. Таким образом, мы можем рассчитывать на меньшее число итераций в алгоритме.

Выделив из всех смешанных систем подсистемы, состоящие из условий-равенств, мы получим набор многогранников канонического типа, объединение которых содержит все решения системы (3).

Процедура определения вершин представляет собой последовательное применение какого-либо алгоритма линейного программирования. На основе этого можно дать простую качественную оценку сложности реализации предполагаемого алгоритма $T_0(C, d)$.

Теорема 2. Пусть на каждой итерации в процессе реализации алгоритма сведения системы неравенств (4) к набору смешанных систем из равенств и неравенств определяется не более δ вершин многогранника, задача (12) с помощью метода линейного программирования, обладающего сложностью $L(c, d)$. Тогда выполняется соотношение

$$T_0(C, d) \leq (n-1)\delta L(c, d) \max_{i=1,2,\dots,s} (d_i - d_i^{\min} + 1). \quad (14)$$

Замечание. В том случае, если для определения вершин применяется симплекс-метод или его модификация, в силу экспоненциальной трудоемкости оценку $L(C, d)$ непосредственно дать представляется невозможным, хотя в соответствии с [9] экспериментальная оценка $L(c, d)$ близка к $n^2 m$.

В случае, если для определения вершин используется один из получивших известность в последнее время алгоритмов, можно воспользоваться известными оценками. При использовании известного алгоритма Л.Г. Хачияна [10] для величины $T_0(C, d)$, выраженной в элементарных операциях, справедливо соотношение

$$T_0(C, d) \leq k(n-1)\delta(np+1)s^4(s+n)\ln ps,$$

где k – некоторая константа, а $p = \max_{i,j} \{ |c_{ij}|, |d_i|, n \}$; $i = 1, 2, \dots, s$; $j = 1, 2, \dots, n$.

Таким образом, в этом случае $T_0(C, d)$ – полином от n, s, δ, p .

Ясно, что оценка сложности алгоритма определения всех вершин многогранника $M(A, b)$ (в элементарных операциях) определяется размерами симплекс-таблицы и числом вершин h многогранника.

Можно показать, что оценка трудоемкости $T(A, b)$ этого этапа будет иметь вид

$$h(h + n^2 + n - 1)\min(h, n^2), \quad (15)$$

где h – число вершин многогранника $M(A, b)$.

Определив же все вершины каждого из многогранников, можно определить все его $(0,1)$ -точки.

Алгоритм построения всех $(0,1)$ -точек многогранников покрытия для множества решений

Рассмотрим многогранник канонического вида $M(A, b)$.

Пусть его вершины

$$y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(h)}$$

уже определены.

Непосредственно из теоремы о представлении точек выпуклого многогранника следует, что для того, чтобы определить все $(0,1)$ -точки $M(A, b)$, достаточно определить все такие $(0,1)$ -векторы $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, для которых система уравнений

$$\begin{cases} \alpha_1 y_1^{(1)} + \alpha_2 y_1^{(2)} + \dots + \alpha_h y_1^{(h)} = x_1; \\ \alpha_1 y_2^{(1)} + \alpha_2 y_2^{(2)} + \dots + \alpha_h y_2^{(h)} = x_2; \\ \dots \\ \alpha_1 y_n^{(1)} + \alpha_2 y_n^{(2)} + \dots + \alpha_h y_n^{(h)} = x_n; \\ \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_h = 1, \end{cases}$$

где $\alpha_1 \geq 0, \alpha_2 \geq 0, \dots, \alpha_n \geq 0,$ (17)

а $y^{(1)} = (y_1^{(1)}, \dots, y_n^{(1)}), \dots, y^{(h)} = (y_1^{(h)}, \dots, y_n^{(h)});$ (18)

$$y_r^{(i)} \geq 0, i = 1, 2, \dots, h; r = 1, 2, \dots, n;$$

разрешима.

Предлагается простой алгоритм определения таких векторов по следующей схеме последовательного перебора всех возможных n -мерных $(0,1)$ -векторов.

Каждый новый вариант при переборе, т. е. некий $(0,1)$ -вектор, будем строить последовательно покомпонентно, сопровождая рассмотрение каждой компоненты следующим процессом проверки варианта по приводимому ниже естественному критерию отсева.

Допустим, мы хотим рассмотреть конкретный вариант

$$x = \bar{x} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n),$$

где $\bar{x}_i, i = 1, 2, \dots, n$ – некоторые фиксированные, соответствующие рассматриваемому варианту, значения 0 или 1. Процесс проверки варианта состоит не более чем из n шагов.

Произвольный r -й шаг, $r \in \{1, 2, \dots, n\}$ выглядит следующим образом.

Исходная информация после $(r-1)$ шагов определяется $(r-1)$ зафиксированными компонентами варианта

$$\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_{r-1}$$

и набором множества индексов столбцов системы (16) $I_{r-1}^{(q)} = \{i_1, i_2, \dots, i_q\}, q = 1, 2, \dots, s_{r-1}, s_{r-1} \geq r-1,$ таких, что среди коэффициентов $\alpha_{i_1}, \alpha_{i_2}, \dots, \alpha_{i_q}$ есть хотя бы один строго положительный.

Пусть в нашем варианте $(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_r) \bar{x}_r = 0.$ Тогда мы формируем новые множества $I_r^{(q)}:$

$$I_r^{(q)} = I_{r-1}^{(q)} \setminus J_r, q = 1, 2, \dots, s_r, s_r = s_{r-1},$$

где $J_r = \{j\}$ – множество подмножеств таких индексов $I_{r-1}^{(q)}, q = 1, 2, \dots, s_{r-1}$, для которых $y_r^{(j)} > 0.$

Столбцы с номерами $j \in J_r$ мы затем просто вычеркиваем из системы (16). Если при этом хотя бы одно из $I_r^{(q)}, q = 1, 2, \dots, s_r$ оказывается пустым, то все $(2^{n-r} + 1)$ вариантов, соответствующих фиксации

$$x_1 = \bar{x}_1, x_2 = \bar{x}_2, \dots, x_r = \bar{x}_r,$$

должны быть изъяты из рассмотрения, как заведомо не удовлетворяющие системе (16).

Если же в нашем варианте $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_r:$

$$\bar{x}_r = 1,$$

то формируем новый набор множеств:

$$I_r^{(q)} = I_{r-1}^{(q)}, q = 1, 2, \dots, s_{r-1};$$

$$I_r^{s_r} = J_r, s_r \leq r.$$

Если $r = n,$ то процесс закончен. Далее можно проверить: является ли полученный $(0,1)$ -вектор точкой выпуклого многогранника $M(A, b).$ Это можно сделать путем

подстановки полученного вектора в исходную систему. Очевидно, для числа элементарных операций $T_r(M(A, b))$, необходимых для определения всех $(0,1)$ -векторов, справедлива оценка

$$T_r(M(A, b)) \leq 2^n h(h+1). \quad (19)$$

Общая оценка трудоемкости метода и ее частные случаи

Пусть система покрытия множества решений исходной системы состоит из $(0,1)$ -точек v многогранников

$$M_j(A_j, b^{(j)}), \quad j = 1, \dots, v.$$

Тогда, реализуя все этапы алгоритма для всех многогранников, мы получим последовательно все решения системы, отбрасывая все $(0,1)$ -точки, не удовлетворяющие системе (4).

Оценки (14), (15) и (19) в совокупности позволяют дать общую оценку сложности метода в целом (в элементарных операциях):

$$T(M^+(C, d)) \leq (n-1)\delta L(n, s) \max_{i=1,2,\dots,s} (d_i - d_i^{\min} + 1) + \sum_{j=1}^v h_j (h_j + n^2 + n - 1) \min(h_j, n^2) + 2^{h_{j+1}} h_j n(n+1) s, \quad (20)$$

где h_j – число вершин многогранника

$$M_j(A_j, b^{(j)}).$$

Оценка (20), безусловно, является весьма грубой. Однако при этом следует учесть возможность появления некоторых условий.

Во-первых, если система $M_j(A_j, b^{(j)})$,

$j = 1, \dots, v$, состоит из целочисленных или квазицелочисленных многогранников, то последний этап алгоритма, которому соответствует оценка трудоемкости (19), реализовывать нет необходимости.

Во-вторых, особый интерес представляет случай, когда многогранники системы покрытия имеют малое число вершин.

Согласно результатам Бартельса [11] двусторонние достижимые оценки для числа вершин h невырожденных многогранников $M(A, b)$ таковы:

$$n - m + 1 \leq h \leq c^{\lfloor \frac{n+m}{2} \rfloor} + c^{\lfloor \frac{n+m+1}{2} \rfloor}. \quad (21)$$

Многогранники с малым числом вершин в настоящее время изучены слабо. В монографии [12] описан один такой класс многогранников. Приведем условия, которым должен удовлетворять многогранник $M(A, b)$ для того, чтобы принадлежать этому классу.

Пусть B – допустимый базис многогранника $M(A, b)$; J_B и J_H – соответственно множества индексов базисных и небазисных переменных.

Определение. Симплекс-таблицу $\Lambda_B = \{\lambda_{ij}^B\}$, соответствующую базису B , будем называть K -регулярной, если

$$\min \left\{ \frac{\beta_i^{(B)}}{\lambda_{ij}^{(B)}} : \forall i \in J_B, \lambda_{ij}^B > 0 \right\}, \quad \beta_i^{(B)} = B^{-1}b, \quad i \in J_B$$

достигается ровно для k различных i при значениях $j \in J_H$.

Определение. Симплекс-таблицы $\Lambda_{B'}$ и $\Lambda_{B''}$ двух допустимых базисов B' и B'' будем называть K -подобными, если они обе K -регулярные и $J_{B'}^0 = J_{B''}^0$.

Симплекс-таблицы всех допустимых базисов матрицы A I -подобные, если симплекс-таблица хотя бы одного допустимого базиса является I -регулярной [12].

Очевидно, если у матрицы A найдется хотя бы одна I -регулярная симплекс-таблица, то число многогранника $M(A, b)$ равно $n - m + 1$.

Ясно, что в этом случае алгоритм построения всех вершин обладает полиномиальной по n, m сложностью.

Покажем, что система многогранников покрытия может быть такой, что предложенный метод решения системы булевых уравнений будет иметь полиномиальную сложность.

Теорема 3. Пусть система многогранников покрытия $M_j(A_j, b^{(j)})$; $j = 1, 2, \dots, v$,

$G(x) \subset \bigcup_{j=1}^v M_j(A_j, b^{(j)})$ определена матрицами A_j и векторами $b^{(j)}$ следующего вида:

$$A_j(B_j, B_j \Lambda_j), (B_j^{-1} b^{(j)})_{k_j} = 1, \\ j = 1, 2, \dots, v; k_j \in \{1, 2, \dots, n\},$$

где $B_j, j = 1, 2, \dots, v$ – невырожденные квадратные матрицы, удовлетворяющие условию $B_j^{-1} b^{(j)} \geq 0, j = 1, 2, \dots, v$, а $\Lambda_j, j = 1, 2, \dots, v$, – матрицы, у которых k_j -я строка состоит целиком из единичных элементов, а все остальные строки состоят из неположительных элементов.

Тогда общая оценка трудоемкости в элементарных операциях $T(M^*(C, d))$ имеет вид

$$T(M^*(C, d)) \leq (n-1) \delta L(n, s) \max_{i=1, \dots, s} (d_i - d_i^{\min} + 1) + \\ + v(n-1)n(n^2 + 2n - 1) + n^2(n+1)s. \quad (22)$$

Доказательство. Рассмотрим произвольный многогранник $M(A, b)$ из системы покрытия

$$M(A, b) \in \{M_i(A, b^{(i)})\}; i = 1, 2, \dots, v.$$

Без ограничения общности рассуждений будем полагать, что симплекс-таблица Λ , соответствующая базису B , имеет последнюю строку, состоящую из положительных элементов, а все остальные элементы неположительны.

Определим все вершины $M(A, b)$. По условию теоремы они имеют следующий вид:

$$y^{(1)} = (y_1^{(1)}, y_2^{(1)}, \dots, y_{m-1}^{(1)}, 1, 0, \dots, 0); \\ y_0^{(2)} = (y_1^{(2)}, y_2^{(2)}, \dots, y_{m-1}^{(2)}, 0, 1, \dots, 0); \\ \dots \dots \dots \\ y^{(h)} = (y_1^{(h)}, y_2^{(h)}, \dots, y_{m-1}^{(h)}, 0, 0, \dots, 1).$$

Поскольку симплекс-таблица 1 регулярна, число вершин многогранника минимально:

$$h = n - m + 1.$$

Воспользовавшись теперь алгоритмом построения $(0,1)$ -точек, являющихся линейными выпуклыми комбинациями $y^{(1)}, \dots, y^{(h)}$, нетрудно заметить, что структура угловых точек такова, что множество $I_{r-1}^{(j)}, j = 1, 2, \dots, s_{r-1}; S_{r-1} \leq r - 1, r \in \{1, 2, \dots, n\}$ всегда состоит из единственного элемента. Действительно, если некоторая вершина $y^{(k)}, k \in \{1, 2, \dots, h\}$ входит в состав линейной вы-

пуклой комбинации, определяющей $(0,1)$ -вектор с положительным коэффициентом, то этот $(0,1)$ -вектор имеет $(m+k-1)$ -ю компоненту, равную 1. Отсюда следует, что первые $(m-1)$ компонент $(0,1)$ -вектора совпадают с соответствующими компонентами вершин $y^{(k)}$, а остальные компоненты равны нулю.

Таким образом, в нашем случае перебор ограничивается $(n-m+1)$ точкой. Каждый вариант требует n компонентных сравнений с рассматриваемым $(0,1)$ -вектором. Отсюда сразу следует оценка (22).

Литература

1. Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры. – М.: МГТУ, 2002. – 319 с.
2. Бестенс Д.-Э., Ван ден Берг В.-М., Вуд Д.. Нейронные сети и финансовые рынки.
3. Рыбников К.К., Хохлушин А.С. О взаимосвязях различных алгоритмических схем методов погружения множества решений системы булевых уравнений в действительную область // Вестник Московского государственного университета – Лесной вестник. – 2002. – № 4 (25). – С. 189–194.
4. Рыбников К.К., Никонов Н.В. Прикладные задачи, сводящиеся к анализу и решению систем линейных неравенств. Метод разделяющих плоскостей // Лесной вестник. – 2002. – № 2 (22). – С. 191–195.
5. Рыбников К.К. Оценки сложности некоторых схем метода разделяющих плоскостей при решении систем булевых уравнений // Обзорение прикладной и промышленной математики. – 2002. – Т.9, Вып. 2. – С. 442–443.
6. Рыбников К.К. Методы решения систем булевых уравнений, основанные на погружении множества решений в выпуклый многогранник // Науч. тр. / Моск. гос.ун-т. леса. – 1995. – Вып. 269 – С. 88–91.
7. Карманов В.Г. Математическое программирование. – М.: Наука, 1975. – 272 с.
8. Гасс С.И. Линейное программирование (методы и приложения). – М.: ГИФМЛ, 1961. – 304 с.
9. Карп Р.М. Сводимость комбинаторных задач. // Кибернетический сборник (новая серия). – 1975. – № 12 – С. 24–38.
10. Хачиян Л.Г. Полиномиальные алгоритмы в линейном программировании // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1980. – № 1(20). – С. 51–68.
11. Bartels H. A priori informationen zur Linearen Programmierung // Über Ecken und Hyperflächen auf Polyhedern. – Berlin: Anton Hain. – 1975. – 310 p.

12. Емеличев В.А., Ковалев М.М., Кравцов М.К. Многогранники. Графы. Оптимизация. – М.: Наука, 1981. – 344 с.
13. Балакин Г.В., Никонов В.Г. Методы сведения булевых уравнений к системам пороговых соотношений // Обзорение прикладной и промышленной математики. Сер. "Дискретная математика". Т.1. – Вып. 3. – М., 1994. – С. 389–401.
14. Никонов В.Г. Пороговые представления булевых функций // Обзорение прикладной и промышленной математики. Сер. "Дискретная математика". Т.1 – Вып. 3. – М., 1994. – С. 402–457.

СВЯЗЬ НЕПРЕРЫВНОГО И ДИСКРЕТНОГО В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

О.Н. ЖУРАВЛЕВА, *доцент МГПИ им. М.Е. Евсевьева (Саранск), к. пед. н.,*

Т.А. ЛАСКОВАЯ, *ст. преподаватель МГТУ им. Н.Э. Баумана,*

К.К. РЫБНИКОВ, *докторант МГУЛа, к. ф-м. н.*

Современные учебные программы высших учебных заведений предусматривают изучение элементов дискретной математики уже на младших курсах. Несмотря на то, что студенты к этому времени обладают недостаточно глубоким математическим аппаратом, процесс постепенного проникновения дискретной математики в учебные планы и рабочие программы развивается достаточно быстро. Объективные причины подобной перестройки в системе математического образования заключаются, прежде всего, в возросшем значении для подготовки специалиста основ информационных технологий, электроники, а также принципов математического моделирования реальных технических и социально-управленческих задач и процессов. При этом оказывается важным научить студента не только анализировать модели, но и доводить в алгоритмической форме решение задач, определяющих эти модели, до конечных результатов.

При непосредственном построении моделей часто оказывается трудным использовать методы классической непрерывной математики. Информация, которой оперирует исследователь, как правило, оказывается дискретной, так как современная информационная техника переработки информации базируется на дискретных представлениях.

Основной трудностью при построении курса дискретной математики является необходимость отказа от основополагаю-

щих понятий классической математики – предела и непрерывности при непосредственном анализе дискретных задач. Студенты в первый период обучения достаточно трудно преодолевают особенности дискретного математического аппарата. Причина этого, как представляется, лежит в возникшем разрыве преемственности математических курсов средней и высшей школ. Действительно, в школе в настоящее время изучается, в основном, классическая, т. е. непрерывная, математика, и, как показывают исследования психологов, способности обучаемых к усвоению знаний в различных отраслях математического знания представляют собой относительно самостоятельные образования [1].

Приведем пример. Ключевым моментом в школьном курсе, безусловно, является введение понятия «функция». В большинстве методических рекомендаций и школьных учебников [2], [3] с одновременным определением понятия функции приводятся способы ее задания: аналитический, графический, табличный и словесный. При этом о существовании дискретных функций не упоминается. Так, при определении функции как отображения, как правило, функциональный закон сопоставления образа и прообраза определяется как непрерывная функция. Табличный способ задания функции также иллюстрируется исключительно на примерах непрерывных функций, хотя в данной си-

туации учащиеся действительно сталкиваются с заданием дискретной функции. Не приводятся примеры дискретных вычислительных процедур (алгоритмов), которые можно трактовать как задание дискретной функции в рамках вышеупомянутого словесного задания функции. Между тем, на практике любому будущему специалисту придется часто сталкиваться исключительно с эмпирическими описаниями функций, что приводит к их заданию в табличном виде. В связи с этим представляется целесообразным, уже в школьном курсе, останавливаться на связи табличных и непрерывных функций на примере простейших задач интерполяции. Подобные задачи в частных случаях хорошо знакомы учащимся средних школ; например, построение квадратичной функции $y = ax^2 + bx + c$, график которой проходит через три точки: (x_0, y_0) , (x_1, y_1) , (x_2, y_2) .

Аналогичный подход позволяет облегчить изучение курса «Дискретная математика» для студентов младших курсов высших учебных заведений. Структура этого учебного курса, апробированного одним из авторов в Московском государственном университете леса, определяется следующими главами [7]:

Часть I. Введение в дискретный анализ

1.1. Множества. Операции над множествами. Формула включения и исключения.

1.2. Элементы комбинаторики. Размещения, перестановки и сочетания. Рекуррентные соотношения и производящие функции.

1.3. Функции. Инъекция, сюръекция и биекция. Непрерывные и дискретные функции. Булевы функции.

1.4. Методы приближения дискретных функций непрерывными. Классическая интерполяция. Метод наименьших квадратов. Наилучшее равномерное приближение.

1.5. Алгебраические конечные структуры.

1.6. Системы булевых уравнений и смежные вопросы.

1.7. Методы погружения множества решений системы булевых уравнений в полиэдр.

1.8. Основные понятия теории графов.

Часть II. Экстремальные задачи дискретного анализа

2.1. Модели, описываемые дискретными экстремальными задачами. Дискретное программирование. Экстремальные задачи на множестве подстановок.

2.2. Линейное программирование. Симплекс-метод.

2.3. Целочисленное линейное программирование. Основы общих методов решения задач целочисленного программирования: метод отсечений Гомори и метод ветвей и границ.

2.4. Использование симплекс-метода для решения задач целочисленного линейного программирования с целочисленными многогранниками допустимых решений. Условия целочисленности многогранников. Задача о назначениях. Задача о максимальном потоке в сети.

2.5. Об использовании симплексных процедур при решении некоторых классов систем булевых уравнений.

2.6. Задача о рюкзаке на абелевой группе.

Программа курса такова, что студент может при изучении ряда вопросов опираться на уже известный ему «непрерывный» математический аппарат – ряд Тейлора при изложении теории производящих функций, линейное программирование при изучении части 2 и т. д. Наконец, раздел 1.4, обычно излагаемый в курсах методов вычислений, полностью базируется на классическом математическом анализе.

Наименее изученным, но наиболее интересным с точки зрения излагаемого подхода к построению курса, является сведение задачи решения системы булевых уравнений к задаче определения $(0,1)$ -точек полиэдра (п. 1.7).

Решение системы булевых уравнений $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_i, (i = 1, 2, \dots, m),$ (1)

где $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – булевы функции, а $x_1, x_2, \dots, x_n, a_1, \dots, a_m$ принимают значение 0 или 1, является достаточно сложной задачей, носящей дискретный характер. В то же время эта задача представляет значительный практический интерес, так как является универсальной моделью m технических устройств с n двоичными входами и одним двоичным выходом.

Рассмотрим ряд подходов, позволяющих использовать для решения этой задачи классический аналитический аппарат.

1. Метод фундаментальных произведений [4]

Пусть функция $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ задана своей таблицей истинности. Будем искать непрерывную функцию, принимающую те же значения, что и функция $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на каждом наборе (x_1, x_2, \dots, x_n) , состоящем из нулей и единиц.

Отметим в таблице истинности все строки j , в которых значение функции равно 1. Пусть $(\xi_1^0, \xi_2^0, \dots, \xi_n^0)$ – некоторый (0,1)-набор значений x_1, x_2, \dots, x_n , для которого $f_i(\xi_1^0, \xi_2^0, \dots, \xi_n^0) = 1$. образуем для этого набора произведение

$$P_j^{(i)} = \prod_{k=1}^n \hat{\xi}_k, \tag{2}$$

где $\hat{\xi}_k = \begin{cases} \xi_k, & \text{если } \xi_k^0 = 1; \\ 1 - \xi_k, & \text{если } \xi_k^0 = 0. \end{cases}$

Произведения вида (2) называются фундаментальными произведениями. Составим теперь фундаментальное произведение $P_j^{(i)}$ для каждой строки j , в которой $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1$, и образуем булеву сумму этих $P_j^{(i)}$:

$$f_i(x_1, \dots, x_n) = \sum_{j \in J_i} P_j^{(i)}, \tag{3}$$

где J_i – множество номеров строк таблицы истинности, соответствующих единичному значению функции.

Существуют последовательно применяемые способы упрощения представления (3) функции $f_i(x_1, \dots, x_n)$ (см., например, [4]).

Анализируя метод фундаментальных произведений, следует заметить, что структурно он представляет собой ничто иное, как метод построения интерполяционного многочлена, принимающего на множестве 2^n (0,1)-векторов те же значения, что и функция $f_i(x_1, \dots, x_n)$. Нетрудно заметить также, что в случае $a_i = 0$ ($i = 1, 2, \dots, m$) сумма всех таких многочленов принимает нулевые значения на множестве решений системы (1).

2. Метод полиэдрального представления множества решений системы булевых уравнений [5]

Рассмотрим систему булевых уравнений

$$f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m). \tag{4}$$

Применяя метод фундаментальных произведений в построении многочленов вида (2), заметим, что алгоритм построения этих многочленов совпадает с алгоритмом построения дизъюнктивных нормальных форм для функций $f_i(x_1, \dots, x_n)$.

Действительно, заменяя в многочленах вида (2) знак операции умножения на "&" и знак операции сложения на "\vee", а также выражения вида $(1 - \xi_k)$ на ξ_k , получаем соответствующие дизъюнктивные нормальные формы.

Таким образом, систему булевых уравнений (4) можно представить в следующем виде:

$$K_1^i \vee K_2^i \vee \dots \vee K_{S_i}^i = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \tag{5}$$

где K_l^i , ($l = 1, 2, \dots, m$), ($j = 1, 2, \dots, S_i$) – многоместные конъюнкции, т. е.

$$K_j^i = x_{r_1}^{\delta_1} \& x_{r_2}^{\delta_2} \& \dots \& x_{r_{r_{1,j}}}^{\delta_{r_{1,j}}};$$

$$\delta_k \in \{0, 1\}, \quad x_k^0 = \bar{x}_{ik}, \quad x_k^1 = x_{ik};$$

$$i_k \in \{1, 2, \dots, n\}, \quad k = 1, 2, \dots, r_{1,j}.$$

Напомним, что элементарные (двухместные) конъюнкции $x_1 \& x_2$ и дизъюнкции

$x_1 \vee x_2$ задаются таблично следующим образом

x_1	x_2	$x_1 \& x_2$	$x_1 \vee x_2$
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Ясно, что система уравнений (4) удовлетворяется тогда и только тогда, когда все конъюнкции, входящие в нее, принимают значение 0.

Нетрудно заметить, что условие

$$K'_j = 0$$

эквивалентно условию

$$a_{i_1} x_{i_1} + \dots + a_{i_{r_{l,j}}} x_{i_{r_{l,j}}} \leq r_{l,j} - \bar{r}_{l,j} - 1, \quad (6)$$

где

$$a_{i_t} = \begin{cases} 1, & \text{если } \delta_{i_t} = 1; \\ -1, & \text{если } \delta_{i_t} = 0, \end{cases} \quad t = 1, 2, \dots, r_{l,j},$$

а $\bar{r}_{l,j}$ – число переменных, входящих в конъюнкцию K'_j с отрицанием.

Отсюда ясно, что решение системы булевых уравнений (6) может быть получено как решение соответствующей системы линейных неравенств, переменные в которой принимают значения 0 или 1.

Как известно, множество решений системы линейных неравенств называется полиэдром. Таким образом, предложенный метод заключается в погружении множества решений системы булевых уравнений в полиэдр. Подобный подход позволяет использовать для решения системы булевых уравнений аппарат целочисленного программирования [5].

3. Пороговые функции и разделяющие плоскости

Рассмотренный в предыдущем разделе подход характеризуется построением большого количества линейных неравенств, соответствующих таблице истинности. Каждое из этих неравенств определяет подпространство n -мерного евклидова пространства

ва, в котором лежат все $(0,1)$ -векторы (x_1, x_2, \dots, x_n) .

Для некоторых булевых функций вида

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_0, \quad (7)$$

где $x_1, x_2, \dots, x_n, x_0$ могут принимать значения 0 или 1, оказывается возможным построить плоскость, строго разделяющую нулевые и единичные вершины единичного гиперкуба, т. е. векторы вида $(x_1, x_2, \dots, x_n, 0)$ и $(x_1, x_2, \dots, x_n, 1)$, удовлетворяющие уравнению (7) (см. напр. [6]).

Другими словами, можно построить плоскость, уравнение которой имеет вид

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_0, \quad (8)$$

причем

$$x_0 = \begin{cases} 1, & \text{если } L(x_1, x_2, \dots, x_n) > 0; \\ 0, & \text{если } L(x_1, x_2, \dots, x_n) < 0. \end{cases} \quad (9)$$

Такая плоскость называется разделяющей, а функция (7), для которой существует разделяющая плоскость, называется пороговой.

В том случае, если λ' и λ'' – нижняя и верхняя границы для линейной формы $L(x)$, то условие (9) можно записать как

$$x_0 = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 < L(x) \leq \lambda; \\ 0, & \text{если } -\lambda \leq L(x) < 0, \end{cases} \quad (10)$$

где

$$\lambda = \max \{ |\lambda'|, |\lambda''| \}.$$

Так как

$$L(x) \geq \lambda(x_0 - 1), \quad L(x) \leq \lambda x_0,$$

то отсюда следует, что

$$-\lambda \leq L(x) - \lambda x_0 \leq 0. \quad (11)$$

В качестве примера рассмотрим ограничения типа (9) и (10) для двухместной конъюнкции $x_0 = x_1 \wedge x_2$. Нетрудно видеть, что уравнение разделяющей плоскости можно выбрать, например, таким образом:

$$x_1 + x_2 - 1,5 = 0.$$

Соответственно,

$$x_0 = \begin{cases} 1, & \text{если } x_1 + x_2 - 1,5 > 0; \\ 0, & \text{если } x_1 + x_2 - 1,5 < 0; \end{cases}$$

$$1,5 = \max \{ |-1,5|, |0,5| \};$$

$$x_0 = \begin{cases} 1, & \text{если } x_1 + x_2 - 1,5 \leq 1,5 ; \\ 0, & \text{если } 1,5 \leq x_1 + x_2 - 1,5 \leq 0; \end{cases}$$

$$x_1 + x_2 - 1,5 \geq 1,5(x_0 - 1), \quad x_1 + x_2 - 1,5 \leq 1,5 \cdot x_0 ;$$

$$-1,5 \leq x_1 + x_2 - 1,5 - 1,5x_0 \leq 0 .$$

Окончательно

$$0 \leq x_1 + x_2 - 1,5x_0 \leq 1 .$$

Этот результат легко обобщается на общий случай

$$x_0 = x_1 \wedge x_2 \wedge \dots \wedge x_n .$$

Условия вида (11) имеют в этом случае вид

$$0 \leq x_1 + x_2 + \dots + x_n - (n - 0,5)x_0 \leq n - 1 .$$

Завершая главу, заметим, что все рассуждения, связанные с погружением множества решений системы булевых уравнений в полиэдр, могут быть распространены на случай, когда используются не все строки таблиц истинности. Тогда помимо решений системы булевых уравнений построенный по вышеизложенной схеме полиэдр будет, вообще говоря, содержать и другие $(0,1)$ -векторы.

Разумеется, задача определения $(0,1)$ -точек полиэдра является весьма сложной. Однако в том случае, когда полиэдр является целочисленным многогранником, очевидно, возможно свести эту задачу к определению вершин этого многогранника на основе использования симплекс-метода. Оценки сложности такого подхода содержатся в работе [5].

Таким образом, при изучении чисто дискретных структур используются методы

классического анализа и его приложений, что облегчает изучение предмета и дает лектору возможность не только изложить необходимый материал, но и познакомить слушателей с вопросами прикладного характера.

Литература

1. Кохно А.П., Романенко Н.Д. Использование элементов дискретной математики в математическом образовании студентов экономических вузов // Тезисы докладов международной конференции «Проблемы теории и методики преподавания математики, физики и информатики». – Минск, 1998. – С.17–18.
2. Дорофеев Г.В. Математика для каждого. – М.: Аякс, 1999.
3. Мордкович А.Г. Алгебра. 9-й кл.: Учебник для общеобразовательных учреждений. – М.: Мнемозина, 1999.
4. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. – М.: Наука, 1969.
5. Рыбников К.К. Методы решения систем булевых уравнений, основанные на погружении множества решений в выпуклый многогранник // Науч. тр. / Моск. гос. ун-т. леса. – 1995. – Вып. 269. – С. 88–91.
6. Головкин Б.А. О некоторых линейных ограничениях с булевыми переменными // Экономика и математические методы. – 1971. – Т. VII, Вып. 4. – С. 43–48.
7. Рыбников К.К. Элементы численного дискретного анализа в подготовке преподавателей математики. Связь непрерывного и дискретного // Материалы Всероссийской научной конференции "Гуманитаризация среднего и высшего математического образования: методология, теория и практика. Ч. II. – Саранск: МГПИ, 2002. – С. 132–135.

СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНО НЕГАМИЛЬТОНОВЫХ ГРАФОВ

П.В. РОЛДУГИН, *сотрудник объединения «ТВП», Москва*

В этой работе мы рассматриваем только непомеченные конечные неориентированные графы без петель и кратных ребер. Термины, относящиеся к теории графов, можно найти в [1]. Напомним, что гамильтоновым графом называется граф, в котором существует простой цикл, проходящий по всем верши-

нам графа, – гамильтонов цикл. Графы, в которых такой цикл отсутствует, называются негамильтоновыми. Представление о непосредственных применениях гамильтоновых цепей дает следующая ситуация: имеется станок и n заданий, каждое из которых она способна выполнить после соответствующей на-

стройки. При этом необходимо затратить t_{ij} единиц времени для того, чтобы после выполнения i -го задания выполнить j -е. В предположении, что $t_{ij} = t_{ji}$, требуется найти последовательность выполнения заданий, при которой время каждой переналадки не превосходит величины t . Если построить граф G , у которого множество вершин есть $\{1, 2, \dots, n\}$ и множество ребер есть $\{(i, j) : t_{ij} \leq t\}$, то наша задача сведется к отысканию гамильтоновой цепи в этом графе.

Рассмотрим такую производственную схему, в которой начальное и конечное задания могут изменяться в зависимости от ситуации. То есть любые две несмежные вершины в G должны соединяться гамильтоновой цепью. Этим свойством обладают максимально негамильтоновы графы.

Определение. Граф G будем называть максимально негамильтоновым графом (сокращенно МНГ графом), если выполнены два условия:

- 1) граф G негамильтонов;
- 2) при добавлении хотя бы одного ребра, инцидентного любой паре несмежных вершин, граф G становится гамильтоновым.

Результаты, относящиеся к таким графам, можно найти, например, в [2], [3] и [4].

В утверждении 1 настоящей работы показано, что изучение МНГ графов можно свести к изучению так называемых упрощенных МНГ графов. В упрощенном графе каждая максимальная клика содержит не более одной собственной вершины, то есть вершины, принадлежащей этой максимальной клике и не лежащей в других максимальных кликах.

Пусть K_1, \dots, K_r – такая совокупность максимальных клик графа G , что каждое ребро графа принадлежит одной из этих клик (также в этом случае будем говорить, что объединение указанных клик дает весь граф). Обозначим $R = \{1, 2, \dots, r\}$. Пусть I – подмножество R . Обозначим n_I – количество вершин, лежащих в каждой из максимальных клик K_i для $i \in I$ и не принадлежащих максимальным кликам с номерами из $R \setminus I$. Доказывается (утверждение 3), что набор n_I ,

задаваемый упрощенным МНГ графом с r максимальными кликами, обязан являться решением некоторой системы линейных неравенств (МНГ-системы), задаваемой значением r .

Кроме того, получены верхние оценки порядков и числа (утверждение 4 и следствие к нему) упрощенных МНГ графов, которые могут быть представлены в виде объединения r своих максимальных клик; в частности, получаем, что число таких графов конечно.

1. Упрощенные МНГ графы

Собственной вершиной максимальной клики K графа G назовем вершину, принадлежащую клике K и не принадлежащую другим максимальным кликам графа G .

Утверждение 1. Пусть K – максимальная клика графа G , имеющая собственную вершину. Добавим в граф G вершину a и ребра, соединяющие вершину a и каждую из вершин клики K . Полученный такой процедурой граф H является МНГ графом тогда и только тогда, когда G – МНГ граф.

Введем определение: граф, в котором каждая максимальная клика содержит не более одной собственной вершины, назовем *упрощенным графом*. Из утверждения 1 следует, что любой МНГ граф может быть получен последовательным добавлением собственных вершин в максимальные клики некоторого упрощенного МНГ графа. То есть множество всех МНГ графов разбивается на непересекающиеся семейства, каждое из которых задается упрощенным МНГ графом. Переход от изучения всех МНГ графов к изучению упрощенных МНГ графов имеет принципиальное значение: например, далее показано, что количество упрощенных МНГ графов с фиксированным числом максимальных клик конечно и получена оценка их числа.

2. Построение МНГ-системы

Пусть K_1, \dots, K_r – совокупность таких максимальных клик графа G , что каждое ребро графа принадлежит одной из этих

клик. В частности, в качестве K_1, \dots, K_r можно взять совокупность всех максимальных клик графа G . Обозначим $R = \{1, 2, \dots, r\}$. Пусть I – подмножество R . Определим подмножество M_I множества вершин графа G следующим образом:

$$M_I = \left(\bigcap_{i \in I} K_i \right) \setminus \left(\bigcup_{j \in R \setminus I} K_j \right).$$

Очевидно, что множества M_I и M_J не пересекаются при различных I и J , $\bigcup_{I \subseteq R} M_I$ черпывает все множество вершин графа G и $M_\emptyset = \emptyset$. Далее нам понадобится следующая лемма.

Лемма 1. Пусть I – произвольное подмножество в R . Тогда любая вершина a из множества M_I смежна со всеми вершинами максимальных клик K_i , $i \in I$, отличными от a , и только с ними.

Обозначим $n_I = |M_I|$, где I – произвольное подмножество в R . Для МНГ графов множества M_I , $I \subseteq R$ содержат относительно небольшое число элементов, а именно справедлива следующая теорема.

Теорема 1. Пусть G – МНГ граф. Тогда, если $I_1 \subseteq I_2 \subseteq \dots \subseteq I_t \subseteq R$ – цепочка вложенных различных подмножеств R , причем $|I_1| \geq 2$, то

$$\sum_{i=1}^t n_{I_i} \leq |I_t| - 1.$$

Доказательство

Пусть $\bigcup_{i=1}^t M_{I_i} = \{a_1, \dots, a_r\}$ и $I_i = \{i_1, \dots, i_s\}$.

Поскольку множества M_I и M_J не пересекаются при $I \neq J$, то

$$\sum_{i=1}^t n_{I_i} = \sum_{i=1}^t |M_{I_i}| = \left| \bigcup_{i=1}^t M_{I_i} \right| = r \text{ и, следовательно,}$$

для доказательства теоремы достаточно показать, что $r < s$. Во множестве I_1 найдется пара различных номеров p и q , поскольку по условию теоремы $|I_1| \geq 2$. Пусть далее h_p – вершина из максимальной клики K_p и h_q – вершина из максимальной клики K_q , причем h_p несмежна с h_q (такие вершины найдутся, поскольку клика K_p не совпадает с кликой K_q). Из несмежности вершин h_p и h_q следуют два вывода:

1) ни одна из вершин h_p и h_q не лежит во множестве $\{a_1, \dots, a_r\}$, поскольку по предыдущей лемме каждая из a_j смежна со всеми вершинами клики K_p и K_q ;

2) в G вершины h_p и h_q соединены гамильтоновой цепью – простой цепью, проходящей по всем остальным вершинам графа, поскольку G – МНГ граф.

Гамильтонова цепь из h_p в h_q не содержит отрезков $a_i a_j$, то есть не может иметь вид $h_p \bar{t}_1 a_i a_j \bar{t}_2 h_q$, поскольку иначе в графе G найдется гамильтонов цикл $h_p \bar{t}_1 a_i h_q \bar{t}_2^{-1} a_j$, что противоречит негамильтоновости графа G .

Таким образом, гамильтонова цепь, соединяющая h_p и h_q , обязана иметь вид $h_p \bar{t}_1 a_{j_1} \bar{t}_2 a_{j_2} \bar{t}_3 \dots \bar{t}_r a_{j_r} \bar{t}_{r+1} h_q$, причем цепи \bar{t}_i , $i = 2, r$ содержат хотя бы по одной вершине. Без ограничения общности считаем, что $j_l = l$, $l = \overline{1, r}$. Тогда гамильтонова цепь из h_p в h_q примет вид $h_p \bar{t}_1 a_1 \bar{t}_2 a_2 \bar{t}_3 \dots \bar{t}_r a_r \bar{t}_{r+1} h_q$.

Обозначим для $i = \overline{2, r}$ через b_i последнюю вершину в цепи \bar{t}_i . Кроме того, обозначим b_1 – последнюю вершину в цепи \bar{t}_1 , если эта цепь не пуста, и b_1 совпадает с h_p , если цепь \bar{t}_1 пуста.

В этих обозначениях гамильтонова цепь выглядит следующим образом: $h_p \bar{t}_1 b_1 a_1 \bar{t}_2 b_2 a_2 \bar{t}_3 \dots \bar{t}_r b_r a_r \bar{t}_{r+1} h_q$, причем цепи \bar{t}_i , $i = \overline{1, r+1}$ могут быть пустыми.

По лемме 1 получаем: $\{b_1, \dots, b_r\} \subseteq K_{i_1} \cup \dots \cup K_{i_s}$. Предположим, что найдется такое $i \in \overline{1, r}$, что b_i принадлежит клике K_q . Тогда в G существует гамильтонов цикл

$$h_p \bar{t}_1 b_1 a_1 \bar{t}_2 \dots \bar{t}_i b_i h_q \bar{t}_{r+1}^{-1} a_r b_r \bar{t}_r^{-1} \dots \bar{t}_{i+1}^{-1} a_i,$$

что противоречит негамильтоновости графа G . Следовательно, никакая из вершин b_1, \dots, b_r не лежит в клике K_q .

Теперь предположим, что $r \geq s$. Тогда, поскольку все вершины b_1, \dots, b_r лежат в кликах K_{i_1}, \dots, K_{i_s} и никакая из этих вершин не лежит в клике K_q , которая является одной из клик K_{i_1}, \dots, K_{i_s} , то найдется пара вершин

b_i и b_j , лежащая в одной клике. Следовательно, b_i и b_j соединены ребром в графе G . Кроме того, $a_i \in M_I$ и $a_j \in M_J$, где $I, J \in \{I_1, \dots, I_t\}$. Поскольку $I_1 \subset I_2 \subset \dots \subset I_t$, то либо $I \subseteq J$, либо $J \subseteq I$. Также выполняется одно из двух неравенств: $i < j$ или $j < i$.

Проведем доказательство для случая, когда $i < j$ и $J \subseteq I$; в остальных случаях доказательство проводится аналогично. По лемме 1 получаем, что если некоторая вершина c , отличная от a_i , смежна с a_j , то она смежна и с вершиной a_i . Следовательно, и первая вершина в цепи $\overline{t_{i+1}}$, и первая вершина в цепи $\overline{t_{j+1}}$ смежны с a_i . Но тогда возможно указать гамильтонов цикл в графе G :

$$h_p \overline{t_1} b_1 a_1 \overline{t_2} \dots \overline{t_i} b_i a_j \overline{t_j} a_{j-1} \overline{t_{j-1}} b_{j-1} \overline{t_{j-1}} \dots \overline{t_{i+1}} a_i \overline{t_{i+1}} b_{i+1} a_{i+0} \overline{t_{i+2}} \dots \overline{t_{r+1}} h_q a_j,$$

что противоречит определению МНГ графа. Таким образом, неравенство $r \geq s$ приводит к противоречию.

Теорема 1 доказана.

Приведем в виде следствия один частный случай.

Следствие. Если G – МНГ граф, то для любого $I \subseteq R$, такого, что $|I| \geq 2$, выполнено неравенство $n_I \leq |I| - 1$.

Согласно доказанной теореме для МНГ графа значения n_I ограничены сверху при $|I| \geq 2$. Очевидно также, что $n_\emptyset = 0$. Но остается вопрос об ограничении сверху величины $n_{\{i\}} = |M_{\{i\}}|$, $i \in \overline{1, r}$. Легко видеть, что во множество $M_{\{i\}} = K_i \setminus \bigcup_{j \neq i} K_j$ входят только

собственные вершины максимальной клики K_i , то есть те вершины, которые принадлежат клике K_i и не принадлежат другим максимальным кликам из набора K_1, \dots, K_r . В предыдущем параграфе показано, что изучение МНГ графов можно свести к изучению упрощенных МНГ графов. Но для упрощенных графов по определению все $n_{\{i\}} \leq 1$, $i \in \overline{1, r}$. Таким образом, набор n_I , $I \subseteq R$, $I \neq \emptyset$, задаваемый упрощенным МНГ графом, обязан удовлетворять системе линейных неравенств (СЛН), состоящей из трех подсистем:

$$\{x_I \geq 0, I \subseteq R, I \neq \emptyset; \quad (1)$$

$$\left\{ \sum_{i=1}^t x_{I_i} \leq |I_t| - 1, I_1 \subseteq I_2 \subseteq \dots; \right. \\ \left. \dots \subseteq I_t \subseteq R, |I_1| \geq 2, t \in \overline{1, r-1}; \quad (2)$$

$$\{x_{\{i\}} \leq 1, i \in \overline{1, r}. \quad (3)$$

Множеством неизвестных этой системы являются $\{x_I : I \subseteq R, I \neq \emptyset\}$. Упростим указанную систему неравенств, перейдя к эквивалентной.

Утверждение 2. Если в СЛН, задаваемой неравенствами (1) и (2), из неравенств (2) оставить только неравенства

$$\left\{ \sum_{i=1}^t x_{I_i} \leq t, I_1 \subseteq I_2 \subseteq \dots; \right. \\ \left. \dots \subseteq I_t \subseteq R, |I_i| = i + 1, \right. \\ \left. i = \overline{1, t}, t \in \overline{1, r-1} \quad (4)$$

то получим СЛН, эквивалентную исходной.

Таким образом, СЛН, составленная из неравенств (1), (2), (3), эквивалентна своей подсистеме, состоящей из неравенств (1), (4), (3). Далее эту подсистему станем называть МНГ-системой. Из вышесказанного следует утверждение.

Утверждение 3. Пусть граф G – упрощенный МНГ граф с r максимальными кликами, объединение которых дает граф G . Набор n_I , $I \subseteq R$, $I \neq \emptyset$, задаваемый графом G , является целочисленным решением МНГ-системы, однозначно определяемой значением натурального $r > 1$.

3. Оценка порядков и числа упрощенных МНГ графов

Пусть G – упрощенный МНГ граф с r максимальными кликами, объединение которых дает граф G . Напомним, что порядок графа G равен $\sum_{I \subseteq R, I \neq \emptyset} n_I$. Рассмотрим линейную функцию от переменных x_I , $I \subseteq R$, $I \neq \emptyset$:

$$\sum_{I \subseteq R, I \neq \emptyset} x_I.$$

Пусть максимум этой линейной функции, ограниченной на множестве всех решений МНГ-системы, равен $C(r)$. Тогда порядок графа G не превышает $C(r)$. Обо-

значим через $P(r)$ максимум порядков упрощенных МНГ графов, имеющих ровно r максимальных клик. Ясно, что при любом натуральном $r > 1$, $P(r) \leq C(r)$.

Далее вычислим точное значение величины $C(r)$.

Утверждение 4. Для любого натурального $r > 1$ верно равенство

$$C(r) = 2^{r-1} + \frac{r-3}{2} \cdot C_r^{\lfloor \frac{r}{2} \rfloor} + r.$$

Доказательство. При фиксированном r множество неизвестных МНГ-системы – это множество $\{x_I : I \subseteq R, I \neq \emptyset\}$. Количество неизвестных равно $(2^r - 1)$. Отметим, что неизвестные, участвующие в неравенствах (2), и неизвестные, участвующие в неравенствах (3), образуют непересекающиеся множества. Поэтому МНГ-систему можно разделить на две независимые СЛН:

$$\begin{cases} x_{\{i\}} \geq 0, i \in \overline{1, r} \\ x_{\{i\}} \leq 1, i \in \overline{1, r}; \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} x_I \geq 0, I \subseteq R, |I| \geq 2 \\ \sum_{j=1}^{k-1} x_{\{i_1, \dots, i_{j+1}\}} \leq k-1, (i_1, \dots, i_k) \in D_k, k \in \overline{2, r}. \end{cases} \quad (6)$$

Пусть линейная функция $\sum_{i=1}^r x_{\{i\}}$

имеет максимум $C_1(r)$ на множестве всех решений СЛН (5); линейная функция

$\sum_{I \subseteq R, |I| \geq 2} x_I$ имеет максимум $C_2(r)$ на множестве

решений системы (6). Легко видеть, что $C(r) = C_1(r) + C_2(r)$. Кроме того, очевидно, что $C_1(r) = r$.

Остается доказать, что

$$C_2(r) = 2^{r-1} + \frac{r-3}{2} \cdot \left(C_r^{\lfloor \frac{r}{2} \rfloor} \right).$$

Обозначим $A = \{I \subseteq R : |I| \geq 2\}$. Пусть $\tilde{y} = \{y_I, I \in A\}$ – произвольное целочисленное решение системы (6). Докажем, что тогда существует решение $\tilde{y}^{(1)} = \{y_I^{(1)}, I \in A\}$, такое, что при всех $I \in A: 2 \leq |I| \leq \lfloor \frac{r}{2} \rfloor - 1$

$$y_I^{(1)} = 0, \text{ при } I \in A: \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor + 2 \leq |I| \leq r \quad y_I^{(1)} = y_I,$$

и, кроме того, целевая функция для решения $\tilde{y}^{(1)}$ не меньше, чем для \tilde{y} : $\sum_{I \in A} y_I \leq \sum_{I \in A} y_I^{(1)}$.

Пусть само решение \tilde{y} не годится в качестве $\tilde{y}^{(1)}$ – это означает, что существует i_0 ,

$$2 \leq i_0 \leq \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor - 1, \text{ которое равно минимально-}$$

му номеру из таких номеров i , что $\max \{y_I : |I| = i\} > 0$. Далее обозначим $\max \{y_I : |I| = i_0\} = y_0 > 0$;

$$X = \{I \in A : |I| = i_0, y_I = y_0\};$$

$$Y = \{J \in A : |J| = i_0 + 1, \exists I \in X, \text{ такое, что } I \subset J\}.$$

Положим:

$$y'_I = \begin{cases} y_I - 1, \text{ если } I \in X \\ y_I + 1, \text{ если } I \in Y \\ y_I, \text{ если } I \in A \setminus (X \cup Y). \end{cases}$$

Очевидно, что $\tilde{y}' = \{y'_I : I \in A\}$ – новое решение (6). По принципу Дирихле $|Y| \geq |X|$,

поэтому целевая функция для нового решения не уменьшится: $\sum_{I \in A} y_I \leq \sum_{I \in A} y'_I$. Теперь,

если решение \tilde{y}' не годится в качестве $\tilde{y}^{(1)}$, то применим к \tilde{y}' те же самые рассуждения и получим решение \tilde{y}'' . За конечное число таких шагов, не уменьшая целевой функции, получим искомого решение $\tilde{y}^{(1)}$.

Совершенно аналогично от решения $\tilde{y}^{(1)}$ можно перейти к решению $\tilde{y}^{(2)}$, в котором при

$$\text{всех } I \in A: 2 \leq |I| \leq \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor - 1 \quad y_I^{(2)} = 0, \text{ при } I \in A:$$

$$\left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor + 1 \leq |I| \leq r \quad y_I^{(1)} = 1, \text{ и целевая функция для}$$

решения $\tilde{y}^{(2)}$ не меньше, чем для $\tilde{y}^{(1)}$. Для этого

рассматривается $i_0: \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor + 1 \leq i_0 \leq r$ – максимальный номер такой, что $\max \{y_I^{(1)} : |I| = i_0\} = y_0 > 1$,

$$X = \{I \in A : |I| = i_0, y_I = y_0\} \text{ и}$$

$$Y = \{J \in A : |J| = i_0 - 1, \exists I \in X, \text{ такое, что } I \supset J\}$$

Наконец от решения $\tilde{y}^{(2)}$ можно перейти к решению $\tilde{y}^{(3)}$:

$$y_I^{(3)} = \begin{cases} 0, & \text{если } 2 \leq |I| \leq \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor \\ \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor - 1, & \text{если } |I| = \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor \\ 1, & \text{если } \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor + 1 \leq |I| \leq r \end{cases} .$$

Мы исходили из произвольного решения \tilde{y} и, поскольку на всех изложенных этапах целевая функция не уменьшалась, то для решения $\tilde{y}^{(3)}$ целевая сумма самая большая, то есть $C_2(r) = \sum_{I \in A} y_I^{(3)}$. Остается заметить, что

$$\sum_{I \in A} y_I^{(3)} = 2^{r-1} + \frac{r-3}{2} \cdot \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor .$$

Утверждение 4 доказано.

Более простой вид по сравнению с точным значением имеет асимптотическое соотношение для $C(r)$. При $r \rightarrow \infty$ по формуле Стирлинга имеем

$$C(r) = 2^r \cdot \sqrt{\frac{r}{2\pi}} \cdot (1 + o(1)) .$$

Полученные результаты позволяют нам оценить сверху число $D(r)$ упрощенных МНГ графов, которые могут быть представлены в виде объединения r своих максимальных клик.

Следствие. Для любого натурального $r > 1$ верно неравенство

$$D(r) \leq \binom{C(r) + 2^r - 1}{C(r)} ,$$

в частности, при $r \rightarrow \infty$

$$\log_2(D(r)) \leq C(r) \cdot (1 + o(1)) . \quad (7)$$

В заключение отметим, что для любого натурального $r > 1$ существует упрощенный МНГ граф, представляемый в виде объединения r своих максимальных клик, и не представляемый в виде объединения меньшего, чем r , числа максимальных клик. Этот граф можно задать через значения n_I , $I \subseteq R$, $R = \{1, \dots, r\}$: $n_R = r - 1$; $n_I = 0$ при $2 \leq |I| \leq r - 1$; $n_{\{i\}} = 1$ для всех $i \in \{1, \dots, r\}$.

Литература

1. Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И., Тышкевич Р.И. Лекции по теории графов. – М.:Наука, 1990.
2. Харари Ф. Теория графов: Монография – М.:Мир, 1973. – С. 86–87.
3. Bondy J.A. Variations on the Hamiltonian theme. Canad. Math. Bull. 14 (1972), № 1, 57–62.
4. Ролдугин П.В. Максимально негамильтоновы графы. В сб.: Третий Всероссийский симпозиум по прикладной и промышленной математике. Тезисы докладов. – М.: ТВП, 2002. – С. 238–239.

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ И ПРИМЕНЕНИИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОГОВЫХ ФУНКЦИЙ

В.Б. НЕТЫКШО, *сотрудник организации «ТВП», Москва*

В статье рассматривается метод восстановления неизвестной пороговой функции, а также изучается геометрический подход к оценке апостериорных вероятностей значений входных переменных и весов произвольных пороговых и одного более общего класса булевых функций.

Возможность задания пороговых функций и порождаемых ими систем уравнений [4] с помощью линейных неравенств позволяет привлечь для анализа и решения

таких систем математический аппарат действительных линейных соотношений. Значительное число работ, посвященных данной проблематике, направлено на использование этого аппарата в строго детерминированных целях, например, для проверки совместности и поиска решений систем уравнений, разработки алгоритмов настройки нейросетей [3], описываемых с помощью линейных неравенств и т. д. Вместе с тем, аддитивный характер вхождения перемен-

ных в линейную форму, задающую пороговое ограничение, дает возможность сравнительно легко и естественно установить зависимость между вероятностями появления знаков на входе и на выходе пороговой функции. Такой подход позволяет переоценить вероятности значений переменных, поступающих на вход пороговой функции на наблюдаемых выходных значениях. Эта идея может быть положена в основу построения методов решения различных прикладных задач, в том числе и традиционных, относящихся к алгоритмически сложным.

В данной статье рассмотрены задачи двух важнейших классов. Первая – задача распознавания, ориентированная на определение параметров пороговой функции с помощью вероятностно-статистического переоценки. Вторая имеет целью выделение статистическими методами наиболее вероятных решений системы линейных неравенств.

Методика решения этих двух задач имеет общее логическое ядро и базируется на возможности с помощью линейных пороговых соотношений установить связь между вероятностями появления знаков на входе и на выходе пороговой функции.

При анализе систем линейных неравенств с помощью вероятностно-статистических методов оказалось возможным получить дополнительную информацию о значениях переменных по одному неравенству или подсистеме неравенств. Эта задача решена для двух классов пороговых функций. В §1 приводятся основные определения, условия и утверждения без доказательства. В §2 решается задача восстановления неизвестной пороговой функции, а именно, по входной и выходной последовательностям строится пороговая функция, стремящаяся по вероятности к исходной. В §3 разработан принципиально иной метод оценки вероятностей на основе геометрического подхода, в результате чего появляется возможность переноса меры из действительной области в булеву не только для любой пороговой функции, но и для произвольной

двоичной функции с ограниченным числом неравенств в ее псевдобулевом задании.

§1. Постановка задачи, результаты

Рассмотрим систему линейных псевдобулевых неравенств

$$\{L(\bar{x}^{(j)}) \delta_j, c, \quad j = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где $L(\bar{x}^{(j)}) = \sum_{i=1}^n a_i x_i$ – действительная линейная форма; $\bar{x}^{(j)}$ – n двоичных переменных; δ_j – знак « \geq » или « \leq »; c – константа. В §1 и §2 будут изучаться линейные формы с некоторыми ограничениями.

Определение. Двоичная функция от n переменных $f: \{0,1\}^n \rightarrow \{0,1\}$, со свойством $f(\bar{x})=1 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n a_i x_i \geq c$ называется пороговой функцией.

Пусть $n \rightarrow \infty, c = \frac{a_1 + \dots + a_n}{2}$; без ог-

раничения общности считаем, что $|a_1| \geq |a_2| \geq \dots \geq |a_n|$; последовательность двоичных переменных удовлетворяет некоторому линейному рекуррентному закону над полем GF [2]: $x_m = a_{m-1} x_{m-1} \oplus \dots \oplus a_{m-n} x_{m-n}$; $m = \overline{n+1, T}$, то есть является линейной рекуррентной последовательностью (ЛРП). Такие системы являются системами рекуррентного типа [6].

Будем предполагать, что двоичные переменные $x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}$ являются независимыми равномерно распределенными на множестве $\{0,1\}$ случайными величинами. Для упрощения модели переменные функции f во всех неравенствах системы также рассматриваем как независимые равномерно распределенные на множестве $\{0,1\}$ случайные величины. Семейство вероятностных мер на выходе функции определяется стандартным образом. При таких условиях система (1) превращается в случайную систему.

Поставим задачу получения дополнительной информации о первых n переменных $x_1^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}$.

Очевидно, что разности между номерами переменных, входящих в произвольное фиксированное неравенство, влияют на подсчет апостериорных вероятностей. Пусть $A_s = [l_1, \dots, l_{\binom{T-1}{s}}]$, $s = \overline{1, N}$ – набор таких разностей между любыми двумя переменными, а запись $K_s : [1^{k_1}, \dots, (T-1)^{k_{N-1}}]$, $s = \overline{1, N}$, означает, что в A_s содержится k_j чисел, равных j , $j = \overline{1, T-1}$, $0 \leq k_j \leq n-1$.

Определение. Число k_j назовем кратностью расстояния j ; число $k = \max_{1 \leq j \leq N-1} k_j$ назовем максимальной кратностью.

Определение. Будем говорить о появлении в системе биграммы $(1*1) = (1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{l-1}, 1)$, где $\varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{l-1}, 1 \in \{0, 1\}$ с расстоянием l , если ей принадлежат два неравенства: $a_1 x_1 + \dots + a_i x_i + \dots + a_n x_n \geq c$ и $a_1 y_1 + \dots + a_{i+l} x_i + \dots + a_n y_n \geq c$ с общей переменной x_i с коэффициентами a_i и a_{i+l} соответственно. Аналогично определяются другие биграммы, а также мультиграммы большей длины – индуктивно.

Введем в рассмотрение два класса пороговых функций

Определение. Пороговую функцию f назовем пороговой функцией 1-го типа, если для нее найдется коэффициент a_i , такой, что a_i есть величина, не меньшая по порядку,

$$\text{чем } \sqrt{\sum_{s=i+1}^n a_s^2}, \text{ и при этом } a_{i+1} = o\left(\sqrt{\sum_{s=i+1}^n a_s^2}\right);$$

пороговую функцию f назовем пороговой функцией 2-го типа, если все пороговые коэффициенты удовлетворяют условию: $a_i = o(B_n^{(i)})$ при $n \rightarrow \infty$. Условия которым удовлетворяют функции 1-го и 2-го типов, назовем условиями (*) и(**) соответственно.

Определение. Вероятность

$$P\left(\left\{x^{(j)} = \varepsilon\right\} / (i_1, \dots, i_\nu)\right) = P\left(\left\{x^{(j)} = \varepsilon\right\} / \left\{f_j = i_1, f_{j+s_1} = i_2, \dots, f_{j+s_1+s_2+\dots+s_{\nu-1}} = i_\nu\right\}\right) =$$

$$= \frac{P\left(\left\{x^{(j)} = \varepsilon\right\} \cap \left\{f_j = i_1, f_{j+s_1} = i_2, \dots, f_{j+s_1+s_2+\dots+s_{\nu-1}} = i_\nu\right\}\right)}{P\left(\left\{f_j = i_1, f_{j+s_1} = i_2, \dots, f_{j+s_1+s_2+\dots+s_{\nu-1}} = i_\nu\right\}\right)}$$

называется вероятностью переоценки входного значения $x^{(j)}$ по ν -грамме (i_1, \dots, i_ν) (по подсистеме из ν неравенств с номерами i_1, \dots, i_ν), или апостериорной вероятностью $x^{(j)}$.

Утверждение 1. Для пороговой функции 1-го типа выполняются неравенства при $n \rightarrow \infty$:

$$P\left(x_1 = 1 / f(\bar{x}) = 1\right) \geq A_0 > \frac{1}{2}$$

$$\text{и } P\left(x_1 = 0 / f(\bar{x}) = 0\right) \geq A_0 > \frac{1}{2}, \text{ если } a_1 > 0;$$

$$P\left(x_1 = 1 / f(\bar{x}) = 0\right) \geq A_0 > \frac{1}{2}$$

$$\text{и } P\left(x_1 = 0 / f(\bar{x}) = 1\right) \geq A_0 > \frac{1}{2}, \text{ если } a_1 < 0,$$

где $A_0 = \text{const}$.

Утверждение 2. Если f – пороговая функция 2-го типа, то верны формулы:

$$p = P\left(x_i = 1 / f(\bar{x}) = 1\right) = P\left(x_i = 0 / f(\bar{x}) = 0\right) = \Phi\left(\frac{a_i}{2B_n^{(i)}}\right) \left(1 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right),$$

причем

$$p = \Phi\left(\frac{a_i}{2B_n^{(i)}}\right) \left(1 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{a_i}{B_n^{(i)} \sqrt{2\pi}} + o\left(\frac{a_i}{B_n^{(i)}}\right)\right) \leq \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2a_i}{|a_n| \sqrt{2\pi n}} + o\left(\frac{a_i}{|a_n| \sqrt{n}}\right)\right),$$

$$\text{где } B_n^{(i)} = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{s=i}^n a_s^2}.$$

Утверждение 3. Для пороговой функции 2-го типа при $k=1$ с вероятностью, не меньшей числа β , $0 < \beta < \frac{1}{2}$ в системе (1) найдется подсистема, вероятность пе-

реоценки по которой не меньше фиксированной величины α , $\frac{1}{2} < \alpha < 1$.

Пример. Рассматривается система, состоящая из n линейных псевдобулевых неравенств с известной одинаковой линейной формой от 10 переменных в каждом. Определить вероятности переоценок значений переменных по одному произвольному

неравенству. (Иначе, по значению известной пороговой функции переоценить вероятности входов). Пороговая функция от 10 переменных имеет вид

$$f(x_1, \dots, x_{10}) = 1 \Leftrightarrow 6x_1 + 5x_2 + 4,5x_3 + 4x_4 + 3x_5 + 2,5x_6 + 2,4x_7 + 2x_8 + 2x_9 + 1,9x_{10} \geq 16,65.$$

Воспользовавшись утверждением 2, получим следующие оценки вероятностей:

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оценка $p\left\{\frac{x_i = 1}{f = 1}\right\}$	0,732	0,687	0,666	0,646	0,607	0,589	0,585	0,571	0,571	0,567
$p\left\{\frac{x_i = 1}{f = 1}\right\}$	0,732	0,674	0,658	0,635	0,596	0,584	0,584	0,568	0,568	0,568

§2. О восстановлении пороговой функции

Одной из важнейших прикладных задач математики является восстановление неизвестной булевой функции. Существуют различные формы задания булевой функции с помощью некоторого набора коэффициентов. Это могут быть, например, коэффициенты многочлена Жегалкина, ДНФ, значения функции на всех двоичных векторах при ее табличном задании, весовые – при рассмотрении псевдобулевого задания. Под восстановлением пороговой функции будем понимать нахождение весовых коэффициентов в соответствующем ей действительном неравенстве.

Очевидно, что для того, чтобы полностью и точно восстановить произвольную булеву функцию, необходимо наличие по меньшей мере 2^n знаков выходной последовательности и соответствующих им входных векторов. Тем не менее, в некоторых случаях задачу можно решить при наличии меньшего количества входов и выходов, пожертвовав при этом точностью восстановления. Так, справедливо следующее общее положение: поскольку восстановить неизвестную пороговую функцию означает решить систему линейных неравенств, в которой переменными являются искомые весовые коэффициенты, следовательно, с помощью любого из известных полиномиальных алгоритмов решения систем линейных неравенств функция

будет найдена. Однако реализация таких алгоритмов на практике при большом числе переменных сама по себе является трудоемкой задачей. В этом параграфе, используя полученные ранее оценки апостериорных вероятностей, будет построен алгоритм, позволяющий на длине $O(n)$ выходных значений задать пороговую функцию, стремящуюся к исходной по вероятности. Этот факт, иными словами, означает, что системы действительных линейных неравенств вида

$$\left\{ \sum_{s=1}^n a_s^{(i)} x_s \geq c, a_s^{(i)} \in \{0,1\}, x_s, c \in R, \right.$$

$$i = \overline{1, \Gamma}, s = \overline{1, n},$$

$x_s, s = \overline{1, n}$, удовлетворяют условию (*) или (**), достаточно точно и быстро разрешимы.

В предыдущем параграфе были изложены результаты для вероятностей переоценок значений переменных, поступающих на входы пороговой функции, по подсистемам. Выведенные формулы позволяют сделать вывод, что имеется возможность построения оценки неизвестных весовых коэффициентов порогового соотношения с помощью соответствующих апостериорных вероятностей по известным входной и выходной последовательностям.

Пусть для функции f имеет место

$$f(\bar{x}) = 1 \Leftrightarrow \sum_{s=1}^n a_s x_s \geq c. \quad (2)$$

Если левую и правую части неравенства умножить на произвольное положительное действительное число, то равносильность останется справедливой, иными словами, неравенство $\sum_{s=1}^n ka_s x_s \geq kc$ разбивает пространство n -мерных двоичных векторов на такие же непересекающиеся подмножества, что и неравенство (2), то есть для любого $r \geq 0$ выполняется условие

$$f(\bar{x}) = 1 \Leftrightarrow \sum_{s=1}^n ra_s x_s \geq rc.$$

Пусть $c = \sum_{s=1}^n \frac{a_s}{2}$, a_i , $i = \overline{1, n}$, – неизвестные весовые коэффициенты, $r^{-1} = 2B_n = \sqrt{\sum_{s=1}^n a_s^2}$, тогда исходная функция f может быть задана в виде

$$f(\bar{x}) = 1 \Leftrightarrow \sum_{s=1}^n \frac{a_s}{2B_n} x_s \geq \frac{c}{2B_n}.$$

Алгоритм решения задачи следующий:

– по входной и выходной последовательностям оцениваются вероятности $p\left(x_i = 1 / f(\bar{x}) = 1\right)$, $i = \overline{1, n}$, (а также вероятности $p\left(x_i = 0 / f(\bar{x}) = 1\right)$, $p\left(x_i = 1 / f(\bar{x}) = 0\right)$, $p\left(x_i = 0 / f(\bar{x}) = 0\right)$) – обозначим их через \tilde{p}_1 , \tilde{p}_2 , \tilde{p}_3 и \tilde{p}_4 соответственно;

– для апостериорной вероятности справедливо

$$p\left(x_i = 1 / f(\bar{x}) = 1\right) = \Phi\left(\frac{a_i}{2B_n^{(i)}}\right) \left(1 + o(1)\right)$$

при $n \rightarrow \infty$, отсюда вычисляются значения аргументов функции стандартного нормального распределения и их оценок:

$$p\{\{f = 1\} \& \{f_1 = 0\}\} = p\left\{\left\{\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n} x_i \geq \frac{c}{2B_n}\right\} \& \left\{\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n} x_i + \sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{16B_n^3} x_i + \sum_{i=1}^n o\left(\frac{a_i^3}{B_n^3} x_i\right) < \frac{c}{4B_n} + \sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{32B_n^3} + o\left(\sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{B_n^3}\right)\right\}\right\} \leq$$

$$\frac{a_i}{2B_n^{(i)}} = \Phi^{-1}\left(p\left(x_i = 1 / f(\bar{x}) = 1\right)\right) \left(1 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right),$$

$$v_L\left(\frac{a_i}{2B_n^{(i)}}\right) = \Phi^{-1}(\tilde{p}_1) \left(1 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right),$$

$$v_L\left(\frac{a_i}{4B_n^{(i)}}\right) = \frac{1}{2} \Phi^{-1}(\tilde{p}_1) \left(1 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right).$$

Введем в рассмотрение две новые пороговые функции f_1 и \tilde{f}_L :

$$f_1(\bar{x}) = 1 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n^{(i)}} x_i \geq \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{4B_n^{(i)}} \text{ и}$$

$$\tilde{f}_L(\bar{x}) = 1 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n v_L\left(\frac{a_i}{2B_n^{(i)}}\right) x_i \geq \sum_{i=1}^n v_L\left(\frac{a_i}{4B_n^{(i)}}\right),$$

где $v_L\left(\frac{a_i}{2B_n^{(i)}}\right)$ и $v_L\left(\frac{a_i}{4B_n^{(i)}}\right)$, $i = \overline{1, n}$, – оценки, полученные в результате применения алгоритма.

Утверждение 4. Пусть $a_i = \text{const}$. Тогда выполняются следующие соотношения:

$$f_1 \xrightarrow{p} f \text{ при } n \rightarrow \infty,$$

$$\tilde{f}_L \xrightarrow{p} f_1 \text{ при } n, L \rightarrow \infty,$$

$$\tilde{f}_L \xrightarrow{p} f \text{ при } n, L \rightarrow \infty.$$

(Все сходимости означают сходимости по вероятности).

Доказательство. Рассмотрим псевдобулево ограничение

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n^{(i)}} x_i \geq \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{4B_n^{(i)}} &\Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n} \frac{B_n}{B_n^{(i)}} x_i \geq \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{4B_n} \frac{B_n}{B_n^{(i)}} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n} \frac{\sqrt{B_n^2}}{\sqrt{B_n^2 - a_i^2}} x_i \geq \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{4B_n} \frac{\sqrt{B_n^2}}{\sqrt{B_n^2 - a_i^2}} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n} \left(1 + \frac{a_i^2}{B_n^2} + o\left(\frac{a_i^2}{B_n^2}\right)\right) \geq \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{4B_n} \left(1 + \frac{a_i^2}{B_n^2} + o\left(\frac{a_i^2}{B_n^2}\right)\right) \end{aligned}$$

при $n \rightarrow \infty$.

Тогда для равновероятной функции f справедлива следующая оценка при $\varepsilon > 0$:

$$p\{\{f = 1\} \& \{f_1 = 0\}\} =$$

$$p\left\{\left\{\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n} x_i \geq \frac{c}{2B_n}\right\} \& \left\{\sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n} x_i + \sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{16B_n^3} x_i + \sum_{i=1}^n o\left(\frac{a_i^3}{B_n^3} x_i\right) < \frac{c}{4B_n} + \sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{32B_n^3} + o\left(\sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{B_n^3}\right)\right\}\right\} \leq$$

$$\leq p \left\{ \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n} x_i \geq \frac{c}{2B_n} \right\} \& \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2B_n} x_i + \sum_{i=1}^n \frac{-|a_i|^3}{16B_n^3} (1+\varepsilon) < \frac{c}{4B_n} + \sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{32B_n^3} + o\left(\sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{B_n^3}\right) \right\} \right\} \leq$$

$$\leq \left(\Phi\left(\frac{3|a_1|^3(1+\varepsilon)}{32|a_n|^3\sqrt{n}}\right) - \Phi(0) \right) (1+o(1)) \rightarrow 0 \text{ при } n \rightarrow \infty.$$

Для неравновероятной функции верно при $\varepsilon > 0$:

$$p\{\{f = 1\} \& \{f_1 = 0\}\} \leq$$

$$\leq \left(\Phi\left(\frac{c}{2B_n} + \frac{3|a_1|^3(1+\varepsilon)}{32|a_n|^3\sqrt{n}} - \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{4B_n}\right) - \Phi\left(\frac{c}{2B_n} - \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{4B_n}\right) \right) (1+o(1)) \leq \frac{3|a_1|^3(1+\varepsilon)}{32|a_n|^3\sqrt{2\pi n}} e^{-\frac{\varepsilon^2}{2}} \leq \frac{3|a_1|^3(1+\varepsilon)}{32|a_n|^3\sqrt{2\pi n}} \rightarrow 0$$

при $n \rightarrow \infty$.

Аналогично показывается стремление к нулю вероятности $p\{\{f = 0\} \& \{f_1 = 1\}\}$ при $n \rightarrow \infty$. Следовательно, $f_1 \xrightarrow{p} f$ при $n \rightarrow \infty$.

Замечание. Покажем, насколько могут измениться пороговые коэффициенты и порог некоторой пороговой функции, чтобы новая функция стремилась по вероятности к исходной.

Пусть $f = 1 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n a_i x_i \geq c_1$, определим

новую функцию $g = 1 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n (a_i + \delta_i) x_i \geq c_2$.

Рассмотрим вероятность

$$p\{\{f = 1\} \& \{g = 0\}\} \leq$$

$$\leq p \left\{ \left\{ \sum_{i=1}^n a_i x_i \geq c_1 \right\} \& \left\{ \sum_{i=1}^n a_i x_i < c_2 + \sum_{i=1}^n |\delta_i| \right\} \right\} =$$

$$= \left(\Phi\left(\frac{c_2 + \sum_{i=1}^n |\delta_i| - \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2}}{B_n}\right) - \Phi\left(\frac{c_1 - \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2}}{B_n}\right) \right) (1+o(1))$$

при $n \rightarrow \infty$.

Отсюда следует, что достаточным условием сходимости функции g к функции f по вероятности является сходимость к нулю выражения

$$\frac{c_2 + \sum_{i=1}^n |\delta_i| - c_1}{B_n}.$$

Вернемся к доказательству теоремы.

Для оценки вероятностей $p\left\{\left\{x_i = 1\right\} \middle/ \left\{f = 1\right\}\right\}$ подсчитаем по входной и выходной последовательностям относительные частоты со-

бытий $\{\{x_i = 1\} \& \{f = 1\}\}$ и $\{\{f = 1\}\}$ и обозначим их через $\frac{V_i}{\Gamma}$, $i = \overline{1, n}$, и $\frac{F}{\Gamma}$, где v_i – количество единиц во входной, а F – количество единиц в выходной последовательностях; Γ – длина выходной последовательности. Учитывая распределение входных переменных, можно показать, что для величин $\frac{V_i}{\Gamma}$ и $\frac{F}{\Gamma}$ выполняется универсальный закон больших чисел, то есть

$\frac{V_i}{\Gamma} \xrightarrow{p-1} p\{\{x_i = 1\} \& \{f = 1\}\}$ и $\frac{F}{\Gamma} \xrightarrow{p-1} p\{f = 1\}$ при $\Gamma \rightarrow \infty$.

Тогда для равновероятной функции f 2-го типа

$$\frac{V_i}{F} \xrightarrow{p-1} p\left\{x_i = 1 \middle/ f = 1\right\} = \Phi\left(\frac{a_i}{2B_n^{(i)}}\right) \left(1 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right)$$

при $n, \Gamma \rightarrow \infty$,

$$\left(\frac{\tilde{a}_i}{2B_n^{(i)}}\right)_L \stackrel{def}{=} \Phi^{-1}\left(\frac{V_i}{F}\right) \xrightarrow{p-1} \frac{a_i}{2B_n^{(i)}} \left(1 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right)$$

в силу непрерывности Φ , то есть

$$p\left\{\left(\frac{\tilde{a}_i}{2B_n^{(i)}}\right) \text{ не сходится к } \frac{a_i}{2B_n^{(i)}}\right\} = 0.$$

Рассмотрим функцию \tilde{f}_L :

$$\tilde{f}_L(\bar{x}) = 1 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n \left(\frac{\tilde{a}_i}{2B_n^{(i)}}\right)_L x_i \geq \tilde{c},$$

где $\tilde{c} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\tilde{a}_i}{4B_n^{(i)}}\right)_L$.

Отсюда легко показать, что $\tilde{f}_L \xrightarrow{p} f_1$ при $n, L \rightarrow \infty$, а следовательно, и $\tilde{f}_L \xrightarrow{p} f$ при $n, L \rightarrow \infty$.

Пусть теперь функция f – 1-го типа. В этом случае по входной и выходной последовательностям будем оценивать вероятности

$$p\left\{x_1 = 1, x_2 = \varepsilon_2, \dots, x_i = \varepsilon_i / f = 1\right\} \text{ и}$$

$$p\left\{x_1 = 1, x_2 = \bar{\varepsilon}_2, \dots, x_i = \bar{\varepsilon}_i / f = 1\right\};$$

они равны соответственно

$$\Phi\left(\frac{a_1 + \sum_{s=2}^i (-1)^{1-\varepsilon_s} a_s}{2B_n^{(1, \dots, i)}}\right) \left(1 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right) \text{ и}$$

$$\Phi\left(\frac{a_1 + \sum_{s=2}^i (-1)^{1-\bar{\varepsilon}_s} a_s}{2B_n^{(1, \dots, i)}}\right) \left(1 + o\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right).$$

Применим Φ^{-1} и сложим, получим оценку величины $\frac{a_1}{2B_n^{(1, \dots, i)}}$. Проделаем то же самое для переменных x_s , $s = \bar{2}, i$. Для оценок величин $\frac{a_s}{2B_n^{(1, \dots, i, s)}}$ рассмотрим вероятности

$$p\left\{x_1 = \varepsilon_1, \dots, x_i = \varepsilon_i, x_s = 1 / f = 1\right\} \text{ и}$$

$$p\left\{x_1 = \bar{\varepsilon}_1, \dots, x_i = \bar{\varepsilon}_i, x_s = 1 / f = 1\right\}, \text{ или}$$

$$p\left\{x_1 = \varepsilon_1, \dots, x_i = \varepsilon_i, x_s = 1 / f = 0\right\} \text{ и}$$

$$p\left\{x_1 = \bar{\varepsilon}_1, \dots, x_i = \bar{\varepsilon}_i, x_s = 0 / f = 1\right\} \text{ и т. п.}$$

Определим функцию f_1 :

$$f_1 = 1 \Leftrightarrow \sum_{s=1}^i \frac{a_s}{2B_n^{(1, \dots, i)}} x_s + \sum_{s=i+1}^n \frac{a_s}{2B_n^{(1, \dots, i, s)}} x_s \geq \sum_{s=1}^i \frac{a_s}{4B_n^{(1, \dots, i)}} + \sum_{s=i+1}^n \frac{a_s}{4B_n^{(1, \dots, i, s)}}.$$

$$\text{Здесь } \delta_s = \frac{a_s^3}{2(B_n^{(1, \dots, i, s)})^3} + o\left(\frac{a_s^3}{2(B_n^{(1, \dots, i, s)})^3}\right),$$

$$s = i+1, n, \frac{c_2 + \sum_{i=1}^n |\delta_i| - c_1}{B_n} \rightarrow 0$$

(см. замечание), а следовательно, $f_1 \xrightarrow{p} f$ при $n \rightarrow \infty$.

Для функции

$$f_L = 1 \Leftrightarrow \sum_{s=1}^i \left(\frac{\tilde{a}_s}{2B_n^{(1, \dots, i)}}\right) x_s + \sum_{s=i+1}^n \left(\frac{\tilde{a}_s}{2B_n^{(1, \dots, i, s)}}\right) x_s \geq$$

$$\geq \sum_{s=1}^i \left(\frac{\tilde{a}_s}{4B_n^{(1, \dots, i)}}\right) + \sum_{s=i+1}^n \left(\frac{\tilde{a}_s}{4B_n^{(1, \dots, i, s)}}\right)$$

выполняется, очевидно, условие $\tilde{f}_L \xrightarrow{p} f_1$ при $n, L \rightarrow \infty$. Доказательство закончено.

Пример. Рассматривается система, состоящая из 500 линейных псевдобулевых неравенств с одинаковой линейной формой от 20 переменных в каждом. Известны все входные переменные и знаки неравенств: « \geq » или « \leq ». Определить неизвестные весовые коэффициенты. (Иначе, по пятистам входным векторам и выходным значениям восстановить неизвестную пороговую функцию). Входные последовательности сгенерированы с помощью съёмов с линейной рекуррентной последовательности большого периода, выходная последовательность получена в результате применения равновероятной пороговой функции от 20 переменных:

$$f(x_1, \dots, x_{20}) = 1 \Leftrightarrow 6,4x_1 - 5,5x_2 + 5x_3 + 4,8x_4 -$$

$$- 4,5x_5 + 4x_6 + 3,7x_7 - 3,4x_8 + 3,2x_9 + 2,9x_{10} +$$

$$+ 2,7x_{11} - 2,5x_{12} + 2,3x_{13} + 2,1x_{14} - 1,7x_{15} +$$

$$+ 1,3x_{16} + 0,9x_{17} + 0,5x_{18} - 0,3x_{19} + 0,1x_{20} \geq 11.$$

После оценки весовых коэффициентов построена равновероятная пороговая функция от 18 переменных:

$$\tilde{f}_{500}(x_1, \dots, x_{17}, x_{19}) = 1 \Leftrightarrow 0,44x_1 - 0,36x_2 + 0,35x_3 +$$

$$+ 0,2x_4 - 0,26x_5 + 0,14x_6 + 0,16x_7 - 0,18x_8 +$$

$$+ 0,22x_9 + 0,16x_{10} + 0,2x_{11} - 0,15x_{12} + 0,2x_{13} + 0,2x_{14} -$$

$$- 0,11x_{15} + 0,07x_{16} + 0,03x_{17} - 0,03x_{19} \geq 0,69.$$

Вероятность совпадения новой функции с исходной удовлетворяет равенству

$$p\{f = \tilde{f}_{500}\} \approx 0,94.$$

§3. О геометрическом подходе к оценке вероятностей

Рассмотрим еще один метод оценки вероятностей единичного (нулевого) значения произвольной пороговой функции. Пусть

$$f: f(\bar{x}) = 1 \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n a_i x_i \geq c. \quad (3)$$

Здесь никакие ограничения на a_i и n , $i = \overline{1, n}$, не накладываются, за исключением $n > 1$. Опишем около n -мерного единичного куба V , на котором задана функция f , сферу с центром в точке с координатами $\left(\underbrace{1/2, \dots, 1/2}_n\right)$ и радиусом $r = \sqrt{n}/2$, обозначим ее через S_n . Очевидно, что все вершины куба V лежат на сфере S_n . Введем в n -мерном пространстве метрику $\|a - b\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}$,

$a, b \in R^n$. Определим множества $A_i = \{x \in S_n \mid \|x - x_i\| < \|x - x_j\|, j = \overline{1, 2^n}, j \neq i\}$, где x_i – точки с координатами из множества $\{0, 1\}$, $i = \overline{1, 2^n}$, и множества $\overline{A}_i = \{x \in S_n \mid \|x - x_i\| \leq \|x - x_j\|, j = \overline{1, 2^n}, j \neq i\}$.

Выполняются следующие соотношения: $\bigcup_{i=1}^{2^n} \overline{A}_i = S_n$; $A_i \cap A_j = \emptyset$ и $|A_i| = |A_j|$ при $i \neq j$; $\sum_{i=1}^{2^n} |A_i| \xrightarrow{n \rightarrow \infty} S$, S – площадь поверхности сферы S_n ; $|A_i| - \pi(\sqrt{n})^{n-1} 2^{-n} = o(1)$ при $n \rightarrow \infty$; $\min_{i \neq j} \|x_i - x_j\| = 1$. Площадь поверхности n -мерной сферы с радиусом R равна $2^{n-1} \pi R^{n-1}$. Пороговая функция определяется, как известно, следующим образом: n -мерный единичный куб пересечен n -мерной гиперплоскостью, по одну сторону от которой все вершины куба – единичные; по другую – нулевые. Таким образом, если удастся вычислить площадь части сферы, расположенной по одну сторону от секущей ее гиперплоскости, то тем самым будет оценена

одна из вероятностей $p\{f = 1\}$ или $p\{f = 0\}$ с некоторой точностью, которая также будет указана.

Уравнение сферы S_n имеет вид $\sum_{i=1}^n \left(x_i - \frac{1}{2}\right)^2 = \frac{n}{4}$, а секущей ее плоскости $L - \sum_{i=1}^n a_i x_i = c$. Произведем несколько преобразований координат.

1-й шаг. Осуществим параллельный перенос системы координат так, чтобы центром новой системы являлась точка с координатами $\left(\underbrace{1/2, \dots, 1/2}_n\right)$ в старой системе. Тогда в новых координатах уравнение сферы S_n примет вид $\sum_{i=1}^n x_i^2 = \frac{n}{4}$, а плоскости $L -$

$\sum_{i=1}^n a_i \left(x_i + \frac{1}{2}\right) = c \Leftrightarrow \sum_{i=1}^n a_i x_i = c - \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2} = c'$; не ограничивая общности, полагаем $c' \geq 0$.

2-й шаг. Повернем систему координат в плоскости $X_1 O X_2$ на угол α_2 , косинус которого равен $\frac{a_1}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2}}$. В новой системе уравнения S_n и L будут выглядеть следующим образом:

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = \frac{n}{4} \text{ и } \frac{a_1^2 + a_2^2}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2}} x_1 + \sum_{i=3}^n a_i x_i = c'.$$

i -й шаг. Повернем систему в плоскости $X_1 O X_i$ на угол α_i , косинус которого равен $\frac{\sqrt{\sum_{s=1}^{i-1} a_s^2}}{\sqrt{\sum_{s=1}^i a_s^2}}$. Уравнения сферы примут вид $\sum_{i=1}^n x_i^2 = \frac{n}{4}$, а уравнение плоскости – $\sqrt{\sum_{s=1}^i a_s^2} x_1 + \sum_{s=i+1}^n a_s x_s = c'$.

После n -го шага окончательно получим следующие уравнения сферы и плоскости соответственно:

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = \frac{n}{4} \text{ и } \sqrt{\sum_{s=1}^n a_s^2} x_1 = c'.$$

Пересечением n -мерных сферы и гиперплоскости является $(n - 1)$ -мерная сфера M , уравнение которой в последней системе координат имеет вид $\sum_{i=2}^n x_i^2 + \frac{(c')^2}{\sum_{i=1}^n a_i^2} = \frac{n}{4}$.

Площадь поверхности M равна

$$S_{n-1} \stackrel{\text{def}}{=} 2^{n-2} \pi \left(\frac{n}{4} - \frac{(c')^2}{\sum_{i=1}^n a_i^2} \right)^{\frac{n-2}{2}}. \quad (4)$$

Любая вершина куба V , удовлетворяющая неравенству (3), является корнем уравнения

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i = t \geq c \quad (5)$$

при некотором t . Следовательно, площадь поверхностей семейства $(n - 1)$ -мерных сфер, являющихся пересечением сферы S_n и плоскостей (5) для всех $t \geq c$, деленная на площадь поверхности сферы S_n , совпадает с определенной точностью с вероятностью $p\{f = 1\}$. Найдем интеграл

$$I = \int_a^b 2^{n-2} \pi \left(\frac{n}{4} - t^2 \right)^{\frac{n-2}{2}} dt,$$

где $a = \frac{c'}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2}}$, $b = \frac{\sqrt{n}}{2}$.

Рассмотрим интеграл для четного $n = 2k$, так как для нечетного n будем решать эту задачу для подфункций исходной функции:

$$I = 2^{2k-2} \pi \sum_{i=0}^{k-1} \binom{k-1}{i} \left(\frac{2k}{4} \right)^{k-1-i} \times \frac{(-1)^i}{2i+1} \left[\left(\frac{\sqrt{2k}}{2} \right)^{2i+1} - \left(\frac{c'}{\sqrt{\sum_{s=1}^n a_s^2}} \right)^{2i+1} \right].$$

Можно показать, что нормированная площадь совпадает с искомой вероятностью с точностью до площади поверхности M , то есть верна следующая оценка при $n > 1$:

$$\left| p\{f = 1\} - \frac{I}{\pi n^{\frac{n-1}{2}}} \right| \leq \frac{\left(1 - \frac{4(c')^2}{n \sum_{i=1}^n a_i^2} \right)^{\frac{n-2}{2}}}{\sqrt{n}}.$$

Правая часть неравенства при $n \rightarrow \infty$ эквивалентна величине $\frac{b}{\sqrt{n}}$,

где $b = \exp \left\{ -2 \frac{(c')^2}{\sum_{i=1}^n a_i^2} \right\}$.

Рассмотрим задачу оценки вероятности единичного значения p следующей функции:

$$f(\bar{x}) = 1 \Leftrightarrow \begin{cases} L_1(\bar{x}) = \sum_{i=1}^n a_i x_i \geq c_1; \\ L_2(\bar{x}) = \sum_{i=1}^n b_i x_i \geq c_2. \end{cases}$$

Без ограничения общности полагаем $\sum_{i=1}^n a_i^2 = \sum_{i=1}^n b_i^2 = 1$, секущие куб V плоскости обозначим соответственно L_1 и L_2 .

Идея подсчета вероятности $p\{f(\bar{x}) = 1\}$ заключается в вычислении площади поверхности части сферы, заключенной между граничными плоскостями L_1 и L_2 . Площадь будем вычислять двумя способами, второй способ является универсальным – то есть он применим для вычисления площади части сферы, являющейся пересечением ограниченного числа гиперполупространств.

1 способ. Рассмотрим пучок плоскостей, проходящих через гиперпрямую, являющуюся пересечением плоскостей L_1 и L_2 . Общее уравнение произвольной плоскости пучка имеет вид

$$lL_1(\bar{x}) - lc_1 + mL_2(\bar{x}) - mc_2 = 0, \quad |l| + |m| \neq 0. \quad (6)$$

Будем изучать плоскости L_t , в уравнении (6) которой $l = t$; $m = 1 - t$; $0 \leq t \leq 1$. Если точка n -мерного пространства $\bar{x}_0 \in L_t$ для некоторого $t \in [0, 1]$, то

$\bar{x}_0 \in A = \{\bar{x} \in R^n | L_1(\bar{x}) \geq c_1 \text{ и } L_2(\bar{x}) \leq c_2\}$, или
 $\bar{x}_0 \in B = \{\bar{x} \in R^n | L_1(\bar{x}) \leq c_1 \text{ и } L_2(\bar{x}) \geq c_2\}$.

Обратно, если $\bar{x}_0 \in A$ или $\bar{x}_0 \in B$, то $t \in [0,1]$:

$$\bar{x}_0 \in \{\bar{x} \in R^n | tL_1(\bar{x}) + (1-t)L_2(\bar{x}) = tc_1 + (1-t)c_2\}.$$

Назовем эту равносильность условием (7). Пересечением плоскости L_t и сферы S является $(n-1)$ -мерная сфера $\Sigma_{n-1,t}$, площадь поверхности которой равна

$$S(\Sigma_{n-1,t}) = 2^{n-1} \pi r_t^{n-1},$$

$$\text{где } r_t = \sqrt{\frac{n}{4} \frac{(tc_1 + (1-t)c_2)^2}{\sum_{i=1}^n (ta_i + (1-t)b_i)^2}}.$$

Эта формула выводится в точности так же, как и формула (4). Условию (7) удовлетворяют и вершины куба V . Подсчитав площадь участка сферы S_n , расположенного «между» плоскостями L_1 и L_2 , разделив ее на площадь сферы S_n , оценим вероятность события $A \cup B$ с точностью до меры граничного слоя точек.

Для этой цели рассмотрим интеграл

$$I = \int_0^1 S(\Sigma_{n-1,t}) dt.$$

Для нечетного n подынтегральное выражение является рациональной функцией. Для четного n задачу оценки вероятности можно решить, используя понижение размерности разложением, например, по первой переменной. Вероятность $p(A \cup B)$ удовлетворяет неравенству при $n > 1$:

$$\left| p(A \cup B) - \frac{I}{\pi^{n-1/2}} \right| \leq \frac{2^{n-2} \left(\frac{n}{4} - (c'_1)^2 \right)^{\frac{n-2}{2}} + 2^{n-2} \left(\frac{n}{4} - (c'_2)^2 \right)^{\frac{n-2}{2}}}{n^{n-1/2}}, \quad (8)$$

где $c'_1 = c_1 - \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2}$; $c'_2 = c_2 - \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2}$.

Далее, легко показать, что

$$p = \frac{1}{2} (p(L_1 \geq c_1) + p(L_2 \geq c_2) - p(A \cup B)).$$

2-й способ. Произведем преобразование системы координат, описанные выше, в результате получим следующие уравнения плоскостей и сферы:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2} x_n = x_n = t, \quad (9)$$

где $\frac{\sqrt{n}}{2} \geq t \geq c'_1 = c_1 - \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2}$;

$$\sum_{i=1}^n b'_i x_i = s, \quad (10)$$

где $\frac{\sqrt{n}}{2} \geq s \geq c'_2 = c_2 - \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{2}$;

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 = \frac{n}{4}. \quad (11)$$

Поскольку пересечение является ассоциативной операцией, найдем сначала пересечение L_1 и S_n – это $(n-1)$ -мерная сфера с уравнением

$$\sum_{i=1}^{n-1} x_i^2 = \frac{n}{4} - t^2, \quad (12)$$

где $\frac{\sqrt{n}}{2} \geq t \geq c'_1 = c_1 - \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{2}$; затем – пересечение $(L_1 \cap S_n)$ и L_2 , проделав предварительно новые преобразования координат, – это $(n-2)$ -мерная сфера с уравнением

$$\sum_{i=1}^{n-2} x_i^2 = \frac{n}{4} - t^2 - (s')^2,$$

с некоторыми t и s' . Тогда вероятность p удовлетворяет неравенству (8), где

$$I = 2^{n-3} \pi \int_{s_1}^{s_2} ds \int_{t_1}^{t_2} dt \left(\frac{n}{4} - t^2 - \frac{(s-t)^2}{\sum_{i=1}^{n-1} (b'_i)^2} \right)^{\frac{n-3}{2}},$$

$$s_1 = \frac{c'_2}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (b'_i)^2}} - \frac{\sqrt{n}}{2}, \quad s_2 = t_2 = \frac{\sqrt{n}}{2}, \quad t_1 = c'_1.$$

Аналогично можно получить оценки весов для произвольных булевых функций и их подфункций с ограниченной пороговой структурой [4, 5]. Исследователя в этом случае могут сдерживать лишь трудности вычислительного характера.

Необходимо заметить, что нахождения интегралов I в обоих случаях носит предварительный характер, формула (8) вер-

на для произвольного n , большего 1, отсутствуют какие-либо ограничения на весовые коэффициенты в формулах плоскостей L_1 и L_2 . Предложенные методы значительно расширяют класс булевых функций, для которых можно получать дополнительную информацию о входных переменных по выходным значениям.

Заключение

Таким образом, в статье рассматриваются задачи выделения наиболее вероятного решения системы линейных неравенств и определения параметров пороговой функции. При решении задач в асимптотике, то есть при большом числе входных переменных, выведены простые формулы, по которым нетрудно производить вычисления на практике. Учитывая полученные результаты, необходимо сделать вывод о том, что вероятностно-статистический подход к анализу систем линейных псевдобулевых (псевдо- k -значных) неравенств имеет право на жизнь и

может найти применение при решении различных прикладных задач.

Литература

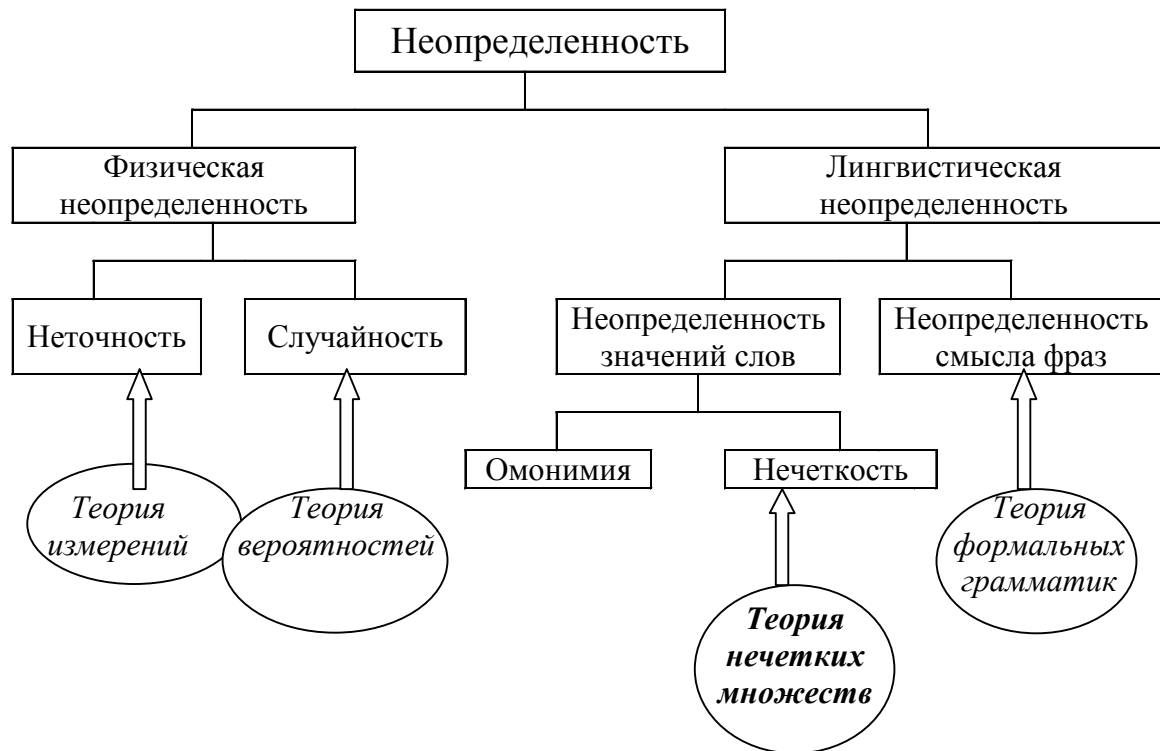
1. Прохоров Ю.В., Розанов Ю.А. Теория вероятностей. 3-е изд., перераб. – М.: Наука, Гл. ред. физмат. лит., 1987.
2. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения / Пер. с пересмотренного третьего английского издания Ю.В. Прохорова; Пред. А.Н. Колмогорова. – М.: Мир, 1984.
3. Гаврилкевич М. Введение в нейроматематику / Обзорение прикладной и промышленной математики. – М.: ТВП, 1994.
4. Балакин Г.В., Никонов В.Г. Методы сведения булевых уравнений к системам пороговых соотношений Обзорение прикладной и промышленной математики. Сер.: «Дискретная математика» Т. 1, Вып. 3. – М., 1994. – С. 389–401.
5. Никонов В.Г. Пороговые представления булевых функций / Обзорение прикладной и промышленной математики. Сер.: «Дискретная математика». Т. 1, Вып. 3. – М., 1994. – С. 402–457.
6. Смирнов В.Г. Системы булевых уравнений рекуррентного типа / Обзорение прикладной и промышленной математики. Сер. «Дискретная математика». Т. 2, Вып. 3. – М., 1995. – С. 477–482.

О РАЗВИТИИ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ ПОЛНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ

О.М. ПОЛЕЩУК, *доцент МГУЛа, к. ф.-м. н.*

Успешное функционирование любой системы гуманистических областей – областей деятельности человека – главным образом зависит от того, как этой системой управляют. Своевременные и адекватные управляющие решения принимаются на основе информации о внутренней структуре этой системы, внешней среде ее функционирования, связи этой системы с другими системами и т. д. Разноплановая информация, определяющая состояние управляемой системы, определяется как количественными, так и качественными показателями, некоторые из которых в силу своей трудноформализуемости могут быть представлены только в вербальном – описательном – варианте. Различный характер поступающей инфор-

мации определяет тип заложенной в этой информации неопределенности и соответственно требует дифференцированных подходов к методам ее обработки. Методы обработки информации направлены на получение адекватной реальности выводов с целью принятия на их основе эффективных и своевременных управленческих решений. В обычном разговорном языке понятия случайности и неопределенности имеют тенденцию смешиваться в одно понятие, но в языке науки достаточно давно произошло разграничение этих понятий [1]. В связи с этим при рассмотрении такого философского понятия, как неопределенность, предлагается пользоваться следующей классификацией [2]:



Физическая неопределенность описывает неопределенность реального мира с точки зрения наблюдателя. Неточностью занимается теория измерений, а случайностью – теория вероятностей. Лингвистическая неопределенность включает в себя неопределенности понятий и конструкций естественного языка. Неопределенностью смысла фраз занимается формальная грамматика, а неопределенностью значений слов – теория нечетких множеств.

До момента изучения организационных задач, связанных с принятием решения человеком, и построения автоматизированных систем управления с моделированием деятельности человека-оператора физические неопределенности успешно учитывались с помощью методов классической теории вероятностей, а элементы систем управления представлялись в рамках классической теории множеств. Теория вероятностей была первой теорией, занимающейся обработкой неопределенности, а точнее, ее разновидности – случайности – и поэтому из всех теорий, в настоящее время занимающихся обработкой неопределенности, теория вероятностей наиболее развита. Однако сле-

дует отметить, что взаимоотношение явления и его вероятностной модели обнаруживается при повторных наблюдениях за явлением. Частоты исходов в длинном ряду испытаний стабилизируются, их колебания с ростом числа испытаний уменьшаются. Выходя за пределы реального опыта, полагают, что при его неограниченном повторении частоты стремятся к пределам, которые и принимают за вероятности соответствующих исходов или событий [3]. Таким образом, теория вероятностей работает только с событиями, обладающими статистической устойчивостью. Такие события в теории вероятностей называются случайными. Кроме этого, не стоит забывать, что теория вероятностей базируется на ряде требований, выполнение которых необходимо для адекватности выводов, полученных в рамках анализа информации. Примерами таких требований могут быть:

- наличие генеральной совокупности с наблюдаемыми признаками;
- неограниченная повторяемость наблюдаемых признаков в одинаковых условиях;
- независимость событий и т.п.

Методы теории вероятностей и математической статистики с самого начала своего развития были направлены именно на изучение физических неопределенностей – случайностей. Если информация получена в условиях, искусственно созданных, или независимо от воли наблюдателя, то можно говорить об адекватности применения методов теории вероятностей и математической статистики для обработки этой информации [4, 5].

В реальных ситуациях эти условия часто не выполняются. Например, когда мнения, суждения или качества человека вносят в исследуемые данные, – это субъективный фактор, который нельзя не учитывать. Или когда исследуемые признаки нечетки (расплывчаты) и в связи с этим трудноформализуемы.

Применение аппарата теории вероятностей для решения задач с неформальными рассуждениями, нечетко описанными условиями и целями приводит к тому, что или учитывается один вид неопределенности – случайность – или все виды неопределенности независимо от своей природы отождествляются со случайностью.

Попытки применения какого-либо конкретного классического математического аппарата – интервального анализа, статистических методов, теории игр, детерминированных моделей и т. д. – для принятия решений в условиях неопределенности позволяют адекватно отразить в модели лишь отдельные виды данных и приводят к безвозвратной потере информации других типов.

Применяя большую часть традиционных методов, приходится мириться с упрощенными моделями действительности и излишне жесткими требованиями к ее описанию, что значительно уменьшает ценность полученных результатов, к тому же нередко приводящих к неверным выводам и решениям.

Вообще говоря, классическая вероятность – это характеристика не отдельного объекта или события, а характеристика генеральной совокупности событий. В системах с участием человека чаще всего вызывает интерес не вероятностное описание отношения объекта или события к полной группе объек-

тов или событий, а уникальность и специфика этого объекта или события.

Этот возникающий интерес – до развития теории нечетких множеств – пытались реализовать с помощью неклассических вероятностей [6–8]. Наиболее часто применяемые неклассические вероятности – валентные и аксиологические вероятности. Валентная вероятность выражает ожидаемость реализации гипотезы с учетом контекста фактических свидетельств об объекте исследования.

В частном случае, когда репрезентативная выборка является выборкой однородных событий, валентная вероятность является статистической – классической. Однако, чем глубже изучается объект или событие, тем больше обнаруживается источников неопределенности, которые не могут быть раскрыты четко и однозначно. Ряд параметров оказывается недоступным для точного измерения, и в их оценках неизбежно появляется субъективная компонента. Аксиологическая вероятность выражает ожидаемость реализации гипотезы с учетом контекста субъективных оценок об объекте исследования, выдвинутых экспертом или группой экспертов.

При использовании такой вероятности неизменно возрастает риск произвола и ошибочного прогноза поведения объекта. В ряде задач нет необходимости получения оптимального четкого решения, так как затраты на накопление информации быстро растут, а время еще быстрее обесценивает актуальность этой информации. Чаще всего, в этом случае исследователь не может быть удовлетворен соотношением между полученным результатом и затратами – временными и материальными – на накопление и обработку информации классическими методами. Устранение в жестком режиме модельных невязок нередко превышает достигаемый при этом эффект, а на практике вполне достаточно указать решение с заданным уровнем оценочной уверенности – значением функции принадлежности.

Попытки формализации логико-лингвистических высказываний, связанных с мыслительной деятельностью человека и его

субъективной оценкой наблюдаемых свойств определенного объекта, привели к появлению и развитию теории нечетких множеств Л. Заде. В 1965 году в журнале «Information and Control» появилась статья «Fuzzy Sets» [9], которая стала мощным толчком для теоретических разработок и прикладных исследований в различных областях человеческой деятельности. В [10] говорится, что основная идея Л. Заде состояла в том, что человеческий способ рассуждения, опирающийся на естественный язык, не может быть описан в рамках традиционных математических формализмов.

Программа Л. Заде состояла в построении новой математической дисциплины, в основе которой лежала бы не классическая теория множеств, а теория нечетких множеств. При построении этой теории были обобщены и использованы лучшие достижения многих математических теорий. Конечная цель такого построения – создание необходимого формального аппарата для моделирования человеческих рассуждений и человеческого способа решения задач. Заде рассматривал теорию нечетких множеств как аппарат анализа и моделирования гуманитарных систем, то есть систем, в которых участвует человек.

Подход Заде опирался на предпосылку о том, что элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых нечетких множеств или классов объектов, для которых переход от «принадлежности» к «непринадлежности» не скачкообразен, а непрерывен. С самого начала развития своей теории он понимал, что использование таких объектов – средство повысить устойчивость математических моделей реальных явлений сферы человеческой деятельности.

В реальных ситуациях принятия решений цели, ограничения, критерии выбора в большей части субъективны и точно не определены. Поэтому при обработке поступающей информации и построении на ее основе различных моделей возникает необходимость использования нечеткой логики, нечетких множеств, нечетких отношений, которые в совокупности позволяют модели-

ровать плавное изменение исследуемых признаков и исследовать неизвестные функциональные зависимости, выраженные в виде качественных связей.

Различие между нечеткостью и случайностью приводит к тому, что методы теории нечетких множеств абсолютно не похожи на методы теории вероятностей. Можно даже сказать, что методы теории нечетких множеств проще во многих отношениях, поскольку базируются на более простом понятии – функции принадлежности (по Л. Заде) по сравнению с функцией распределения вероятностей, которая предполагает определение вероятностной меры, порождающей эту функцию.

Функции принадлежности нечетких множеств обладают теми же достоинствами в анализе, что и неклассические вероятности, и вдобавок к этому они являются количественной мерой наличной информационной неопределенности в отношении анализируемых параметров, значения которых описываются в лингвистически нечеткой форме. Преобразование нечетких, или искусственно размытых значений признаков объектов в значения функции принадлежности соответствует измерению этих признаков в единой нечеткой шкале, что обеспечивает адекватность не только реалиям объекта исследования, но и специфическим особенностям познающего субъекта, а также формально очерченным границам наличной информационной неопределенности.

Необходимость дальнейшего развития теории нечетких множеств была обусловлена процессом автоматизации многих видов интеллектуального труда, в частности, автоматизацией управления сложными системами гуманитарных областей. Можно выделить класс задач, для которых необходим аппарат теории нечетких множеств. Эти задачи имеют следующие общие черты, которые присущи многим задачам областей деятельности человека:

- 1) наличие лица, принимающего решение;
- 2) влияние субъективного фактора, не позволяющего адекватно описывать на базе

обычной теории множеств расплывчатые (нечеткие) понятия;

3) динамичность многих субъективных характеристик вследствие изменения мнений экспертов.

В последние годы интерес к методам теории нечетких множеств неуклонно возрастал, что нашло отражение в многочисленных теоретических и прикладных работах [10]. Однако в некоторых разделах этой теории ситуация сложилась таким образом, что их прикладная составляющая получила более существенное развитие по сравнению с теоретической составляющей. Результатом такой относительной неразвитости математических основ теоретической части стало образование пробела, не позволяющего продолжить связующую нить теоретических разработок с одной стороны и расширить поле потенциальных практических приложений – с другой.

Подобная ситуация сложилась в разделе теории нечетких множеств, который занимается изучением полных ортогональных семантических пространств. Полные ортогональные семантические пространства в совокупности составляют подмножество множества лингвистических переменных. Понятие лингвистической переменной является одним из основных понятий теории нечетких множеств. По своим свойствам полные ортогональные семантические пространства были выделены в отдельное подмножество множества лингвистических переменных сравнительно недавно [2]. Толчком к выделению и более глубокому изучению этого подмножества послужило бурное развитие на его базе перспективного прикладного направления.

Недостаточная развитость теоретических исследований тормозила дальнейшее развитие этого направления и с насущной необходимостью заставляла укреплять теоретический фундамент. Следует отметить многочисленность областей применения полных ортогональных семантических задач: поиск информации в нечеткой среде [2], обработка информации образовательного процесса [13–16], оценка качества образовательных услуг [17], анализ риска банкротства предприятий

[6], анализ риска инвестиций [7], модели принятия решений [11, 12], подбор кадров, оценка качества персонала [11, 18], анализ экспертных критериев [19] и т. д. Не обошли стороной полные ортогональные семантические пространства и классические разделы математики, в частности, теорию вероятностей [6, 7].

Нельзя не остановиться на анализе того, что же послужило причиной использования в многочисленных прикладных приложениях полных ортогональных семантических пространств рядом авторов и развития на их основе системы методов [14–19] обработки нечеткой информации автором настоящей статьи.

Как известно [10], лингвистическая переменная и, в частности, полное ортогональное семантическое пространство определяются функциями принадлежности своих терм-множеств. Функции принадлежности терм-множеств полного ортогонального семантического пространства имеют ряд свойств, которые органично вплетаются в мыслительные процессы человека и облегчают проводимую им процедуру оценочных и управляющих действий. Плавность границ этих функций повторяет плавность мыслей человека при переходе от одного понятия к другому. Существование хотя бы одного эталона – типичного представителя – для каждого понятия и делимость всех понятий уменьшают нечеткость процедуры оценивания. Существование не более двух точек разрыва первого рода обеспечивает возможность работы с четкими понятиями посредством их характеристических функций.

Перечисленные выше свойства дают возможность применения аналитического аппарата функционального анализа, обеспечивают пользователю удобства работы с полными ортогональными семантическими пространствами и делают однозначным выбор в их пользу.

Все перечисленное в комплексе является причиной использования полных ортогональных семантических пространств в многочисленных прикладных приложениях и непрерывного развития автором на их основе методов обработки нечеткой информации.

Литература

1. Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управление предприятиями. – Минск: Вышэйшая школа, 1992.
2. Ръжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и измерения нечеткости. – М.: Диалог-МГУ, 1998. – 116 с.
3. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М.-Л.: ОНТИ, 1936.
4. Ширяев А.Н. Вероятность. – М.: Наука, 1980. – 576 с.
5. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 350 с.
6. Недосекин А.О., Максимов О.Б. Анализ риска банкротства предприятия с применением нечетких множеств // Вопросы анализа риска. – 1999. – № 2–3.
7. Недосекин А.О., Максимов О.Б. Анализ риска инвестиций с применением нечетких множеств // Управление риском. – 2001. – № 1.
8. Орлов А. И. Заводская лаборатория. – 1990. – Т. 56, № 3. – С. 76–83.
9. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Inform. And Control. – 1965. – № 8. – Р. 338–352.
10. Аверкин А.Н., Батыршин И.З., Блишун А.Ф., Силов В.Б., Тарасов В.Б. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с.
11. Борисов А.Н., Крумберг О.А., Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.
12. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной / Под ред. Д.А. Поспелова– М.: Наука, 1986. – 311 с.
13. Chiu-Keung Law. Using fuzzy numbers in educational grading system // Fuzzy Sets and Systems. – 1996. – № 83. – Р. 311–323.
14. Полещук О.М. Некоторые подходы к моделированию системы управления образовательным процессом // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2002. – № 3 (10). – С. 54–72.
15. Полещук О.М. Нечеткая регрессионная модель прогноза успеваемости обучающихся // Обзорные прикладной и промышленной математики. – 2002. – Т. 9, Вып. 2. – С. 435–436.
16. Домрачев В.Г., Полещук О.М., Ретинская И.В. О тенденциях развития систем обработки информации в образовательной среде // Качество. Инновации. Образование. – 2002. – № 1.
17. Домрачев В.Г., Полещук О.М. О системном подходе к повышению качества образовательных услуг // Качество. Инновации. Образование. – 2002. – № 3.
18. Домрачев В.Г., Петров В.А., Полещук О.М. Лингвистические переменные в задачах кадрового отбора // Лесной вестник. – 2001. – № 5 (20). – С. 192–197.
19. Домрачев В.Г., Полещук О.М. О нечетком кластер-анализе на основе полных ортогональных семантических пространств // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. С.П. Королева. – 2002. – Вып. 6. – С. 52–53.

НЕЧЕТКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МНОЖЕСТВА ПОЛНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ

О.М. ПОЛЕЩУК, *доцент МГУЛа, к. ф.-м. н.*,
И.А. ПОЛЕЩУК, *кафедра интеллектуальных систем МГУ*

В статье [1] изложены методы построения функций принадлежности полных ортогональных семантических пространств (ПОСП). Пусть в рамках одного из этих методов построены k ПОСП $X_i, i = \overline{1, k}$, с функциями принадлежности терм-множеств $\{\mu_{il}(x), i = \overline{1, k}, l = \overline{1, m}\}$.

Все k ПОСП построены в результате обработки информации, полученной в ходе проведения одной из следующих процедур:

1) оценивание k экспертами проявлений качественного признака у объектов некоторой совокупности;

2) оценивание экспертом проявлений качественного признака у объектов k совокупностей.

Задачи построения ПОСП в рамках обработки информации процедур 1) и 2) можно считать двойственными задачами.

Обозначим за $\Xi^k, \Xi^k = \{X_i, i = \overline{1, k}\}$ множество k ПОСП, построенных в результате обработки информации одной из процедур 1, 2.

Пусть

$$X_i = \{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}, \mu_{il}(x) \equiv (a_1^i, a_2^i, a_l^i, a_r^i),$$

$i = \overline{1, k}$ – элементы Ξ^k ; $\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}; i = \overline{1, k}$ – имеют в рамках методов [1] трапецидальный вид и соответственно являются функциями принадлежности T -чисел;

$a_1^i, a_2^i, a_L^i, a_R^i$ – называются параметрами T -чисел. Отрезок $[a_1^i, a_2^i]$ называется интервалом толерантности, а a_L^i и a_R^i – соответственно левым и правым коэффициентами нечеткости.

Введем количественные показатели, характеризующие степень различия или сходства между элементами множества Ξ^k . Определения показателей даются для универсального множества $U = [0, 1]$. Если универсальным множеством является другой отрезок, то линейными преобразованиями этот отрезок приводится к $U = [0, 1]$. Все показатели являются новыми и вводятся впервые.

Определение 1. Показателем различия в рамках l -го терм-множества двух элементов множества Ξ^k с функциями принадлежности терм-множеств $\{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}; \{\mu_{jl}(x), l = \overline{1, m}\}, i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}$, называется

$$d(\mu_{il}, \mu_{jl}) = \frac{1}{\int_0^1 (\mu_{il}(x) + \mu_{jl}(x)) dx} \int_0^1 |\mu_{il}(x) - \mu_{jl}(x)| dx,$$

$$i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k},$$

(нормированное расстояние Хемминга).

Минимальное значение $d(\mu_{il}, \mu_{jl})$ равно 0, это значит, что два ПОСП в рамках l -го терм-множества полностью совпадают ($\mu_{il} = \mu_{jl}$). Максимальное значение $d(\mu_{il}, \mu_{jl})$ равно 1, это значит, что два ПОСП в рамках l -го терм-множества максимально различаются: у функций принадлежности μ_{il}, μ_{jl} нет точек пересечения.

Определение 2. Показателем сходства в рамках l -го терм-множества двух элементов множества Ξ^k с функциями принадлежности терм-множеств $\{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}; \{\mu_{jl}(x), l = \overline{1, m}\}, i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}$, называется

$$\tilde{\kappa}_{ij}^l = 1 - d(\mu_{il}, \mu_{jl}), i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}.$$

$\tilde{\kappa}_{ij}^l = 0$ в случае отсутствия сходства (максимальное отличие в рамках l -го терм-множества), и $\tilde{\kappa}_{ij}^l = 1$ в случае полного сходства – максимальное сходство в рамках l -го терм-множества.

Определение 3. Показателем различия двух элементов множества Ξ^k с функциями принадлежности терм-множеств

$$\{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}; \{\mu_{jl}(x), l = \overline{1, m}\}, i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k},$$

называется

$$d(X_i, X_j) = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^m \int_0^1 |\mu_{il}(x) - \mu_{jl}(x)| dx,$$

$$i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}.$$

Минимальное значение $d(X_i, X_j)$ равно 0 (два ПОСП полностью совпадают), а максимальное значение равно

$$\frac{1}{2} \sum_{l=1}^m \left(\int_0^1 (\mu_{il}(x) + \mu_{jl}(x)) dx \right) = 1$$

(два ПОСП максимально различаются).

Определение 4. Показателем сходства двух элементов множества Ξ^k с функциями принадлежности терм-множеств

$$\{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}; \{\mu_{jl}(x), l = \overline{1, m}\}, i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k},$$

называется

$$\tilde{\kappa}_{ij}^l = 1 - d(X_i, X_j), i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}.$$

$\tilde{\kappa}_{ij}^l = 0$ в случае отсутствия сходства (максимальное различие), и $\tilde{\kappa}_{ij}^l = 1$ в случае полного сходства.

Определение 5. Показателем согласованности в рамках l -го терм-множества двух элементов множества Ξ^k с функциями принадлежности терм-множеств $\{\mu_{il}(x), l = \overline{1, m}\}; \{\mu_{jl}(x), l = \overline{1, m}\}, i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}$, называется

$$\kappa_{ij}^l = \frac{\text{Площадь}(\mu_{i_l} \cap \mu_{j_l})}{\text{Площадь}(\mu_{i_l} \cup \mu_{j_l})}, \quad i = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, k}.$$

Минимальное значение κ_{ij} равно 0 (максимальная несогласованность в рамках l -го терм-множества), а максимальное значение равно 1 (полная согласованность или полное совпадение в рамках l -го терм-множества).

Определение 6. Показателем согласованности двух элементов множества Ξ^k с функциями принадлежности терм-множеств

$$\{\mu_{i_l}(x), l = \overline{1, m}\};$$

$\{\mu_{j_l}(x), l = \overline{1, m}\}, i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}$, называется

$$\kappa_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \frac{\text{Площадь}(\mu_{i_l} \cap \mu_{j_l})}{\text{Площадь}(\mu_{i_l} \cup \mu_{j_l})}, \quad i = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, k}.$$

Минимальное значение κ_{ij} равно 0 (максимальная несогласованность), а максимальное значение равно 1 (полная согласованность или полное совпадение ПОСП).

Выбор показателя сходства или показателя согласованности при анализе информации зависит от поставленной задачи. Если ставится задача определения сходства двух элементов множества Ξ^k в рамках терм-множеств с наибольшими носителями, то рекомендуется применение показателя сходства. Если ставится задача определения сходства двух элементов множества Ξ^k равномерно в рамках всех терм-множеств, независимо от величины их носителей, то рекомендуется применение показателя согласованности.

Все определения показателей даны в общей формулировке. В рамках постановки той или иной задачи все показатели приобретают более конкретное звучание.

1. Если ПОСП построены на основании данных i -го и j -го экспертов ($i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}$) относительно оценивания ими некоторой совокупности объектов (в рамках качественного признака), то опреде-

ленные выше показатели трактуются соответственно как показатели различия (сходства, согласованности) в рамках l -го терм-множества подходов i -го и j -го экспертов к оцениванию этого признака в рамках данной совокупности объектов или показатели различия (сходства, согласованности) общих подходов i -го и j -го экспертов к оцениванию этого признака в рамках данной совокупности объектов.

2. Если ПОСП построены на основании данных эксперта (группы экспертов) относительно оценивания ими i -й и j -й совокупностей объектов ($i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}$) в рамках одного качественного признака, то определенные выше показатели трактуются соответственно как показатели различия (сходства, согласованности) i -й и j -й совокупности объектов относительно оцениваемого признака в рамках l -го терм-множества или показатели различия (сходства, согласованности) i -й и j -й совокупности объектов относительно оцениваемого признака. Предполагается, что подход эксперта (группы экспертов) к оцениванию всех совокупностей оставался неизменным.

Определение 7. Общим показателем согласованности элементов множества Ξ^k с функциями принадлежности $\{\mu_{i_l}(x), l = \overline{1, m}\}, i = \overline{1, k}$, называется

$$\kappa = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \frac{\text{Площадь}(\mu_{1_l} \cap \mu_{2_l} \cap \dots \cap \mu_{k_l})}{\text{Площадь}(\mu_{1_l} \cup \mu_{2_l} \cup \dots \cup \mu_{k_l})}.$$

Минимальное значение κ равно 0 (максимальная несогласованность), а максимальное значение равно 1 (полная согласованность или полное совпадение ПОСП).

Пример 1. Фирма производит продукцию «высшего сорта», «1-го сорта», «2-го сорта» и «3-го сорта». За определенный временной период произведено 523 единицы продукции «высшего сорта», 1 084 единицы продукции «1-го сорта», 857 единиц продукции «2-го сорта» и 379 единиц продукции «3-го сорта». Пять независимых экспертов проводили оценку качества выпускаемой продукции и получили следующие результаты:

Т а б л и ц а 1

Номер эксперта	Высший сорт	1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт
1	480	1102	903	358
2	501	870	1200	272
3	497	989	920	437
4	478	1007	969	389
5	428	993	931	491

Т а б л и ц а 2

Номер эксперта	Высший сорт	1-й сорт	2-й сорт	3-й сорт
1	0,169	0,387	0,318	0,126
2	0,176	0,306	0,422	0,096
3	0,175	0,348	0,324	0,153
4	0,168	0,354	0,341	0,137
5	0,151	0,350	0,327	0,172

На основе метода [1] получаем следующие ПОСП (рис. 1–5).

ПОСП 1-го эксперта

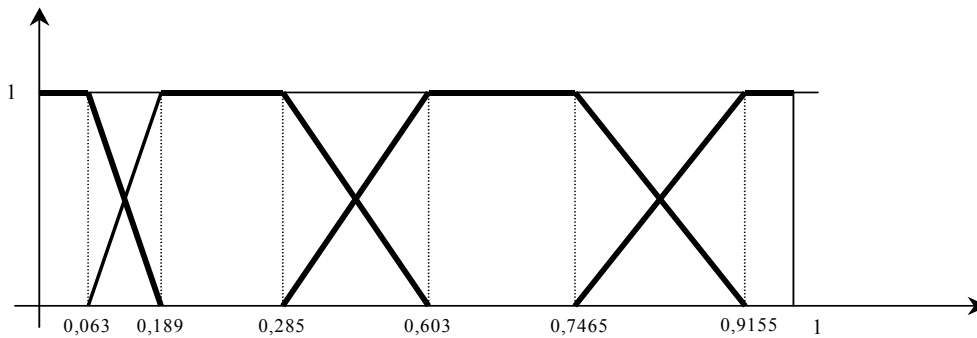


Рис.1

Выпишем параметры функций принадлежности ПОСП 1-го эксперта:

$$\begin{aligned} \mu_{11} &= (0, 0,063, 0, 0,126); \quad \mu_{12} = (0,189, 0,285, 0,126, 0,318); \\ \mu_{13} &= (0,603, 0,7465, 0,318, 0,169); \quad \mu_{14} = (0,9155, 1, 0,169, 0). \end{aligned}$$

ПОСП 2-го эксперта

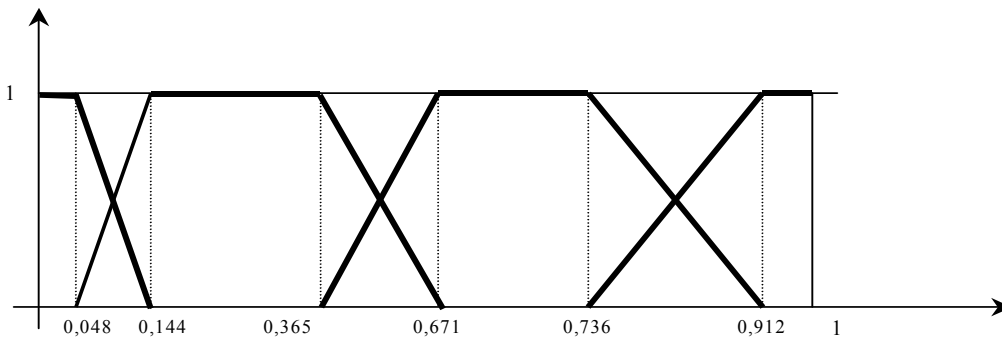


Рис. 2

Выпишем параметры функций принадлежности ПОСП 2-го эксперта:

$$\begin{aligned} \mu_{21} &= (0, 0,048, 0, 0,096); \quad \mu_{22} = (0,144, 0,365, 0,096, 0,306); \\ \mu_{23} &= (0,671, 0,736, 0,306, 0,176); \quad \mu_{24} = (0,912, 1, 0,176, 0). \end{aligned}$$

ПОСП 3-го эксперта

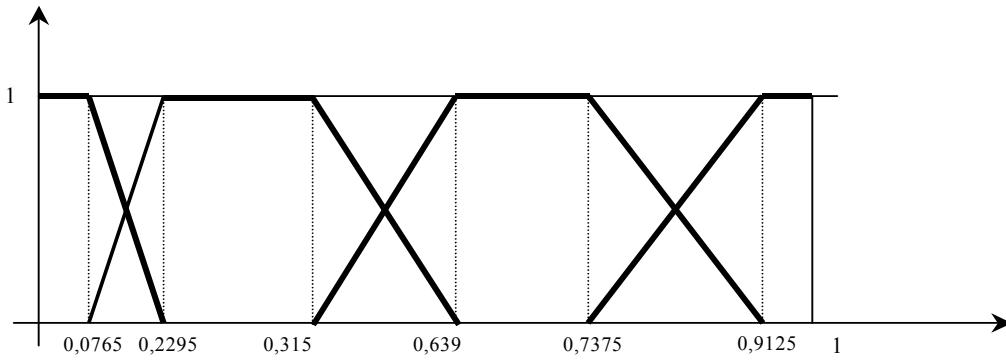


Рис. 3

Выпишем параметры функций принадлежности ПОСП 3-го эксперта:

$$\mu_{31} = (0, 0,0765, 0, 0,153); \quad \mu_{32} = (0,2295, 0,315, 0,153, 0,324);$$

$$\mu_{33} = (0,639, 0,7375, 0,324, 0,175); \quad \mu_{34} = (0,9125, 1, 0,175, 0).$$

ПОСП 4-го эксперта

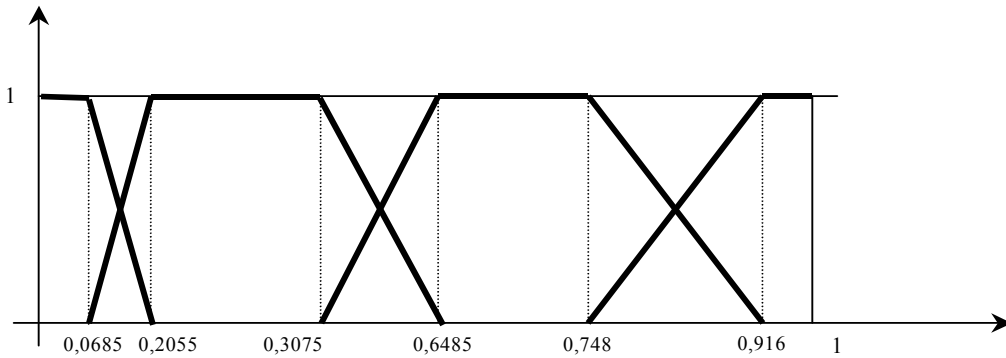


Рис. 4

Выпишем параметры функций принадлежности ПОСП 4-го эксперта:

$$\mu_{41} = (0, 0,0685, 0, 0,137); \quad \mu_{42} = (0,2055, 0,3075, 0,137, 0,341);$$

$$\mu_{43} = (0,6485, 0,748, 0,341, 0,168); \quad \mu_{44} = (0,916, 1, 0,168, 0).$$

ПОСП 5-го эксперта

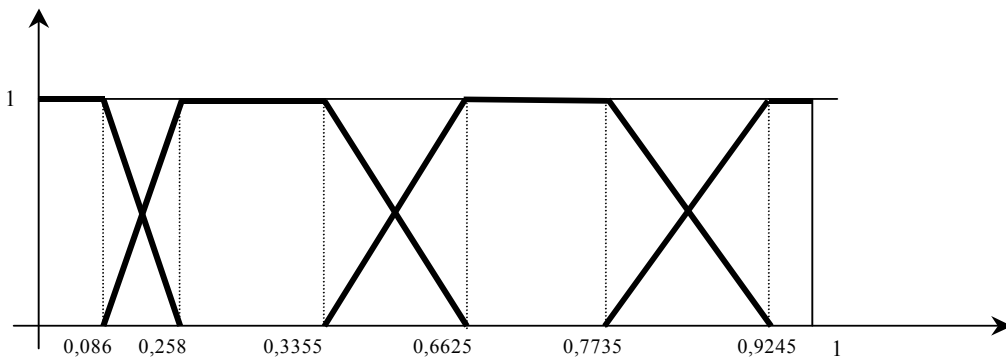


Рис. 5

Выпишем параметры функций принадлежности ПОСП 5-го эксперта:

$$\begin{aligned} \mu_{51} &= (0, 0,086, 0, 0,172); \\ \mu_{52} &= (0,258, 0,3355, 0,172, 0,327); \\ \mu_{53} &= (0,6625, 0,7735, 0,327, 0,151); \\ \mu_{54} &= (0,9245, 1, 0,151, 0). \end{aligned}$$

Построенные ПОСП являются элементами множествами Ξ^5 . На основании полученных данных показатель согласованности κ всех элементов множества Ξ^5 равен 0,7. Исходя из этого, можно сделать вывод, что среди экспертов нет некомпетентных (так как значение κ не близко к нулю) и привлечение группы экспертов оправдано, поскольку сама процедура оценивания не является примитивной (так как значение κ не приближено вплотную к 1), для проведения которой вполне достаточно единственного эксперта.

Показатели попарного сходства и показатели попарной согласованности элементов множества Ξ^5 запишем в виде матриц:

$$(\tilde{\kappa}_{ij}) = \begin{pmatrix} 1 & 0,890 & 0,935 & 0,954 & 0,882 \\ 0,890 & 1 & 0,901 & 0,912 & 0,882 \\ 0,935 & 0,901 & 1 & 0,971 & 0,938 \\ 0,954 & 0,912 & 0,971 & 1 & 0,926 \\ 0,882 & 0,882 & 0,938 & 0,926 & 1 \end{pmatrix};$$

$$(\kappa_{ij}) = \begin{pmatrix} 1 & 0,819 & 0,875 & 0,923 & 0,792 \\ 0,819 & 1 & 0,812 & 0,834 & 0,768 \\ 0,875 & 0,812 & 1 & 0,938 & 0,884 \\ 0,923 & 0,834 & 0,938 & 1 & 0,858 \\ 0,792 & 0,768 & 0,884 & 0,858 & 1 \end{pmatrix}.$$

Как видно из этих матриц, $\tilde{\kappa}_{15} = \tilde{\kappa}_{25}$ (показатель сходства ПОСП первого и пятого экспертов равен показателю сходства ПОСП второго и пятого экспертов), а $\kappa_{15} \neq \kappa_{25}$ (показатели согласованности ПОСП этих же экспертов различаются). Объясняется это тем, как уже отмечалось, что показатели сходства характеризуют степень похожести ПОСП в рамках наиболее представительных (наиболее мощных) терм-множеств, а показатели согласованности характеризуют степень похожести в рамках всех терм-множеств независимо от их мощности.

Замечание к примеру 1.

Найденные показатели сходства и согласованности элементов множества Ξ^5 , возможно, не дают достаточно точной картины сходства и согласованности между критериями, которыми руководствовались пять экспертов в процессе оценивания, поскольку отсутствует информация относительно оценок экспертов по каждому конкретному объекту оцениваемой совокупности.

Однако следует отметить, что подобная информация может быть недоступна по тем или иным причинам. Например, когда происходит оценивание достаточно большого количества объектов, которым не присвоены идентификационные номера. Вместе с тем, используя введенные авторами показатели, представляется возможным получить количественные характеристики, которые могут быть уточнены в случае необходимости на данных меньшего объема.

Обратимся к необходимым сведениям из теории нечетких отношений. Нечеткие отношения играют фундаментальную роль в задачах, решения которых опираются на методы теории нечетких множеств, и в задачах, решения которых традиционно опираются на теорию обычных (четких) отношений [2–6]. Как правило, аппарат теории четких отношений используется при качественном анализе взаимосвязей между объектами исследуемой системы, когда взаимосвязи носят дихотомический характер и, исходя из этого, могут быть проинтерпретированы в терминах «связь отсутствует», «связь присутствует» либо когда методы количественного анализа взаимосвязей по каким-либо причинам неприменимы, и взаимосвязи искусственно приводятся к дихотомическому виду [7]. Например, когда величина связи между объектами принимает значения из ранговой шкалы, выбор порога на силу связи позволяет преобразовать связь к требуемому виду.

Однако подобный подход, позволяя проводить качественный анализ систем, приводит к потере информации о силе связей между объектами либо требует проведения вычислений при разных порогах на силу связей. Этого недостатка лишены методы

анализа данных, основанные на теории нечетких отношений [7], которые позволяют проводить качественный анализ систем с учетом различия в силе связей между объектами системы.

Определение 8. Обычным (четким) n -арным отношением R между множествами X_1, X_2, \dots, X_n называется подмножество декартового произведения $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$:

$$R \subseteq X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n.$$

Определение 9. Нечетким n -арным отношением R между множествами X_1, X_2, \dots, X_n называется нечеткое множество R , такое, что $\forall (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ $\mu_R(x_1, x_2, \dots, x_n) \in [0,1]$;

$X_1 = \{x_1\}, X_2 = \{x_2\}, \dots, X_n = \{x_n\}$ – обычные множества.

Определение 10. Нечетким бинарным отношением R между множествами X, Y называется нечеткое множество R , такое, что

$$\forall (x, y) \in X \times Y$$

$\mu_R(x, y) \in [0,1], X = \{x\}, Y = \{y\}$ – обычные множества.

Если множества X, Y конечны – $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$, то нечеткое бинарное отношение R может быть задано с помощью его матрицы отношения R , строкам и столбцам которой ставятся в соответствие элементы множеств X, Y , а на пересечении i -й строки и j -го столбца помещается элемент $\mu_R(x_i, y_j)$. Таким образом,

$$R = \begin{pmatrix} \mu_R(x_1, y_1) & \mu_R(x_1, y_2) & \dots & \mu_R(x_1, y_m) \\ \mu_R(x_2, y_1) & \mu_R(x_2, y_2) & \dots & \mu_R(x_2, y_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_R(x_n, y_1) & \mu_R(x_n, y_2) & \dots & \mu_R(x_n, y_m) \end{pmatrix}.$$

Определение 11. Нечетким бинарным отношением R на множестве X называется нечеткое множество R , такое, что $\forall (x, y) \in X \times X$ $\mu_R(x, y) \in [0,1]$.

Определение 12. Нечеткое бинарное отношение R_1 принадлежит нечеткому бинарному отношению R_2 , если для $\forall x \in X, \forall y \in Y$

$$\mu_{R_1}(x, y) \leq \mu_{R_2}(x, y).$$

Определение 13. Нечеткое бинарное отношение R называется рефлексивным, если $\mu_R(x, x) = 1, \forall x \in X$.

Определение 14. Нечеткое бинарное отношение R называется симметричным, если $\mu_R(x, y) = \mu_R(y, x), \forall x, y \in X$.

Одно из важных свойств нечетких бинарных отношений состоит в том, что они могут быть представлены в виде совокупности обычных бинарных отношений, упорядоченных по включению и представляющих собой иерархическую совокупность отношений [7]. Разложение нечетких бинарных отношений на совокупность обычных бинарных отношений основано на понятии α -уровня нечеткого бинарного отношения.

Определение 15. α -уровнем нечеткого бинарного отношения R называется обычное отношение R_α , определяемое для всех α следующим образом:

$$R_\alpha = \{(x, y) \in X \times Y | \mu_R(x, y) \geq \alpha\}.$$

Согласно теореме о декомпозиции [7] нечеткое бинарное отношение R можно представить в следующем виде:

$$R = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} \alpha R_\alpha$$

или

$$\mu_R(x) = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} (\alpha \mu_{R_\alpha}(x)),$$

где $\mu_{R_\alpha}(x) = \begin{cases} 1, & \mu_R(x) \geq \alpha; \\ 0, & \mu_R(x) < \alpha. \end{cases}$

Определение 16. Нечетким бинарным отношением сходства называется рефлексивное симметричное нечеткое бинарное отношение.

Определение 17. Нечеткое бинарное отношение R называется транзитивным, если $\mu_R(x, z) \geq \mu_R(x, y) \wedge \mu_R(y, z) \forall x, y, z \in X$.

Определение 18. Нечетким бинарным отношением подобия называется транзитивное нечеткое бинарное отношение сходства.

В реальных условиях требование транзитивности чаще всего бывает трудно выполнимым. Если пользоваться экспертным опросом при построении отношения подобия, то необходимо требовать от экспертов тран-

зитивных ответов. Многочисленные практические результаты [8] говорят об обратном – реальные результаты экспертных опросов чаще всего нетранзитивны.

Однако в приложениях нечетких отношений большое значение играют именно транзитивные отношения. Транзитивные отношения обладают многими удобными свойствами и определяют некоторую правильную структуру множества, на котором они заданы. Например, если отношение R на множестве X характеризует сходство между объектами, то транзитивность такого отношения – отношения подобия – обеспечивает возможность разбиения множества X на пересекающиеся классы (кластеры) подобия.

Пусть R – отношение подобия. Тогда [7] $R = \max_{\alpha} \alpha \times R_{\alpha}$, где R_{α} – отношение эквивалентности в смысле обычной теории множеств.

Таким образом, для решения задач нечеткого кластерного анализа большой интерес представляет возможность преобразования исходного нетранзитивного отношения в транзитивное. Такое преобразование обеспечивает операция транзитивного замыкания, которая впервые была рассмотрена в [9, 10].

Определение 19. Транзитивным замыканием нечеткого бинарного отношения называется отношение

$$\hat{R} = R \cup R^2 \cup R^3 \cup R^k \cup \dots,$$

где отношение R^k определяется рекурсивно:

$$R^2 = R \circ R, R^k = R \circ R^{k-1}, k = 3, 4, \dots$$

В [7] доказано, что транзитивное замыкание \hat{R} любого нечеткого отношения R транзитивно и является наименьшим транзитивным отношением, включающим R , то есть $R \subseteq \hat{R}$ и для любого транзитивного отношения T , такого, что $R \subseteq T$ следует $\hat{R} \subseteq T$.

Применение нечетких отношений в кластерном анализе впервые обсуждалось в работах [11, 12]. В [9] вскоре после этих работ была предложена процедура кластеризации, основанная на транзитивном замыкании исходного отношения сходства, получаемого в результате опроса экспертов. В [13] пред-

ложена процедура кластеризации на основе транзитивного замыкания нечеткого отношения сходства.

Определим на множестве Ξ^k нечеткие отношения сходства.

Утверждение 1. Нечеткие множества R_1, R_2, R_3, R_4 с функциями принадлежности соответственно

$$\begin{aligned} \mu_{R_1}(X_i, X_j) &= \tilde{\kappa}_{ij}, \mu_{R_2}(X_i, X_j) = \\ &= \kappa_{ij}, \mu_{R_3}(X_i, X_j) = \tilde{\kappa}_{ij}', \mu_{R_4}(X_i, X_j) = \kappa_{ij}', \end{aligned}$$

$i = \overline{1, k}, j = \overline{1, k}, l = \overline{1, m}$, задают на Ξ^k нечеткие отношения сходства.

Доказательство утверждения 1. Докажем для $R_p, p = \overline{1, 4}$ свойства рефлексивности и свойства симметричности.

$$\begin{aligned} \mu_{R_1}(X_i, X_i) &= \tilde{\kappa}_{ii} = \\ &= 1 - d(X_i, X_i) = 1 - \frac{1}{2} \sum_{l=1}^m \int_0^1 |\mu_{il}(x) - \mu_{il}(x)| dx = 1; \end{aligned}$$

$$\mu_{R_2}(X_i, X_i) = \kappa_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \frac{\text{Площадь}(\mu_{il} \cap \mu_{il})}{\text{Площадь}(\mu_{il} \cup \mu_{il})} = 1;$$

$$\begin{aligned} \mu_{R_3}(X_i, X_i) &= \tilde{\kappa}_{ij}' = 1 - d(\mu_{il}, \mu_{il}) = \\ &= 1 - \frac{1}{2 \int_0^1 (\mu_{il}(x)) dx} \int_0^1 |\mu_{il}(x) - \mu_{il}(x)| dx = 1; \end{aligned}$$

$$\mu_{R_4}(X_i, X_i) = \frac{\text{Площадь}(\mu_{il} \cap \mu_{il})}{\text{Площадь}(\mu_{il} \cup \mu_{il})} = 1.$$

Таким образом, $R_p, p = \overline{1, 4}$ рефлексивны. Докажем их симметричность:

$$\begin{aligned} \mu_{R_1}(X_i, X_j) &= 1 - d(X_i, X_j) = \\ &= 1 - \frac{1}{2} \sum_{l=1}^m \int_0^1 |\mu_{il}(x) - \mu_{jl}(x)| dx = \\ &= 1 - \frac{1}{2} \sum_{l=1}^m \int_0^1 |\mu_{jl}(x) - \mu_{il}(x)| dx = \\ &= 1 - d(X_j, X_i) = \mu_{R_1}(X_j, X_i); \\ \mu_{R_2}(X_i, X_j) &= \\ &= \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \frac{\text{Площадь}(\mu_{il} \cap \mu_{jl})}{\text{Площадь}(\mu_{il} \cup \mu_{jl})} = \\ &= \frac{1}{m} \sum_{l=1}^m \frac{\text{Площадь}(\mu_{jl} \cap \mu_{il})}{\text{Площадь}(\mu_{jl} \cup \mu_{il})} = \mu_{R_2}(X_j, X_i); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{R_3}(X_i, X_j) &= 1 - d(\mu_{i_1}, \mu_{j_1}) - \\ &- \frac{1}{2 \int_0^1 (\mu_{i_1}(x) + \mu_{j_1}(x)) dx} \int_0^1 |\mu_{i_1}(x) - \mu_{j_1}(x)| dx = \\ &= 1 - \frac{1}{2 \int_0^1 (\mu_{i_1}(x) + \mu_{j_1}(x)) dx} \int_0^1 |\mu_{j_1}(x) - \mu_{i_1}(x)| dx = \\ &= 1 - d(\mu_{j_1}, \mu_{i_1}) = \mu_{R_2}(X_j, X_i); \\ \mu_{R_4}(X_i, X_j) &= \frac{\text{Площадь}(\mu_{i_1} \cap \mu_{j_1})}{\text{Площадь}(\mu_{i_1} \cup \mu_{j_1})} = \\ &= \frac{\text{Площадь}(\mu_{j_1} \cap \mu_{i_1})}{\text{Площадь}(\mu_{j_1} \cup \mu_{i_1})} = \mu_{R_4}(X_j, X_i). \end{aligned}$$

Таким образом, $R_p, p = \overline{1,4}$ симметричны. Утверждение доказано.

Определение 20. Элементы $X_1, X_2, \dots, X_q, q \leq k$ множества Ξ^k будем называть подобными (относительно отношения подобия $\hat{R}_p, p = \overline{1,4}$) с уровнем доверия $\alpha \in (0,1)$, если для всех $X_i, X_j, i = \overline{1, q}, j = \overline{1, q}$, выполняется соотношение $\mu_{\hat{R}_p}(X_i, X_j) \geq \alpha$.

Постановка задачи 1. На основе нечетких отношений сходства $R_p, p = \overline{1,4}$ произвести нечеткую кластеризацию элементов Ξ^k .

Решение задачи 1. В утверждении 1 доказано, что

$$\begin{aligned} \mu_{R_1}(X_i, X_j) &= \tilde{\kappa}_{ij}, \mu_{R_2}(X_i, X_j) = \\ &= \tilde{\kappa}_{ij}^l, \mu_{R_3}(X_i, X_j) = \kappa_{ij}, \mu_{R_4}(X_i, X_j) = \kappa_{ij}^l, \\ i = \overline{1, k}; j = \overline{1, k}; l = \overline{1, m}, \end{aligned}$$

являются значениями функций принадлежности отношений сходства $R_p, p = \overline{1,4}$, определенных на Ξ^k .

Составим для этих отношений матрицы отношения сходства:

$$R_p = \begin{pmatrix} 1 & \mu_{R_p}(X_1, X_2) & \dots & \mu_{R_p}(X_1, X_N) \\ \mu_{R_p}(X_1, X_2) & 1 & \dots & \mu_{R_p}(X_2, X_N) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{R_p}(X_1, X_N) & \mu_{R_p}(X_2, X_N) & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

$p = \overline{1,4}$.

Очевидно, что в общем случае построенные отношения сходства не являются транзитивными, поэтому построим транзитивные замыкания отношений сходства

отношений сходства $R_p, p = \overline{1,4}$. Пусть $\hat{R}_p, p = \overline{1,4}$ – транзитивные замыкания отношений сходства $R_p, p = \overline{1,4}$, с матрицами

$$\hat{R}_p = \begin{pmatrix} 1 & \mu_{\hat{R}_p}(X_1, X_2) & \dots & \mu_{\hat{R}_p}(X_1, X_N) \\ \mu_{\hat{R}_p}(X_1, X_2) & 1 & \dots & \mu_{\hat{R}_p}(X_2, X_N) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_{\hat{R}_p}(X_1, X_N) & \mu_{\hat{R}_p}(X_2, X_N) & \dots & 1 \end{pmatrix},$$

$p = \overline{1,4}$.

Согласно определению 18 нечеткие отношения $\hat{R}_p, p = \overline{1,4}$, являются нечеткими отношениями подобия и матрицы отношений подобия $\hat{R}_p, p = \overline{1,4}$, можно декомпозировать на отношения эквивалентности:

$$\hat{R}_p = \max_{\alpha} \left\{ \alpha \begin{pmatrix} 1 & \delta_{12} & \dots & \delta_{1k} \\ \delta_{12} & 1 & \dots & \delta_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{1k} & \delta_{2k} & \dots & 1 \end{pmatrix} \right\},$$

где $\delta_{ik} = \begin{cases} 0 & i = \overline{1, k}; k = \overline{1, k}. \\ 1 & \end{cases}$

Таким образом, в зависимости от α – уровня множество Ξ^k может быть разбито на классы (кластеры) подобных с уровнем доверия α .

Пример 2. Обратимся к условию примера 1 и произведем кластеризацию множества Ξ^5 , используя показатели сходства и согласованности. Начнем с показателей сходства. Составим матрицу отношения сходства R_1 на основе показателей $\tilde{\kappa}_{ij}, i = \overline{1,5}; j = \overline{1,5}$:

$$R_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0,890 & 0,935 & 0,954 & 0,882 \\ 0,890 & 1 & 0,901 & 0,912 & 0,882 \\ 0,935 & 0,901 & 1 & 0,971 & 0,938 \\ 0,954 & 0,912 & 0,971 & 1 & 0,926 \\ 0,882 & 0,882 & 0,938 & 0,926 & 1 \end{pmatrix}.$$

Полученная матрица не является транзитивной, поэтому найдем ее транзитивное замыкание \hat{R}_1 :

$$\hat{R}_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0,912 & 0,954 & 0,954 & 0,938 \\ 0,912 & 1 & 0,912 & 0,912 & 0,912 \\ 0,954 & 0,912 & 1 & 0,971 & 0,938 \\ 0,954 & 0,912 & 0,971 & 1 & 0,938 \\ 0,938 & 0,912 & 0,938 & 0,938 & 1 \end{pmatrix}.$$

Декомпозируем \hat{R}_1 на отношения эквивалентности:

$$\hat{R}_1 = \max_{\alpha} \left\{ 0,912 \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}; 0,938 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}; 0,954 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \right.$$

$$\left. 0,971 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; 1 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \right\}.$$

Т а б л и ц а 3

α -уровень	Кластеры
0,912	{1,2,3,4,5}
0,938	{1,3,4,5}, {2}
0,954	{1,3,4}, {2}, {5}
0,971	{3,4}, {1}, {2}, {5}
1	{1}, {2}, {3}, {4}, {5}

Составим матрицу отношения сходства R_2 на основе показателей $\kappa_{ij}, i = \overline{1,5}; j = \overline{1,5}$:

$$R_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0,819 & 0,875 & 0,923 & 0,792 \\ 0,819 & 1 & 0,812 & 0,834 & 0,768 \\ 0,875 & 0,812 & 1 & 0,938 & 0,884 \\ 0,923 & 0,834 & 0,938 & 1 & 0,858 \\ 0,792 & 0,768 & 0,884 & 0,858 & 1 \end{pmatrix}.$$

Полученная матрица не является транзитивной, поэтому найдем ее транзитивное замыкание \hat{R}_2 :

$$\hat{R}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0,834 & 0,923 & 0,923 & 0,884 \\ 0,834 & 1 & 0,834 & 0,834 & 0,834 \\ 0,923 & 0,834 & 1 & 0,938 & 0,884 \\ 0,923 & 0,834 & 0,938 & 1 & 0,884 \\ 0,884 & 0,834 & 0,884 & 0,884 & 1 \end{pmatrix}.$$

Декомпозируем \hat{R}_2 на отношения эквивалентности:

$$\hat{R}_2 = \max_{\alpha} \left\{ 0,834 \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}; 0,884 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}; 0,923 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \right.$$

$$0,938 \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} ; 1 \left\{ \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \right\}.$$

Т а б л и ц а 4

α -уровень	Кластеры
0,834	{1,2,3,4,5}
0,884	{1,3,4,5}, {2}
0,923	{1,3,4}, {2}, {5}
0,938	{3,4}, {1}, {2}, {5}
1	{1}, {2}, {3}, {4}, {5}

Литература

1. Полещук О.М. Методы представления экспертной информации в виде совокупности термножеств полных ортогональных семантических пространств // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2002. – № 5.
2. Кузьмин В.Б. Построение групповых решений в пространстве четких и нечетких бинарных отношений. – М., ВНИИСИ. – 1982. – 63 с.
3. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
4. Миркин Б.Г. Анализ качественных признаков и структур. – М.: Наука, – 1982. – 286 с.
5. Заде Л.А. Размытые множества и их применение в распознавании образов в кластер-анализе // Классификация и кластер / Под ред. Дж. Вэн Райзин. – М., 1980. – С. 208 – 247.
6. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной / Под ред. Д.А. Пospelова – М.: Наука, 1986. – 311 с.
7. Аверкин А.Н., Батыршин И.З., Блишун А.Ф., Силов В.Б., Тарасов В.Б. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта.– М.: Наука, Гл. ред. физ-мат. лит., 1986. – 312 с.
8. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
9. Tamura S., Higuchi S., Tanaka K. Pattern classification based on fuzzy relations // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1971. V. SMC-1. P. 61 – 66.
10. Zadeh L.A. Similarity relations and fuzzy orderings // Information Sciences. 1971. V. 3. P. 177 – 200.
11. Ruspini E.H. A new approach to clustering // Information and Control. 1969. V. 15. P. 22 – 32.
12. Ruspini E.H. Numerical methods for fuzzy clustering // Information Sciences. 1970. V. 2. P. 319 – 350.
13. Домрачев В.Г., Полещук О.М. О нечетком кластер-анализе на основе полных ортогональных семантических пространств // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. С.П.Королева. – 2002. – Вып. 6. – С. 52 – 53.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ А.М. ЛЕЖАНДРА НАХОЖДЕНИЯ ОБЩЕГО ПОДХОДА К ЧИСЛЕННОМУ РЕШЕНИЮ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЮ ОБЫКНОВЕННЫХ, ПОВТОРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ

К 150-летию со дня рождения Адриена Мари Лежандра.

Н.А. ГОЛЬЦОВ, кафедра высшей математики МГУЛа

В 1826 году А.М. Лежандр в своем трактате, подводящем итоги сорокалетних исследований в области анализа, писал: «...Было бы желательно при помощи рядов

иметь возможности вычислять последовательные значения функции $f(x)$, определяемой обыкновенными дифференциальными уравнениями (ОДУ-р) первого порядка или

более высокого. Эта задача того же рода, как и задачи, относящиеся к вычислению простых и повторных интегралов, но ее решение представляет гораздо большие трудности...»

Поставленная А.М. Лежандром проблема получила частичное решение в 1957 году. Была предложена обобщенная формула [2, 3] в следующем виде:

$$y(x_n + h) = \sum_{k=0}^r \sum_{m=1}^{m_k} C_{km} h^k y^{(k)}(x_n + a_{km}h). \quad (1)$$

Коэффициенты C_{km} в формуле (1) определяются из системы уравнений

$$\sum_{k=0}^r \sum_{m=1}^{m_k} \frac{C_{km} a_{km}^{j-k-1}}{(j-k-1)!} = \frac{1}{(j-1)!}, \quad (2)$$

$j = 1, 2, \dots, \mu$

С помощью расчетной формулы (1) получаются различные известные и новые расчетные формулы для различных методов решения ОДУ-р.

Можно расширить область применения формулы (1), если ввести в нее параметры S и β .

Нахождение величин $y^{(S)}(x_n + \beta h)$ при решении различных классов задач численного анализа может осуществляться с помощью обобщенной формулы на основе теоремы.

Теорема: Величины $y^{(S)}(x_n + \beta h)$ могут быть вычислены по формуле

$$y^{(S)}(x_n + h) = \sum_{k=0}^r \sum_{m=1}^{m_k} C_{km}^{(S)} h^{k-S} y^{(k)}(x_n + a_{km}h). \quad (3)$$

Если в частном случае выбрать систему базисных степенных функций $F_n = x^n$, $n=0, 1, \dots, (r+1)$, то коэффициенты $C_{km}^{(S)}$ обобщенной формулы (3) определяются из следующей системы:

$$\sum_{k=0}^r \sum_{m=1}^{m_k} \frac{C_{km}^{(S)} a_{km}^{j-k-1}}{(j-k-1)!} = \frac{\beta^{j-S-1}}{(j-S-1)!}, \quad (4)$$

$j = 1, 2, \dots, \mu$

Доказательство. Уравнения системы алгебраических уравнений можно получить методом неопределенных коэффициентов, в результате приравнивания сумм коэффициентов при производных одинакового порядка после разложения в ряд Тейлора значений

функций $y^{(k)}(x_n + a_{km}h)$, $k=0, 1, \dots, r$ и $y^{(S)}(x_n + \beta h)$.

Для (3) получены выражения ошибок аппроксимации и ошибок округления [Л. 2, 3]. В таблице 1 приведены известные и новые расчетные формулы для решения ОДУ [Доклады АН СССР, 1958. Т.120, №3. Л.2].

Выражение (3) представляет собой обобщенную расчетную формулу μ -го порядка точности (ОРФ- μ), позволяющую решать различные задачи численного анализа:

1. При $S=0, \beta=1$ получаются расчетные формулы многошаговых методов решения ОДУ типа Адамса–Бошфорта (1855г.), Милна–Симпсона (1926г.)

2. При переменных значениях коэффициентов β получают формулы многошаговых методов решения ОДУ первого порядка с переменным шагом.

3. При $S=0, 1, \dots, p-1; \beta=1$ получают расчетные формулы многошаговых методов решения ОДУ p -го порядка без замены заданных ОДУ эквивалентными системами ОДУ первого порядка.

4. При $S=0, 1, \dots, p-1$ и переменных значениях коэффициента β получают расчетные формулы многошаговых методов с переменным шагом для решения ОДУ высших порядков без замены заданных ОДУ эквивалентными системами ОДУ первого порядка.

5. При $S=1, 2, \dots, p$ получают расчетные формулы для вычисления производных порядка S .

6. Решение задач интерполирования, прогнозной экстраполяции таблично заданной функции своими значениями, своими производными на неравномерной сетке с применением аппроксимирующих дифференциальных уравнений, например, однородных дифференциальных уравнений или гипергеометрического уравнения, коэффициенты, параметры которых определяются с использованием табличных значений для аппроксимируемой функции, ее производных.

7. При $S=-1, -2, \dots, -p$ получают расчетные формулы для вычисления обыкновенных интегралов и повторных интегралов.

8. Решение жестких ОДУ-р.

Формулы для численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений

$$y(x_n + h) = \sum_{m=1}^{m_0} C_{0m} y(x_n + a_{0m} h) + \sum_{m=1}^{m_1} h C_{1m} y'(x_n + a_{1m} h) + \sum_{m=1}^{m_2} h^2 C_{2m} y''(x_n + a_{2m} h).$$

Выражение ошибки аппроксимации и округления

$$\delta(x_n + h) = \sum_i^{m_0} C_{0m} \delta(x_n + a_{0m} h) + \sum_i^{m_1} h C_{1m} \delta'(x_n + a_{1m} h) + \sum_{m=1}^{m_2} h^2 C_{2m} \delta''(x_n + a_{2m} h) + \sum_j^{j=\mu+1, j=\mu+2, \dots} (T_j - 1) \cdot \frac{h^j}{j!} \cdot y_{\text{точн.}}^{(j)}(x_n)$$

№ п/п	Значения коэффициентов в формуле													Выражение коэффициента $T_j^* \mu$	Коэффициент искажения				Авторы формул		
	C_{01}	C_{02}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{21}	C_{22}	a_{01}	a_{02}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{21}		a_{22}	$T_{\mu+1}$	$T_{\mu+2}$	$T_{\mu+3}$		$T_{\mu+4}$	
1	1		$\frac{23}{12}$	$-\frac{16}{12}$	$\frac{5}{12}$			0		0	-1	-2			$\frac{j}{12}[5(-2)^{j-1} - 16(-1)^{j-1}]$	3	-8	$\frac{5}{3}$	-72	$\frac{539}{3}$	Адамс
2	1		$\frac{8}{12}$	$-\frac{1}{12}$	$\frac{5}{12}$			0		0	-1	1			$j/12[5-1(-1)^{j-1}]$	3	2	$\frac{5}{3}$	3	$\frac{7}{3}$	*
3	1		1			$\frac{4}{6}$	$-\frac{1}{6}$	0		0			0	-1	$(-j/6)(j-1)(-1)^{j-2}$	3	-2	$\frac{10}{3}$	-5	7	Фалкнер
4	1		1			$\frac{2}{6}$	$\frac{1}{6}$	0		0			0	1	$(j/6)(j-1)$	3	2	$\frac{10}{3}$	5	7	*
5	1		$\frac{8}{3}$	$-\frac{2}{3}$		$-\frac{2}{3}$		-1		0	-1		-1		$\frac{(-1)^j - (2j/3)(-1)^{j-1} - (2j/3)(j-1)(-1)^{j-2}}{3}$	3	$-\frac{13}{3}$	9	-15	$\frac{67}{3}$	Мухин
6	1		$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$		$\frac{5}{6}$		0		0	-1		0		$(j/3)(-1)^{j-1}$	3	$-\frac{4}{3}$	$\frac{5}{3}$	-2	$\frac{7}{3}$	*
7	1		$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$				0		0	1		0		$j/3$	3	$\frac{4}{3}$	$\frac{5}{3}$	2	$\frac{7}{3}$	Дюффинг
8	1		$\frac{4}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$			-1		0	-1	1			$\frac{(-1)^j + (j/3)[1 + (-1)^{j-1}]}{4}$	4	$\frac{7}{3}$	1	$\frac{11}{3}$	1	Симпсон
9	1		$\frac{8}{3}$	$-\frac{4}{3}$	$\frac{8}{3}$			-3		0	-1	-2			$\frac{(-3)^j + (4j/3) \times [2(-2)^{j-1} - (-1)^{j-1}]}{4}$	4	$-\frac{109}{3}$	225	$-\frac{3005}{3}$	3841	Милн

*) Формулы выведены автором (Доклады АН СССР. – 1958. – Т.120, № 3. [2])

Применяемые для решения жестких ОДУ-р формулы дифференцирования назад (ФДН или BDF-методы) получают по формуле (3) при $S=I$. При решении дифференциальных уравнений высоких порядков S расчетные формулы можно аналогично получить из соответствующих выражений производных. ФДН для решения жестких ОДУ-1 предложены Кёртисом и Харшфельдером (1952), Митчеллом и Крэгсом (1953)

9. Решение ОДУ-р с отклоняющимся аргументом.

10. Вычисление дробных производных с помощью ОРФ- μ .

При $S = \frac{p}{q} > 0$ вычисляются дробные

производные; при $S = \frac{p}{q} < 0$ вычисляются

дробные интегралы. Коэффициенты в ОРФ- μ (3) могут быть получены из систем уравнений типа (4), при использовании других систем базисных функций, например экспоненциальных, действительного или комплексного аргумента.

11. ОРФ-м особенно эффективны при решении ОДУ-р, в которых в явной форме не содержится переменная x .

Анализируя системы уравнений (2) и (4), определяющие коэффициенты в частичных суммах одного функционального ряда и нового функционального ряда [2, 3], можно отметить:

- 1) матрицы в $A \cdot C=B$, уравнения (2) и (4), не зависят от класса решаемых задач;
- 2) особенности каждой задачи учитываются, определяются величинами элементов свободных векторов B ;
- 3) можно из систем уравнений (2) и (4) определять соответственно коэффициен-

ты C при заданных узлах a_{km} – случай линейных систем $A \cdot C=B$, – либо для повышения порядка точности расчетных формул, наряду с коэффициентами C , определять все или частично значения узлов x_{km} ; при таких условиях системы (2) и (4) оказываются нелинейными.

В качестве примера по формуле (3) вычислены величины $y^{(S)}(x_n+\beta h)$ при $S=0, 1, -1, -2$ для функции, заданной своими значениями и значением производной: $y(0)=1; (\alpha_{01}=0); y(-1)=1; (\alpha_{02} = -1); y'(-2)= -3; (\alpha_{11}= -2)$.

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

$$y^{(S)}(x) = F_n(C_{kms}, x)$$

Номер	S	$y^{(S)}(0,5)$	$y^{(S)}(1)$	$y^{(S)}(1,5)$
1	0	1,75	3	4,75
2	1	2	3	4
3	-1	2/3	11/16	11/12
4	-2	29/192	3/4	225/64

Здесь $h=1; y(x)=1+x+x^2$ — тестовая функция.

Коэффициенты C_{kmS} поставленной задачи определены из систем уравнений (4):

$$\begin{array}{l}
 \underline{S=0} \\
 \left\{ \begin{array}{l} C_{010} + C_{020} + 0 = 1; \\ C_{010} \frac{\alpha_{01}}{1!} + C_{020} \frac{\alpha_{02}}{1!} + C_{110} = \frac{\beta}{1!}; \\ C_{010} \frac{\alpha_{01}^2}{2!} + C_{020} \frac{\alpha_{02}^2}{2!} + C_{110} \frac{\alpha_{11}}{1!} = \frac{\beta^2}{2!}. \end{array} \right. \\
 \\
 \underline{S=1} \\
 \left\{ \begin{array}{l} C_{011} + C_{021} + 0 = 0; \\ C_{011} \frac{\alpha_{01}}{1!} + C_{021} \frac{\alpha_{02}}{1!} + C_{111} = 1; \\ C_{011} \frac{\alpha_{01}^2}{2!} + C_{021} \frac{\alpha_{02}^2}{2!} + C_{111} \frac{\alpha_{11}}{1!} = \frac{\beta}{1!}. \end{array} \right. \\
 \\
 \underline{S=-1} \\
 \left\{ \begin{array}{l} C_{01(-1)} + C_{02(-1)} + 0 = \frac{\beta}{1!}; \\ C_{01(-1)} \frac{\alpha_{01}}{1!} + C_{02(-1)} \frac{\alpha_{02}}{1!} + C_{11(-1)} = \frac{\beta^2}{2!}; \\ C_{01(-1)} \frac{\alpha_{01}^2}{2!} + C_{02(-1)} \frac{\alpha_{02}^2}{2!} + C_{11(-1)} \frac{\alpha_{11}}{1!} = \frac{\beta^3}{3!}. \end{array} \right. \\
 \\
 \underline{S=-2} \\
 \left\{ \begin{array}{l} C_{01(-2)} + C_{02(-2)} + 0 = \frac{\beta^2}{2!}; \\ C_{01(-2)} \frac{\alpha_{01}}{1!} + C_{02(-2)} \frac{\alpha_{02}}{1!} + C_{11(-2)} = \frac{\beta^3}{3!}; \\ C_{01(-2)} \frac{\alpha_{01}^2}{2!} + C_{02(-2)} \frac{\alpha_{02}^2}{2!} + C_{11(-2)} \frac{\alpha_{11}}{1!} = \frac{\beta^4}{4!}. \end{array} \right.
 \end{array}$$

Литература

1. Legendre A.M.. Exercices de calcul intégral. – Paris.
2. Гольцов Н.А.. Применение одного функционального ряда для вывода формул различных численных методов решения обыкновенных дифферен-

- циальных уравнений // Доклады АН СССР. – 1958. – Т.120, № 3.
3. Гольцов Н.А.. Основы численного анализа и алгоритмов для многопроцессорных вычислительных систем. – М.: МГУЛ, 2002. – 96 с.

РЕШЕНИЕ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОДНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЯДА

Н.А. ГОЛЬЦОВ, кафедра высшей математики МГУЛа

Частичная сумма одного функционально-го ряда [3] представляет собой обобщенную расчетную формулу μ -го порядка точности (ОРФ- μ):

$$y^{(S)}(x_n + \beta h) = \sum_{k=0}^n \sum_{m=1}^{m_k} C_{km}^{(S)} h^{k-S} y^{(k)}(x_n + a_{km} h) + O(h^{\mu+1});$$

$$S = 0, 1, \dots, (p-1). \quad (1)$$

При $m_k=1$; $a_{km}=a$; $\beta=1$ формула (1) является формулой Тейлора.

Коэффициенты $C_{km}^{(S)}$ в формуле (1) могут быть определены из системы алгебраических $(\mu+1)$ линейных уравнений (САЛУ- $\mu+1$) или из нелинейной системы, если определяются не только коэффициенты $C_{km}^{(S)}$, но и положения части или всех узлов

$(x_n + a_{km}h)$ для повышения порядка точности ОРФ- μ :

$$\sum_{k=0}^r \sum_{m=1}^{m_k} \frac{C_{km}^{(S)} a^{j-k-1}}{(j-k-1)!} = \frac{1}{(j-S-1)!}, \quad (2)$$

$$j = 0, 1, \dots, \mu$$

1. Рассмотрим применение ОРФ- μ для решения различных ОДУ-р:

$$y^{(p)} = f_x(x); \quad y^{(k)}(0) = y_0^{(k)}, \quad k=1, 2, \dots, p-1; \quad (3)$$

$$y^{(p)} = f_y(x); \quad y^{(k)}(0) = y_0^{(k)}, \quad k=1, 2, \dots, p-1; \quad (4)$$

$$y^{(p)} = f_x(x, y); \quad y^{(k)}(0) = y_0^{(k)}, \quad k=1, 2, \dots, p-1. \quad (5)$$

Узлы a_{km} ОРФ- μ целесообразно располагать на двусторонней сетке типа Коуэлла. Схема приведена на рисунке.

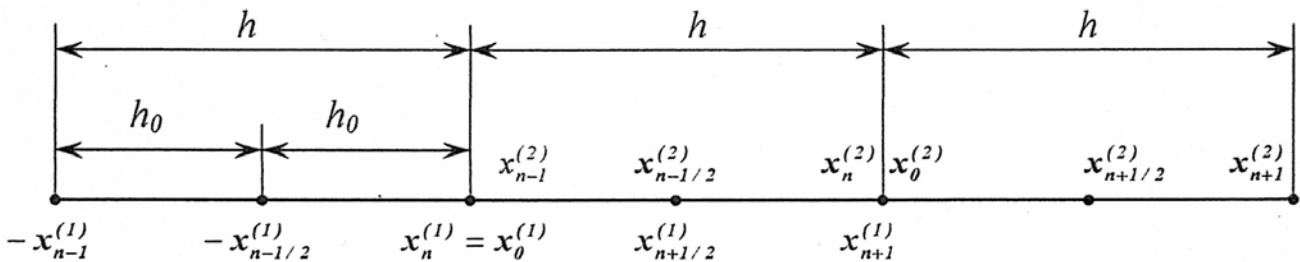


Рисунок. Двусторонняя равномерная сетка расположения узлов ОРФ-4 (5)

2. Решение ОДУ-р (3)

На первом шаге, в общем случае, в узлах $x^{(1)} = 0, \pm a_1 h, \pm a_2 h, \dots, \pm a_i h, \dots, \pm a_{\mu/2} h$ двусторонней сетки вычисляются значения величин $y^{(p)}(x)$ для выбранной ОРФ- μ ; на последующих шагах достаточно выполнять вычисления для новых узлов, например, для второго шага, $x^{(2)} > x_0^{(2)}$.

В случаях, когда выбрана ОРФ- μ при $\mu > p$, чтобы начать выполнять расчеты, можно заданное ОДУ-р проинтегрировать N раз ($N = \mu - p - 1$) и вычислить необходимые для расчета значения производных, как это делается в рассмотренных ниже примерах.

Отметим, что порядок точности μ ОРФ- μ может быть выбран большим ($\mu > 10$) и ограничен только возможностями получения при решении системы (2) требуемой точности.

3. Пример решения задачи Коши

$$y' = x + y, \quad y(0) = 1, \quad x \in [0; 0,4]. \quad (3.1)$$

Для решения (3.1) выберем ОРФ-4 четвертого порядка точности. В данном случае $\mu > p$. Поэтому, чтобы начать решение задачи, проинтегрируем (3.1) N раз ($N = 4 - 1 = 3$) и найдем дополнительные необходимые начальные условия:

$$y''=1+y'; y'(0)=1; y''(0)=2; \quad (3.1a)$$

$$y'''=y''; y'''(0)=2; \quad (3.1б)$$

$$y''''=y'''; y''''(0)=2. \quad (3.1в)$$

ОРФ-4 имеет вид

$$y'(x_n+h)=C_0 \cdot y(0)+h \cdot C_1 \cdot y'(0)+ \\ +h^2 \cdot C_2 \cdot y''(0)+h^3 \cdot C_3 \cdot y'''(0)+ \\ +h^2 \cdot C_4 \cdot y''''(0)+O(h^5). \quad (3.2)$$

Коэффициенты C_0, C_1, C_2, C_3, C_4 определяются из условия (2).

Согласно формулам (3.1), (3.1a) – (3.2) при $h=0,2$

$$y(0+0,2) = 1 + 0,2 \cdot 1 + \frac{0,2^2}{2!} \cdot 2 + \\ + \frac{0,2^3}{3!} \cdot 2 + \frac{0,2^4}{4!} \cdot 2 = 1,2427. \quad (3.5)$$

На втором шаге узел $x_0^{(2)}$ расчетной схемы (см. рис. 1) имеет абсциссу $x_{n+1}^{(1)} + x_0^{(2)} = 0,2$ (при шаге $h=0,2$).

Чтобы воспользоваться ОРФ-4 на втором шаге, нужно вычислить $y'(0,2), y''(0,2), y'''(0,2), y''''(0,2)$.

Согласно формулам (3.1) – (3.1в)

$$\left. \begin{aligned} y(0,2) &= 1,2427; \\ y'(0,2) &= 0,2 + y(0,2) = 0,2 + 1,2427 = 1,4427; \\ y''(0,2) &= 1 + y'(0,2) = 1 + 1,4427 = 2,4427; \\ y'''(0,2) &= y''(0,2) = 2,4427; \\ y''''(0,2) &= 2,4427. \end{aligned} \right\} (3.4)$$

Применяя условие (1.5) при (3.4) и шаге $h=0,2$ получим, что

$$y(0,2+0,2) = y(0,4) = 1,2427 + \\ + 0,2 \cdot 1,4427 + \frac{0,2^2}{2!} \cdot 2,4427 + \\ + \frac{0,2^3}{3!} \cdot 2,4427 + \frac{0,2^2}{2!} \cdot 2,4427 + \\ + \frac{0,2^4}{4!} \cdot 2,4427 = 1,5844. \quad (3.5)$$

Задача решена в [3] методом Рунге–Кутта ($\mu=4$) с шагом $h=0,1$. Через 4 шага получено значение $y(0,4)=1,5836$, отличающееся от результата (3.5) на $\delta=1,5844-1,5836=0,0008$.

4. Решение краевой задачи из теории крыла Прандтля

Эта задача сводится к задаче Коши [2]:

$$y''' = y \cdot y''; y(0) = y'(0) = 0; y''(0) = 1. \quad (4.1)$$

Выберем для решения (4.1) ОРФ-4. Чтобы ею воспользоваться, продифференцируем (4.1) по переменной x и для полученного ОДУ-4 вычислим необходимое дополнительное начальное условие:

$$y'''' = y'' \cdot y'' + y' \cdot y''', y''''(0) = 0 \cdot 1 + 0 \cdot 0 = 0. \quad (4.2)$$

Согласно задаче (4.1)

$$y''''(0) = 0 \cdot 1 = 0.$$

Согласно формулам (1) и (2)

$$y(x_n + h) = y(0) + h \cdot y'(0) + \\ + \frac{h^2}{2!} \cdot y''(0) + \frac{h^3}{3!} \cdot y'''(0) + \frac{h^4}{4!} \cdot y''''(0). \quad (4.3)$$

При шаге $h=0,5$ и $h=1$:

$$y(0,5) = \frac{0,5^2}{2!} \cdot 1 = 0,125; \quad y(1) = \frac{1}{2!} = 0,5. \quad (4.4)$$

Задача (4.1) при $h=0,5$ и $h=1$ решена [1] также методом Рунге–Кутта ($\mu=4$), и получено

$$y(0,5) = 0,1243541; \quad y(1) = 0,4919080. \quad (4.5)$$

5. Оценки точности результатов решения ОДУ-р при использовании ОРФ-μ

Для оценки и повышения точности результатов решения ОДУ-р при применении ОРФ-μ целесообразно использовать ОРФ-(μ+1) – формулу повышенной точности.

Применяя ОРФ-5, можно написать, что

$$y_{\text{уточн.}}(0,5) = 0,1243541 + \frac{h^5}{5!} \cdot y''''''(0). \quad (5.1)$$

Производная y'''''' получается в результате дифференцирования (4.2) по переменной x с учетом начальных условий

$$y'''''' = y'' \cdot y'' + y' \cdot y'''' + y' \cdot y'''' + y' \cdot y''''; y''''''(0) = 1. \quad (5.2)$$

Подставив условие (5.2) в (5.1), получим, что

$$y_{\text{уточн.}}(0,5) = 0,1243541 + \delta, \quad (5.3)$$

где $\delta = \frac{0,5^5}{5!} \cdot 1 = 0,0026048$.

6. Решение нелинейной краевой задачи

$$y'' = \frac{3}{2} \cdot y^2, \quad y(0) = 4, \quad y(1) = 1, \\ y''(0) = 24, \quad y(1) = \frac{3}{2}. \quad (6.1)$$

Для решения задачи (6.1) используем ОРФ-3 третьего порядка точности:

$$y_3(x_n + \beta h) = C_{01} \cdot y(0) + C_{02} \cdot y(1) + h^2 C_{21} \cdot y''(0) + h^2 C_{22} \cdot y''(1) + O(h^3). \quad (6.2)$$

Коэффициенты в (6.2) определяются из САЛУ-4 при $S=0$, $\beta=1/2$:

$$\left. \begin{aligned} C_{01} + C_{02} + 0 + 0 &= 1; \\ 0 + C_{02} + 0 + 0 &= \frac{1}{2}; \\ 0 + \frac{1}{2!} \cdot C_{02} + C_{21} + C_{22} &= \frac{1}{2^2 \cdot 2!}; \\ 0 + \frac{1}{3!} \cdot C_{02} + 0 + C_{22} &= \frac{1}{2^3 \cdot 3!}. \end{aligned} \right\} \quad (6.3)$$

$$C_{02} = C_{01} = \frac{1}{2}, C_{22} = -\frac{1}{16}, C_{21} = -\frac{1}{16}. \quad (6.4)$$

Согласно условиям (6.2) и (6.4)

$$y(x_n + h\beta) = y\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{1}{2} \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1 - \frac{1}{16} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot 24 - \frac{1}{16} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot \frac{3}{2} = 1,728. \quad (6.5)$$

Точное решение задачи (6.1):

$$y = \frac{4}{(1+x)^2}; y\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{4}{\left(1+\frac{1}{2}\right)^2} \cong 1,7777. \quad (6.6)$$

Погрешность для задачи (6.3) при (6.6)

$$\delta_{орф} = \frac{1,7777 - 1,7280}{1,7777} \cdot 100 \% \cong 2,8 \% . \quad (6.7)$$

Л. Коллатц [1] получил решение (6.1) методом конечных разностей (МКР) с погрешностью $\delta_{МКР} = -4,3 \%$:

$$y\left(\frac{1}{2}\right) = 1,8549. \quad (6.8)$$

Литература

1. Коллатц Л.. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.— М.: ИИЛ, 1953.— С. 42–45; 102–103.
2. Mohr E.. Deutsche Mathematik.— Bd 4, 1939.— S. 425.
3. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З.. Численные методы анализа. – М.: Наука, 1967. – С. 153, 154.
4. Гольцов Н.А.. Основы численного анализа и алгоритмов для многопроцессорных вычислительных систем. – М.: МГУЛ, 2002. – 96 с.

ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОЛУПРИПОДНЯТЫХ СТВОЛОВ И ХЛЫСТОВ И ВЛИЯНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ НА ЧАСТОТУ ОСНОВНОГО ТОНА

Г.А. ИВАНОВ, *доцент МГУЛа, к. т. н.*

Исследуемый предмет труда аппроксимирован зависимостью со всюду выпуклым продольным профилем [2]. Кроме того, распределение масс вдоль оси ствола может быть переменным, например, у хвойных пород деревьев; модуль упругости у различных пород также различен. Поэтому исследуем влияние полнодревесности, высоты подъема конца и неравномерно распределенной нагрузки на частоту основного тона колебания полуприподнятого ствола.

Вычисления частоты основного тона колебания полуприподнятого ствола прово-

дим по математическим моделям, полученным в [1]. При этом достоверность моделей можно оценить непосредственно сравнением с точным решением, полученным для цилиндрических тел по формуле, приведенной в [4].

Ввиду большого разброса параметров дерева в качестве расчетного будем анализировать ствол сосны Ib ... II разряда высоты по Д.И. Товстолесу длиной ствола $L_c = 28$ м и хлыста $L_x = 24$ м, диаметрами $d_{1,3} = 20 \dots 44$ см, высотой подъема одного конца ствола (хлыста) $H = 0,7 \dots 1,6$ м, коэффициентом формы $q_2 = 0,4 \dots 1$, плотно-

стью $\rho = 500 \dots 1000 \text{ кг/м}^3$ и средним модулем упругости ствола $E = 90 \cdot 10^2 \dots 180 \cdot 10^2 \text{ МПа}$ [3]. Колебания рассматриваются при постоянной по длине средней плотности древесины ствола, ввиду незначительного влияния изменения плотности по длине на частоту колебания.

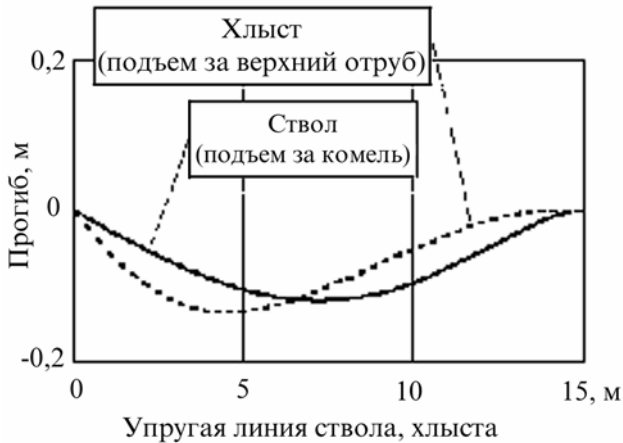


Рис. 1

Вначале приведем форму колебания для ствола с параметрами: $L_c = 28 \text{ м}$ и $L_x = 24 \text{ м}$; $d_{1,3} = 20 \text{ см}$; $q_2 = 0,65$; $H = 0,934 \text{ м}$; $\rho = 863,4 \text{ кг/м}^3$ и $E = 145 \cdot 10^2 \text{ МПа}$ (рис. 1). Эти же величины использовались при вариациях одного из оцениваемых параметров. Отклонения стрелы прогиба упругой линии направлены вниз от нейтральной (нулевой) линии. В данном случае длина поднятой части ствола $L = 15,05 \text{ м}$, а у хлыста $L = 14,25 \text{ м}$.



Рис. 2

Проанализируем влияние диаметра на высоте груди на частоту основного тона колебания полуприподнятого ствола и хлыста (рис. 2). Из рис. 2 следует, что, во-первых,

собственная частота колебаний хлыста, поднятого за верхний отруб, больше, чем у ствола, поднятого за комель во всем диапазоне изменения диаметра; во-вторых, при увеличении диаметра на 120 % рост частоты составляет всего 2,5 % у ствола и 3,4 % у хлыста. Отсюда заключаем, что диаметр на высоте груди практически не влияет на частоту основного тона колебания полуприподнятого предмета труда.

Далее проанализируем влияние средней плотности древесины на частоту основного тона колебания полуприподнятого ствола и хлыста (рис. 3). Из рис. 3 следует, что, во-первых, собственная частота колебаний хлыста, поднятого за верхний отруб, больше, чем у ствола, поднятого за комель во всем диапазоне изменения средней плотности древесины; во-вторых, при увеличении средней плотности древесины на 100 % уменьшение частоты составляет всего 0,6 % у ствола и 1,4 % у хлыста. Отсюда заключаем, что средняя плотность древесины практически не влияет на частоту основного тона колебания полуприподнятого предмета труда.

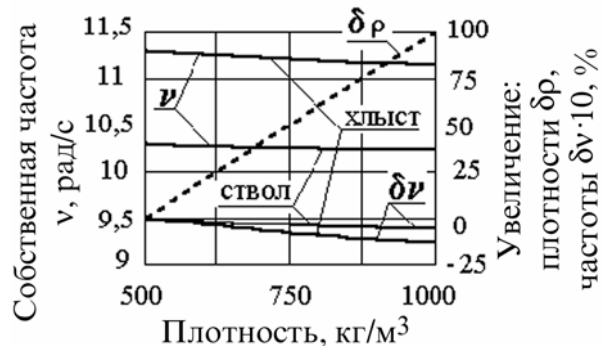


Рис. 3

Влияние средней величины модуля упругости древесины ствола на частоту основного тона колебания полуприподнятого предмета труда также незначительно. Именно при увеличении среднего модуля упругости древесины на 100 % с $E = 90 \cdot 10^2$ до $E = 180 \cdot 10^2 \text{ МПа}$ рост частоты основного тона колебания полуприподнятого предмета труда составляет всего 0,5 % у ствола и 1,4 % у хлыста. Ввиду малости изменения частоты основного тона графическое изображение не строим.

Теперь проанализируем влияние полндревесности, то есть коэффициента формы на половине высоты ствола, на частоту основного тона колебания полуприподнятого ствола и хлыста (рис. 4). Из рис. 4 следует, что, во-первых, собственная частота колебаний хлыста, поднятого за верхний отруб, больше, чем у ствола, поднятого за комель, почти во всем диапазоне изменения коэффициента формы на половине высоты ствола. Исключение составляют величины полндревесности, близкие к цилиндру; во-вторых, при увеличении коэффициента формы на половине высоты ствола уменьшение частоты достигает 5,9 % у ствола при $q_2 = 0,85$ и 28,8 % у хлыста при $q_2 = 0,95$. Отсюда заключаем, что коэффициент формы на половине высоты ствола влияет, особенно существенно для хлыста, поднятого за комель, на частоту основного тона колебания полуприподнятого предмета труда.



Рис. 4

Проверка достоверности формул, проводимая при коэффициенте формы на половине высоты ствола, равном единице, дает несовпадение точного решения и оценок по предлагаемым формулам, равное 0,2 % у ствола и 0,4 % для хлыста. Такая величина погрешности свидетельствует о высокой достоверности результатов, получаемых по предлагаемым формулам.

По данным проф. Д.И. Товстолеса известно, что с увеличением диаметров стволов наблюдается уменьшение коэффициента формы на половине высоты ствола, особенно заметное в низших ступенях толщины. С

учетом данного замечания реальное влияние диаметров будет более весомо, нежели в оценке, полученной для неизменного коэффициента формы.

И, наконец, оценим влияние высоты подъема конца предмета труда на лесосеке на частоту основного тона колебания полуприподнятого ствола и хлыста (рис. 5). Из рис. 5 следует, что во-первых, собственная частота колебаний хлыста, поднятого за верхний отруб, больше, чем у ствола, поднятого за комель во всем диапазоне изменения высоты подъема конца предмета труда; во-вторых, при увеличении высоты подъема конца предмета труда на 128,6 % уменьшение частоты достигает 33,4 % у ствола и 32,7 % у хлыста. Отсюда заключаем, что высота подъема конца предмета труда влияет в равной мере как для ствола, поднятого за комель, так и для хлыста, поднятого за верхний отруб, на частоту основного тона колебания полуприподнятого предмета труда.



Рис. 5

Приведенные графики изображают изменение частоты основного тона колебаний в зависимости от изменения одного из параметров при неизменных средних значениях остальных.

Рассмотрим ситуацию, при которой все параметры ствола группируются так, что частота принимает либо минимальное, либо максимальное значение. Для ствола диапазон изменения частоты основного тона колебаний составил от 7,7 до 13,7, а для хлыста от 7,8 до 23,3 рад/с (рис. 6).

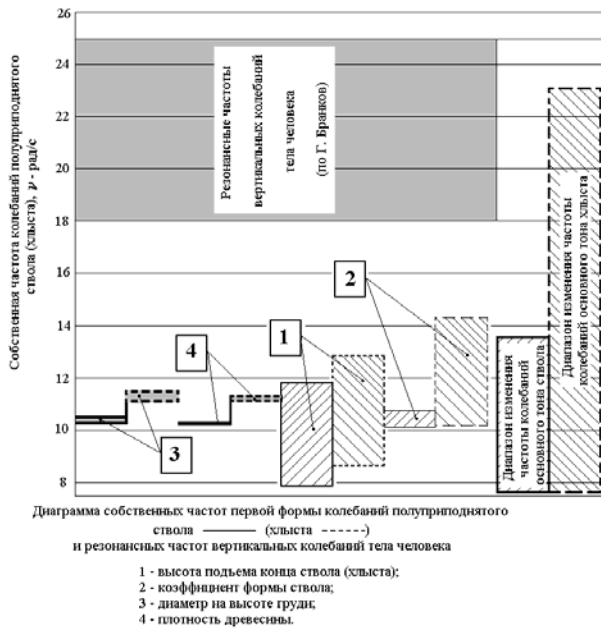


Рис. 6

Общим для всех рассмотренных случаев вариации параметров служит частота основного тона колебания полуприподнятого предмета труда. Это позволяет представить все рассмотренные случаи на одном графике (см. рис. 6) и дать сравнительную визуальную оценку влияния различных параметров на частоту колебания. Динамические характеристики тела человека таковы, что колебания в вертикальном направлении имеют резонанс на частотах 18...25 рад/с. При этом на частотах вертикальных колебаний свыше 12 рад/с хотя и наблюдаются дополнительные угловые и горизонтальные колебания головы, однако особенность биологической системы человека такова, что она может адаптироваться к вертикальным колебаниям таким образом, чтобы ее собст-

венная частота отличалась как можно больше от частоты возмущения.

В итоге получили, что физический параметр древесины – ее плотность; механический – средний модуль упругости и таксационный – диаметр на высоте груди практически не оказывают влияния на частоту основного тона колебания полуприподнятого предмета труда. Оказывают влияние на колебания таксационный параметр – коэффициент формы на половине высоты ствола и, особенно, технологический – высота подъема конца полуприподнятого предмета труда, и только. Кроме того, как видно из рис. 6, при перемещении полуприподнятого ствола за комель отсутствуют колебания основного тона, совпадающие с резонансными частотами колебаний тела человека, тогда как у хлыста, перемещаемого за верхний отруб, имеет место наложение части диапазона и резонансных частот.

Литература

1. Иванов Г.А. Собственные колебания первой формы полуприподнятых стволов деревьев в продольном перемещении // Лесной вестник. – 2002. – № 2.
2. Иванов Г.А. Уравнения образующей профиля кроны и дерева в целом // Лесной вестник. – 2000. – № 6.
3. Лесотаксационный справочник / Б.И. Грошев, С.Г. Синицын, П.И. Мороз, И.П. Сеперович. 2-е изд., перераб. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 288 с.
4. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем: Современные концепции, ошибки и парадоксы. 3-е изд., перераб. – М.: Наука, Гл. ред. физ-мат лит., 1979. – 384 с.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРИБЫЛИ ДЛЯ ФАНЕРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

М.В. БИРЮКОВА, асп. МГУЛа

Вопрос моделирования прибыли для фанерных предприятий является практически неизученным, в сравнении с решением

таких же задач для предприятий других отраслей промышленности. Поэтому целью настоящей статьи является раскрытие на ос-

нове анализа технико-экономических факторов тех трудностей, которые до настоящего времени не позволяли решить эту задачу.

Как показывает анализ научно-экономической и математической литературы, моделирование прибыли предприятий очень часто сводится к построению линейных оптимизационных моделей. В таких математических моделях критерий оптимизации, в качестве которого выступает функция прибыли, и функции ограничений имеют линейный характер. Классическая многоменклатурная модель оптимизации производственной программы приведена, например, в работах [1, 2]. В ряде работ [3, 4] рассматриваются частные задачи планирования прикладного характера – оптимизационные линейные и вероятностные модели – в кабельной, угледобывающей, нефтеперерабатывающей отраслях промышленности. В источниках [5, 6] приведены прикладные модели оптимизации производственной программы, учитывающие специфику мебельных и лесопильных предприятий. Однако отметим, что даже линейные математические модели оптимизации прибыли, учитывающие специфику фанерной отрасли, в литературных источниках нами не обнаружены.

Важнейшей особенностью фанерного производства является то, что в одном производственном процессе из одного и того же сырья изготавливается большой ассортимент сортов шпона и готовой продукции. При этом следует отметить, что соотношение сортов шпона, изготавливаемого из одного сорта сырья, практически не изменяется [7]. По данным ЦНИИ фанеры, например, из березового фанерного сырья 1-го сорта выход форматного шпона на наружные слои (без починки шпона) будет следующим: сорт Е – 9,4 %; сорт 1 – 22,1 %; сорт 2 – 9,3 %; сорт 3 – 5,6 %, сорт 4 – 1,5 %, выход же шпона на внутренние слои составит 52,1 % [8]. Вполне понятно, что для другого сорта сырья это соотношение, т. е. распределение выхода шпона по сортам, будет другим, но оно также будет стабильным. Как показывает анализ работы фанерных предприятий, указанное соотношение выхода сортов шпона яв-

ляется закономерностью для данного сорта сырья и данной породы. Поэтому фанерное производство принято называть комплексным (сопряженным) в отношении сортов сырья, шпона и продукции. Эта особенность влияет на характер распределения затрат на сырьё в зависимости от выпускаемого ассортимента.

Как показали изучение научно-технической литературы [7, 9] и экономический анализ работы фанерных предприятий, зависимость затрат на сырьё от объёмов производства имеет нелинейный характер. Таким образом, математическая модель оптимизации прибыли фанерного предприятия является нелинейной, и для решения соответствующей оптимизационной задачи надо применять методы нелинейного программирования.

Сложность моделирования заключается в том, что фанерные предприятия выпускают продукцию многих видов; например, фанеру общего назначения, бакелизованную, древеснослоистые пластики, ламинированную, огнезащищенную, гнutoклеёные изделия (заготовки) и др. В свою очередь, фанерная продукция разных видов подразделяется по маркам, а каждая марка клееной продукции разделяется на несколько сортов, а продукция каждого сорта выпускается многих толщин; таким образом, получается огромная разветвленная сеть факторов – параметров. К тому же материал разделяется по виду обработки поверхности, по классам эмиссии и другим факторам. Кроме того, продукция может выпускаться из разных древесных пород – хвойных и лиственных. Существуют разные технологические особенности производства фанеры, которые также могут оказывать влияние на параметры модели.

Таким образом, важным этапом моделирования являются анализ этих и других факторов и определение значимости их влияния и связей с основными параметрами модели – ценой и себестоимостью. На примере фанеры общего назначения кратко рассмотрим с экономической точки зрения основные характеристики фанерной продукции, выпус-

каемой по ГОСТ 3916. Такой материал имеет наибольший удельный вес в объеме выпускаемой продукции и производится всеми фанерными предприятиями.

Фанеру общего назначения разделяют на марки ФСФ, ФК и ФБА. Каждая из марок имеет свои технические характеристики – показатели прочности, водостойкости и др., – а также значительное различие в ценах и себестоимости. Например, как показывает анализ показателей работы фанерных предприятий, фанера марки ФСФ является более дорогостоящей и имеет более высокую себестоимость, чем фанера ФК. Это связано с лучшими техническими характеристиками фанеры ФСФ, например, повышенной водостойкостью, и использованием для её производства более дорогостоящей фенолформальдегидной смолы, которая дороже примерно в 3 раза карбамидоформальдегидной смолы. Естественно, что прежде всего в модели следует учитывать распределение фанерной продукции по маркам. Однако рассматривать ассортимент фанерной продукции как просто совокупность марок неправильно, поскольку существуют другие факторы, существенно влияющие на цену и себестоимость.

Фанеру из лиственных пород выпускают толщиной 3...30 мм, а из хвойных – толщиной 5...30 мм. Фанера разных толщин будет также существенно различаться по цене и себестоимости. Тонкая фанера имеет более высокую цену и себестоимость, чем фанера толстая, поскольку в 1 кубометре, например, 3-миллиметровой фанеры содержится большее число лицевых слоев шпона, чем в 12-миллиметровой. Цена фанеры марки ФСФ сорта 3/4 3-миллиметровой и 12-миллиметровой отличается более чем на 30 %. Существенно отличается и себестоимость. Таким образом, при моделировании необходимо учитывать различие в толщинах фанеры, поскольку этот фактор существенно влияет на цену и себестоимость.

По породам различают фанеру лиственную и хвойную. При этом называют фанеру по той породе, из которой изготовлены лицевые слои, независимо от того, что внут-

ренние слои могут быть изготовлены из другой породы. Фанера из разных пород также имеет различную цену и себестоимость. Кроме того, фанера из разных пород существенно различается по физико-механическим характеристикам и потребительским свойствам. Поэтому различие в породах сырья необходимо учитывать при моделировании, так как этот фактор не только влияет на параметры модели, но также существенно влияет на потребительские свойства готовой продукции.

Сортовой состав фанеры зависит от качества шпона и дефектов обработки фанеры. Согласно ГОСТ 3916.1–96 существует 5 основных сортов фанеры, изготовленной из лиственных пород: Е/1, 1/2, 2/3, 3/4, 4/4. По требованию заказчика могут изготавливаться и другие сорта, например, сорт 1/4. Как показывает анализ, фанера марки ФСФ сорта Е/1 дороже сорта 4/4 в 3–4 раза. Сортность является одним из важнейших факторов, который определяет качество фанерной продукции, её цену и себестоимость. Учет сортности является центральным моментом при моделировании.

По виду обработки фанеру разделяют на нешлифованную и шлифованную с одной или с двух сторон. На мировом рынке цена шлифованной фанеры выше на 10...20 %, чем нешлифованной. Если на анализируемом предприятии выпускается фанера шлифованная и нешлифованная, то это также нужно учесть при моделировании.

Основным размером фанеры, выпускаемой в настоящее время, является формат 1525x1525 мм. Фанера, имеющая хотя бы один стандартный размер более 1525 мм, называется большеформатной. Большеформатная фанера пользуется повышенным спросом, особенно на международном рынке, и имеет более высокую цену, чем у малого формата. Например, на мировом рынке за фанеру форматом 2440 x 1200 мм применяется надбавка к цене в 9 % [10]. При различных форматах фанерной продукции, выпускаемых на предприятии, при моделировании нужно учитывать и этот фактор.

По эмиссии формальдегида фанера делится на 2 класса: E1 и E2. Цена фанеры класса E1 выше примерно на 30 %. Различие в уровне эмиссии формальдегида существенно влияет на разницу в цене, поэтому этот фактор также является важным и должен учитываться при моделировании.

Существует также целый ряд технологических факторов – например, различие в режимных параметрах изготовления материала, его свойств, различия в технологиях и т.д., – влияние которых на параметры модели не является существенным. Такие факторы можно не учитывать при моделировании.

Вполне понятно, что при выпуске фанеры из разных древесных пород ценовой спектр резко расширяется, а с учетом экспортных поставок он делается огромным. Таким образом, существует большое количество комбинаций вышеперечисленных признаков, даже при выпуске на фанерном предприятии только одного вида фанерной продукции – фанеры общего назначения.

Как показывает проведенный анализ, сочетание перечисленных факторов достигает по нашим расчетам до 3000. Но на большинстве фанерных предприятий выпускают не один, а несколько видов фанерной продукции; например, древеснослоистые пластики, фанеру декоративную, ламинированную, огнестойкую, бакелизованную и др. Естественно, что все эти виды продукции также ранжируются по породам, сортам, толщинам, формату и т. п. Поэтому ассортимент реального фанерного предприятия очень широк, а возможное сочетание факторов может достигать десятка тысяч.

Кроме того, построение модели усложняется также большим количеством узких мест в производстве – ограничения по оборудованию, трудовым ресурсам, сырью, материалам и т. д. – и сбытовых ограничений при реализации – емкость внутреннего и внешнего рынков, специфика спроса, конкуренция других фанерных предприятий и т. д.

Выполненный анализ показывает, что начальный этап построения модели предполагает решение следующих задач: первая –

это выбор значимых факторов из множества параметров, влияющих на цену и себестоимость продукции фанерного предприятия; вторая – определение математических зависимостей (связей) между исследуемыми параметрами и построение модели. При этом наиболее эффективным средством в решении данных задач является использование математических методов оптимизации, соответствующего программного обеспечения и проведение серии компьютерных экспериментов и расчетов на их основе.

Литература

1. Вильям Дж. Стивенсон. Управление Производством / Пер. с англ. – М.: ООО «Издательство «Лаборатория Базовых Знаний», ЗАО «Издательство БИНОМ», 1998. – 928 с.
2. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах: Учебное пособие для студентов экон. спец. вузов. – М.: Высшая школа., 1986. – 319 с.
3. Глухов В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б. Математические методы и модели для менеджмента. – СПб.: Издательство «Лань», 2000. – 367 с.
4. Экономико-математические методы и прикладные модели: Учебное пособие для вузов / В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д.М. Дайитбегов и др.; Под ред. В.В. Федосеева. – М.: ЮНИТИ, 2000. – 391 с.
5. Перепелицкий С.Н. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении на предприятиях лесной промышленности: Учебник для вузов. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 360 с.
6. Коробов П.Н. Математические методы планирования и управления в лесной и лесоперерабатывающей промышленности. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 312 с.
7. Ковалев Е.А. Совершенствование методов распределения затрат на сырье при калькулировании себестоимости фанерной продукции. В кн.: Новое в производстве фанеры и фанерной продукции. Сб. тр. ЦНИИФ. – М., 1985. – С. 105–115.
8. Справочник по производству фанеры / А.А. Веселов, Л.Г. Галюк, Ю.Г. Доронин и др.; Под ред. канд. техн. наук Н.В. Качалина. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 432 с.
9. Методические рекомендации (инструкции) по планированию, учету и калькулированию себестоимости продукции лесопромышленного комплекса. – М.: МГУЛ, 1999. – 256 с.
10. Горбачев Г.В. Повышение конкурентоспособности отечественной клееной фанеры и эффективности её экспорта // Науч. тр. / Моск. гос. ун-т леса. – 2001. – Вып. 313. – С. 75 – 84.

ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

А.П. САВРУХИН, к.т.н., доцент кафедры физики МГУЛа

Настоящая статья является продолжением ранее опубликованных работ автора [1–3], посвященных анализу спектра масс элементарных частиц, и содержит результаты расчетов для сорока частиц.

Для удобства частицей назовем исходное энергетическое образование, хотя пока, к сожалению, нет достаточных данных для различения собственно частиц, надежно идентифицируемых, и объектов, восстанавливаемых по совокупности нескольких конечных состояний, отобранных экспериментатором из большого числа продуктов распада. На первом этапе распада ничего не известно о завершающем этапе процесса, поэтому образования этого уровня назовем фрагментами, или промежуточными продуктами. Те объекты, которые обычно приводятся в качестве частиц, на которые распадается исходная частица, в том числе и такие, что восстанавливаются по продуктам уже их вторичного распада, назовем конечным продуктом данного распада.

Методика. Кратко опишем ряд используемых здесь функций, где исходная масса частицы, претерпевающей распад, принята равной единице: $y(x) = \sqrt{1^2 - x^2}$ – траектория конца единичного вектора при изменении аргумента, то есть в зависимости от соотношения между сильной СК и электромагнитной ЭК компонентами;

$y1(x) = \sqrt{0,5^2 - (x - 0,5)^2}$ – геометрическое место точек распада частицы, места излома;

$y2(x) = (1 - x) \cdot \sqrt{\frac{x}{2 - x}}$ – кривая распада на два фрагмента (масса первого из них пренебрежимо мала) из состояния с нулевой фазой, определяющая положения конца вектора с модулем, равным массе второго фрагмента; $Y(x) = -x \cdot \sin(t) + y2(x) \cdot \cos(t)$ и $X(x) = x \cdot \cos(t) + y2(x) \cdot \sin(t)$ – пара функций с параметром t , определяющих положения кривой распада при произвольной начальной

фазе t частицы; $y6(x) = \sqrt{x}$ – энергия второго фрагмента в зависимости от абсциссы точки распада ($\sqrt{y1(x)^2 + x^2} = y6$);

$y10(x) = \sqrt{0,25 - x^2} + 0,5$ – геометрическое место точек распада частицы в случае замены осей координат; $y13(x) = \sqrt{\Phi - x^2}$ – окружность радиуса $\sqrt{\Phi}$;

$$y14(\phi1) = 2 \sin(\phi1) + \sqrt{2 \cdot \cos(\phi1) - 1} \times (1 - \cos(\phi1)) - \tan(\phi1)$$

верхняя кривая конечных состояний в зависимости от начальной фазы частицы, предельные положения вектора, величина которого равна массе конечного продукта;

$y15(\phi1) = \sqrt{2 \cdot \cos(\phi1) - 1} (\sqrt{2 \cdot \cos(\phi1) - 1} - 1 \tan(\phi1) - 1 + \cos(\phi1))$ – ниж-

няя кривая конечных состояний (распад возможен в обе стороны);

$y14a(x)^2 = \Phi^2 - (x - \Phi^2)^2$ – аппроксимация для функции $y14(\phi1)$ (на рис. 1 дана пунктиром), эти функции имеют общие точки с координатами $x = 0; 0,36675; 1$ и $y = \Phi^{1,5}, 0,6178; 0$;

$y16(x) = \sqrt{\Phi^2 - (x - 1)^2}$ – кривая радиуса Φ ;

ломаная $y18(x)$ – предел функции $y15(\phi1)$, при котором еще сохраняется знак конечного продукта; $y17(x) = x\sqrt{3}$ – прямая с фазой $\pi/3$, специальный случай распада частицы на две частицы с равными массами.

На рис. 1 изображена общая схема распада на примере пиона, на рис. 2 – упрощенная расчетная схема. Введем обозначения: m – масса частицы; $m1$ – масса первого конечного продукта; $m2$ – масса второго конечного продукта (более легкого или безмассового); p – импульс фрагментов; $e1$ – энергия первого фрагмента; $e2$ – энергия второго фрагмента; $e3$ – импульсная энергия; $e4$ – ЭК $e1$; $e5$ – ЭК $e3$; $e6$ – СК $e1$ и $e3$; ζ – начальная фаза частицы; $\zeta1$ – дополнительный угол. Используя известные релятивистские соотношения

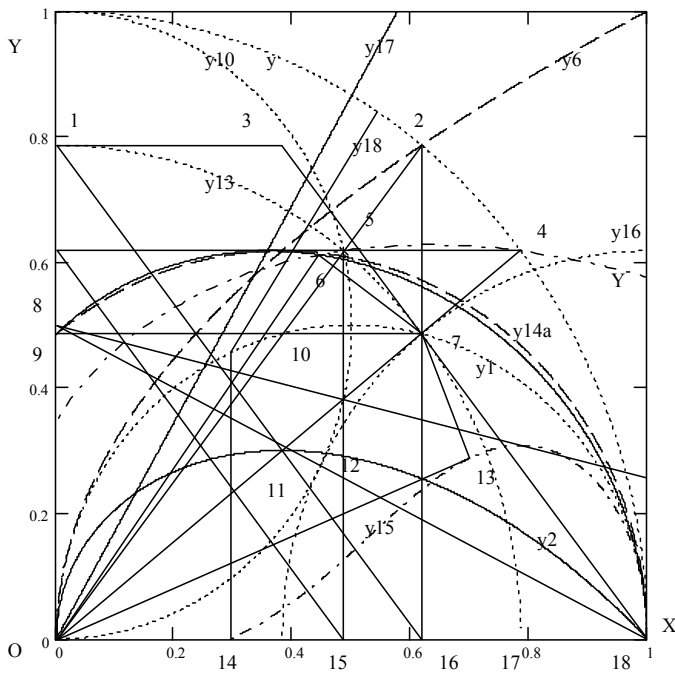


Рис. 1. Общая схема распада частицы

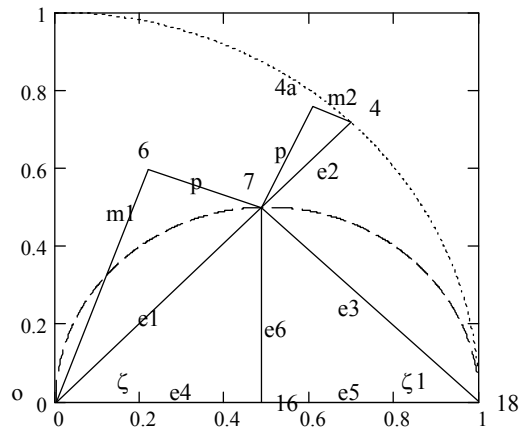


Рис. 2. Расчетная схема распада на две частицы

$$p = \left[\left[m^2 - (m1 + m2)^2 \right] \left[m^2 - (m1 - m2)^2 \right] \right]^{0.5} \cdot 0.5 \cdot m^{-1} ;$$

$$e1 = (m^2 - m2^2 + m1^2) 0.5m^{-1}, \quad e2 = m - e1,$$

найдем величины остальных параметров:

$$e3 = \sqrt{m^2 - e1^2}; \quad e4 = e1^2 m^{-1}; \quad e5 = e3 \cdot \sin(\zeta); \quad e6 = e1 \cdot \sin(\zeta); \quad e7 = m - e3;$$

$$\zeta = a \cos(e1 \cdot m^{-1}); \quad \zeta1 = 0.5\pi - \zeta.$$

Приведем также первые члены ряда фаз φ , косинусов c и синусов d , упомянутых в работе [2].

$\varphi =$

	0
0	0
1	1.2124308
2	0.974586
3	0.8531051
4	0.7723828
5	0.712841
6	0.6662394
7	0.6283185
8	0.5965936
9	0.5694924
10	0.54596
11	0.5252561
12	0.5068423
13	0.4903158
14	0.4753677
15	0.4617568

$c =$

	0
0	1
1	0.3507441
2	0.5615107
3	0.6576471
4	0.7162499
5	0.7565069
6	0.7861514
7	0.809017
8	0.8272542
9	0.8421748
10	0.8546292
11	0.8651955
12	0.8742817
13	0.8821842
14	0.8891245
15	0.8952712

$d =$

	0
0	0
1	0.9364714
2	0.8274695
3	0.7533261
4	0.6978439
5	0.6539857
6	0.618034
7	0.5877853
8	0.5618277
9	0.5392046
10	0.5192388
11	0.5014346
12	0.485419
13	0.4709045
14	0.4576654
15	0.4455216

Результаты анализа

Частицы, для которых выполняется условие $e1 = c_6 = \Phi^{0,5}$ и $e3 = d_6 = \Phi$ (далее в скобках дается ошибка приближения в сравнении с экспериментальными значениями [4]):

$$\begin{aligned} \pi \rightarrow \mu\nu_\mu (5 \cdot 10^{-4}); J/\psi(1s) \rightarrow \chi_{f_2}(2343) (6 \cdot 10^{-5}); K_2(1813) \rightarrow K^*(891,66) \pi (10^{-4}); \\ D^+(1869,3) \rightarrow K^*(1425,6)^0 (2 \cdot 10^{-3}); D^*_2(2458,9)^0 \rightarrow D^+ \pi (1,5 \cdot 10^{-3}); \\ A_c^+ \rightarrow \Lambda \pi (10^{-3}); \end{aligned}$$

$$e1 = c_5(d_5), e3 = d_5(c_5);$$

$$\begin{aligned} K^*(891,66)^+ \rightarrow K^+ \gamma (10^{-3}); K^*(896,1)^0 \rightarrow K^0 \gamma (3 \cdot 10^{-4}); J/\psi(1s) \rightarrow \chi_{f_1}(1718)(10^{-3}); \\ J/\psi(1s) \rightarrow \gamma \eta (2218) (3 \cdot 10^{-4}); \Omega^- \rightarrow \Sigma^- \gamma (3 \cdot 10^{-4}); \Sigma^+(1382,8) \rightarrow \Sigma^+ \gamma (3 \cdot 10^{-4}); \\ A_c^+ \rightarrow p f_0(980) (1,3 \cdot 10^{-3}); A_c^+ \rightarrow \Sigma^+(1385) \eta (7 \cdot 10^{-4}); \end{aligned}$$

$$e1 = c_4(d_4), e3 = d_4(c_4);$$

$$\begin{aligned} J/\psi(1s) \rightarrow \chi_4(2036) (3 \cdot 10^{-3}); K_1(1400) \rightarrow K^*(891,66) \pi (10^{-5}); \\ K^*(1408) \rightarrow K^*(896,1)^0 \pi (4 \cdot 10^{-4}); D^+(1869,3) \rightarrow K^0 a_1(1277)^+ (10^{-5}); \\ D^0(1864,5) \rightarrow K^0 f_2(1274) (10^{-5}); D^0(1864,5) \rightarrow K^0 a_2(1323,4)^+ (10^{-5}); \\ A_c^+ \rightarrow \Lambda(1520) \pi (4 \cdot 10^{-3}); A_c^+ \rightarrow \Xi^0(1530) K (5 \cdot 10^{-3}); \\ \Xi_c^0(2647,4) \rightarrow \Xi_c^+ \pi (5 \cdot 10^{-3}); \Omega_c^0(2697,5) \rightarrow \Omega \pi^+ (10^{-2}); \end{aligned}$$

$$e1 = c_7(d_7), e3 = d_7(c_7);$$

$$\begin{aligned} K_2(1813) \rightarrow K_2^*(1432,6) \pi (5 \cdot 10^{-4}); \Lambda(1520) \rightarrow \Sigma \pi (6 \cdot 10^{-3}); \\ \Sigma \rightarrow p \gamma (2,5 \cdot 10^{-3}); \Omega^- \rightarrow \Xi^- \pi^0 (4 \cdot 10^{-4}); \Omega^- \rightarrow \Xi^0 \pi^- (4 \cdot 10^{-4}); \end{aligned}$$

$$e1 = c_8(d_8), e3 = d_8(c_8);$$

$$\begin{aligned} D^*_2(2458,9)^0 \rightarrow D^*(2010) \pi (6 \cdot 10^{-3}); \Omega \rightarrow \Lambda K (3 \cdot 10^{-4}); \\ \Omega(2250) \rightarrow \Xi(1530) K (2 \cdot 10^{-3}); \end{aligned}$$

$$e1 = c_9(d_9), e3 = d_9(c_9);$$

$$\begin{aligned} A_c^+ \rightarrow \Sigma^+ \phi (6 \cdot 10^{-3}); \Xi_c^0(2471,8) \rightarrow \Lambda K^0 (2 \cdot 10^{-3}); K^{*+}(891,66) \rightarrow K^+ \pi^0 (3 \cdot 10^{-3}); \\ K^{*0}(891,66) \rightarrow K^0 \pi^0 (4 \cdot 10^{-3}); K^*(1690) \rightarrow K \pi^0 (2 \cdot 10^{-4}); D^+(1900) \rightarrow \pi \eta (10^{-4}); \\ D_1(2422,2)^0 \rightarrow D^*(2010) \pi (6 \cdot 10^{-4}); \end{aligned}$$

$$e1 = c_{10}(d_{10}), e3 = d_{10}(c_{10});$$

$$\Xi^0 \rightarrow \Lambda \pi^0 (1,3 \cdot 10^{-4}); \Lambda \rightarrow n \gamma (3 \cdot 10^{-5}); \Lambda(1402,5) \rightarrow \Sigma^+ \pi (5 \cdot 10^{-3});$$

$$e1 = c_{11}(d_{11}), e3 = d_{11}(c_{11});$$

$$\begin{aligned} \Xi(1535) \rightarrow \Xi^- \pi^0 (7 \cdot 10^{-4}); \Xi(1535) \rightarrow \Xi^0 \pi (3 \cdot 10^{-3}); \Xi^0(1531,8) \rightarrow \Xi^0 \pi^0 (2 \cdot 10^{-3}); \\ \Xi^0(1531,8) \rightarrow \Xi^- \pi^+ (3 \cdot 10^{-3}); K \rightarrow \pi^0 \pi (2 \cdot 10^{-3}). \end{aligned}$$

Выявлены следующие соотношения между массами некоторых частиц:

$$\begin{aligned} \Phi &= 0,5(\sqrt{5} - 1) = 0,618034; \\ \frac{m_{\Xi 0}}{m_{\Omega}} &= \sqrt{\Phi} \left(2 \cdot 10^{-5} \right); \\ \frac{m(\eta(957,78))}{m(J\psi)} &= 0,5\Phi \left(8 \cdot 10^{-4} \right); \\ \frac{m(f_2(1275))}{m(\eta_c(2979,7))} &= 2 \cdot (1 - \sqrt{\Phi}) \left(3 \cdot 10^{-5} \right); \\ \frac{m(K1425_6)}{m_K} &= \frac{\Phi}{1 - \sqrt{\Phi}} \left(2 \cdot 10^{-4} \right); \\ \frac{m_{\Sigma 0}}{m(\Lambda 1519)} &= \sqrt{\Phi} \left(10^{-3} \right); \\ \frac{m(f_0(1504,5))}{m(J\psi)} &= \Phi^{1,5} \left(10^{-4} \right); \\ \frac{m(f_2(2343))}{m(J\psi)} &= \sqrt{2 \cdot \sqrt{\Phi} - 1} \left(8 \cdot 10^{-5} \right); \\ \frac{m_{\pi 0}}{m_{\mu}} &= 5^{0,75} \cdot \Phi^2 \left(2 \cdot 10^{-4} \right); \\ \frac{m_{\mu}}{m_K} &= 1 - \sqrt{\Phi} \left(8 \cdot 10^{-4} \right); \\ \frac{m_{\pi 0}}{m_K} &= 1 - \tan(0,2\pi) \left(2 \cdot 10^{-4} \right); \\ \frac{m_K}{m(K892)} &= 2 \cdot \frac{\Phi}{\sqrt{5}} \left(10^{-3} \right); \\ \frac{m_{\mu}}{m_K} &= 1 - \sqrt{\Phi} \left(8 \cdot 10^{-4} \right); \\ \frac{m_{\mu}}{m_{\pi}} &= \sqrt{2 \cdot \sqrt{\Phi} - 1} \left(7 \cdot 10^{-4} \right). \end{aligned}$$

Ряд А получен делением массы протона на c ; ряд В – делением массы нейтрона на c . Оба представляют собой вероятные значения масс частиц с распадом на протон и фотон, либо нейтрон и фотон. Легко заметить, что среди узнаваемых масс Λ , Σ , Ξ и Δ имеются частицы, не вошедшие в справочники, но способные быть обнаруженными.

	A :=	$\begin{pmatrix} 938.272 \\ 2675.09 \\ 1670.97 \\ 1426.71 \\ 1309.97 \\ 1240.26 \\ 1193.50 \\ 1159.76 \\ 1134.20 \\ 1114.10 \\ 1097.87 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 939.57 \\ 2678.78 \\ 1673.28 \\ 1428.68 \\ 1311.78 \\ 1241.98 \\ 1195.15 \\ 1161.37 \\ 1135.76 \\ 1115.64 \\ 1099.38 \end{pmatrix}$
--	------	---	--

Выводы

1. В процессе распада частица «ничего не знает» о величинах масс конечных продуктов, так что не они определяют энергию фрагментов. Деление энергетически тяготеет к гармонической пропорциональности, золотому сечению.

2. Под названием частицы, возможно, объединены различные исходные массы соответственно различным каналам распадов. Несовпадающие массы, полученные в различных экспериментальных условиях, нельзя усреднять, если их разбросы надежно не перекрываются. В таком случае отклонение от правила золотого сечения (в нашем случае порядка $10^{-3} \dots 10^{-4}$) будет меньше.

3. В большинстве случаев ошибка приближения значительно меньше ошибок эксперимента, что позволяет предсказывать массы частиц.

Литература

1. Саврухин А.П. Корпускулярная спектроскопия //ФМР. – 2001. – № 2.
2. Саврухин А.П. Электрон, пион и мюон: соотношение масс //ФМР. – 2001. – № 3.
3. Саврухин А.П. Принцип золотого сечения: физический аспект//СМОТ XXI века. – 2002. – № 10.
4. Nagiwaru K. et al. Phys. Rev. D66,010001 (2002)

МЕТОДЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СЕРТИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТРЕБОВАНИЙ СТАНДАРТОВ ДОБРОВОЛЬНОЙ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПО СИСТЕМЕ FOREST STEWARDSHIP COUNCIL – FSC («ЛЕСНОГО ПОПЕЧИТЕЛЬСКОГО СОВЕТА» – ЛПС)

А.Е. РЫЖКОВ, *доцент каф. технологии и производства лесопром. оборудования МГУЛа, к. т. н.*;
Р.Ю. КУРАКИН, *асп. каф. технологии и производства лесопромышленного оборудования*

Добровольная лесная сертификация, по системе ЛПС, основанная в 1993 году, – это объективная реальность не только за рубежом, но и в России. Лесная сертификация по схеме ЛПС проводится по двум схемам: сертификация лесопользования (Forest Management, или FM) и сертификация цепочки прослеживания сертифицированной продукции «от заготовителя до потребителя» (Chain-of-Custody, или СОС).

На конец 2002 года во всем мире сертифицировано более 35 млн. га по схеме сертификации лесопользования системы ЛПС и выдано более 2500 сертификатов на цепочки движения сертифицированной лесопродукции [1]. В Российской Федерации процесс добровольной лесной сертификации находится на стадии становления. Тем не менее, уже четыре российских предприятий общей площадью более 300 тыс. га имеют сертификат соответствия стандартам ЛПС.

Наиболее востребованным является сертификация по комбинированной схеме – сертификация лесопользования с сертификацией цепочки прослеживания цепочки движения лесопродукции, в основном круглого леса и пиломатериалов. В процессе сертификации или в процессе подготовки к сертификации находится ряд предприятий общей площадью более 2 млн. га. Основной вид лесопродукции, вырабатываемый этими предприятиями, – пиловочник и фанерный краж, балансы, пилопродукция, бумага и целлюлоза.

Сертификат цепочки «от производителя – до потребителя» обеспечивает гарантию того, что древесина, используемая в лесопродукции, происходит из сертифициро-

ванных лесов. При сертификации цепочки «от производителя – до потребителя» производится оценка процедур, гарантирующих источник происхождения сертифицированной древесины. Аудит цепочки «от производителя – до потребителя» проводится по аккредитованным стандартам, которые созданы на основе 6 принципов и 29 критериев.

В соответствии с принципом 2, «Принципов и критериев ЛПС» [2] «... долговременные права на владение и пользование земельными и лесными ресурсами должны быть четко определены». В РФ все леса находятся в государственной собственности, управление лесами возложено на лесхозы. Остальные лесозаготовительные предприятия, желающие пройти сертификацию по системе ЛПС по схеме Forest Management должны обладать лесным фондом на правах аренды.

Сертифицировать цепочку «от производителя – до потребителя» должны все лесозаготовительные, лесоперерабатывающие и лесоторговые предприятия, которые заинтересованы в том, чтобы иметь возможность маркировать свою продукцию товарным знаком ЛПС.

Для того чтобы получить сертификат на цепочку «от производителя – до потребителя», необходимо доказать независимому аудитору, аккредитованному в системе ЛПС, что древесина, используемая в производстве его продукции, произошла из лесов, где лесопользование и лесопользование ведутся с учетом всех требований принципов и критериев ЛПС и не смешивается с несертифицированной древесиной в процессе производства, транспортировки и хранения. При этом движение лесоматериалов должно четко

прослеживаться от места заготовки до места потребления. Древесина, к тому же, должна идентифицироваться как сертифицированная в любой момент времени, в любом месте, на любой стадии переработки, транспортировки или хранения.

При сертификации цепочки «от производителя – до потребителя» согласно стандартам ЛПС можно выделить два основных варианта:

1) предприятие работает только с сертифицированными лесоматериалами, то есть 100 % лесоматериалов поставляются из лесов, отвечающих требованиям стандартов ЛПС;

2) предприятие работает как с сертифицированными, так и с несертифицированными лесоматериалами.

Классификация типов сертификации в зависимости от вариантов лесовладения, лесозаготовки и лесопереработки, приведена в таблице.

На данный момент в РФ вся сертифицированная продукция предназначена на экспорт. Зарубежные потребители заинтересованы в лесоматериалах, которые маркированы товарным знаком ЛПС. В соответствии с «Руководством по использованию товар-

ного знака ЛПС» использовать товарный знак ЛПС на продукции или заявлять свою продукцию, как имеющую сертификат в сопроводительных документах могут только владельцы сертификатов СОС после сертификации FM или FM\СОС. В связи с этим сама по себе сертификация FM не очень востребована без последующей сертификации СОС. Для владельцев или арендаторов лесного фонда наиболее востребованным будут совмещенные сертификат FM\СОС. Сертификация по схеме FM интересна лесовладельцам для поднятия имиджа или для продажи в будущем лесного фонда лесозаготовителям, имеющих контракты на поставки сертифицированной лесопроductии.

Наиболее востребованной лесопроductией из России на международном рынке являются круглые лесоматериалы (35,3% мирового объема экспорта), пиломатериалы (6,9%), бумага и картон (2,5%) [3]. В этой связи перспективными представляются следующие схемы сертификации:

- № 2, 7, 12 – при поставке круглых лесоматериалов;
- № 3, 4, 8, 9, 12– при поставке пиломатериалов;
- № 4, 9, 13 – при поставке бумаги.

Т а б л и ц а

Классификация типов сертификации в зависимости от вариантов лесовладения, лесозаготовки и лесопереработки

Номер типа сертификата п/п	Варианты лесовладения, лесозаготовки и лесопереработки						
	Лесовладелец	Лесовладелец / лесозаготовитель	Лесовладелец / лесозаготовитель / лесопереработчик	Лесопереработчик № 1	Лесопереработчик № 2	...	Лесопереработчик № n
1	FM						
2	FM	СОС					
3	FM		СОС				
4	FM	СОС		СОС1			
5	FM	СОС		СОС1	СОС2		
6	FM	СОС		СОС1	СОС2		СОСn
7		FM\СОС					
8		FM\СОС	СОС				
9		FM\СОС		СОС1			
10		FM\СОС		СОС1	СОС2		
11		FM\СОС		СОС1	СОС2		СОСn
12			FM\СОС				
13			FM\СОС	СОС1			
14			FM\СОС	СОС1	СОС2		
15			FM\СОС	СОС1	СОС2		СОСn

Очевидно, что наиболее востребованными являются 9- и 12-й типы сертификатов. При этом на данный момент мелкие предприятия, располагающие собственным лесным фондом и своими мощностями по переработке лесоматериалов, не имеют возможности проводить сертификацию по причине ее дороговизны. К тому же, основные поставщики древесного сырья и лесопродукции на экспорт, крупные предприятия, как правило, имеют несколько источников поставки сырья.

В настоящее время наблюдается нехватка сертифицированного сырья. Провести одномоментную сертификацию всех своих поставщиков не сможет ни одно предприятие. В связи с этим, можно предположить, что крупные лесоперерабатывающие предприятия в переходный период будут вынуждены работать с сырьем, только часть которого будет просертифицирована.

Проанализировав все это, можно сделать вывод, что наиболее перспективной является 9-я схема сертификации, предполагающая сертификацию собственного или арендованного лесного фонда по схеме FM/COC при производстве круглых лесоматериалов с сертификацией цепочки «от производителя – до потребителя»; например, пиломатериалов или фанеры. При этом лесопереработчик работает как с сертифицированным, так и с несертифицированным сырьем.

Классификация способов и методов отслеживания движения сертифицированной продукции

В соответствии с Принципом 2 «Стандартов СОС» [2], первое, что надо сделать для того, чтобы отследить движение сертифицированной продукции, – это «обеспечить гарантии сырья на входе».

По опыту одной крупнейшей европейской компании в лесной промышленности – «ЮПМ-Кюммене» (Финляндия) – идентифицировать сырье на входе можно при помощи «декларации о происхождении» [4]. Для этого каждая партия лесопродукции должна сопровождаться следующей информацией:

- 1) наименование поставщика;
- 2) номер контракта;
- 3) объем и вид продукции;
- 4) способ поставки – вид транспорта;
- 5) информация о лесозаготовителе и данные контракта с ним;
- 6) информация о местонахождении лесосеки;
- 7) информация о сертификате FM/COC.

Помимо этого ожидается, что поставщик или его представитель в любое время может предоставить все необходимые документы, подтверждающие происхождение отдельных партий древесины. По мнению «ЮПМ-Кюммене», этого достаточно, чтобы выполнить требования ЛПС, касающиеся «обеспечения гарантий сырья на входе».

После того, как сырье идентифицировано на входе, в соответствии с Принципом 1 «Стандартов СОС» [2] должна начать работать задокументированная система контроля за движением сертифицированной продукции по предприятию. Задокументированная система контроля должна:

- 1) указывать лиц, ответственных за контроль;
- 2) иметь документы, необходимые для заполнения;
- 3) указывать требования к заполнению соответствующих документов.

В соответствии с Принципом 3 Критерием 3.2 «Стандартов СОС» [2] «сырье, имеющее сертификат, должно быть легко отличимо от сырья, не имеющего сертификата, в процессе обработки или производства». Выполнение этого принципа требует от предприятия разработки и использования процедуры отслеживания движения лесоматериалов по предприятию.

Процедура движения продукции по предприятию должна указывать методы, с помощью которых сертифицированная продукция могла бы быть идентифицирована в любой момент времени на любой стадии транспортировки, переработки или хранения.

К основным методам отслеживания движения сертифицированной продукции можно отнести учет и маркировку.

Учитывать лесоматериалы можно следующими способами: вести обычные записи на бумаге либо пользоваться специальной компьютерной программой.

Ведение обычных записей – более простой способ, однако он мало информативен и не дает возможности получить оперативные данные. При всем этом это очень трудоемкое занятие.

Использование компьютерных программ более дорогостояще, но позволяет быстрее и полнее обрабатывать поступающую информацию для принятия решений по оперативному управлению. Использование компьютерной техники позволяет снизить трудоемкость учета, но требует использование более квалифицированных кадров.

Маркировать продукцию можно следующими способами: маркировать всю продукцию поштучно либо маркировать штабелю продукции и сырья.

Поштучная маркировка позволяет с большой долей уверенности идентифицировать конечную продукцию и, к тому же, позволяет идентифицировать продукцию в любой момент времени. Однако, если использовать ручной труд, то это очень трудоемкое занятие, особенно, если производить поштучную маркировку на всех стадиях переработки. При этом трудозатраты увеличиваются пропорционально увеличению объема производства и могут достигать немалых величин. Если же использовать механизированную систему маркировки, то это потребует, во-первых, дополнительных капиталовложений, а во вторых, в любом случае потребуются использовать большое количество расходных материалов. В связи с этим поштучная маркировка не является перспективным способом отслеживания движения лесоматериалов по предприятию.

Маркировка штабелей продукции и сырья позволяет снизить трудозатраты и затраты расходных материалов. При этом необходимо выделять отдельные площади под различные виды сырья и продукции и четко

учитывать все перемещения лесоматериалов по предприятию.

Выделение отдельных или разделение имеющихся площадей под хранение сырья и продукции повлечет за собой дополнительные расходы, обусловленные увеличением запасов. Уменьшить затраты, связанные с увеличением запасов, можно путем оптимизации управления ими.

Облегчить систему учета перемещений лесоматериалов можно при помощи компьютеризации процесса.

На наш взгляд, наиболее перспективным является комбинация маркировки штабелей сырья и продукции и использование компьютерных программ для учета и отслеживания движения лесоматериалов по предприятию.

Несомненно, использование в производстве системы отслеживания движения лесоматериалов по предприятию приведет к увеличению себестоимости продукции и капитальных вложений, однако позволит выполнить требования ЛПС и получить сертификат СОС без значительной реконструкции производства.

Целью последующей работы является совершенствование технологических процессов лесопереработки с учетом требований стандартов СОС системы ЛПС на основе снижения эксплуатационных затрат и капитальных вложений, связанных с внедрением процедур отслеживания лесоматериалов.

Задачами исследования будут следующие:

- обзор и анализ существующих систем и схем сертификации;
- классификация технологических схем лесопереработки с учетом требований схем сертификации по системе ЛПС;
- классификация способов и методов отслеживания движения лесоматериалов;
- построение блок-схемы функционирования наиболее распространенного технологического потока для производства сертифицированной/несертифицированной продукции;
- моделирование технологического потока при помощи ЭВМ;

– хронометраж и статистическая обработка элементов цикла отдельных станков и оборудования, составных частей технологического процесса;

– экспериментирование на имитационной ЭВМ-модели с использованием обработанных данных элементов цикла при варьировании отдельных параметров;

– выбор критерия оптимальности;

– практические рекомендации и внедрение методических разработок в производство.

Литература

1. Web site «FSC» <http://www.fscoax.org>
2. Материалы Лесного Попечительского Совета. Российская инициативная группа по добровольной лесной сертификации. Вып. 1. – М., 1999.
3. Web site «ILIM PULP ENTERPRISE – лесопромышленная корпорация России» <http://www.ilimpulp.ru>
4. Информационно-аналитический журнал «Лесная сертификация». №5/2002. «Славия-Принт». – Великий Новгород, 2002.
5. Материалы Лесного Попечительского Совета. Российская инициативная группа по добровольной лесной сертификации. Вып. 2. – М., 1999.
6. Материалы Лесного Попечительского Совета. Российская инициативная группа по добровольной лесной сертификации. Вып. 4. – М., 2000.
7. Web site «ФОРСТСЕР – специализированный научный центр по добровольной лесной сертификации» <http://www.forstcep.by.ru>

К ВОПРОСУ ПРОСЛЕЖИВАНИЯ СЕРТИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ ОТ ЗАГОТОВИТЕЛЯ К ПОТРЕБИТЕЛЮ (CHAIN-OF-CUSTODY) СИСТЕМЫ ЛПС

А.Е. РЫЖКОВ, *доцент каф. технологии и производства лесопром. оборудования МГУЛа, к. т. н.*;
Р.Ю. КУРАКИН, *асп. каф. технологии и производства лесопромышленного оборудования*

В соответствии с требованиями «Стандартов ЛПС» [1] (Принцип 3, Критерии 3.2.1. и 3.2.2.) сертификации цепочки «от производителя – до потребителя», сертифицированная и несертифицированная продукция должна быть четко разделена в пространстве и времени, чтобы в любой момент времени определить, какое сырье (сертифицированное/несертифицированное) перерабатывается и из какого сырья произведена та или иная продукция.

Это требование может быть выполнено двумя способами:

1) построение под каждый вид сырья – сертифицированного и несертифицированного своей технологической линии по переработке;

2) подача на одну технологическую линию обоих видов сырья с разделением их во времени и четким отслеживанием их в ходе обработки.

Реализация первого варианта полностью исключает возможность смешивания сертифицированной и несертифицированной

продукции в процессе производства и существенно облегчает процедуру прохождения сертификации для получения сертификата на цепочку «от производителя – до потребителя».

Вместе с этим первый вариант имеет и очевидные минусы: повышается вероятность неполной загрузки оборудования и как следствие, уменьшение производительности труда в связи с возможной неравномерностью поступления сертифицированного сырья на переработку из-за его временного отсутствия. Это особенно существенно, когда имеется дефицит сертифицированного сырья. Неперспективность этого метода также обусловлена большими капиталовложениями, связанными с возможной реконструкцией производства.

К положительным моментам использования второго варианта можно отнести: возможность получения сертификата на цепочку «от производителя – до потребителя» без значительной реконструкции производства и, как следствие, без значительных ка-

питаловложений и возможность загрузки оборудования несертифицированным сырьем при отсутствии сертифицированного.

При всех плюсах второй вариант имеет один значительный минус – увеличивается вероятность смешивания сертифицированной и несертифицированной продукции за счет того, что при упаковке пиломатериалов в пакеты – пиломатериалы, поставляемые на экспорт, упаковывают в пакеты [2] – возникает вероятность того, что при переходе с одного вида сырья на другое, вероятно, будут оставаться неполные пакеты пиломатериалов. Эти неполные пакеты необходимо будет либо дополнять пиломатериалами другого вида – сертифицированными/несертифицированными – и не маркировать торговой маркой ЛПС, либо отправлять на временное хранение до того момента, когда возобновится подача необходимого вида пиломатериалов на упаковку.

Отправлять несформированные пакеты на временное хранение нерационально по следующим причинам:

1) необходимо выделять специальную площадку для временного хранения несформированных – немаркированных – пакетов пиломатериалов. При этом надо иметь две такие площадки для сертифицированной и несертифицированной продукции;

2) необходимо дополнительно прописывать процедуры перемещения неполных – немаркированных – пакетов для исключения смешивания сертифицированной и несертифицированной продукции;

3) дополнительно загружаются подъемно-транспортные машины из-за дополнительного перемещения продукции;

4) при перемещении несформированных – не закрепленных обвязкой – пакетов пиломатериалов возникает вероятность повреждения ценных пиломатериалов. Поэтому необходимо закреплять неполные пакеты перед отправкой на временное хранение и распаковывать их перед продолжением формирования. Это приведет к возникновению лишних операций при переходе с одного вида сырья на другое – сертифицированного/несертифицированного, – увеличению

времени подготовительных и заключительных работ и, как следствие, понижению производительности труда;

5) при увеличении ассортимента пиломатериалов увеличивается и количество неполных пакетов, что приведет к необходимости иметь большую площадь для временного хранения неполных пакетов и увеличению загрузки подъемно-транспортных машин.

Баланс сырья в лесопильном цехе можно представить в виде равенства

$$V^c = V^{nn} + V^{dn} + V^{omx} + V^{yc} + V^{pacn},$$

где V^c – объем сырья поданного в цех, m^3 ;

V^{nn} – объем произведенных пиломатериалов, m^3 ;

V^{dn} – объем дополнительной продукции – щепы, горбыль и т. д., m^3 ;

V^{omx} – объем отходов, m^3 ;

V^{yc} – объем усушки, m^3 ;

V^{pacn} – объем распыла, m^3 .

Объем сырья, поданного в лесопильный цех, можно представить в виде

$$V^c = V_1^c + V_2^c + V_3^c + \dots + V_i^c,$$

$$\text{или } V^c = \sum_{i=1}^n V_i^c,$$

где $V_1^c, V_2^c, V_3^c, \dots, V_i^c$ – объемы пачек круглых лесоматериалов, поданных в цех, – или объемы сортиментов при поштучной подаче сырья, m^3 ;

n – количество пачек круглых лесоматериалов, поданных в цех, – или количество сортиментов при поштучной подаче сырья, m^3 ;

i – порядковый номер пачки лесоматериалов, поданной в цех, – или порядковый номер сортимента при поштучной подаче сырья.

Пиломатериалы и заготовки транспортируют в пакетированном виде [2]. Размеры пакетов устанавливает ГОСТ 16369–88. В связи с этим объем произведенных пиломатериалов можно представить в виде

$$V^{nn} = V^{nak} + V^{n.n.},$$

где V^{nak} – объем упакованных пиломатериалов, m^3 ;

$V^{n.n.}$ – объем неполных пакетов пиломатериалов, m^3 .

Объем упакованных пиломатериалов равен

$$V^{nak} = m_1 V_1^{nak} + m_2 V_2^{nak} + \dots + m_j V_j^{nak},$$

$$\text{или } V^{nak} = \sum_{j=1}^b m_j V_j^{nak},$$

где $V_1^{nak}, V_2^{nak}, \dots, V_j^{nak}$ – объем пакетов в 1-й, 2-й, ..., j -й сортогруппах пиломатериалов, м³;

j – порядковый номер сортогруппы пиломатериалов;

m_1, m_2, \dots, m_j – количество полных пакетов в 1-й, 2-й, ..., j -й сортогруппах пиломатериалов, шт.;

b – количество сортогрупп пиломатериалов, шт.

Объем неполных пакетов пиломатериалов равен

$$V^{n.n.} = V_1^{n.n.} + V_2^{n.n.} + \dots + V_j^{n.n.},$$

$$\text{или } V^{n.n.} = \sum_{j=1}^b V_j^{n.n.},$$

где $V_1^{n.n.}, V_2^{n.n.}, \dots, V_j^{n.n.}$ – объемы неполных пакетов в 1-й, 2-й, ..., j -й сортогруппах пиломатериалов, м³.

j – порядковый номер сортогруппы пиломатериалов;

b – количество сортогрупп пиломатериалов, шт.

Объем дополнительной продукции равен

$$V^{\partial n} = V_1^{\partial n} + V_2^{\partial n} + \dots + V_k^{\partial n},$$

$$\text{или } V^{\partial n} = \sum_{k=1}^x V_k^{\partial n},$$

где $V_1^{\partial n}, V_2^{\partial n}, \dots, V_k^{\partial n}$ – объемы дополнительной продукции 1-го, 2-го, ..., k -го видов, м³;

k – порядковый номер дополнительной продукции;

x – количество видов дополнительной продукции.

Тогда равенство

$$V^c = V^{nm} + V^{\partial n} + V^{omx} + V^{yc} + V^{pacn},$$

можно представить в виде

$$\sum_{i=1}^n V_i^c = \sum_{j=1}^b m_j V_j^{nak} + \sum_{j=1}^b V_j^{n.n.} + \sum_{k=1}^x V_k^{\partial n} + V^{omx} + V^{yc} + V^{pacn}.$$

Задачей исследований является определение таких параметров – размер, качество, требование к подсортировке, схема раскроя, размер пакетов, качество продукции, – при которых затраты на создание системы управления процесса отслеживания продукции были бы минимальными.

В ходе решения этой задачи целесообразно решить другие задачи, связанные с основной.

К наиболее существенными следует отнести:

- определение интенсивности и объемов подачи сырья в лесопильный цех на переработку, при которой объемы неполных пакетов пиломатериалов, образующиеся при переходе с одного вида сырья на другое, будут минимальны;

- оптимизация склада сырья и подсортировки;

- оптимизация раскроя при различных требованиях к размерно-качественным параметрам готовой продукции.

Литература

1. Материалы Лесного Попечительского Совета. Российская инициативная группа по добровольной лесной сертификации. Вып. 1. – М., 1999.
2. ГОСТ 6564–84. Пиломатериалы и заготовки. Правила приемки, методы контроля, маркировка и транспортирование.
3. Web site «FSC» <http://www.fscoax.org>
4. Материалы Лесного Попечительского Совета. Российская инициативная группа по добровольной лесной сертификации. Вып. 2. – М., 1999.
5. Материалы Лесного Попечительского Совета. Российская инициативная группа по добровольной лесной сертификации. Вып. 4. – М., 2000
6. Web site «ФОРСТСЕР – специализированный научный центр по добровольной лесной сертификации» <http://www.forstcep.by.ru>

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА ПРОЦЕСС ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ КРУГЛЫМИ ПИЛАМИ

Н.К. ЯКУНИН, профессор, почетный академик РАЕН, засл. работник лесной промышленности

В различных производствах работает много круглопильных станков, для которых промышленность ежегодно выпускает более 500 тыс. круглых пил.

За последние 20 лет у нас и за рубежом исследовано влияние разных факторов на усилия, удельную работу резания, шероховатость поверхности распила, вибрацию пильных дисков, затупление зубьев и процесс удаления опилок из пропила при пилении древесины круглыми пилами. Однако влияние скорости резания на процесс пиления круглыми пилами иногда недооценивается.

В последние годы в нашей стране стали появляться проекты различных руководящих материалов, в которых влияние скорости резания на энергозатраты, шероховатость поверхности распила и устойчивость пил в работе отражено не совсем правильно, рассматривается без учета ранее выполненных работ. В конструкции станков и проекты руководящих технических материалов (РТМ) иногда закладываются не оптимальные режимы пиления.

На некоторых предприятиях появляются необоснованные попытки увеличить скорость резания, для чего завышают частоту вращения пильных валов, делают различные конструктивные усложнения без получения от этого положительного экономического эффекта, что наносит материальный ущерб промышленности.

В исследованиях влияния скорости резания на процесс пиления, выполненных в 1959-1975 гг., были использованы совершенные измерительные приборы и специальные экспериментальные установки, позволившие выявить новые зависимости влияния скорости резания на процесс пиления и разработать практические рекоменда-

ции. Для практических целей важно знать, как влияет скорость срезания стружки на качество продукции, частоту среза (на шероховатость образуемой поверхности), на усилия и удельную работу резания, устойчивость пил.

Для правильного определения этого влияния необходимо изменять только скорость резания, а все остальные параметры – толщину срезаемой стружки, подачу на резец (зуб пилы), объем срезаемой древесины, состояние пил, станка – в сравниваемых опытах сохранять постоянными. К сожалению, эти требования не всегда соблюдаются.

По мнению некоторых исследователей, с увеличением скорости резания шероховатость поверхности распила уменьшается. Объективно для таких выводов нет оснований, поскольку в этих работах одновременно с изменением скорости резания v изменялась и подача на зуб u_z . В действительности скорость резания была средством для изменения подачи на зуб.

В 1953 г. в опытах ЦНИИМОДа, проведенных автором на специальной экспериментальной установке, при исследовании режимов пиления и профилировки зубьев круглых пил для продольной распиловки древесины хвойных и твердых лиственных пород было обнаружено иное влияние скорости резания на удельную работу, усилия резания, шероховатость поверхности распила и вибрацию пил. В опытах изменялась только скорость резания ($v = 20; 40; 60; 80; 100; 120$ м/с), а все остальные условия сохранялись постоянными (подача на зуб $u_z = 0,20; 0,41; 0,62$ мм и высота пропила $H = 20; 40; 60$ мм для каждой скорости резания). Шероховатость поверхности распила определялась методом теневого сечения и строгания. Первым

методом находилась глубина неровностей среза волокон, вторым определялись суммарные неровности (неровности среза и кинематические). Пилы готовились тщательно, на изучаемых образцах рисок не было.

Эти опыты позволили сделать следующие основные выводы:

с увеличением скорости резания удельная работа резания сначала уменьшается, а затем (после 50 м/с) растет (рис. 1), при этом шероховатость поверхности распила не изменяется (рис. 2). Оптимальная скорость резания находится в пределах 40–60 м/с (средняя 50 м/с);

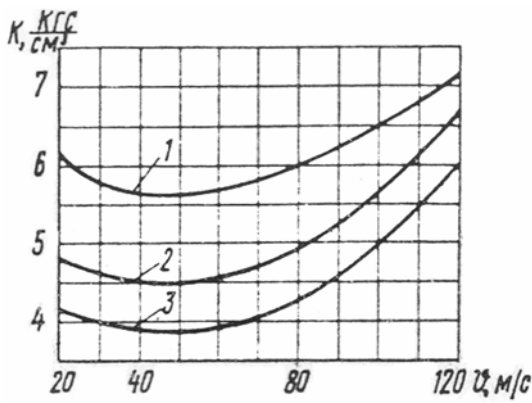


Рис. 1. Зависимость удельной работы резания от скорости резания: $H = 60$ мм; $\theta_{\text{ср}} = 61^\circ$; $b = 3,6 - 3,7$ мм; 1 – $u_z = 0,26$ мм; 2 – $u_z = 0,41$ мм; 3 – $u_z = 0,64$ мм

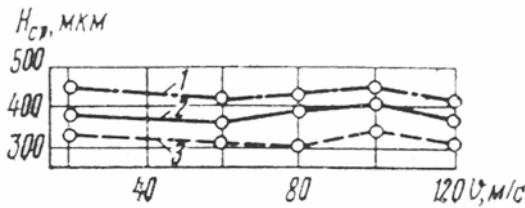


Рис. 2. Зависимость глубины неровностей (шероховатости поверхности распила) от скорости резания: $\theta_{\text{ср}} = 61^\circ$; 1 – $u_z = 0,64$ мм; 2 – $u_z = 0,41$ мм; 3 – $u_z = 0,26$ мм

основное влияние на шероховатость поверхности распила (при всех прочих равных условиях в хорошо подготовленной пиле) оказывает толщина срезаемой стружки, которая при постоянном и наибольшем кинематическом угле встречи определяется подачей на зуб (рис. 3). При указанных ско-

ростях резания скорость подачи может быть доведена до 150 м/мин, при $u_z = 1$ мм и пиле с $z = 60$. Это было проверено на предприятиях Кирова, Красноярска, Архангельска.

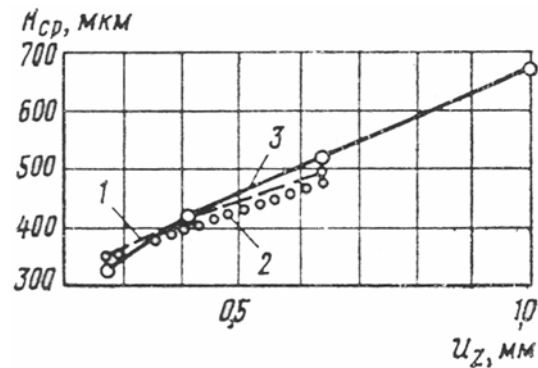


Рис. 3. Зависимость глубины неровностей (шероховатости поверхности распила) от величины подачи на зуб: $\theta_{\text{ср}} = 61^\circ$; 1 – $v = 20$ м/с; 2 – $v = 60$ м/с; 3 – $v = 100$ м/с

В формировании поверхности распила главную и определяющую роль играют не боковые кромки, а короткая режущая кромка, создающая в древесине опережающие трещины. В тех случаях, когда наибольшая толщина опилок меньше зазора между пилой и стенками пропила, они не заполняют междузубных впадин и под воздействием составляющих силы инерции в больших количествах попадают в пропил, ухудшая условия работы пил.

При увеличении скорости резания с сохранением постоянной подачи на зуб (при всех прочих равных условиях) мощность, расходуемая на резание, растет более интенсивно, чем производительность. При увеличении скоростей резания и подачи в 6 раз мощность, расходуемая на резание, возрастает в 9 раз.

В 1955 г. в Белорусском лесотехническом институте исследователи пришли к выводу, что при выполнении условий зависимости (1) у пил большого диаметра зубья располагаются более выгодно относительно распиливаемого материала, из-за чего с ростом скорости резания должны уменьшиться удельная работа, усилия резания и шероховатость поверхности распила.

$$a + H < R \cos \delta, \quad (1)$$

где a – высота подъема стола станка, мм;
 H – высота пропила, мм;
 R – радиус пилы, мм;
 δ – угол резания, град.

Для объективной оценки процесса пиления ЦНИИМОД совместно с БЛТИ, провел специальные опыты по согласованной методике двумя способами. В них были соблюдены условия зависимости (1). В первом случае скорость резания изменялась в пределах 58-100 м/с путем увеличения частоты вращения пильного вала при постоянном диаметре пилы, во втором – скорость резания изменялась в том же диапазоне в результате увеличения диаметра пилы от 300 до 500 мм при постоянной частоте вращения пильного вала. Оба способа позволили получить одинаковые закономерности, пока-

зывающие увеличение удельной работы с ростом скорости резания и отсутствие влияния этой скорости на шероховатость поверхности распила. Это полностью подтвердило выводы автора.

В 1966 г. З.Д. Читидзе, в 1969 г. Б.Б. Миндели (МЛТИ), в 1971 г. В.В. Шуин (АЛТИ) провели серию опытов, связанных с исследованием влияния скорости резания на процесс продольного пиления круглыми пилами древесины хвойных и твердых лиственных пород, на специальных экспериментальных установках, оснащенных современной измерительной аппаратурой, а у Б.Б. Миндели – и кинофотосъемочной аппаратурой. При изменении скорости резания все остальные факторы сохранялись постоянными. Основные общие выводы, сделанные по выполненным работам, приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Параметры	Н.К. Якунин, ЦНИИМОД $v = 20; 40; 60; 80; 100; 120$ м/с $u_z = 0,26; 0,41; 0,64$ мм $H = 20; 40; 60$ мм	З.Д. Читидзе, МЛТИ $v = 32; 42,5; 64,3; 74,7; 94,3$ м/с $u_z = 0,2; 0,7$ мм $H = 40; 60; 80$ мм	Б.Б. Миндели, МЛТИ $v = 0,477; 30; 59; 5; 89$ м/с $u_z = 0,27; 0,54$ мм $H = 20; 40; 60; 80$ мм	В.В. Шуин, АЛТИ $v = 20; 39,6; 50,2; 60,7; 80; 104$ м/с $u_z = 0,025; 1,2$ мм $H = 30; 60; 80; 100; 120$ мм
Мощность резания N , кВт	Растет с увеличением v , опережая рост скорости подачи	Растет с увеличением v	Растет с увеличением v	Растет с увеличением v
Усилие резания P_v , кгс	При $v = 20 \div 40$ м/с P_v уменьшается, а при $v = 60 \div 120$ м/с P_v растет. P_v наименьшее при $v = 40 \div 60$ м/с	P_v имеет наименьшее значение при $v = 50$ м/с. При $v > 50$ м/с P растет	P_v имеет оптимальные значения при $v = 30; 59,5$ м/с	При $v = 20 \div 40$ м/с P_v уменьшается, а затем растет
Удельная работа резания K , кгс м/см ³	С ростом v от 20 до 40 м/с K уменьшается, при увеличении от 60 до 120 м/с – K растет. Наименьшее значение K имеет при $v = 40 \div 60$ м/с	Наименьшее значение K имеет при $v = 50$ м/с, при $v > 50$ м/с K растет	С увеличением v от 0,477 м/с K сначала уменьшается, а затем интенсивно растет. Наименьшее значение K находится в диапазоне $v = 30 \div 60$ м/с	С увеличением v от 20 до 40 м/с K уменьшается, а затем растет
Шероховатость поверхности распила	Не зависит от v	Не зависит от v	Не зависит от v	–
Колебания (вибрация) пильного диска	С ростом v от 33 до 81 м/с амплитуда колебаний имеет наименьшее значение при $v = 66$ м/с	С ростом v от 74,7 м/с колебания диска уменьшаются, а затем растут	–	–

Решающее влияние на шероховатость поверхности распила оказывает толщина срезаемой стружки e , определяемая при постоянном наибольшем кинематическом угле встречи подачей на зуб (см. формулу (6)).

Аналогичный характер изменения удельной работы резания в зависимости от скорости резания и отсутствие ее влияния на шероховатость поверхности обнаружили и при фрезеровании А.К. Петруша (ЛТА, 1953 г., $v = 4,5 \div 50$ м/с), М.М. Козел (БЛТИ, 1955 г., $v = 30 \div 90$ м/с), Н.А. Кряжев (МЛТИ, 1963 г., $v = 14, 19, 28, 38, 50$ м/с).

В 1958–1961 гг. П.П. Есипов (ЦНИИ-МОД) выявил, что при поперечном пилении древесины скорость резания (в пределах $v = 31,4; 50; 75; 95,5$ м/с) при всех прочих равных условиях не оказывает влияния ни на удельную работу резания, ни на шероховатость поверхности распила. Шероховатость поверхности также определяется толщиной срезаемой стружки.

В 1961 г. А.Е. Феоктистов (ЦНИИ-МОД) обнаружил, что при пилении древесины ленточными пилами скорость резания в исследованном диапазоне 25–45 м/с и прочих равных условиях не оказывает влияния на силовые параметры и что основное влияние на них оказывает подача на зуб.

Таким образом, приведенные работы дают основание считать установленными при продольной распиловке древесины круглыми пилами как закономерность изменения усилия и удельной работы резания, наличие оптимальных скоростей резания в диапазоне 40–60 м/с, отсутствие влияния ее на шероховатость поверхности распила. Эти выводы являются объективными.

Отсутствие влияния скорости резания на шероховатость поверхности распила и сложный характер изменения удельной работы и усилия резания можно объяснить сложностью процесса стружкообразования, удаления опилок и образования поверхности распила. Поверхности распила при продольном пилении древесины круглыми пилами образуются не боковыми режущими кромками, а ненаправленными опережающими

боковыми трещинами, распространяющимися вдоль волокон и возникающими под действием короткой режущей кромки, которые в итоге предопределяют и образуют поверхность раздела (пропила). В связи с этим, если стружка срезается быстрее, чем распространяются опережающие трещины, создающие в древесине остаточные деформации, или если опережающие трещины находятся в пределах толщины срезаемого слоя, то поверхности распила будут образовываться в результате перерезания волокон короткой и боковыми режущими кромками. В этом случае поверхность будет чистой.

Если скорость распространения опережающих трещин (остаточных деформаций) больше скорости срезания стружки или если опережающие трещины распространились за пределы толщины срезаемого слоя, то поверхность распила будет образовываться не боковыми и не короткой режущими кромками, а теми ненаправленными остаточными деформациями от опережающих трещин, которые возникли в древесине от действия предыдущего зуба и привели к разрушению связи между волокнами.

Используя теоретические выводы и зависимости доктора техн. наук С.А. Воскресенского и канд. техн. наук Н.А. Кряжева, базирующиеся на прочностных характеристиках древесины, можно определить скорости резания, необходимые для срезания стружки без образования остаточных деформаций и опережающих трещин

$$v = \sqrt{\frac{\sigma_{\parallel} g c e}{3\sigma_{\perp} \gamma \cos \delta}}, \quad (2)$$

где σ_{\parallel} – предел прочности древесины при изгибе вдоль волокон, кгс/мм²;

g – ускорение свободного падения (9,81 м/с²);

c – коэффициент упругости древесины, кг/мм³;

γ – объемная масса древесины, г/см³;

δ – угол резания;

σ_{\perp} – предел прочности древесины при растяжении поперек волокон, кгс/мм²;

e – толщина срезаемой стружки, мм.

Для сосны, использованной в опытах, эти значения были: $\sigma_{\perp} = 7,9 \text{ кгс/мм}^2$; $\sigma_{\parallel} = 0,16 \text{ кгс/мм}^2$; $c = 1,4 \text{ кг/мм}^3$; $\gamma = 0,52 \text{ г/см}^3$; $\delta = 60^\circ$.

Подставив эти значения в формулу (2), получим

$$v = \sqrt{0,87 \cdot 10^6 e} = 933\sqrt{e} \text{ м/с.} \quad (3)$$

Тогда скорость, при которой не будут возникать опережающие трещины, для различной толщины стружки будет равна

$e, \text{ мм}$	$v, \text{ м/с}$	$e, \text{ мм}$	$v, \text{ м/с}$	$e, \text{ мм}$	$v, \text{ м/с}$
0,01	93	0,2	417	1,4	1103
0,02	132	0,4	590	1,6	1180
0,04	187	0,6	722	1,8	1251
0,06	228	0,8	834	2,0	1319
0,08	264	1,0	933	3,0	1615
0,1	295	1,2	1022	4,0	1865

Из приведенных данных видно, что во всех указанных опытах продольной распиловки круглыми пилами поверхность распила образовывалась за счет остаточных деформаций, образуемых опережающими трещинами, поскольку скорость их распространения была выше примененных скоростей резания.

На изменение удельной работы и усилий резания определяющее влияние оказывает ряд факторов. Значительные усилия расходуются на преодоление упругих и пластических деформаций, а также на образование остаточных деформаций новых опережающих трещин в распиливаемой древесине срезании стружек-опилок; на преодоление сил инерции опилок и их трения о пилу и стенки пропила. Очевидно, при скоростях резания от 20 до 50 м/с решающее значение имеют силы, идущие на преодоление упругих и пластических деформаций и на образование остаточных деформаций в распиливаемой древесине, а при скоростях резания 60–120 м/с происходит интенсивное увеличение сил инерции опилок и трения их между пилой и стенками пропила (опилки более интенсивно попадают в пропил под действием сил инерции). В результате усилия, идущие на преодоление сил трения и возросших сил инерции опилок, начинают преобладать

над усилиями, необходимыми для преодоления указанных деформаций.

Т а б л и ц а 2

Диаметр пил, мм	Число зубьев пил (ГОСТ 980 – 80)		Диапазон изменения u_z при $u = \text{const}$ $n = \text{const}$ <u>прод.</u> попереч.
	для продольной распиловки	для поперечной распиловки	
200	24,48,60	36,72,96	$\frac{1:2:2,5}{1:2:2,7}$
250	36,48,60	72,96	$\frac{1:2:2,5}{1:1,34}$
315	36,48,60	72,96	$\frac{1:2:2,5}{1:1,34}$
360	36,48,60	72,96,120	$\frac{1:2:2,5}{1:1,34:1,67}$
400	36,48,60	72,96,120	$\frac{1:2:2,5}{1:1,34:1,67}$
450	36,48,60	72,96,120	$\frac{1:2:2,5}{1:1,34:1,67}$
500	36,48,60	72,96,120	$\frac{1:2:2,5}{1:1,34:2,5}$
560	36,48,60	72,96,120	$\frac{1:2:2,5}{1:1,34:2,5}$
630	36,48,60	72,96,120	$\frac{1:2:2,5}{1:1,34:1,67}$
710	36,48,60	72,96,120	$\frac{1:2:2,5}{1:1,34:1,67}$
800	48,60	72,96,120	$\frac{1:1,25}{1:1,34:1,67}$
900	72	72,96,120	$\frac{1}{1:1,34:1,67}$
1000	48,72	72,96,120	$\frac{1:1,25}{1:1,34:1,67}$
1250	48,72	72,96,120	$\frac{1:1,25}{1:1,34:1,67}$
1500	72	72,96,120	$\frac{1}{1:1,34:1,67}$
1600	72	72,96,120	$\frac{1}{1:1,34:1,67}$

Кроме того, известно, что при увеличении скорости нагружения (в данном случае скорости приложения сил резания зубом пилы) древесина в зоне контакта с передней гранью и короткой режущей кромкой сильно уплотняется и приобретает повышенные прочностные свойства, приближающиеся к свойствам изотропных материалов. В связи с этим на отделение стружки в этих условиях требуются и большие усилия.

Исследованиями установлено, что при сжатии вдоль волокон и изгибе прочность древесины увеличивается на 8 % при каждом десятикратном увеличении скорости нагружения. При увеличении скорости нагружения в 10 тыс. раз (около 48 м/с) по сравнению со статическим нагружением предел прочности сухой древесины увеличивается на 31 %, сырой – на 44 %, модуль упругости возрастает примерно на 14 %.

При скорости резания 100–120 м/с прочностные свойства древесины растут соответственно на 65–78 %. При этом сила инерции опилок также увеличивается и вызывает рост мощности, затрачиваемой на их удаление, с 0,0057 кВт при $v = 20$ м/с; $u_z = 0,26$ мм; $u = 12,87$ м/мин до 1,66 кВт при $v = 120$ м/с; $u_z = 0,26$ мм; $u = 77$ м/мин. Мощность, расходуемая на ускорение стружки, может быть подсчитана по формуле

$$N = \frac{Hbv^2\gamma(100+W)}{11940}, \quad (4)$$

где H – высота пропила, м;
 b – ширина пропила, м;
 u – скорость подачи, м/мин;
 v – скорость резания, м/с;
 γ – объемная масса, г/см³;
 W – влажность, %.

Для условий опытов, когда $H = 60$ мм; $b = 3,6$ мм; $\gamma = 0,52$ г/см³; $W = 20$ %, эта формула принимает следующий вид:

$$N = 0.00000154 uv^2. \quad (5)$$

Можно утверждать, что при повторении опытов, о которых было сказано, и сохранении в них сопоставимых условий будут получены такие же результаты, как и в указанных работах. В связи с этим дальнейшие усилия должны быть направлены на разработку рекомендаций по подчинению описанных выводов интересам производственной практики. Используя приведенные результаты работ, можно сформулировать ряд практических рекомендаций.

При высококачественной подготовке пильных дисков и зубьев, исправном состоянии круглопильных станков и всех прочих равных условиях шероховатость поверхности распила зависит только от толщины срезаемой стружки, которая при постоянном наибольшем кинематическом угле встречи определяется подачей на зуб. Чем меньше толщина срезаемой стружки, тем чище поверхность распила и наоборот. Следовательно, надо уметь влиять на толщину срезаемой стружки.

На схеме образования стружки (рис. 4) видно, что ее толщина e изменяется в зависимости от положения зуба в пропиле. Она наименьшая при входе зуба в пропил и наибольшая – при выходе из него. При этом подача на зуб u_z по всей толщине распиливаемого материала одинакова:

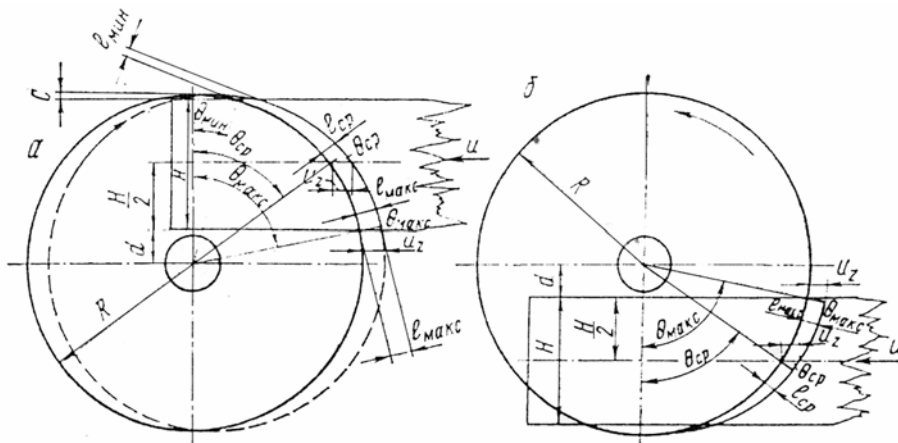


Рис. 4. Схема образования стружки при пилении древесины круглыми пилами с расположением пильного вала: а – нижним; б – верхним

$$e = u_z \sin\theta; \quad (6)$$

$$u_z = \frac{1000u}{nz}; \quad (7)$$

$$\theta_{\min} = \arccos \frac{a+H}{R}; \quad (8)$$

$$\theta_{\text{cp}} = \arccos \frac{2a+H}{D}; \quad (9)$$

$$\theta_{\text{cp}} = \arccos \frac{a}{R}. \quad (10)$$

Выразив $\sin \theta$ через $\cos \theta$, получим:

$$e_{\min} = \frac{u_z \sqrt{R^2 - (a+H)^2}}{R}; \quad (11)$$

$$e_{\text{cp}} = \frac{u_z \sqrt{R^2 - (2a+H)^2}}{R}; \quad (12)$$

$$e_{\text{cp}} = \frac{u_z \sqrt{R^2 - a^2}}{R}, \quad (13)$$

где e – толщина стружки, мм;
 u_z – подача на зуб, мм;
 H – высота пропила, мм;
 D – диаметр пилы, мм;
 θ – угол встречи, °;
 n – частота вращения пильного вала, об/мин;
 z – число зубьев пилы, шт.

Из рис. 4 и формул (6), (9) следует, что стружка малой толщины образуется при небольшом диаметре пилы и малых углах встречи, особенно на выходе из пропила. Отсюда практический вывод: для получения

чистой поверхности распила необходимо работать пилами минимально допустимого диаметра при малых подачах на зуб и большой высоте подъема стола. При разработке конструкций конкретных круглопильных станков это обстоятельство необходимо учитывать. Следует закладывать технические средства, обеспечивающие изменение высоты расположения стола станка относительно пильного вала или высоты подъема пилы относительно рабочей поверхности стола станка. Выход пил из пропила не должен превышать 10 мм для пил диаметром до 600 мм и 40 мм при $D \geq 600$ мм.

Из выражения (7) видно, что подачу на зуб можно уменьшить тремя путями:
 уменьшением скорости подачи u ;
 увеличением числа зубьев пилы z ;
 увеличением частоты вращения пильного вала n .

Конструкции многих типов круглопильных станков – прирезные ребровые, многопильные – имеют соответствующие технические средства для ступенчатого или бесступенчатого изменения скорости подачи в определенных пределах. В таких станках скорость подачи регулируется изменением положения переключателя или регулятора. Однако уменьшение скорости подачи не всегда приемлемо, поскольку при этом уменьшается производительность станка.

Т а б л и ц а 3

Диаметр пил, мм	Число зубьев (ГОСТ 9769–69)			Диапазон изменения u_z при $n = \text{const}$ и $u_z = \text{const}$		
	для продольной и поперечной распиловки древесностружечных плит, фанеры, фанерованных щитов, облицованных древесноволокнистых плит	для продольной распиловки клееной древесины, древесноволокнистых плит	для высококачественной поперечной распиловки фанерованных щитов	продольная и поперечная распиловка древесностружечных плит, фанеры, фанерованных щитов, облицованных древесноволокнистых плит	продольная распиловка клееной древесины, древесноволокнистых плит	высококачественная поперечная распиловка фанерованных щитов
200	24, 36	16, 24, 36	–	1:1,5	1:1,5:2,35	–
250	24, 36, 56	16, 24, 36	–	1:1,5:2,3	1:1,5:2,35	–
320	36, 56, 72	24, 36, 56	56, 72	1:1,56:2,0	1:1,5:2,0	1:1,3
360	36, 56, 72	24, 36, 56	72, 96	1:1,56:2,0	1:1,5:2,0	1:1,34
400	36, 56, 72	24, 36, 56	72, 96	1:1,56:2,0	1:1,5:2,0	1:1,34
450	–	36, 56	–	–	1:1,5	–

При неизменной частоте вращения пильного вала более рациональным способом уменьшения подачи на зуб является увеличение числа зубьев пилы. ГОСТ 980-80 «Пилы круглые плоские для распиловки древесины»; ГОСТ 9769-79 «Пилы дисковые дереворежущие с пластинками из твердого сплава», ГОСТ 18479-73 «Пилы круглые строгальные для распиловки древесины» предусматривают выпуск пил с различным числом зубьев (табл. 2, 3, 4).

Это позволяет уменьшать подачу на зуб в 1,2-2,7 раза. Следовательно, в инструментальных кладовых для конкретных станков необходимо иметь пилы разных диаметров и толщины с различным числом зубьев. В тех случаях, когда к поверхности распила предъявлены повышенные требования, следует взять в инструментальной кладовой пилу минимального диаметра (допустимого для конкретных условий) с наибольшим числом зубьев. Из табл. 2, 3, 4 следует, что число зубьев пил диаметром 315-800 мм целесообразно увеличить с таким расчетом, чтобы можно было изменять подачу на зуб в диапазоне 1 : 4; 1 : 6, т. е. иметь не три, а пять – семь значений чисел зубьев (36, 54, 72, 90, 100, 128, 144). В этом случае уменьшится междузубная впадина, но этого бояться не следует, так как пилы будут работать при малых подачах на зуб и при распространенных высотах реза впадина опилками не заполняется.

Уменьшать подачу на зуб увеличением частоты вращения пильного вала довольно сложно. Обычно это связано с изменением конструкции станка: заменой приводных шкивов при ременной передаче, заменой электродвигателя при встроенном приводе, использованием подшипников повышенной точности, применением специальных цельнотканых приводных ремней, изменением частоты тока с использованием специальных высокочастотных электродвигателей, применением постоянного тока и т. д. Все это неизбежно ведет к значительным затратам времени и средств. В связи с этим этот метод уменьшения подачи на зуб необходимо применять тогда, когда более простыми спо-

собами не удастся повысить производительность станка и улучшить чистоту поверхности распила.

К круглым пилам, оснащенным пластинками твердого сплава, подходить надо несколько иначе. Исследовательскими работами установлено, а производственной практикой подтверждено, что пластинки твердого сплава работают стабильно (без поломок и выкрашиваний) только при малых подачах на зуб. При этих условиях в ряде случаев их стойкость превышает стойкость режущих кромок зубьев обычных пил более чем в 30 раз. Поэтому для таких пил рекомендуется применять повышенные скорости резания (около 80 м/с). При этих скоростях резания и малых подачах на зуб износостойкость твердого сплава не снижается. В этих условиях эффективность от твердосплавных пил выше, чем затраты на перерасход энергии и эксплуатацию станка. При этом следует иметь в виду, что, увеличив скорость резания, необходимо сразу же увеличить проковку (ослабление) средней зоны пильных дисков. Нормативов проковки пил для скоростей резания более 60 м/с не разработано, поэтому величину проковки необходимо подбирать с учетом конкретных условий. Для $v = 80-90$ м/с проковку необходимо увеличить примерно в 1,5 раза в сравнении с проковкой, приведенной в ГОСТ 980-63 (табл. 6). Серьезным недостатком ГОСТ 9769-79 на пилы с пластинками твердого сплава является отсутствие в нем рекомендаций по величинам ослабления средней зоны, что не позволяет заводу-изготовителю выпускать работоспособные пилы.

Т а б л и ц а 4

Диаметр пил, мм	Число зубьев (ГОСТ 18479-73)		Диапазон изменения u_z при $n = \text{const}$ и $u = \text{const}$	
	для продольной распиловки	для поперечной распиловки	продольная распиловка	поперечная распиловка
200	48, 60	60	1:1,25	–
250	48, 60	72	1:1,25	–
315	60, 72	72, 96	1:1,2	1:1,2
360	60, 72	72, 96	1:1,2	1:1,2
400	60, 96	96	1,6	–

В 1954-1956 гг. на страницах наших отраслевых журналов рассматривалось так называемое скоростное резание с пониженным энергопотреблением. Попытки осуществить это предложение на практике с целью улучшения качества пропила и повышения производительности станка автору не раз приходилось видеть на лесопильных и мебельных предприятиях в 1973–1975 гг.

Сущность этого предложения состоит в том, что одновременно с увеличением частоты вращения пильного вала рекомендуется уменьшить во столько же раз (или несколько меньше) число зубьев пилы. Это предложение не может дать ни улучшения чистоты поверхности распила, ни увеличения производительности станка, поскольку главный фактор – толщина срезаемой стружки (и подача на зуб) при всех прочих равных условиях здесь не изменяется. Это можно видеть и из формул (6), (7).

Допустим, что частоту вращения пильного вала увеличили в 2 раза и одновременно уменьшили в 2 раза число зубьев на пиле. Используя выражение (4), получаем

$$u_z = \frac{1000u}{2nz/2} = \frac{1000u}{nz}. \quad (14)$$

Из формулы (14) видно, что подача на зуб не изменилась, а так как скорость резания сама по себе не влияет на шероховатость поверхности, то последняя не улучшится, а это не позволит увеличить и производительность станка из-за неизбежного ухудшения качества распила. Следовательно, переделка станка, увеличение частоты вращения пильного вала и затраты на перенасечку зубьев на пиле никакого положительного результата дать не могут, и этим методом пользоваться не следует.

Результаты указанных работ были использованы и при изготовлении пил. Известно, что проковка круглых пил и подготовка пильных дисков к работе дело сложное, тонкое и требует высококвалифицированных специалистов.

Для обеспечения нормальной работы пил необходимы проверенные нормативы проковки, характеризуемой на практике ве-

личиной прогиба средней части пилы, расположенной на трех опорах в горизонтальной плоскости. В литературе встречаются попытки дать нормативы ослабления средней зоны круглых пил для различных скоростей резания. К сожалению, эти нормативы очень редко дают положительные результаты.

Сложность заключается и в другом. Завод-изготовитель выпускает более 500 тыс. круглых пил в год. Каждая пила должна быть отрихтована (выправлена) и прокована.

Как рихтовка, так и проковка пильных дисков осуществляются вручную. Опытный пилоправ, благодаря приобретенному навыку, как бы осязает, чувствует исходное, внутреннее состояние пилы и наносит удары молотком в тех местах, где это необходимо.

Попытки механизировать эту операцию, например вальцовкой, положительных результатов не дали, поскольку неизвестно исходное состояние пилы и распределение в ней внутренних напряжений, а это не позволяет заранее назначить и осуществить требуемый режим сплошного или выборочного вальцевания. Поэтому требование, предъявляемое иногда к заводу-изготовителю, поставлять полностью подготовленные пилы для всех режимов пиления, следует считать необоснованным. Отсутствие регламентированных скоростей резания до 1963 г. приводило на практике к обезличенной и ненормированной проковке пил, которые, поступив на лесопильно-деревообрабатывающие предприятия, подвергались перепроковке, так как заводская проковка, как правило, не соответствовала режиму работы станка.

На основании проведенных работ автором были разработаны нормативы проковки круглых пил для оптимальных скоростей резания (40–60 м/с). Завод-изготовитель стал проковывать круглые пилы для этих скоростей резания. В 1963 г. эти проковки были включены в ГОСТ 980–63, который в 1969 г. заменен расширенным ГОСТ 980–69 на круглые пилы. В этом ГОСТе уточнены нормативы проковок для пил больших диаметров (1000–1500 мм).

Все круглые пилы, выпускавшиеся заводом-изготовителем по ГОСТ 980–69, проковывались для скоростей резания 40–60 м/с. Таким образом, впервые удалось организационно увязать между собой скорость резания, проковку пил, конструкцию станка и эксплуатацию пил. В тех случаях, когда станки обеспечивали эти скорости, новые пилы проковывать не требовалось.

В 1980 г. утвержден ГОСТ 980–80 на круглые пилы, который сделал величины проковок, практически обезличенными и этим ухудшил качество и стабильную работу пил.

Основываясь на перечисленных работах, автор разработал режимы пиления для хвойных и лиственных пород, опубликованные ранее, и классы шероховатости поверхности распила (табл. 5) в зависимости от толщины стружки и подачи на зуб при продольном пилении древесины хвойных пород круглыми пилами с разведенными и плющенными зубьями, которые полностью соответствуют классам шероховатости, предусмотренным ГОСТ 7016–68 «Древесина. Классы шероховатости и обозначения».

В заключение необходимо остановиться еще на одном вопросе, имеющем большое практическое значение. В различных отраслях промышленности периодически осуществляется оценка технического уровня выпускаемой продукции. Для этого соответствующие организации отбирают лучшие модели известных отечественных и зарубежных аналогичных станков и проводят сравнение их конструкции, в том числе и технических характеристик.

Если какие-то режимные параметры сравниваемого станка ниже аналогичных параметров лучших отечественных или зарубежных аналогов, то такие станки обычно оцениваются находящимися ниже уровня, относятся ко второй категории качества и в последующем подлежат снятию с производства. Механический подход к этому вопросу может привести к ошибочным результатам.

Рассмотрим это на примере. Допустим, что сравниваются два двухпильных обрезающих станка. Станок № 1 имеет скорость

резания 50 м/с, скорость подачи 120 м/мин (диаметр пилы 400 мм, число зубьев пилы 60). Станок № 2 имеет скорость резания 80 м/с, скорость подачи 120 м/мин (диаметр пилы 600 мм, число зубьев пилы 36).

Если не учитывать результаты приведенных работ, первый станок следует отнести ко второй категории качества. Если же учесть результаты и выводы приведенных работ, следует отметить, что оба станка обеспечивают одинаковое качество поверхности распила, соответствующее 3-му классу шероховатости поверхности, но второй станок на ту же работу энергии расходует больше и готовить пилу для него труднее. Кроме того, на обрезающих станках обычно обрезаются доски толщиной не более 80 мм, поэтому диаметр пилы и остальные параметры станка здесь без надобности завышены. В связи с этим оценка станков должна быть прямо противоположной. Станок № 2 следует отнести ко второй категории качества, так как он требует повышенных энергетических и материальных затрат на единицу продукции и на эксплуатацию.

Следовательно, в таких случаях необходимо подходить дифференцированно, с учетом конкретных условий и результатов имеющихся научно-исследовательских работ.

За последние годы стали появляться проекты ГОСТов на основные параметры и размеры круглопильных станков. В этих проектах указывается, что скорость резания должна быть не менее 60 м/с. Из всего изложенного видно, что такая запись противоречит как объективным результатам научно-исследовательских работ, так и нормативам проковки круглых пил, заложенным в ГОСТ 980–69. Реализация такой записи на практике приведет к скоростям резания более 60 м/с, а это вынудит работников предприятий-потребителей перепроковывать все поступающие круглые пилы, что неизбежно нанесет большой ущерб промышленности. Поэтому возникновение указанных записей следует объяснить слабой проработкой таких проектов ГОСТов. Кроме того, из теории и практики известно, что круглые пилы большого диаметра труднее править и про-

ковывать, и в работе они менее устойчивы, чем пилы малого диаметра. Однако применение круглых пил малого диаметра, при той же частоте вращения пильного вала ведет к снижению скорости резания (часто менее 50 м/с), что запрещено правилами по технике безопасности. В результате конструкторы

при разработке круглопильных станков вынуждены увеличивать как диаметры круглых пил, так и частоту вращения пильных валов, обеспечивая этим скорость резания 50 м/с и более. И то и другое ведет к нерациональному увеличению габаритных размеров станков и усложнению их конструкции.

Т а б л и ц а 5

Класс шероховатости по ГОСТ 7016-68	Характеристика поверхности	Глубина неровностей максимальная мкм, не более	Наибольшая толщина срезаемой стружки, мм, для зубьев (не более)		Подача на зуб, мм, при диаметре пилы 500 мм и наибольшем угле встречи 68° для зубьев (не более)	
			разведенных	плющенных	разведенных	плющенных
1-й	Очень грубая, рваная, имеются глубокие вырывы волокон и риски глубиной до 2,5 мм и рваные кромки; для изделий без строгания не пригодна	1600	2,20	4,40	2,50	5,00
2-й	Грубая, имеются вырывы волокон и риски глубиной до 1,2 мм и рваные кромки при выходе пилы из пропила	1200	1,56	3,12	1,80	3,60
3-й	Шероховатая, имеются вырывы волокон и риски глубиной до 0,8 мм; применяется без строгания (если к поверхности предъявляются низкие требования)	800	1,04	2,08	1,20	2,40
4-й	Шероховатая, имеются риски и вырывы волокон глубиной до 0,5 мм; может быть использована для деталей без строгания	500	0,52	1,04	0,60	1,20
5-й	Чистая, имеются незначительные риски глубиной до 0,32 мм; может быть использована для деталей, не требующих строгания	320	0,26	0,52	0,30	0,60
6-й	Чистая, неровности глубиной до 0,2 мм; может быть использована для деталей, не требующих строгания	200	0,16	0,32	0,19	0,38
7-й	Чистая, близкая к строганой, глубина неровностей до 0,1 мм	100	0,08	0,16	0,09	0,18
8-й	Чистая, глубина неровностей до 0,06 мм	60	0,04	0,08	0,05	0,10

Станок	Диаметр пил, мм	Частота вращения, об/мин	Скорость резания, м/с	Число зубьев пилы, шт.	Скорость подачи, м/мин	Подача на зуб, мм
Фирмы «Антон»	300	5500	91	36, 48, 56	21	0,1; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05
	350	4500	83	60, 72	12	0,07; 0,055; 0,047; 0,044; 0,037
Фирмы «Швабедисен»	400	3000	60	60, 72	20	0,186; 0,14; 0,12; 0,11; 0,093
	430	3000	63	60, 72	20	0,186; 0,14; 0,12; 0,11; 0,093
ЦТМФ	400	2880	59	60, 72	14-21	0,135; 0,068; 0,2; 0,1
	320	3660	61	60, 72	12	0,09; 0,045

Очевидно, некоторые ГОСТы, касающиеся круглопильных станков, и некоторые правила целесообразно пересмотреть и там, где имеются такие записи, внести соответствующие уточнения. Наиболее правильной будет такая запись: «Скорость резания не менее 40 м/с». Незнание закономерностей влияния скорости резания на процесс пиления иногда приводит к весьма нежелательным последствиям. Например, мебельной промышленности для раскроя древесностружечных плит поставлены круглопильные станки различных фирм. Эти станки имеют основные технико-технические данные, приведенные в табл. 6. У всех этих станков, имеющих одно назначение, разные режимы пиления, а у станка фирмы «Антон» частота вращения пил без надобности завышена, и он создает больший шум, чем другие станки. Учитывая все изложенное, для сохранения хорошей поверхности распила необходимо выдерживать подачу на зуб в пределах 0,05...0,2 мм, а это можно получить, например, при следующих условиях: $n = 2500$ об/мин; $z = 60; 72; 90$ шт. Тогда при

$u = 12$ м/мин подача на зуб соответственно будет равна $u_z = 0,071; 0,059; 0,048$ мм, а при $u = 21$ м/мин $u_z = 0,125; 0,105; 0,083$ мм.

Учитывая, что уровень шума пропорционален квадрату окружной скорости пил и четвертой степени частоты вращения пил, можно при уменьшении n ожидать снижения уровня шума, например, на станке фирмы «Антон» на 7-8 дБ, без ухудшения качества поверхности распила.

Автор не ставил перед собой задачу рассмотреть все работы по круглым пилам, выполненные за последние годы в различных организациях: ЛТА, МЛТИ, АЛТИ, ЦНИИ-МОДе и др. Автор рассмотрел только те работы, результаты которых ближе к производственной практике. Автор надеется, что приведенные практические рекомендации будут способствовать правильному выбору способов повышения производительности круглопильных станков и качества вырабатываемой продукции, а краткие сведения о некоторых ранее выполненных работах помогут исключить повторения и разработку необоснованных технических рекомендаций.

О РАБОТЕ С КАДРАМИ В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ В ПОСЛЕВОЕННОЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ

Э.А. ДУРМАНОВА, *доцент*

Героический труд тружеников страны по восстановлению разрушенного народного хозяйства и его развитию – замечательная страница в летописи отечественной истории.

Война нанесла огромный ущерб народному хозяйству СССР. Страна потеряла одну треть национального богатства. Советский Союз потерял 27 млн. человек – в основном наиболее трудоспособную часть населения. По общему объему производства промышленной продукции страна была отброшена к уровню 1938 года. Это имело отношение и к лесной промышленности.

Гитлеровцами было уничтожено 260 лесопильных и деревообрабатывающих, 28 фанерных заводов, 14 спичечных фабрик, 77 бумажно-целлюлозных предприятий страны с годовой производительностью в 300 тыс. тонн бумаги.

Работа с кадрами в послевоенный период в лесной отрасли представляет определенную значимость и в современных условиях.

В послевоенные годы в лесной отрасли одной из ведущих проблем являлась работа с кадрами. Важно было при этом увеличить кадры постоянных рабочих на лесозаготовках и на основе повышения производительности труда обеспечить выполнение ими не менее 75 % общего объема работ.

Большое значение для улучшения кадровой политики в отрасли имело постановление ЦК ВКПб и Совета Министров СССР «О механизации лесозаготовок, освоении новых лесных районов и создании необходимых условий для закрепления рабочих и инженерно-технических кадров Министерства лесной промышленности СССР» от 7 августа 1947 года.

Это постановление положило начало коренной перестройке лесной промышленности, из отрасли, в которой преобладал ручной труд, в отрасль механизированную, затрагивало широкий круг вопросов, в том числе: поставку отрасли большего количества строительного-дорожного техники, транспортных средств, тракторов, автомобилей, металлорежущих станков для создания своей ремонтной базы, деревообрабатывающего оборудования; особое внимание уделялось освоению новых лесных массивов; созданию необходимых условий для закрепления рабочих, инженеров и техников.

После войны общий уровень производительности труда в лесной промышленности оставался низким. Производительность труда по лесозаготовке и вывозке леса в 1946 году была на 19 процентов ниже ее уровня 1940 года. Большое число рабочих не выполняло нормы выработки, что являлось результатом низкой квалификации людей, привлекаемых на лесозаготовки. Причины низкой производительности труда на лесозаготовках – это неуплотненный рабочий день, простой механизмов, плохая организация труда и текучесть рабочей силы. Например, в Гусевском леспромхозе треста Владимирлес в январе 1947 года 20 лесорубов работали по 5,5 часов вместо 8. В Афанасьевском леспромхозе треста Кирлес день трелевщиков ограничивался 4 часами. Имело место большое количество внутрисменных простоев.

Таким образом, резервы мощности промышленности теряла из-за плохой организации использования механизмов на лесотранспортных работах.

Немало потерь рабочего времени было из-за неудовлетворительной расстановки

рабочей силы и использования большого количества рабочих, на всякого рода вспомогательных работах.

Так, на предприятиях треста Уралзападлес во II квартале 1947 года на основных работах было занято лишь 54,6 % всех рабочих, в III квартале этот процент снизился до 45,9 %, в сентябре 1947 года – до 37,8 %.

Особое значение имело также невнимание к бытовым нуждам работающих. Так, в Ефимовском леспромхозе Ленинградской области никто не побеспокоился о том, чтобы организованно подвозить рабочих. Рабочие ходили пешком 20 км.

Несмотря на то, что в соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 6 июня 1947 года Министерство лесной промышленности получило пополнение постоянными кадрами людей и механизмами, в ряде районов страны вопросы механизации лесозаготовительных работ должным образом не решались, опыт передовиков не распространялся.

Так, в газете «Красная Татария» от 18 января 1948 года сообщалось: «В Лубянском леспромхозе, который выполняет план неудовлетворительно, есть замечательные стахановцы. Систематически перевыполняют задания бригадир электропильщиков т. Волков, шофер т. Красильников и др. Но их опыт не стал достоянием всех рабочих. О передовиках соревнования здесь молчат. Их никто не замечает. Одной из причин срыва плана лесозаготовок является нерациональное использование механизмов. Больше всего времени лесорубы теряют на подготовке лесосеки для механизированной заготовки... На вывозке леса из восьми машин используется только пять».

В лесозаготовительной отрасли преобладал ручной труд. Заготовка древесины в первые послевоенные годы производилась на 90 % вручную. Отсутствовали механизмы погрузки и отгрузки древесины. Слабо была развита механизация транспорта. Вывоз леса производился только гужевым транспортом. Неудовлетворительно шло строительство механизированных дорог. В 1947 году 55 % тракторов, 20 % лесовозных автомашин,

25 % паровозов и 45 % мотовозов простаивали в ожидании ремонта.

Недостаточный жилой фонд, благоустроенные поселки, а главное, отсутствие должной борьбы партийных и лесохозяйственных организаций за создание надлежащих условий по закреплению постоянных кадров рабочих, инженеров и техников обусловили исключительно большую текучесть их. Только за 1945 и 1946 годы по предприятиям Министерства лесной промышленности СССР из принятых 370 тысяч рабочих ушло 280 тысяч человек, из принятых 9380 инженеров и техников ушло за этот же период 5822 человека.

Научно-исследовательская работа в области механизации лесозаготовок находилась на крайне низком уровне и не оказывала необходимого влияния на внедрение механизмов на лесозаготовках.

В этот период сложное положение создалось с наличием и подготовкой кадров лесных специалистов.

За два года до войны на Всесоюзном совещании Наркомлеса СССР выяснилось, что, например, в одном тресте 44 директора имели лишь низшее образование. К 1946 году положение ухудшилось. Из 1800 специалистов по лесоустройству Главлесохрана сохранила только 80. И приход специалистов после демобилизации не решил этой проблемы.

В северных районах, на Урале, в Сибири было много предприятий, где не было ни одного специалиста. В 1945 году не был выполнен план по подготовке мотористов электропил, электромехаников и других специальностей. В Восточной Сибири и Дальнем Востоке имелся лишь один техникум.

Поэтому была поставлена задача открыть сеть низших лесных школ с двухгодичным курсом, увеличить контингент поступающих в лесохозяйственные техникумы и вузы.

Главной задачей послевоенных лет для лесной промышленности было наращивание объемов производства и вывозки леса. Быстро развивающееся народное хозяйство

требовало все большего количества сырья для производства целлюлозы и бумаги, рудостойки для шахт, шпал для реконструкции железнодорожных магистралей и, конечно, строительного леса. Для этого надо было широко и повсеместно внедрять индустриальные, высокопроизводительные методы труда.

Четвертая пятилетка вошла в историю лесной промышленности как начальный период массовой механизации тяжелых и трудоемких работ в лесу. Прежде всего, началось внедрение электромоторных пил на валке и раскряжевке деревьев, тракторов, паровозов и мотовозов на вывозке.

Индустрия дала работникам леса лучшую в мире по производительности, легкую и удобную электропилу, превосходный трелевочный трактор «КТ-12», лебедки, автомобили, погрузочные краны. Создатели электропил частоты тока 200 Гц, А.И. Осипов, А.К. Мореев, Н.Ф. Харламов, П.П. Пащиора, К.И. Вороницын, А.П. Горчиев, которые произвели коренной сдвиг в механизации валки леса, и были удостоены в 1949 году Государственной премии. Эти механизмы прочно вошли к концу четвертой пятилетки в производственный арсенал лесозаготовок.

Неузнаваемо изменился труд лесоруба. Появились новые профессии – электропильщик, тракторист, лебедчик и другие. Это требовало расширения подготовки кадров через курсовую сеть школы мастеров, лесотехнические школы и школы ФЗО.

Массовое внедрение электропилы позволило поднять уровень механизации валки и раскряжевки леса с 3,5 % в 1940 году до 38 % в 1950 году.

С 1946 по 1950 год комплексная выработка на одного списочного рабочего выросла с 136 до 207, 6 куб.м.

Внедрение новых машин и механизмов создало необходимые условия для использования на лесозаготовках более прогрессивной технологии. Сущность ее заключалась в замене сортиментной вывозки, вывозкой хлыстов, что резко сокращало трудоемкие работы на делянке, которые были перенесены на нижние склады.

Перевод на вывозку хлыстов стал переломным моментом в этом важном деле. Это резко повысило производительность труда и создало предпосылки для комплексной механизации нижнескладских работ.

Но, несмотря на использование лебедок, автокранов и других механизмов более 80 % древесины грузили в то время вручную. Уровень механизации погрузки леса в 1950 году не превышал 15 %, а на нижних складах при погрузке в вагоны широкой колеи – 25 %.

В связи с переходом на круглогодичную работу в лесу первостепенное значение имело развитие автомобильного и рельсового транспорта. В 1950 году протяженность автомобильных дорог по сравнению с 1940 годом увеличилась в 2,3 раза, а узкоколейных в 2,9 раза. Шире стали использоваться газогенераторные автомобили ЗИС-21, ЗИЛ-150 и другие.

Массовое внедрение новой техники на лесозаготовках сопровождалось созданием технологии, способствующей комплексной механизации работ. Требовалось, например, валить лес с таким расчетом, чтобы обеспечить наибольшую производительность работы по обрубке сучьев. Трелевка должна в свою очередь была так укладывать хлысты или деревья на погрузочную площадку, чтобы были лучшие условия для раскряжевки или погрузки леса. Так появились сквозные бригады. Работа в этом случае организовывалась по сокращенному циклу, а затем и по поточному методу, когда работа комплексной бригады оплачивалась по конечной фазе производства. Организация лесозаготовок поточным методом устранила ряд трудоемких операций, создала непрерывность процесса благодаря взаимной увязке звеньев потока, улучшила использование техники.

В своем постановлении ЦК ВКПб и Совет Министров СССР от 26 апреля 1949 года дали высокую оценку поточному методу. В этом постановлении содержалась широкая программа работ по дальнейшей механизации лесной промышленности, в частности по дополнительному выделению лес-

ной промышленности трелевочных тракторов, электростанций и других механизмов, строительства 100 однорамных лесопильных заводов. Постановление установило и типовую структуру леспромхоза и лесозаготовительного треста.

Благодаря, трудовому энтузиазму работников леса, лесная промышленность быстро наращивала объемы производства, повышались уровень механизации и производительности труда. Этому, в немалой степени, способствовали использование опыта передовиков, новаторов производства, лучших коллективов, улучшение жилищных и культурно-бытовых условий тружеников леса, создание постоянных квалифицированных кадров.

В послевоенный период особо следует отметить значение перехода к высокопроизводительным методам работы передовых рабочих, участков, цехов и целых предприятий.

Так, Ф.Л. Ковалев, инженер тонкосуконной фабрики «Пролетарская победа» (Московская область), как сообщалось в газете «Правда» от 31 августа 1950 года, изучив приемы труда передовых рабочих, сделал их достоянием всего коллектива. Это начинание было распространено во всех отраслях народного хозяйства, включая лесную промышленность. Его почин подхватили лучшие: звеньевая по посадке и выращиванию леса В.Левченко из Николаевского лесхоза, знатные электропильщики лауреаты Государственной премии СССР: А. Готчиев, Н. Кривцов, тракторист по трелевке леса И. Котов и другие.

Например, И. Котов, тракторист Шуйско-Виданского леспромхоза, свой трактор КТ-12 взял на социалистическую сохранность и добился высоких результатов, дав выработку на своем тракторе до капремонта до трех тысяч моточасов.

На Московской мебельной фабрике № 3 стахановка Позднякова, используя метод Ф. Ковалева, выполняла норму на 400 %. Здесь этот метод использовался в пяти бригадах. Стахановские школы взаимного обучения, созданные в лесной отрасли, безусловно, способствовали повышению произ-

водительности труда. В стахановские школы привлекались от 3 до 5 лучших рабочих однородной профессии на данном предприятии, кроме того, им в помощь выделялись консультанты из числа ИТР.

С интересным почином выступили Чермозский и Комсомольский леспромхозы. Здесь перевели работу механизмов по трелевке и вывозке на 2-сменную работу. Опыт удался: производительность механизмов увеличилась в два раза. Кроме того, ввели круглогодичную трелевку и вывозку на всех участках. 2–3-сменную работу подхватили другие коллективы Костромской, Ленинградской, Свердловской, Челябинской областей. Новый метод позволял максимально загружать оборудование, повышать производительность труда.

Перевод на 2-3 сменную работу потребовал большего количества подготовленных кадров. Бюро Костромского обкома ВКПб одобрило почин коллектива Комсомольского леспромхоза, обязало партийные, хозяйственные, профсоюзные и комсомольские организации широко его распространить.

По инициативе главного инженера Тимирязевского опытно-показательного леспромхоза А.И. Цехановского коллектив предприятия перешел на поточный метод организации лесозаготовок. В итоге полуторалетней работы выработка на одного человека увеличилась почти в 1,5 раза. Это начинание было распространено во многих регионах. Но в тресте «Томсклес» не смогли распространить данный опыт. Было переведено лишь четыре из девятнадцати леспромхозов.

Бюро Томского обкома партии в декабре 1950 года вскрыло причины плохой работы треста, наметило меры по их ликвидации.

В целом следует отметить, что областная партийная организация уделяла немало внимания лесной отрасли. Выполняя постановление ЦК ВКПб «О работе Томского обкома ВКПб», обком усилил внимание борьбе партийных организаций, коллективов за выполнение планов по лесозаготовке, ор-

ганизационной, массово-политической работе, работе с кадрами.

Так, в ноябре 1950 года областная газета «Красное знамя» отметила, что на предприятиях треста «Томсклес» в целом не выполнен график лесозаготовок. Значительная часть рабочих была занята на вспомогательных работах из-за плохого использования механизмов. Так, в Тимирязевском леспромпхозе из 1105 постоянных рабочих использовалось 426. А из 95 лошадей – лишь 27. Отсутствовала настоящая борьба за повышение производительности труда в отстававших коллективах.

В декабре 1950 года состояние дела в тресте «Томсклес» не улучшилось. Часть механизмов простаивала, существовала неправильная расстановка кадров, тормозилось внедрение передовых методов труда. В итоге производительность труда оставалась низкой.

Руководители ряда районов, особенно Кривошеинского, Томского и Асиновского, не принимали необходимых мер по улучшению работы леспромпхозов, не оказывали им помощи, не добивались улучшения массово-политической работы. Работники районных комитетов партии если бывали в лесу, то не доходили до мастерских участков, где были сосредоточены массы рабочих и по существу решалась судьба лесозаготовок.

Ставилась задача: улучшить массово-политическую работу, поощрять лучших рабочих, путем премирования, занесения на Доску почета, вручения переходящих флажков и др.

С 1949 года в леспромпхозах была введена должность директора по политчасти, что способствовало усилению политикомассовой работы. К примеру, заместитель директора Лужского леспромпхоза Ленинградской области т. Кузнецов пользовался заслуженным авторитетом в коллективе, часто бывал на участках, выступал с беседами и докладами, прислушивался к замечаниям и предложениям коммунистов и беспартийных.

Важным условием закрепления кадров является внимание хозяйственных руко-

водителей и общественных организаций к социальным вопросам.

В 1948-1951 гг. ежегодно в лесной промышленности сдавалось в среднем 500-600 кв. м жилья. К 1952 году были созданы сотни новых благоустроенных поселков. За 1948-1952 гг. рабочие и служащие с помощью госкредитования построили более 25 тысяч собственных домов.

В 1951 году работникам лесной промышленности было отпущено 15 млн. рублей на оборудование клубов и красных уголков. Открывалось немало новых клубов, магазинов, поликлиник.

Как отмечала газета «Лесная промышленность» от 20 апреля 1952 года, профсоюзная организация работников леса и сплава имела 700 киноустановок, 500 крупных библиотек, но на Украине, в Татарии и других регионах часть киноустановок бездействовал. Московский обком профсоюза имел 17 тысяч книг, но его передвижки появлялись лишь в 13 из 40 лесхозов; в ряде мест слабо развита художественная самодеятельность, не хватало клубов, красных уголков, стадионов.

Архангельский и Вологодский обкомы профсоюза работников леса и сплава неудовлетворительно контролировали ход и качество строительства жилья, культурно-бытовых учреждений. Слабо осуществлялось строительство медицинских учреждений. Так, в Карело-Финской АССР в 1951 году из 16 больниц была сдана лишь одна.

Эти примеры свидетельствовали об остаточном принципе в подходе к решению социальных проблем, о недостаточном внимании руководителей отрасли и на местах к этому вопросу.

Значительная работа проводилась по подбору, подготовке и воспитанию кадров. В 1945 – первом полугодии 1946 года были укомплектованы специалистами тресты, аппарат Министерства. Восстановлена Ленинградская лесотехническая академия, Московский Лесотехнический институт – старейшие учебные заведения. Организован Львовский лесотехнический институт, восемь техникумов и несколько курсовых баз

по подготовке и переподготовке руководящего состава и рабочих массовых профессий. Создано пять институтов повышения квалификации.

Подробнее остановимся на истории создания и развития нашего института в поселке Строитель. Московский лесотехнический институт, как известно, заново создавался уже в годы Великой Отечественной войны. Совместным приказом Всесоюзного комитета по делам высшей школы и Наркомата лесной промышленности, в ведение которого были все лесные вузы страны, Московский лесотехнический институт был открыт летом 1943 года. Учебные и лабораторные корпуса отдал институту ЦНИИМЭ (Центральный научно-исследовательский институт механизации и энергетики лесной промышленности), часть лабораторного оборудования и имущества, специальную и учебную литературу получили из Казани. В самый трудный организационный период институт возглавил Б.Д.Ионов, которого вскоре сменил директор ЦНИИМЭ доцент В.К. Волженкин (бывший директором в 1943-1945 гг.), а после войны – доцент В.В.Протанский (1945-1952 гг.), работавший в институте еще в 30-е годы, В.Е. Власов (1952-1960 гг.), А.Н. Пименов (1960-1968 гг.).

Заново складывался и преподавательский коллектив: в институте преподавали и вели научную работу крупные ученые, уже получившие признание или стоявшие на пороге известности: академик АН СССР В.Н. Сукачев, академики ВАСХНИЛ Н.П. Анучин, С.С. Соболев, А.С. Яблоков, член корр. АН СССР Н.В. Ефимов, член корр. ВАСХНИЛ С.И. Ванин, М.Е. Ткаченко, В.Г. Нестеров, А.Д. Букштынов, профессора и преподаватели П.П. Аксенов, А.Н. Митинский, Б.С. Петров, Н.И. Москвитин, Н.Н. Чулицкий, Н.Н. Киселев, М.И. Зайчик, И.Н. Бабушкин, М.Н. Кишинский, С.А. Воскресенский, Н.А. Смирнов, В.А. Баринов, Н.В. Агеев, С.А. Кожин, Ф.М. Манжос, П.В. Васильев, С.А. Рейнберг, В.И. Самуйлло, А.М. Гольдберг, Г.А. Вильке, И.И. Сиротов, Б.М. Буглай, С.Я. Лапиров-Скобло, П.П. Пациора, А.И. Воронцов,

Б.А. Таубер, Н.В. Маковский, П.С. Серговский и другие.

В 1943 году было всего два факультета: лесоинженерный (механизации лесоразработок и лесотранспорта) и МХТД (механической технологии древесины). В 1944 году открылся лесохозяйственный факультет, существовавший и до войны. В 1948 – факультет озеленения городов и населенных мест. В 1953 – сразу два факультета: инженерно-экономический, просуществовавший самостоятельно до 1988 года, и лесомеханический.

В 40-50 годы в МЛТИ училось немало участников Великой Отечественной войны. Нередко, после ранений, лечения в госпиталях бывшие войны, поступив в вуз, являлись ядром студенческих групп, активными участниками научно-исследовательской и общественной работы.

Вот лишь некоторые примеры о жизни и деятельности выпускников первого послевоенного десятилетия.

Директор МЛТИ с 1943 года доцент Б.Д. Ионов, известный специалист по сухопутному транспорту леса, в годы войны возглавлял бригаду специальной помощи фронту, в частности бригада помогала в организации противотанковой обороны Москвы и Подмосковья.

Выпускником первого набора студентов МЛТИ 1943 года, являлся Б.Н. Уголев, после института он работал в ЦНИИМОДе, обучался в аспирантуре института, успешно защитил кандидатскую диссертацию в 1953 году, а затем докторскую диссертацию. Он успешно преподавал на кафедре гидротермической обработки и консервации древесины, созданный проф. П.С. Серговским. Ныне он – один из крупных специалистов в своей области, профессор кафедры защиты древесины и древесиноведения, академик. Б.Н. Уголев и его коллеги продолжают научные традиции, заложенные трудами таких замечательных ученых МЛТИ, как Л.М. Перельгин, И.С. Мелехов, П.С. Серговский, Б.М. Буглай, В.А. Баженов и многих других.

Многие годы работал заведующим на кафедре охраны труда и промышленного

производства Л.И. Никитин, в 1947 году защитивший дипломный проект на лесоинженерном факультете в Поволжском лесотехническом институте.

Осенью 1944 года после ранения на МОД поступает В.Ю. Башинский, воевавший на Ленинградском фронте, участник прорыва блокады Ленинграда.

В 1946 году поступает на факультет деревообработки Ю.В. Шелгунов, участник Сталинградской битвы. В настоящее время он профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного комплекса, академик, прекрасный педагог.

С 1949 года в МЛТИ на лесохозяйственном факультете учится Герой Советского Союза, участник боев на Украине, Молдавии и Польши Н.Д. Баздырев. Он остается преподавать в институте, где прошел замечательный путь от ассистента кафедры механизации и лесозаготовок до профессора.

А.А. Пижурин, один из ведущих ученых МГУЛа, академик, принимал участие в ВОВ. Окончил Трубчевский техникум и поступил в МЛТИ. Многие годы возглавлял кафедру технологии лесопиления и деревообработки. Активный участник «круглых столов», проводимых в университете.

В 1951 году закончил с отличием факультет механической обработки древесины Г.С. Шубин. В период войны, будучи командиром взвода, роты он участвовал в освобождении Белоруссии, Литвы, в штурме Кенигсберга.

С 1956 года Г.С. Шубин, окончив аспирантуру, защитил докторскую диссертацию. Он один из крупных специалистов в области сушильно-тепловых процессов древесины. Успешно продолжает трудиться и поныне, профессор кафедры сушки и защиты древесины, академик РАН.

Н.И. Лебедев был участником сражений под Сталинградом, Минском и Варшавой. В 1947 году поступил учиться в МЛТИ. Академик, прекрасный высококвалифицированный педагог и воспитатель. Многие годы возглавляет Совет ветеранов университета.

В 1951 году студентом ФАЛа стал А.Н. Обливин, с 1968 года ставший ректо-

ром МЛТИ, одного из значительных лесотехнических институтов.

В 50-е годы здесь учились в аспирантуре Ю.П. Семенов (ныне декан МХТД, зав. кафедрой теплотехники) и В.Н. Харченко (ныне зав. кафедрой физики). В это же время в МЛТИ стали работать участники Великой Отечественной войны и трудового фронта А.К. Мельников, В.Т. Низовая, Г.А. Машенко и другие.

А.К. Мельников и в настоящее время ведет большую общественную работу, активный член Совета ветеранов МГУЛ.

На факультете озеленения в 50-е годы учились Е.Г. Мозолевская, Т.А. Соколова (Желобаева).

Е.Г. Мозолевская работала с 1958 года преподавателем в МЛТИ. Ныне она заведующая кафедры экологии и защиты леса, доктор биол. наук, профессор, академик РАН и ЖКА, заслуженный деятель РФ.

Начиная с 1949 года, ежегодно на факультетах лесного хозяйства, агролесомелиараторов, механизации лесохозяйственных и лесотехнических вузов принимается 1900 студентов. Количество лесных техникумов увеличилось до 25.

В итоге за годы четвертой пятилетки вывозка леса по Минлеспрому СССР увеличилась на 95 %, в том числе по деловой древесине на 138 %. Новая техника позволяла все в большей степени механизировать тяжелые и наиболее трудоемкие работы в лесу.

В 1950 году в целом по Министерству лесной промышленности с применением машин заготавливали 38 % леса, трелевали 29, грузили 14,9, вывозили 56,7 %. Во многих трестах и комбинатах уровень механизации работ был еще выше.

Первостепенное значение в эти годы придавалось разработке поточного метода производства мебели, отделке ее нитроцеллюлозными лаками, усовершенствованию фанеровально-склеочных работ, организации централизованного изготовления механических прессов для фанерования в пакетах. В итоге выполнения заданий первой послевоенной пятилетки, в 1950 году мебельные

предприятия не только восстановили, но и значительно перекрыли довоенные мощности. Осваивались новые виды мебели. Был выполнен заказ в 1949-1950 гг. для Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Но по выпуску фанеры мощности во время войны сократились в 4 раза. Восстановление шло сравнительно медленно. К началу 1951 года выпуск фанеры не достиг еще довоенного уровня. Это объясняется в какой-то мере сложностью производства, замедленным темпом выпуска станков и механизмов для фанерных предприятий.

Четвертая пятилетка была выполнена на 9 месяцев раньше установленного срока.

Новая пятилетка (1951-1955 гг.) поставила перед работниками лесной промышленности новые задачи – полностью обеспечить быстро растущие потребности всех отраслей народного хозяйства в древесине. За эти годы было необходимо в широких масштабах перебазировать лесозаготовки в многолесные районы Севера и Северо-Запада, Урала и Западной Сибири. Одновременно сокращалась рубка в малолесных районах. По-прежнему важной оставалась проблема сезонности лесозаготовок. Строительство механизированных предприятий в новых районах требовало постоянных кадров. Как и прежде, к числу кардинальных проблем относилось развитие комплексной механизации, улучшение организации производства и использования механизмов, повышение производительности труда. За пятилетие предстояло увеличить мощности лесопильных заводов в новых районах примерно в 8 раз по сравнению с предыдущей пятилеткой; не менее чем втрое расширить выпуск мебели; более чем наполовину увеличить объемы лесозаготовок.

Эти задачи требовали улучшения работы с кадрами.

В кружках и семинарах по экономике на Балахнинском целлюлозно-бумажном комбинате нашла распространение инициатива А.Н. Дьячкова за лучшее использование резервов производства в работе каждой бригады, обслуживающих машины по производ-

ству бумаги. Это помогло в экономической подготовке кадров бумажников. Экономия волокна, пара, воды, электричества и т.д., все должно быть объектом внимания.

Особое внимание парткомы, парторганизации лесной и деревообрабатывающей промышленности уделяли профессиональной и общеобразовательной подготовке кадров отрасли. В 50-е годы это было во многом связано с необходимостью постоянного роста технической оснащенности, использованием более прогрессивных, сложных форм организации работы и в целом превращения отрасли в индустрию.

Важной задачей вузов, техникумов стала подготовка соответствующих кадров промышленности. Были пересмотрены программы и методы обучения. Увеличилось число учебных заведений, прием студентов и учащихся.

7 октября 1953 года Совет Министров СССР и ЦК КПСС приняли специальное постановление о развитии лесной отрасли, в котором при определении мер, направленных на реализацию указаний XIX съезда КПСС (1952 г.), сделан особый акцент на подготовку инженерных кадров для лесной промышленности и повышение квалификации уже работающих практиков. Внимание к этой проблеме было не случайным. С 1950 по 1953 годы все вузы страны подготовили 5395 специалистов по лесному хозяйству, по лесоинженерному делу – только 1531, что для лесозаготовительной промышленности были явно недостаточны. На лесоразработках с каждым годом все больше применялось современных механизмов и машин, усложнялся технологический процесс, леспромхозы превращались в высокоразвитые индустриальные предприятия, требовавшие квалифицированного инженерного обслуживания.

Партийное собрание Ленинградской лесотехнической академии имени С.М. Кирова в ноябре 1953 года приняло решение по улучшению подготовки инженеров для лесозаготовительной промышленности. Лесоинженерный факультет к октябрю 1954 года (к 25-летию факультета) дал 1800 выпускни-

ков, кроме того, были факультеты лесозексплуатации с 3-х годичным сроком обучения и механизации лесного хозяйства.

Исключительное значение имело содружество ученых и студентов академии с производством. Существовала специальная обще-академическая комиссия по координации содружества науки с производством. Расширялась научная деятельность. В 1950 году, например, коллективами кафедр был заключен 101 договор с 66 предприятиями. Стали привлекать к научно-исследовательской работе и студентов старших курсов. Шла настойчивая работа по повышению качества преподавания, совершенствованию учебно-воспитательного процесса. С целью повышения педагогического мастерства преподавательского состава и обмена опытом лекционной работы в академии проводились учебные программы, издавались учебники и учебные пособия.

В 50-е годы ректоратом и партийной организацией Ленинградской лесотехнической академии им. С.М. Кирова большое внимание обращалось на воспитательную сторону учебного процесса. Повышению уровня воспитания студенчества способствовали лекции и беседы на различные общественно-политические темы, которые регулярно проводились в общежитиях, и политинформации во всех студенческих группах. В идейно-политическом воспитании студенчества, в формировании марксистско-ленинского мировоззрения будущих специалистов главную роль играли кафедры социально-экономических наук. Заметно повысился уровень преподавания этих дисциплин, теснее стала связь их с жизнью. Это положительно сказалось на всей учебно-воспитательной работе в академии.

Партийная организация стремилась всемерно развивать творческую активность студенчества, его инициативу и самостоятельность. Верным помощником парткома, кафедр общественных наук являлась комсомольская организация в количестве 1594 человек. Широкий размах приобрела научно-исследовательская работа студентов. С 1949 года функционировал университет культуры

с тремя отделениями: общественно-политическим, музыкальным и литературным. Различные мероприятия – от организации театральных спектаклей до вечеров отдыха студентов и преподавателей проводил с 1952 года студенческий клуб. Студенты вели активную работу в школах, на селе, проводили рейды по охране общественного порядка. Интересно проходили конференции и другие мероприятия.

В стране больше стало курсовых баз для подготовки механизаторов. Только в 1950-е годы при опорно-показательных леспромхозах было открыто 50 таких баз. Стало больше выпускаться технической литературы, наглядных пособий. Определенное внимание уделялось созданию условий для быта и досуга. В 1951 году существовавшие курсовые базы и школы мастеров были организованы в постоянно действующие лесотехнические школы. Было организовано 15 лесотехнических училищ, открыто 35 школ ФЗО, кроме того, проводилось обучение рабочих без отрыва от производства.

Так, в Кировской области была создана сеть курсов и специальных школ и училищ: Кировская и Котельничская лесотехнические школы, кировское лесотехническое училище, 8 школ ФЗО. Многие механизаторы осваивали по 2-3 профессии. Особое внимание уделялось вопросу укомплектования отрасли инженерно-техническими кадрами. Это и выпускники вузов, специалисты из управленческих организаций. В итоге Кировская область пополнилась за счет выпускников Московского и Поволжского лесотехнических институтов и Ленинградской лесотехнической академии имени С.М. Кирова. Ежегодно ФАЛ, лесхоз, а ныне лесной факультет, выпускали для этой области не менее 15-20 инженеров.

Вместе с тем подготовка кадров, особенно механизаторов в целом по Министерству лесной и бумажной промышленности не выполнялась. Так, в 1949-1952 гг. шоферов, мотористов, электропильщиков и других специалистов готовилось немного более половины необходимого количества. Особенно слабо шла подготовка, в частности

механизаторов, в трестах Печорлес, Комилес, Приморсклес, Тайшетлес и др. Хозяйственные и профсоюзные организации не создавали необходимых условий для работы курсовых баз, обеспечению их учебными помещениями и общежитиями. Например, из шести одногодичных школ мастеров были открыты лишь две. Южносахалинская, Хабаровская и Улан-Уденская курсовые базы ютились в непригодных помещениях, выделенные на учебу работники поступали нередко с опозданием.

В послевоенные годы в ряде районов и трестов из года в год росло жилищное и культурно-бытовое строительство в поселках, на лесозаготовках. Так, в поселке Чайна для работников Шуйско-Виданского леспромхоза Карело-Финской АССР были построены школа, магазин, имелись столовая, радиоузел, киноустановка, клуб и сеть красных уголков, 435 радиоточек. В тресте Костромалес только за 6 месяцев построили 26 общежитий, школу. В Севском леспромхозе треста Химлесзаг были построены 334 дома индивидуальным способом, больница, пионерский лагерь, три детских сада. В итоге леспромхоз ликвидировал текучесть рабочей силы, создал постоянные кадры, успешно выполнял производственные задания.

Таких примеров было недостаточно и в то же время не принималось необходимых мер к повышению роли, ответственности хозяйственных, партийных руководителей, профсоюзных и комсомольских организаций за объекты социально-культурного назначения.

Так, с 1948 по 1953 годы в Карелии не было использовано 59 млн. руб. на строительство жилья, а должно было быть построено не менее 620 тыс. м² жилья, ряд новых поселков, школ, магазинов и т.д.

Одна из причин сложившегося здесь положения заключалась в том, что слабо осуществлялся переход на индустриальные методы строительства жилья, на укрупнение строительных бригад постоянными кадрами, не хватало инженеров.

В 1953 году в отрасли был не выполнен план ввода коммунальных предприятий:

из 150 сапожных мастерских открыто 93, из 160 швейных мастерских – 52, из 100 парикмахерских – 44.

Следует подчеркнуть, что остаточный подход к социально-бытовым и культурным нуждам людей сохранялся многие годы.

Несомненно, что организационная, учебная и воспитательная деятельность в области кадровой политики лесной отрасли, ее положительные и негативные аспекты помогут более успешно решать сложные задачи по повышению значимости лесного комплекса в укреплении экономики России в современных условиях.

Литература

1. Дурманова Э.А. СССР и мир в послевоенные годы (1945–1964 гг.). – М.: МГУЛ, 1997. – С.9.
2. Лесная промышленность. – 1947. – № 1. – С. 31.
3. Лесная промышленность. – 1948. – № 5. – С. 5.
4. Лесное хозяйство СССР за 50 лет (1917–1967 гг.) – М.: Лесная промышленность, 1967. – С. 437–438.
5. Лесная индустрия СССР. – М.: Лесная промышленность, 1980. – С. 104.
6. Лесная промышленность. 1951. – 1 января, 28 января, 7 января, 18 января
7. Красное знамя, 1950, 29 ноября, 15 декабря.
8. Лесная промышленность. – 1946. – № 10. – С. 31.
9. От лесотехнического института к университету леса. К 50-летию /Под ред. А.Н. Обливина. – М.: МГУЛ, 1993.
10. Спутник первокурсника. – М.: МЛТИ–МГУЛ, 1991–1996.
11. Ионов Б.Д. Некоторые эпизоды из военных лет // Лесная промышленность. – 1995. – № 1 – С. 11.
12. За инженерные кадры – 1956–1993.
13. «Вестник МГУЛ» – 1993–2002 гг.
14. Лестеховцы – Победе/ Сборник воспоминаний ветеранов МГУЛа (бывшего МЛТИ).
15. Научно-педагогические школы МЛТИ–МГУЛ. – М., 2000.
16. «Родник жизни». Мытищи на рубеже двухтысячного года. – М.: Современный писатель, 2000. – С. 231–272.
17. «Лесная правда». – 1977 6 мая.
18. Общественно-политическая деятельность Ленинградской лесотехнической академии им. С.М. Кирова/ Краткий исторический очерк. – Л., 1983. – С. 145, 82, 83, 84.
19. Иосифов П.А. Лесная промышленность Кировской области за 50 лет. – Киров, 1958.
20. Лесная промышленность. – 1950. – № 7. – С. 3.
21. «Лесная промышленность». 1953 25 июня, 6 октября, 8 декабря.

СКОРОСТНОЕ ПИЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ – (ЧТО ЭТО ТАКОЕ?)

Н.К. ЯКУНИН, профессор, почетный академик РАЕН, засл. работник лесной промышленности

В январе 1948 года после окончания Ленинградской лесотехнической академии (ЛТА) автор предлагаемой статьи был направлен на работу в ЦНИИМОД. В 1950 году ему поручили тему по изучению влияния скорости резания на силовые и качественные показатели процесса пиления. Он впервые описывает обстановку того времени вокруг этого направления, вскрывает ложь, с которой столкнулся в отраслевой науке, прессе и на производстве, называет ряд специалистов, показывает важность и силу методических документов, позволяющих объективно оценивать события. Описанные методы и подходы актуальны и сегодня.

1. Немного истории «развития?» скоростного пиления и разработки методики для его объективного изучения и обобщения

В начале 50 годов на страницах наших газет было много публикаций по скоростному резанию вначале металлов, а затем и древесины. По скоростному пилению древесины круглыми пилами много публикаций шло из Архангельска, особенно с лесопильного завода № 3 им. В.И. Ленина. В них отмечалось, что на скоростных режимах, требующих увеличения числа оборотов пилы, в 2,0–2,5 раза уменьшаются энергозатраты, усилия резания и подачи, улучшается устойчивость круглых пил в работе, а это позволяет применять более тонкие пилы. В качестве главного достоинства скоростного пиления древесины было утверждение о значительном улучшении качества поверхностей и торцов у пилопродукции. Все это было привлекательным, позволяющим дать народному хозяйству огромный экономический эффект.

Решение о широком внедрении скоростного пиления древесины было одобрено ЦК ВКП(б) и подписано И.В. Сталиным. Мы – молодые научные сотрудники, вчерашние

солдаты – воспринимали эти публикации и решения как свершившуюся реальность, как факт безусловного успеха, который следует поощрять и способствовать скорейшему внедрению на лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях лесопромышленного комплекса страны. Информация, получаемая нами в школе и институте, воспитывала нас в духе честности, правдивости, добропорядочности. Армия и особенно боевые действия требовали только правды. Инициатором скоростного пиления был зав. кафедрой станков и инструментов Архангельского лесотехнического института (АЛТИ) им. В.В. Куйбышева, доцент, канд. техн. наук Н.И. Лапин, прекрасный душевный человек. В правдивости и достоверности его информации и публикации у нас не было ни малейшего сомнения. На тех специалистов, кто ему пытался возражать, мы смотрели, как на консерваторов. В 1950 году Минлесбумпром поручает ЦНИИМОДу обобщить этот опыт, написать подробную инструкцию и распространить его на другие заводы.

Эту работу поручили автору этих строк, и я воспринял ее как огромное доверие, как первый шаг в настоящую отраслевую науку.

В то время в ЦНИИМОДе существовало неоспоримое золотое правило: до проведения каких-либо исследований, обобщений, экспериментов или наблюдений необходимо обязательно разработать методику, позволяющую получить объективные результаты. Ее обязательно обсуждали в лаборатории и на совете или специальном совещании, и потом утверждала дирекция. Директор института, бывший фронтовик Михаил Дмитриевич Товстолес, строго и обоснованно требовал неукоснительного выполнения этого правила. В этот период я впервые столкнулся с разработкой методики. Составил (именно составил, а не разработал) я ее быстро. Хотелось скорее выехать на пред-

приятия, все промерить своими руками и хоть маленькой долей своего труда оказать содействие распространению этого «эффективного» мероприятия. Поэтому отказ в выезде в командировку без методики я воспринял как искусственный тормоз, как формализм, ущемление еще не забытого солдатского самолюбия.

Наконец методика составлена и вынесена на рассмотрение совещания двух лабораторий – лесопиления и станков и инструментов. Докладываю бойко, уверенно, в какой-то мере напористо, но уже в ходе доклада стал чувствовать, что стержневая идея не обрисовывается, а предложенная схема обследований мне самому показалась необъективной, легковесной. Дали для доклада 20 минут. Мне казалось, что этого мало (до этого докладывать не приходилось), а уложился в 15 минут. Чувствую, что выдохся. Вел заседание заведующий лабораторией станков и инструментов Дмитрий Семенович Рожнов, прекрасный, уравновешенный и в высшей степени добропорядочный человек. Присутствовало около 30 человек специалистов, в том числе и Федор Матвеевич Манжос, известный своими обстоятельными трудами по резанию древесины, к. т. н. Василий Михайлович Ученюв; д. т. н., профессор Николай Савельевич Войтинский, Мария Васильевна Колобова, Георгий Августович Шодэ, Георгий Григорьевич Титков и другие. Все с большим стажем производственной и научной работы.

Начались вопросы по принципам подхода к обследованию, по объективным критериям оценки качества, роста производительности, загрузки станков, их технического состояния и т. д. Почувствовал полную несостоятельность, но не сдаюсь – этому мешает самолюбие. Моими ответами присутствующие были явно недовольны. Начались обсуждения. Одни отмечали, что я что-то сделал полезное, а потом все громили, а другие все это сразу называли бессмысленным детским лепетом. Выступления были грамотными, но прямолинейными, жесткими, бескомпромиссными. Кто-то сказал, что с такой методикой ехать на предприятия нельзя. Это будет туристическая поездка за государствен-

ный счет. Впервые я услышал столь суровую оценку своего труда и своих стараний. Я был взбешен. В моих глазах все выступавшие были врагами скоростного пиления, которое было одобрено ЦК ВКП(б), а решение о его внедрении подписал лично товарищ Сталин. Мне дали заключительное слово. Что-то я пытался опровергать, доказывать, но по глазам присутствующих видел, что для них это не убедительно. Мою методику забраковали с заключением: «рассмотренный материал не содержит методических приемов, позволяющих получить достоверные, объективные данные, и нуждается в полной переработке».

Я тогда считал, что все это несправедливо, написал докладную записку директору, решение совещания опротестовал. Но на расширенном совещании у директора я не получил никакой поддержки. Это были первое огорчение от собственной самостоятельной научной работы и первый суровый, но справедливый, урок в разработке методических документов. Не зря говорят: «время – лучший лекарь». В своем солдатском обмундировании (гражданского еще не нажил) я ходил, как пришибленный, убитый неудачей, в каждом видел только противника. Но надо отдать должное той творческой атмосфере, которая была тогда в институте. Ко мне отнеслись очень чутко.

Секретарем партбюро в то время был Владимир Андреевич Худяков, бывший фронтовик, он же заведовал аспирантурой. Это был прекрасный, чуткий, отзывчивый, скромный и во всех отношениях прекрасный, порядочный человек.

Он, как бы невзначай, поделился эпизодами своей работы в ЛТА в предвоенные годы, о своих встречах с Сергеем Мироновичем Кировым, поделился неудачами и огорчениями, навел на некоторые размышления. Оставил глубокий след и разговор с Георгием Григорьевичем Титковым, Георгием Августовичем Шодэ. Я понял, что из-за неудачи меня не отвергли, я нахожусь под наблюдением коллектива. Особенно запомнились встречи с Федором Матвеевичем Манжосом, с которым до его кончины поддерживал товарищескую переписку. Он как-то сказал:

«Вы зря огорчаетесь. Методика в науке – это очень сложный документ. Сразу она почти ни у кого не получается». Он поделился некоторыми соображениями и посоветовал почитать ряд работ по резанию древесины, в том числе и материалы дискуссии между профессором М.А. Дешевым и инженером (позже профессором, д. т. н.) Александром Львовичем Бершадским, состоявшейся на страницах наших журналов в 1931–1938 годах.

Чрезвычайно памятными и полезными были беседы с нашим зам. директора по научной работе к. т. н. (позже д. т. н., профессором) Петром Павловичем Аксеновым. Будучи плотно занятым текущей работой, он находил время для откровенных душевных бесед. Старый член партии, не раз встречавшийся с В.И. Лениным, он обладал завидным тактом, душевной теплотой, вниманием, корректностью и прямолинейной, твердой, партийной принципиальностью. Он много внимания уделял методической работе. Он сослался на ряд работ, в которых утверждалось, что хорошо разработанная методика – это 70–80 % творческой загрузки руководителя темы, и посоветовал изучить ряд литературных источников.

Преодолевая свое ущемленное самолюбие, я засел за книги, научные отчеты и постепенно стал прозревать. Работы Ф.М. Манжоса (за 1934 г.), Сергея Александровича Воскресенского, Георгия Августовича Шодэ натолкнули меня на методические приемы, обеспечивающие сопоставимость результатов наблюдений и объективность выводов. Глубокое изучение методических разработок и результатов экспериментов многих научных отчетов постепенно, но верно, показывали мне те направления, которые нужны для моей работы.

И вот методика готова. В ней дан глубокий анализ методических разработок, близких к профилю моей темы, литературных источников и собственное творчество. Рецензенты – профессор Н.С. Войтинский, к. т. н. Ф.М. Манжос и ст. научн. сотр. Г.А. Шодэ – дали на нее хорошие отзывы и некоторые предложения, позволяющие лучше оформить результат обследования, которые я с благодарностью принял. Методика

утверждена, командировочные и проездной билет в кармане.

2. Первые неожиданности от лжи в науке и на производстве

Знакомый, родной Архангельск встретил хмурой осенней погодой 1950 года. Мгновенно всплыли в памяти довоенные годы. Здесь в 1938 году я окончил школу, поступил в институт (АЛТИ), здесь меня приняли в комсомол, здесь освоил парусный спорт, в 1939 году был избран председателем городской, а в 1940 году членом всесоюзной парусной секции. Вместе с Виктором Перешневым мы сюда в 1940 году привезли приз газеты «Красный спорт», после победы в Москве на междугородних парусных гонках на Клязьминском водохранилище (об этом писала газета «Правда Севера» 8 июня 1940 г.); отсюда перевелся на третий курс в ЛТА; здесь летом 1941 года проходил производственную практику; отсюда в сентябре 1941 года пошел добровольцем в олене-лыжные части особого назначения действующей армии; здесь был на излечении в госпитале; познал первые увлечения, первую любовь.

И вот мне доверено обобщить популярный, модный, эффективный опыт и распространить его на другие лесопильные заводы страны. Все это воодушевляло и ко многому обязывало. Я не был в Архангельске с 1942 года. Город заметно постарел. Друзей и знакомых встречаю мало, что-то тревожит.

В АЛТИ встретил знакомых. Некоторые из них в сентябре 1941 года участвовали в торжественных проводах нашей добровольческой лыжной группы. Не все вернулись. Нахлынули грусть и печальные воспоминания. Лесопильный цех ЛДК им. В.И. Ленина, начальник цеха, грамотный, квалифицированный инженер И.И. Раздобурдин, его заместитель инженер Кружкая встретили приветливо. Узнав о цели моего приезда, он замечает: «Наконец-то нас заметили. Наш опыт по скоростному пиленю древесины даст большой эффект промышленности».

Он поручил инженеру Кружкой принять участие в обследовании. Используя точный счетчик оборотов, мы совместно с

ней зафиксировали числа оборотов скорости подачи и параметры пил у всех круглопильных станков, работающих в цехе. Согласно методике результаты измерений заносились в специальную ведомость и подписывались станочником, выделенным слесарем зам. нач. цеха, и мной. Этого в первой методике не было. Но именно это, несколько позже, позволило убедиться в правоте моих оппонентов, справедливо разгромивших мою первую методику. Это был незабываемый жизненный урок, позволивший убедиться в важности тщательной отработки любой методики. Этому принципу я позже ни разу не изменил.

Все замеры сделаны, все подписано. Фактические данные измерения говорили о том, что никакого скоростного пиления на заводе нет. Доложили начальнику цеха. Он выразил полное недоверие моему счетчику оборотов и результатам измерений. Достал из стола тахометр и предложил повторить измерения. Повторили, но результат был такой же, и его также все подписали. Выслушав нас, начальник цеха Раздобурдин высказал недоумение и предложил поговорить с главным механиком Н.М. Моревым.

Кабинет главного механика примыкал к лесопильному цеху, и в нем было шумно. Нас встретил симпатичный плотный человек с приятной улыбкой. Я представился и кратко сообщил о цели нашего прихода. Морев был занят какими-то бумагами. Мою информацию он выслушивал, не отрываясь от бумаг. Но как только я упомянул слова «скоростное пиление», он поднял голову и стал его хвалить. Он отметил, что после внедрения скоростного пиления в цеху резко улучшилось качество вырабатываемой продукции, и возросла производительность. Он высказал удивление, почему до этого не додумались раньше, и очень лестно отзывался о работниках АЛТИ, смело внедривших свои рекомендации. Дождавшись паузы в рассказе, я спросил:

– Позвольте, а на каких станках у Вас внедрено скоростное пиление?

– На всех. Разве вы не читали газеты, молодой человек? У нас все станки работают на скоростных режимах.

– Позвольте, а почему на первом обрешном станке обороты пильного вала и скорость подачи ниже паспортных?

– Молодой человек, – пояснил Морев, – ведь это завод, здесь все в движении. Очевидно, напортачили слесаря. После ремонта поставили не тот шкив. Это бывает.

Пришлось назвать результаты измерений и по другим станкам. Слушал он очень внимательно. Поинтересовался, откуда мы получили эти данные и кто их подписал (на последнюю часть вопроса я не обратил тогда внимания).

Подумав, он спросил, откуда я. Видимо из-за шума, он раньше не расслышал моей фамилии и того, что это поручение Министерства. Я вновь отрекомендовался. На его лице появилась непонятная смущенная улыбка. Он развел руками, встал, потом снова сел и со вздохом сказал: «Ну, и история». Он думал, что я из местных общественных организаций или корреспондент газеты, которые все расспрашивают и пишут хвалебные статьи.

Оказывается, работники АЛТИ через трест заставили их все станки перевести на скоростные режимы, что они и сделали. Но после этого станки стали ломаться. В течение дня останавливалось по несколько станков. Запасы ремней и подшипников катастрофически уменьшались, запасных частей не было, и все это навалилось на него. Тогда он, никому не говоря, перевел все станки на прежние режимы работы. Корреспонденты пишут, что на скоростных режимах уменьшили толщину пил, а на самом деле пилоправы с пилами замучились и стали применять более толстые пилы. Сейчас, если спрашивает кто из газеты, он говорит, что станки работают на скоростных режимах. Такова была правда. Далее он очень не лестно отозвался об авторах и инициаторах «скоростного пиления».

Я поблагодарил его за правдивую информацию, и мы расстались. После этого мы с инженером Кружкой зашли на участок подготовки пил к работе; возглавлял его опытный, квалифицированный специалист, старый работник завода, Павел Михайлович Васильченко. Разговор был откровенный и прямой. Он, в ее присутствии, полностью повто-

рил информацию главного механика Морева, а историю с внедрением скоростного пиления назвал авантюрой. Стоявшие рядом рабочие дружно это подтвердили.

Результаты мы доложили начальнику цеха Раздобурдину. Он был удивлен, заверил, что в этом будет наведен порядок. После этого подобная работа была проведена на заводе «Красный Октябрь», лесозаводе им. Молотова (позже Соломбальский ЛДК), лесопильных заводах № 14, 25, 26, 27, но везде результат был один и тот же. Скоростного пиления обнаружить не удалось. Была просто «скоростная шумиха».

С результатами этих замеров я пришел к нач. производственного отдела треста Северолесэкспорт Борзому Валентину Григорьевичу. Выслушав меня, он спросил: «Кто подписал эти материалы?».

Я сказал и показал, что на них есть все подписи и печати, и добавил, что один экземпляр материалов почтой отправил в Москву. По неопытности, я недоумевал, почему его интересуют только подписи. (Это я понял позже). При мне он позвонил управляющему трестом М.С. Резвому и объяснил обстановку. Я понял, что тот тоже поинтересовался тем, кто подписал материалы, и Борзой назвал фамилии. На этом разговор был закончен, прошел он очень сухо и настороженно. Моими фактическими, правдивыми данными явно были недовольны.

О результатах командировки я доложил директору ЦНИИМОДа М.Д. Товстолесу, на специальном совещании, а позже – в министерстве М.Н. Петровскому, З.В. Вороненко и А.И. Семенову. Так я впервые в науке, на производстве и в прессе встретился с ложью, подтасовкой и обманом.

На расширенном совещании в институте мне было задано множество вопросов, как прямых, так и косвенных. Привезенные ведомости с результатами наблюдений и оттисками профилей зубьев пил ходили по рукам. Каждый из присутствующих читал и вдумывался, вздыхал, удивлялся. Кто-то сказал: «И все-таки я не верю, что там не применяют скоростное пиление. Здесь что-то не так». Один из выступавших, обращаясь ко

мне, спросил: «Вы понимаете, что натворили? Это же бомба. Если представим эти материалы в министерство, то в свете решения, подписанного тов. Сталиным, нас обвинят в консерватизме. Если же материалы обследования не посылать, то нас обвинят в укрывательстве».

Как быть? Привезенный материал обсуждался остро и долго с позиции житейского опыта, с определенной осмотрительностью и предосторожностью со стороны многих более опытных специалистов института. Я стоял на своем: «Работа правдиво отражает фактическое положение на всех обследованных заводах, и мы не имеем права скрывать это от министерства. Поручение подписал зам. министра М.П. Кульбейкин, ему и надо их послать». С этим все же согласились. С материалов сняли копии, а оформленные подлинники послали в министерство.

Месяца через три мы узнали, что их из министерства послали в трест «Северолесэкспорт» и потребовали объяснения. В ответе, подписанном управляющим М.С. Резвым, во-первых, признавалась достоверность материала (утверждать иное не позволяли подписи и печати предприятия); во-вторых, отмечалось, что попытки внедрить скоростное пиление не дали положительных результатов; в-третьих, кампания по внедрению скоростного пиления позволила улучшить техническое состояние круглопильных станков, и только в этом польза от этой кампании. Вот когда сыграли свою неотразимую роль подписи заводских работников и печати заводов. Этих деталей в оформлении материалов не было в моей первой, забракованной, методике. Спасибо моим оппонентам за хороший урок.

Помню, подходит ко мне Георгий Григорьевич Титков и на удивление просто, по товарищески, как с равным, говорит: «Ну, понял, Никола, за что тебя разгромили? Если бы не твое грамотное оформление ведомостей, горел бы ты сейчас синим пламенем, ничего не доказал бы и полоскали бы тебя на каждом собрании». Значительно позже я понял всю значимость его слов и возможные последствия в тот период.

В конце 1950 года ЦНИИМОДу поручили подробно изучить влияние скорости

резания на энергозатраты, усилия резания, качество. Эту работу поручили мне. Для ее проведения была разработана подробная методика, которая позволяла сохранять (в сравниваемых опытах) сопоставимые условия на скоростях резания 20, 40, 60, 80, 100, 120 м/с при распиловке досок толщиной 20, 40, 60 мм, длиной 6,5 м, и создана экспериментальная установка. Были получены неожиданные, но очень интересные, совершенно новые результаты.

3. Конференция по резанию древесины режущим инструментом и ее решение (1953 г.)

Приблизился день начала конференции по инструментам и резанию древесины. На ней был предусмотрен и мой доклад. Она проходила четыре дня на Петровке, в клубе милиции. Народу было около 500 человек. Специалисты и работники предприятий приехали с разных концов страны. Здесь и мои вчерашние учителя, педагоги, непререкаемые авторитеты. Мои плакаты в фойе привлекли внимание. Масса различных вопросов, комментариев, суждений, непонятных ухмылок. Я понял: кулуарная тактика действует.

Больше всех задавал вопросы профессор Александр Львович Бершадский. Но я не понял, был ли он доволен моими ответами. Доклад Лапина я слушал очень внимательно. Это была пропаганда «скоростного пиления». Он зачитал хвалебные выдержки из ряда актов о якобы «успешном», «эффективном» «внедрении» скоростного пиления. Видимость успеха его доклада была блестящей. Затем он сделал крутой поворот и стал резко критиковать меня, упрекая в неправильных действиях. Он зачитал выдержку из постановления о внедрении скоростного пиления, подписанного Сталиным, и заканчивая, заявил, что «Якунин является тормозом в распространении прогрессивного начинания и от таких надо избавляться».

Это вызвало во мне какое-то смятение, желание выйти на сцену и немедленно его уличить в искажении фактов, фальши в науке и в нанесении публичного оскорбления. Меня трясло, я был возмущен.

На вопросы он отвечал бойко, ссылался на опыт предприятий, он чувствовал себя победителем.

Вдруг слышу, объявляют мой доклад. В голове все смешалось, не могу сообразить, с чего его начать. Пока шел на сцену, к трибуне, в голове промелькнуло огромное количество различных вариантов выступления. Перед такой огромной аудиторией я выступал впервые.

Постепенно, не торопясь раскладывая материал, собрался с мыслями и хотел начать с опровержения предыдущего докладчика. Но какой-то внутренний голос или сознание подсказали: «не поддавайся на провокацию, не разменивайся на мелочи, говори только о деле, о методике, объективности выводов, научно-практической стороне вопроса».

Доклад сначала читал. Потом посмотрел в зал – меня внимательного слушают. Осмелел. Подошел к плакатам, стал своими словами рассказывать по существу, огласил выводы и практические рекомендации. В огромном зале тишина. Возникла мысль перейти к практике, ведь она критерий истины. И вдруг раздается громкий вопрос: «Ну, а как на самом деле обстоят дела на предприятиях Архангельска?».

Результаты обследований и письмо управляющего трестом «Северолесоэкспорт» были у меня в папке. Я назвал несколько цифр из опыта работы тех же заводов, на которые ссылался предыдущий докладчик. Они опровергали его утверждения. В заключение отметил, что доложенные мной зависимости получены впервые, для нас они неожиданные, но объективные, и не считаться с ними нельзя. На этом закончил доклад. Раздались довольно громкие аплодисменты.

Разных вопросов было очень много, в том числе и с подковыркой. Отвечал только на вопросы по существу. Некоторые к теме доклада не имели отношения. На них отвечать отказался. В перерыве подошли ко мне профессора Александр Эдуардович Грубо, Александр Львович Бершадский, Николай Савельевич Войтинский, к. т. н. Сергей Матвеевич Тимонен (г. Львов), Михаил Васильевич Кузнецов (г. Красноярск), Сергей Александрович Воскресенский, Федор Матвеевич Манжос

и поздравили с отличным докладом и грамотными, убедительными ответами на вопросы.

Докладов по вопросам резания и режущего инструмента было много. Их слушали на первых двух, а обсуждали на последних двух заседаниях.

Мой доклад подвергся критике только со стороны работника «Кареллесоэкспорта» Рогозина (товарища П.И. Лапина). Ни научных, ни практических данных у него не было. Все его выступление – это набор трескучих, газетных фраз. Мой доклад был одобрен, предложенные выводы и рекомендации приняты. Возможные противники, которых мне называли, выступать не рискнули. Я радовался: это была победа, первый публичный успех в науке.

Конференция закончилась, собираю плакаты. Подходит Рогожин и говорит: «Советую тебе перестроиться. Будешь защищать скоростное пиление, докторскую получишь, а если нет, то никакой кандидатской тебе не видать. Мы тебе еще покажем, ты эти слова запомни». (До сих пор их помню).

Выслушал эту низость спокойно и отвечаю: «В открытую бой принимаю, а в закулисные игры не играю, авантюрой также не занимаюсь. Вы это усвойте». На этом мы расстались.

Наиболее полную, убедительную, но умозрительную оценку влияния скорости резания на качество дал профессор, доктор технических наук Михаил Александрович Дешевой. Его обстоятельный трехтомный труд «Механическая технология древесины», изданный в 1933 году, сыграл огромную положительную роль в подготовке высококвалифицированных инженерных кадров для лесопромышленного комплекса страны. Он всесторонне и глубоко рассмотрел многие вопросы резания древесины (1-й том), режущих инструментов (2-й том), лесопильно-деревообрабатывающего оборудования (3-й том). Уже в 1-м томе он отметил, что с увеличением скорости резания увеличивается инерционный подпор волокон древесины, и за счет этого качество обработки улучшается. Мы все этому верили и не подвергали ни малейшему сомнению.

Для всестороннего, углубленного изучения влияния скорости резания на основные параметры процесса пиления автором этих строк была разработана подробная методика, и создана специальная экспериментальная установка, оснащенная необходимыми измерительными приборами.

Она обеспечивала сохранение сопоставимых условий во всех проводимых экспериментах на скоростях резания 20, 40, 60, 80, 100, 120 м/с. Результаты проведенной работы и условия опытов будут приведены в специальной статье.

Здесь же целесообразно показать реакцию специалистов на полученные результаты. Во-первых, неожиданно выявилось отсутствие влияния скорости резания на качество поверхностей распила, которое, как оказалось, зависит только от толщины срезаемой стружки, а при неизменном наибольшем кинематическом угле встречи – только от величины подачи на зуб. Кроме этого, закономерность изменения удельной работы резания имеет сложный характер. С увеличением скорости резания, при неизменной величине подачи на зуб пилы, удельная работа сначала уменьшается, а затем растет. Ее наименьшее значение находится в пределах 40..60 м/с (средняя 50 м/с). Эти результаты в корне меняли наши, ранее признанные, представления. Результаты работы многократно и бурно обсуждались тогда в ЦНИИМОДе. Высказывалось множество различных сомнений, всевозможных возражений, требований повторных проверок и даже категоричных отрицаний. Некоторые специалисты убежденно утверждали: «Я не верю, что при скоростях резания от 20 до 120 м/с качество поверхностей распила остается неизменным. Этого не может быть. Здесь что-то не так».

Однажды на экспериментальную установку пришла целая делегация: Г.Г. Титков, С.А. Образцов, Ф.М. Манжос, В.М. Ученев, Д.С. Рожков, В.А. Худяков, Г.А. Шодэ. Сначала они наблюдали, как идут опыты и фиксируются результаты. Затем стали просить переналадить установку со скорости резания 60 м/с на 120 м/с, а затем на 20 м/с, с сохранением неизменной вели-

чины подачи на один зуб. Рассматривая образцы, отпиленные в их присутствии на разных скоростях резания, они не могли выявить различия между ними.

Помню, Георгий Григорьевич Титков, держа их в руках, сказал: «Глазами вижу результаты распиловки, а головой не пойму, чем можно объяснить отсутствие влияния скорости резания на качество?».

Это мы поняли позже, и соответствующий анализ этого неожиданно выявленного явления будет дан в специальной статье. Ясно было, что выполненная работа оградила многие предприятия от напрасных затрат.

В 1956 году по результатам прошедшей конференции вышел сборник «Новое в технике эксплуатации дереворежущего инструмента», где описаны основные положения методики выполненной работы, экспериментальная установка и полученные результаты.

Несколько позже изучением влияния скорости резания на силовые, качественные показатели и затупление зубьев занимались в 50-е годы С.М. Тимонен (Львовский ЛТИ), проф. А.З. Грубе (ЛТА); в 1966 году – З.Д. Читидзе (МЛТИ), в 1969 году – Б.Б. Миндели (МЛТИ), в 1971 году – В.Е. Шуин (АЛТИ), в 1980 году – В.И. Санев (ЛТА). У многих исследователей для проведения экспериментов были созданы специальные экспериментальные установки, оснащенные современными измерительными приборами. Результаты их опытов полностью подтвердили наши выводы, полученные в 1952–1954 годах.

Изложенные факты свидетельствуют о силе объективных, достоверных результа-

тов опытов и наблюдений, о благотворном влиянии деловой товарищеской обстановки в творческих коллективах лабораторий и подразделений.

Острую, принципиальную, деловую, иногда обидную, критику мы не отвергали, на нее не обижались, а старались в нее вникнуть, лишний раз совместно с оппонентами, проверить полученные результаты, убедиться в их объективности, достоверности и надежности.

Описанные события и эпизоды 50-х годов, которые стали историей, свидетельствуют о силе тщательно отработанных методических документов, позволяющих получать объективные, надежные, правдивые и достоверные результаты.

Много раз я бывал на различных западных фирмах, имел возможность видеть, как они, за счет объективной оценки качественных показателей представленной продукции разных производителей, ищут эффективные пути для деловой победы в конкурентной борьбе и часто умело достигают желаемого успеха без газетной шумихи.

К великому сожалению, многие наши НИИ, лаборатории, предприятия и фирмы правильность своих решений и их преимуществ стремятся доказать бумажными актами различных комиссий, заключениями от авторитетных специалистов, а не проведением совместных проверок и поисками достоверных, эффективных решений.

Применение таких методов работы очень вредят техническому прогрессу и успешному развитию производства.

ВЛИЯНИЕ КОРОТКОГО ФОТОПЕРИОДА, СООТВЕТСТВУЮЩЕГО ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

В.П. ДАДЫКИН, профессор ЦНИИМАШа, д.т.н.,
А.Д. ПОТАПОВА, доцент МГУЛа, к.б.н.

Прошло более четверти века с момента проведения этого эксперимента, но его результаты о положительном влиянии космического фотопериода на растения могут, вероятно, и сейчас привлекать ученых.

Действительно, обнаруженный нами в 1971 году эффект околоземного фотопериода является научным результатом, ранее не отмечавшимся в литературе.

В 1965–1969 годах мы с профессором В.П. Дадыкиным, который работал в институте медико-биологических проблем (ИМБП), а я – у С.П. Королева, а затем в ЦНИИМАШе, проводили совместные опыты. Полученные данные свидетельствовали о возможном выращивании растений в замкнутом объеме, приближенном к внеземным условиям.

Поступив на работу в Московский лесотехнический институт в 1971 году, мы, увлеченные космосом, продолжали эту тематику. Была поставлена серия экспериментов по влиянию необычного, околоземного периода на продуктивность растительного организма.

Работа проводилась в оранжерее института, которая была любезно предоставлена нам заведующей кафедрой озеленения доцентом Т.А. Соколовой. Посадку и уход за растениями помогала осуществлять агроном Л. Шатило.

Установка по созданию околоземного фотопериода была разработана аспирантом кафедры приборостроения В. Киприным.

Математическую и статистическую обработку материалов провел доктор технических наук ЦНИИМАШа профессор А.В. Потапов, который показал неслучайность положительного эффекта.

Результаты этого эксперимента были включены в научный отчет за 1971 год.

Надеюсь, что эта, первая, попытка приблизиться к космическим условиям и использовать один из мощнейших энергетических процессов Земли – процесс фотосинтеза для обеспечения человека кислородом, водой и витаминизированной пищей в пилотируемых полетах – была интересна и, на мой взгляд, важна.

Кандидат технических наук старший научный сотрудник по космической биологии, доцент Московского государственного университета леса
А.Д. Потапова.

Введение

Успешное освоение космического пространства ставит научно-технические задачи по созданию системы жизнеобеспече-

ния для длительного пребывания человека в летательных аппаратах.

При этом, одной из важнейших проблем является питание космонавтов. Полноценное питание при длительном полете, в частности, может быть обеспечено выращиванием пищевых культур в космической оранжерее.

Оранжерея на околоземной орбитальной станции при естественном освещении будет подвержена необычному для земных условий фотопериоду, то есть короткому циклу смены дня и ночи. Вспомним, что космонавт Герман Титов, который провел в космосе одни земные сутки, пережил за это время 17 космических зорь. Ориентировочно продолжительность одного цикла на околоземной орбите будет равна 90 минутам, в том числе: 60 минут – светлого периода и 30 минут – темноты. Использование естественного освещения в космической оранжерее на околоземной орбитальной станции сильно облегчит задачу энергообеспечения всего объекта.

Имеющиеся в литературе данные по влиянию различного фотопериода не освещают вопроса о воздействии на растения такого фотопериода, который бы соответствовал околоземной орбитальной станции.

Известно, что вся земная растительность в ходе эволюции, выработала приспособленность к фотопериодическим циклам, свойственным земным условиям. Растения южного происхождения нуждаются в относительно коротком дне и длинной ночи. Растения северных широт выработали приспособленность к длинному дню и короткой ночи. И те и другие растения «привыкли» к околоциркадному ритму смены светлого и темного периодов.

На околоземной орбите при использовании естественного освещения растения попадают в совершенно иные фотопериодические условия, и их реакция на эти условия неизвестна.

Исходя из вышеуказанного, кафедра ботаники и физиологии растений, совместно с кафедрой озеленения городов, в 1971 году осуществила последовательно три серии опытов по определению влияния на растения

фотопериода, свойственного условиям на околоземной орбитальной станции.

Результаты этих экспериментов оказались неожиданными.

Обнаруженный эффект от короткого фотопериода, свойственного условиям околоземной орбиты, является научным результатом, ранее не отмечавшимся в литературе.

1. Цели исследования

В задачу предпринятого исследования входило:

– выяснение нормального роста и развития растений при полуторачасовом цикле смены светлого и темного периодов;

– получить хотя бы удовлетворительный урожай растений, выращиваемых в этих условиях.

В качестве опытных объектов были взяты растения капусты хибинской и редиса сорта «Розовый с белым кончиком». Первый вид является типичным представителем длиннодневных растений, второй – короткодневным растением.

Схема опыта предусматривала выращивание обоих видов в двух вариантах фотопериода:

1) 16 часов – свет; 8 часов – темнота (контроль);

2) 60 минут – свет; 30 минут – темнота (опыт).

Общее количество энергии, падающей на растения в контроле и опыте в течение суток, было одинаково. Опыты были осуществлены в специально изготовленных установках, которые были смонтированы в теплице кафедры озеленения городов МЛТИ.

2. Экспериментальная установка

Эксперименты проводились в двух фанерных камерах размером 153 x 58 см в плане и 60 см высотой каждая. В верхней крышке смонтированы люминесцентные лампы ДС-80, по шесть штук в каждой камере.

Включение и выключение света осуществлялось автоматически с помощью командного электропневматического прибора КЭП-12У в соответствии со схемой опыта. В одной камере поддерживался фотопериод

контроля: 16 часов – свет и 8 часов – темнота; в другой – режим, имитирующий фотопериод на околоземной орбите (60 минут – свет и 30 минут – темнота).

Во избежание перегрева воздуха в объеме камер в верхней части передней торцевой стенки каждой камеры был вмонтирован вентилятор, который включался и выключался автоматически, синхронно с включением света.

Изготовление камер, монтаж ламп и вентиляторов, а также автоматика проводились аспирантом кафедры электроприборостроения В.И. Киприным. Он же наблюдал за исправной работой всей электрической части установок во время проведения вегетационных опытов.

Опытные растения высевались в посадные деревянные ящики размером 50 x 26 см и 5 см высотой. Ящики наполнялись парниковой землей. В каждую камеру помещалось по 5 ящиков. В каждой серии опытов по два ящика были с растениями капусты хибинской и по три с редисом.

Одна из боковых стенок камер откидывалась, что позволяло вынимать и вставлять ящики в камеры, производить полив растений, уход и наблюдения.

Посев семян производился рядовым способом вручную. Капуста хибинская высевалась в рядки с междурядьями 10 см, а в рядках – на расстоянии 5 см. Редис – междурядья 4 см, а в рядках расстояние между растениями 4 см. В гнездо высевалось по 2 шт. семян. После появления всходов было проведено прореживание.

Световой режим согласно схеме опыта был введен после появления всходов.

Полив производится ежедневно по объему.

Продолжительность каждой серий опыта – 40 суток.

3. Результаты опытов

За период март – июнь 1971 года проведено последовательно три серии аналогичных опытов. В пределах каждой серии урожайность из каждого ящика подсчитывалась отдельно. Последовательные серий опытов являлись повторностями.

В марте – апреле, в связи с низкими дневными и особенно ночными температурами воздуха, температура в темный период опускалась до 7–8 °С. В марте – июне такого охлаждения не наблюдалось.

В табл. 1 приведены результаты учета сырого веса опытных растений капусты хибинской во всех трех сериях, а в табл. 2 – редиса.

Из приведенных данных отчетливо видно, что необычный для земных растений фотопериод не вызвал депрессии в росте и накоплении биомассы у обоих опытных растений. Как капуста хибинская – длиннодневное растение –, так и редис – короткодневное растение – образовали заметно большую биомассу при фотопериоде, далеком от привычного циркадного ритма смены света и темноты.

Образование корнеплода у редиса как в опытном варианте, так и в контрольном было задержано. Вес корнеплодов составил от 8 до 30 % от всей биомассы. Это могло

быть результатом какого-либо неучтенного в опыте нарушения комплекса факторов среды. Однако, как показывает опыт полярных станций, а также имеющиеся эксперименты по разработке закрытых экологических систем в условиях крайней ограниченности свежих овощей, у редиса успешно употребляется в пищу не только корнеплод, но и свежая ботва, которая богата витаминами и минеральными веществами. Кроме того, листья многих овощных растений, в том числе редиса, содержат значительное количество белка. Ротамстедская станция (Англия) разработала технологию извлечения белка из ботвы овощных растений и создала комплекс машин для рационального осуществления процесса экстракции белковых компонентов и превращения его в пищевой продукт. Таким образом, всю биомассу редиса можно рассматривать как воспроизводство элементов питания для человека.

Т а б л и ц а 1

Результаты учета сырого веса растений капусты хибинской, выращиваемых при фотопериоде, свойственном околоземной орбитальной станции, г

Варианты	Опыт			Контроль		
	Общий сырой вес урожая	Вес надземной части	Вес корней	Общий сырой вес урожая	Вес надземной части	Вес корней
1-я серия						
1-й ящик	96,1	81,0	15,1	71,3	59,3	11,4
2-й ящик	215,7	192,9	22,8	98,5	88,0	10,5
Среднее (число) общей массы урожая	155,9			84,9		
2-я серия						
1-й ящик	292,4	287,3	5,1	270,3	265,1	5,2
2-й ящик	312,9	304,7	8,2	269,6	265,7	3,9
Среднее (число) общей массы урожая	302,6			269,9		
3-я серия						
1-й ящик	150,0	117,0	33,0	105,5	78,0	27,5
2-й ящик	197,0	150,0	47,0	125,0	98,1	26,9
Среднее (число) общей массы урожая	173,5			115,2		
Общее среднее	210,6			156,6		
% к контролю	130,5			100		

Результаты учета сырого веса растений редиса, выращиваемого при фотопериоде, свойственном околоземной орбитальной, г

Варианты	Опыт			Контроль		
	Общий сырой вес урожая	Вес надземной части	Вес корней	Общий сырой вес урожая	Вес надземной части	Вес корней
	1-я серия					
1-й ящик	267,4	199,8	67,6	147,0	125,6	21,4
2-й ящик	452,3	376,9	75,4	293,7	238,7	55,0
3-й ящик	587,7	510,7	77,0	398,3	338,3	60,0
Среднее (число) общей массы урожая	435,8			279,6		
	2-я серия					
1-й ящик	296,0	230,0	66,0	253,0	228,0	25,0
2-й ящик	334,0	240,0	94,0	279,0	248,0	31,0
3-й ящик	373,0	280,0	93,2	439,5	356,0	83,5
Среднее (число) общей массы урожая	334,0			325,8		
	3-я серия					
1-й ящик	249,0	227,0	22,0	154,0	139,5	14,5
2-й ящик	265,0	241,0	24,0	205,0	177,9	27,0
3-й ящик	253,3	231,2	22,1	220,0	199,0	21,0
Среднее (число) общей массы урожая	255,7			193,0		
Общее среднее	342,5			266,1		
% к контролю	129			100		

4. Статистический анализ совокупности экспериментальных данных по установлению неслучайного характера обнаруженного эффекта

Как указывалось, в каждой серии экспериментов было 4 ящика с капустой хибинской и 6 ящиков с редисом. Половина ящиков были контрольными.

Обработка цифрового материала в каждой серии производилась следующим образом: складывались веса полезной массы опытных и контрольных ящиков как капустой хибинской, так и с редисом. Затем полезный общий вес опытных ящиков делился

на полезный вес контрольных ящиков из той же серии экспериментов.

Полученные отношения записывались в виде процентов увеличения полезной массы опытных растений за счет короткого фотопериода.

Расчет проводился по следующим формулам:

$$g_0 = \sum_{i=1}^{i=n} g_{oi} ; \quad (1)$$

$$g_k = \sum_{i=1}^{i=n} g_{ki} ; \quad (2)$$

$$\delta = \frac{g_0}{g_k} ; \quad (3)$$

$$\Delta = (\delta - 1)100 \% , \quad (4)$$

где g_{oi} – полезный вес в опытном ящике;
 i – номер ящика;
 n – число ящиков в опытной партии;
 g_o – вес полезной массы во всех ящиках опытной партии;
 g_{ki} – полезный вес в контрольном i -м ящике;
 g_k – вес полезной массы во всех контрольных ящиках;
 δ – относительный вес полезной массы опытной партии (с отнесением к весу полезной массы в контрольной партии);
 Δ – процентное увеличение веса полезной массы в опытной партии по отношению к контрольной.

Кроме величин, относящихся к различным сериям экспериментов, были рассчитаны средние значения процентного увеличения веса полезной массы по формуле

$$\Delta_{cp} = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} \Delta_j}{m}, \quad (5)$$

где j – номер серии;
 m – число серий.

Результаты расчетов по формулам (1) – (5) сведены в табл. 3. В табл. 3 также указано общее число растений и количество повторных опытов, на основе которых рассчитано Δ_{cp} .

Т а б л и ц а 3

Изменение полезной массы растений за счет короткого фотопериода, %

Объекты	Капуста хибинская	Редис
1-я серия	85,2	61,4
2-я серия	9,3	81,5
3-я серия	15,9	8,7
Средняя	36,8	50,5
Общее число растений в опытных и контрольных партиях	424	588
Количество повторных опытов	6	9
Общее число ящиков	12	18

Табл. 3 показывает устойчивый положительный эффект, получаемый под влиянием укороченного фотопериода. Однако проведенный эксперимент имел ограниченный объем и, вообще говоря, можно допустить вероятность того, что наблюдаемая закономерность появилась не в силу действительно имеющей место зависимости, а в результате случайности. Для выяснения этого вопроса в математической статистике разработаны методы, основанные на использовании так называемого распределения Стьюдента.

Проведем статистический анализ совокупности экспериментальных данных, относящихся к каждому виду растений, в предположении случайного характера зарегистрированных событий, то есть независимого случайного характера каждого опыта.

С растениями капусты хибинской было испытано 12 одинаково засаженных

ящиков, половина из которых ($n = 6$) подвергалась воздействию короткого фотопериода, а другая ($m = 6$) – естественному.

Общая полезная масса в 1-й группе ящиков составляла, г

$$x = 81,0; 192,9; 287,3; 304,7; 117,0; 150,0.$$

Во второй группе полезная масса составляла,

$$y = 59,9; 88,5; 265,1; 265,7; 78,0; 98,0.$$

Выборочные средние имеют следующие значения:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 188,7;$$

$$\bar{y} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i = 142,3.$$

Таким образом, $\bar{x} - \bar{y} = 46,4$.

Методы математической статистики 1 позволяют ответить на вопрос: случайно ли это различие между x и y ?

Объединенная выборочная дисперсия, полученная из обоих выборок, будет равна

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2}{n + m - 2} = 8738.$$

Величина t будет иметь следующее значение:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{S^2 \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m} \right)}} = \frac{46,4}{\sqrt{\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{6} \right)}} = 0,86.$$

Используя таблицу t - распределения Стьюдента для числа степеней свободы $\nu = n + m - 2 = 10$, получили при двухстороннем критерии

$$P(t) = \int_{-\infty}^{-t} f(t)dt + \int_t^{\infty} f(t)dt = 0,411.$$

Полученный результат состоит в том, что при отсутствии различия между партиями ящиков будет получаться в среднем величина t , равная или большая 0,86 в 41 случае из 100.

Таким образом, серьезное основание считать полученный результат (при отсутствии эффекта короткого фотопериода) необычным отсутствует.

Если бы такая же разница ($\bar{x} - \bar{y}$) получилась при выборке в 10 раз, то есть при 120 ящиках вместо 12, то новое значение t составило бы

$$t = 0,86\sqrt{10} = 2,72,$$

и значение t было бы менее 0,01, то есть если бы в этом случае короткий фотопериод не оказывал никакого влияния на прибавку урожая, то полученное значение t или большее значение t могли бы встретиться только в одном случае на 100.

Такая случайность была бы, следовательно, маловероятной, и имелись бы все основания утверждать о положительном эффекте короткого фотопериода.

Таким образом, проведенное количество экспериментов является недостаточным для достоверного установления (в предположении независимости событий) положительного эффекта короткого фотопериода.

Имеется все-таки вероятность того, что наблюдаемые положительные воздейст-

вия короткого фотопериода для растений оказались случайностью.

В экспериментах с редисом получилась следующая картина: всего ящиков 18: из них ($n = 9$) опытных; контрольных ($m = 9$).

Общая полезная масса составляла, г:

$$\begin{aligned} x &= 67,6; 75,4; 77,0; 66,0; \\ &94,0; 93,2; 22,0; 24,0; 22,1; \\ y &= 21,4; 55,0; 60,0; 25,0; \\ &31,0; 83,5; 14,5; 27,1; 21,0; \\ \bar{x} &= 60,1; \end{aligned}$$

$$\bar{y} = 37,1;$$

$$S^2 = 709 \text{ г}^2;$$

$$\bar{x} - \bar{y} = 23,0;$$

$$t = 1,834;$$

$$\nu = 16;$$

$$P(t) = 0,088.$$

Таким образом, в случае отсутствия эффекта от короткого фотопериода вероятность того, что величина $t \geq 1,834$, встретится в 88 случаях из 1000, либо, грубо, – в одном из 10 случаев. Полученная величина t значима при $\approx 9\%$ -ном уровне значимости.

Следовательно, в случае отсутствия эффекта от короткого фотопериода вероятность того, что величина t будет равна или больше наблюдавшейся величины 1,834, составит 88 случаев из 1000; значит, только в одном случае из 10 может встретиться наблюдавшееся сочетание экспериментальных фактов.

Это небольшая вероятность, и имеется достаточно оснований считать, что в проведенном эксперименте сочетание этих факторов не случайность, а закономерность. И эта закономерность состоит в увеличении веса корневой системы редиса при переходе от нормального фотопериода к короткому.

Приблизительно 80...90 % за то, что в проведенных экспериментах наблюдался эффект от положительного воздействия укороченного фотопериода.

В случае с растениями капусты хибинской проведенные опыты, по причине малого объема, не являются достаточно убедительными, и полученный эффект объективно пока еще нельзя отнести на счет короткого фотопериода.

5. Дисперсионный анализ экспериментальных данных по увеличению полезной массы растений

Статистический анализ в предыдущем разделе выполнен на основе предположения о нормальном характере распределения случайных величин с одинаковой дисперсией σ^2 в опытной и контрольной партиях.

Для проверки отношения дисперсий в опытной и контрольной партиях $\tau = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$ ис-

пользуется так называемое распределение Фишера.

В результате делается вывод: значимо ли различие в выборочных дисперсиях, относящихся к отдельным сравниваемым группам экспериментов?

Указанный анализ позволяет проверить обоснованность предположения об одинаковой дисперсии партий в предыдущем разделе и выяснить вопрос о влиянии короткого фотопериода на новую количественную характеристику явления, каким является дисперсия в генеральной совокупности.

Чтобы выяснить, существенно ли различаются дисперсии двух нормальных выборок, как упоминалось, применяется критерий F Фишера.

В случае экспериментов с редисом он для полезной массы равен [1]

$$F_{9,9} = \frac{Sx^2}{Sy^2},$$

где $Sx^2 = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n} = \frac{7043,4}{9} = 782$ – значение выборочной дисперсии для опытной партии ящиков;

$Sy^2 = \frac{\sum_1^m (y_i - \bar{y})^2}{n} = \frac{4284,5}{9} = 476$ – значение выборочной дисперсии для контрольной партии ящиков.

Подставляя численные значения, получаем

$$F_{9,9} = \frac{782}{476} = 1,643.$$

Индексация 9,9 при F означает объемы опытной и контрольной выборок.

Распределению вероятности Фишера [2] равной 0,95, соответствует значение $F_{9,9} = 3,18$, а вероятности 0,99 соответствует $F_{9,9} = 5,35$.

Таким образом, наше значение $F_{9,9} = 1,643$ представляет существенно меньшую величину, чем указанные, и можно заключить, что проведенные эксперименты не позволяют сделать вывод о различной величине выборочных дисперсий для случая естественного фотопериода и случая укороченного фотопериода.

Наблюдаемое различие – большая выборочная дисперсия у опытной партии, чем у контроля – вполне могло получиться случайно.

6. Корреляционный анализ экспериментальных данных по увеличению полезной массы растений

В разделах 4 и 5 предполагалась независимость экспериментальных результатов в отдельных ящиках друг от друга.

Тем не менее, имеются основания предположить, что существовала определенная связь между результатами эксперимента в одной и той же серии в ящиках из опытной и контрольной партий, занимающих одно и то же положение в камерах. Действительно, указанная пара ящиков находилась в одинаковых условиях в отношении освещенности и вентиляции. Они засеивались идентичными семенами.

Для того чтобы проверить предположение о взаимосвязи экспериментальных результатов по парам ящиков, нужно обратиться к корреляционному анализу.

В нашем эксперименте одновременно наблюдаются две случайные величины: полезная масса в ящиках с нормальным фотопериодом и в ящиках с коротким фотопериодом. Для того чтобы выяснить, нет ли зависимости между этими двумя величинами, необходим выборочный коэффициент корреляции.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)S_x S_y},$$

где $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$;

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum y_i;$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2;$$

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum (y_i - \bar{y})^2.$$

В случае экспериментов с редисом (редис выбран в связи с тем, что эксперименты с ним имеют большие объемы выборок) будем иметь

$$r = 0,661.$$

Если генеральная корреляция отсутствует, то с вероятностью $p = 0,9$ справедлива оценка[3]

$0,602 \leq r \leq r_{0,95} = 0,602$. Так как найденный по выборке коэффициент корреляции $r_b = 0,661$ удовлетворяет неравенству $r_b = 0,661 > r_{0,95} = 0,602$, то его нужно признать «значимым», то есть полагать, что между наблюдаемыми величинами x_i и y_i есть корреляция; иными словами: считать, что существует взаимосвязь между урожаем в паре ящиков, находящихся в одном блоке в один и тот же календарный период. Такая зависимость между урожаем в опытном и контрольном ящиках, как уже упоминалось, могла быть обусловлена одинаковыми климатическими воздействиями и идентичностью посевного материала.

Поскольку результаты испытаний оказались попарно связанными, вполне допустимо считать, что для выяснения эффекта короткого фотопериода можно сравнивать веса полезной массы попарно для этих случаев.

7. Статистическая обработка экспериментальных данных на основе выявленной корреляционной зависимости

Проведем статистическую обработку опытов с капустой хибинской, учитывая попарную корреляцию результатов. Рассмотрим в качестве наблюдаемой величины от-

носительное изменение веса полезной массы в каждой паре ящиков:

$$\delta_i = \frac{x_i - y_i}{y_i}.$$

Будем иметь $n = 6$ случайных величин:

$$\delta = 0,3525; 1,192; 0,0838; 0,147; 0,5; 0,53.$$

Эта выборка имеет среднюю величину

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \sum \delta_i = 0,468;$$

оценку дисперсии

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (\delta_i - \bar{\delta})^2 = 0,1584.$$

Среднее квадратическое отклонение величины $\bar{\delta}$ будет равно

$$\frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0,1584}}{\sqrt{6}} = 0,1625.$$

Таким образом, можно считать, что относительный прирост веса полезной массы салата при переходе к короткому фотопериоду

$$\left(\bar{\delta} \pm \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \approx (0,47 \pm 0,16).$$

В случае экспериментов с редисом будем иметь выборку из $(n - 9)$ случайных величин:

$$\delta = 2,16; 0,371; 0,283; 1,64; 2,032; 0,116; 0,517; 0,114; 0,0524.$$

Средняя величина относительного прироста веса корней составит

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \sum \delta_i = 0,785.$$

Оценка дисперсии дает величину

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (\delta_i - \bar{\delta})^2 = 0,806.$$

Среднее квадратическое отклонение будет равно величине

$$\frac{S}{\sqrt{n}} = 0,2998 \approx 0,3.$$

Итак, относительный прирост веса корней редиса за счет короткого фотопериода будет равен

$$\left(\bar{\delta} \pm \frac{S}{\sqrt{n}} \right) \approx (0,8 \pm 0,3).$$

8. Зависимость полезной массы от общего веса растений

На рис. 1 и 2 показаны зависимости $g = f(\varphi_k)$ для растений капусты хибинской и редиса, где g – вес полезной массы, а φ_k – общий вес контрольных растений, содержащихся в ящиках, занимающих одинаковое место в камерах.

Сравнение опытных и контрольных кривых на этих графиках показывает изменение веса полезной массы под воздействием короткого фотопериода. Сравнение полезных весов производится для каждой пары ящиков, имеющих одинаковые климатические условия.

На рис. 3 приводится график зависимости $g = f(\varphi)$ для опытных и контрольных растений редиса, где g – вес полезной массы, а φ – общий вес растений в ящике. В отличие от графиков на рис. 1 и 2, вес полезной массы опытных растений показан в зависимости не от общего веса контрольных растений φ_k , а от общего веса опытных растений g .

Из рассмотрения зависимостей на рис. 1–3 можно сделать заключение, что значительное изменение полезной массы под воздействием короткого фотопериода происходит у растений средней величины.

Мелкие и крупные растения редиса положительного воздействия короткого фотопериода не испытывают, а у растений капусты хибинской этот эффект ослаблен.

Выводы

1. На основании проведенных экспериментов установлено, что растения при коротком фотопериоде имеют нормальную всхожесть, рост и развитие.

2. Статистический анализ совокупности экспериментальных данных ограниченного объема позволяет установить неслу-

чайный характер увеличения веса полезной массы растений салата и редиса.

3. Проведенный корреляционный анализ свидетельствует об имевшей место в экспериментальном исследовании взаимосвязи между группами опытных и контрольных растений, занимавших одинаковое место в экспериментальных камерах.

Статистическая обработка на основе выявленной корреляционной зависимости дала оценку относительного прироста веса салата величиной 0,47 со средним квадратичным разбросом $\pm 0,16$. Величина прироста редиса составляла 0,8 со средним разбросом $\pm 0,3$.

4. Статистическая обработка без учета корреляции дает оценку среднего прироста у салата в 0,368, а у редиса – 0,505, или 36,8 и 50,5 %.

5. Анализ зависимости прироста полезной массы растений от общего веса показывает, что положительному эффекту короткого фотопериода были подвержены средние по весу растения. У растений редиса мелких и крупных эффект не обнаружен, а у салата – эффект ослаблен.

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования показали благоприятное влияние фотопериода, соответствующего искусственному спутнику Земли, на рост полезной для человека растительной массы длиннодневных и короткодневных растений.

Обнаруженный эффект позволяет рассчитывать на возможность нормального воспроизводства пищи биологическим путем в условиях околоземной орбитальной станции с использованием естественного света.

Работы в указанном направлении целесообразно продолжить.

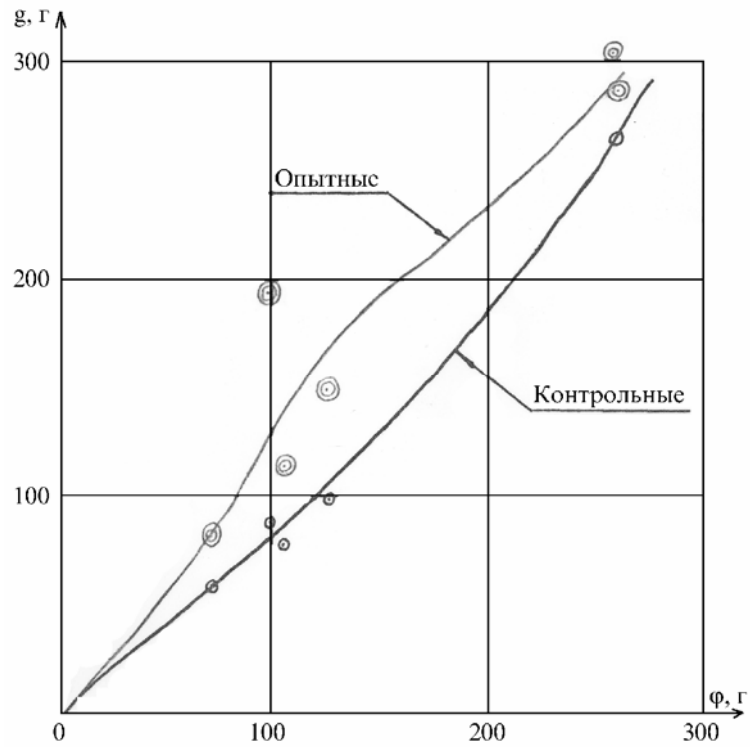


Рис.1. Зависимость веса полезной массы капусты хибинской от общей массы контрольных растений

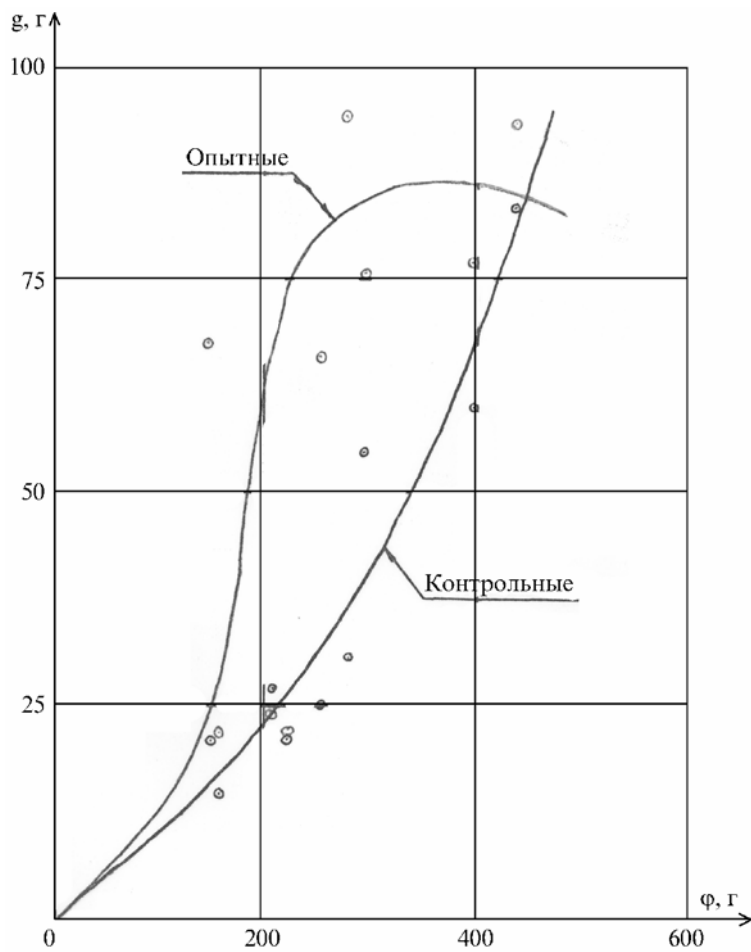


Рис.2. Зависимость веса полезной массы редиса от общей массы контрольных растений

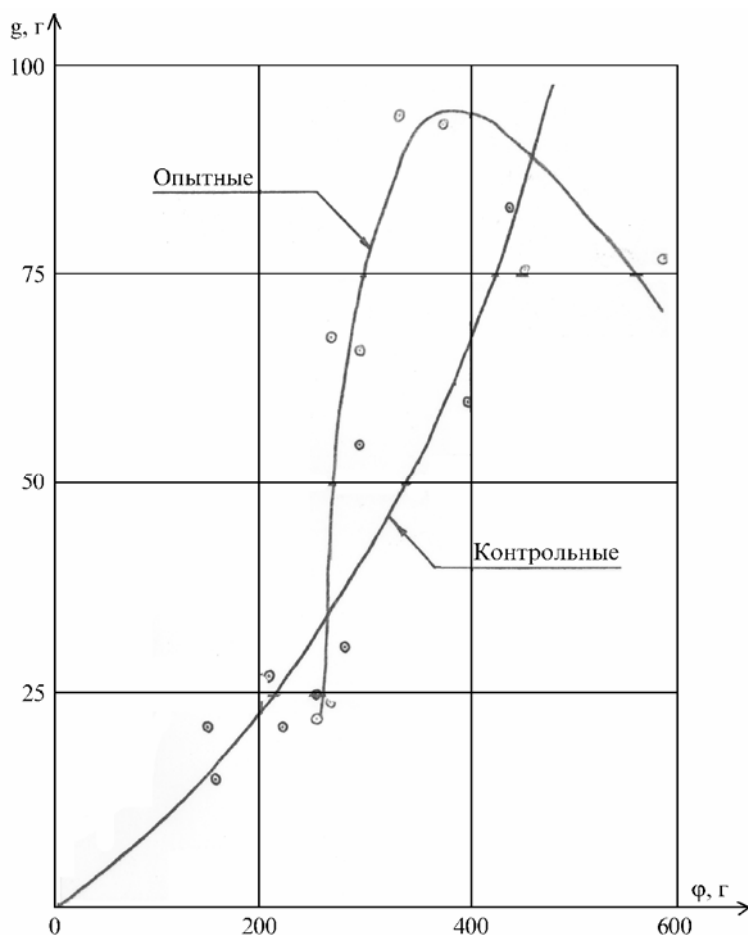


Рис.3. Зависимость веса подземной части от общего веса сырой массы редиса

Литература

1. Худсон Д. Статистика для физиков. – М., 1967.
2. Варден. Б.Ван Дер. Математическая статистика – М., 1960.
3. Пустыдник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М., 1968.
4. Титов Г. 17 космических зорь. – М., 1966.
5. Дадыкин В.П. Космическое растениеводство. – М.: Знание, 1968.
6. Дадыкин В.П., Н.Т.Ниповская и др // Ботанический журнал. – 1969. – № 54(2). – С. 163–179.
7. Потапова А.Д. 29 ИЮЛЯ–20 лет с начала проведения в СССР биологических исследований в условиях высотных ракетных полетов. АН СССР, Совет. нац. объедин. истории, естеств. и техники // Из истории авиации и космонавтики. – 1969. – Вып. 12. – С. 57–59.

Приложение

Эксперимент 1

Повторность	Опытные			Повторность	Контрольные		
	Общий вес сырой массы, г	Вес наземн. части, г	Вес корневой, г		Общий вес сырой массы, г	Вес наземн. части, г	Вес корневой, г
Капуста хибинская							
1-й ящик	96,1	81,0	15,1	3	71,3	59,9	11,4
2-й ящик	215,7	192,9	22,8	4	98,5	88,0	10,5
Редис							
1-й ящик	267,4	–	67,6	4	147,0	–	21,4
2-й ящик	452,3	–	75,4	5	293,7	–	55,0
3-й ящик	587,7	–	77,0	6	398,3	–	60,0

Эксперимент 3

Повторность	Опытные			Повторность	Контрольные		
	Общий вес сырой массы, г	Вес наземн. части, г	Вес корневой, г		Общий вес сырой массы, г	Вес наземн. части, г	Вес корневой, г
Растения капусты							
1	150,0	117,0	33,0	3	105,5	78,0	27,5
2	197,0	150,0	47,0	4	125,0	98,1	26,9
Растения редиса							
1	249,0	–	22,0	4	154,0	–	14,5
2	265,0	–	24,0	5	205,0	–	27,0
3	253,3	–	22,1	6	220,0	–	21,0

Влияние околземного фотопериода, накопление массы растений

Варианты	Контроль								Опытные							
	Кол-во растений, шт.			Вес сырой массы, г		Вес одного растения, г		Содерж. воды в лист., %	Кол-во растений, шт.			Вес сырой массы, г.		Вес одного растения, г		Содерж. воды в лист., %
	Из них:			надз.	подз.	надз.	подз.		Из них:			надз.	подз.	надз.	подз.	
Растения капусты																
1-й ящик	73	19	21	<u>270,3</u> 265,1	5,2	3,6	0,07	93,0	73	16	35	<u>292,4</u> 287,3	5,1	3,9	0,07	94,0
		23	17							22	29					
		31	10							35	16					
Всего в среднем	73	16		265,1	5,2	3,6	0,07	93,0	73	21		287,3	5,1	3,9	0,07	94,0
2-й ящик	67	14	22	<u>269,6</u> 265,7	3,9	3,9	0,09	93,9	70	14	27	<u>312,9</u> 304,7	8,2	4,3	0,1	93,7
		15	17							28	28					
		18	11							28	18					
Всего в среднем	67	16		265,7	3,9	3,9	0,09	93,9	70	24		304,7	8,2	4,3	0,1	93,7
Растения редиса																
1-й ящик	68	19	23	<u>253,0</u> 228,0	25,0	3,3	0,39	93,0	65	27	30	<u>296,0</u> 230,0	66,0	3,5	1,0	93,5
		49	18							38	27					
Всего в среднем	68	20,5		228,0	25,0	3,3	0,39	93,0	65	28		230,0	66,0	3,5	1,0	93,5
2-й ящик	68	18	28	<u>279,0</u> 248,0	31,0	3,9	0,4	93,0	64	29	31	<u>337,0</u> 240,0	94,0	3,7	1,4	93,5
		50	21							35	25					
Всего в среднем	68	24		248,0	31,0	3,9	0,4	93,0	64	28		240,0	94,0	3,7	1,4	93,5
3-й ящик	60	60	23	<u>459,0</u> 356,0	83,5	5,9	1,3	93,8	67	67	27	<u>373,0</u> 280,0	93,2	4,3	1,4	93,7

МОЙ МОСКВИТИН (ВОСПОМИНАНИЯ)

Ю.М. ЕВДОКИМОВ, профессор кафедры химии и биотехнологии лесного комплекса МГУЛа

Москвитин Николай Иванович (1903–1972) – профессор, доктор химических наук, автор электрорелаксационной теории склеивания, первого патента по нетканым материалам. С середины 50-х годов и вплоть до своей кончины заведовал кафедрой химии МЛТИ. Он был моим руководителем по диссертационной работе в бытность мою аспирантом кафедры (1964–1967).

Николай Иванович был моим первым Учителем в области исследования адгезионных явлений. О нем я могу сказать словами А. Македонского: «Я чту Аристотеля (учитель Македонского) наряду со своим отцом, так как отцу я обязан жизнью, а Аристотелю всем, что дает ей цену». На моей памяти он был одним из ученых того старого доброго времени, о которых вспоминаешь как о глубоко добропорядочных людях, интеллигентах с большой буквы, мягких, добросердечных вежливых, всегда приветливых.

У себя на кафедре он сумел создать творческую атмосферу, приятный для исследователей климат, никогда не мешал работать, не задавал глупых вопросов, всех успевал расспросить о домашних делах, здоровье, прочих житейских проблемах. Его немногочисленные работы в области исследования адгезионных явлений стали в настоящее время классическими, на них до сих пор ссылаются все исследователи, занимающиеся адгезионной тематикой.

Пройдя ступени выдающейся «адгезионной школы», сумел пронести любовь к науке через всю свою жизнь и привил это своим ученикам. В одно время он руководил работой 10 аспирантов, из которых 8 успешно защитили кандидатские диссертации. Причем половина из них защищалась в научных советах других вузов, так как МЛТИ не имел совета по присуждению степени кандидата химических наук. В числе таких вузов были МХТИ, МТИЛП, а

также ИФК АН СССР, что подтверждает высокую подготовленность аспирантов. Мои воспоминания о своем учителе оставили в памяти яркий образ, хотя некоторые детали «стерлись». Особо запомнились беседы на самые различные темы по дороге из МЛТИ до пл. Строитель.

На этой тропе попутчиками становились многие преподаватели и сотрудники института, студенты, аспиранты других кафедр. Здесь переплетались представители различных научных школ. Профессор Б.Н. Уголев, академик И.С. Мелехов, профессор И.К. Карасев всегда были окружены молодыми сотрудниками, аспирантами и студентами. Жизнь тогда была иной, и в институте училось много юношей и девушек со всех концов 1/6 части суши. По этим тропам ходили и физики, и химики, и математики, и «технари». Во время бесед обменивались последними событиями по институту, в стране, кафедрам, не обходилось и без сплетен.

Оживленные беседы-разговоры позволяли быть в курсе научного пульса института, кафедр, лабораторий. При этом Николай Иванович часто представлял меня многим маститым ученым как своего аспиранта, выдающегося ученого, очень способного... Все это приходилось выслушивать с серьезным видом, хотя было ясно обоим (мне и Н.И.), что говорить о каких-либо выдающихся способностях аспиранта первого курса слишком смело. Но таков был стиль Николая Ивановича. Оживленные перекрестные разговоры перемежались рассказами анекдотов.

Однако от Москвитина за все время работы я не слышал ни одного нецензурного выражения и не помню, чтобы он рассказывал какие-либо анекдоты, хотя юмор он ценил, особенно тонкий. Дорога из института до Строителя была «дорогой жизни», давшей мне путевку в науку, ибо здесь заводи-

лись новые знакомства, налаживались связи, а также пополнялись знания «из первых рук». Беседы продолжались в вагоне электрички, пока один из собеседников не выходил на своей остановке.

Хорошо владел Николай Иванович эпистолярным жанром, в чем я убедился после его нескольких публикаций на тему об искусстве. Ряд его заметок был опубликован в институтской газете «За инженерные кадры» (ныне «Вестник МГУЛ»), которые характеризовали Николая Ивановича совершенно с новой стороны. Я с нетерпением ждал появления его заметок и никогда не был разочарован.

Относительно лекторского мастерства Москвитина судить не мне, так как я не часто их слушал. Читал он довольно тихим голосом, немного монотонно, студенты часто шумели, отвлекались, но лектора это не смущало, и он добросовестно ее отчитывал. Как правило, он носил на лекцию листочки – шпаргалки размером с почтовую открытку, на которых были записаны основные моменты по читаемым разделам химии. Эти «карточки» имели большие поля, куда Москвитин записывал все новое, что появилось за последнее время. Заглядывал он в них по мере необходимости. Иногда, чтобы не пропустить важные сведения. Это больше напоминало развернутый план лекций, нежели само их содержание. По отзывам студентов, на доске часто были плохо видны следы мела из-за легкого нажима...

Тут необходимо отметить, что студенты не знали, что Николай Иванович страдал артритом: у него сильно болели руки. В этом я однажды убедился лично, крепко пожав его протянутую руку. От боли он даже чуточку присел и зажмурился. С моей стороны это было невнимательностью, так как я об артрите знал. Знали об этом и некоторые сотрудники кафедры. У него была привычка первым протягивать руку всем, независимо от ранга: будь то доценты, ассистенты или лаборанты.

В общении он был довольно прост, умел внимательно выслушать собеседника. Беседовать с ним было одно удовольствие,

так как он давал выговориться и лишь после этого вступал в разговор сам. Выглядел он представительно. У него были седые волосы, даже белые, он был коренаст, плотно сложен и обладал мягкими манерами, открытостью, хотя и не без «хитринки».

Он неизменно носил профессорскую шапочку. Кто не знает, как она выглядит, может вспомнить Зелинского или других химиков, портреты которых висели почти во всех школах и вузах. Его манера разговаривать с аспирантами удивляла. При обсуждении какого-либо вопроса либо данных эксперимента, он часто делал вид (это проявилось позднее), что в указанных проблемах разбирается слабо, неплохо бы вернуться к этому. Лично у меня складывалось иной раз впечатление (это по молодости и глупости), что в ряде вопросов агдезии я разбираюсь лучше его, что в общем-то придавало мне уверенности. Каково же было удивление, когда через неделю-другую он высказывал такие познания, что стыдно было «за свой научный задел». Так, принижая свои собственные познания, Николай Иванович придавал нам самостоятельности в мышлении, уверенности в себе и заставлял как следует продумать проблему, прежде чем «бежать к шефу» по каждому незначительному случаю. К чести его, надо сказать, что он добился большой самостоятельности от своих учеников.

Но если данные эксперимента вызвали его интерес, то беседа могла длиться сколь угодно долго. Тут он со своим временем не считался. Предлагая те или иные варианты по подтверждению данных опыта, задавал много вопросов, то есть проявлял неподдельный интерес. Рекомендовал те статьи из различных журналов, монографии, которые следовало бы вновь подробнее просмотреть. Вдруг окажется, что там в какой-то мере освещена обсуждаемая проблема. Как правило, беседа заканчивалась фразой: «Это следует опубликовать».

Статьи мои практически не правил, не вносил в них изменений. Такое доверие вызывало с моей стороны «ответственную реакцию». И в начале своей карьеры к каждой статье я тщательно подбирал термины-

логию, сверял все мелкие неточности, шероховатости, следил, чтобы не было описок в ссылках на литературу, чего не скажу о нынешних своих подходах.

Самый большой подарок он преподнес мне в 1968 году. Это была его монография «Склеивание полимеров» с очень теплой дарственной надписью. Естественно, ее (книгу) я начал читать еще в электричке, по пути домой, и обнаружил, что в ней он цитирует меня на протяжении 30 страниц, сопровождая текст фразами: «автор книги и Ю.В. Евдокимов; Ю.В. Евдокимов и автор...». Далее следовало описание наших совместных экспериментов. Книга была сдана в редакцию в 1967 году, то есть когда я еще был аспирантом. Следовательно, написана она была как минимум годом раньше! Такого отношения к себе я не ожидал. И ведь ни словом об этом не обмолвился...

Подобные штрихи характеризуют большое благородство, присущее лишь истинным ученым. И доброту, и доверие к ученикам... При следующей встрече я поблагодарил его и пробормотал, что-то вроде: «Вы для меня теперь почти Бог». Конечно ему это понравилось, но он лишь усмехнулся и ласково посмотрел на меня. Нужно было как-то выпутаться из этой ситуации, и я сказал ему: «Хотите, притчу на эту тему?». «Интересно» – прозвучало в ответ.

«Однажды один из настойчивых читателей Вольтера долгое время пытался поговорить с мыслителем, но ему не удавалось. То отвечали, что его нет дома, нет в городе и т. п. Отчаявшись, он передал записку для Вольтера: «Я все время думал, что вы Бог, а теперь в этом убедился. Вас совершенно невозможно увидеть». Растроганный Вольтер, пораженный остроумием почитателя, выбежал из дома на улицу, догнал писавшего, имел с ним беседу...».

– Ну, вот вы и опровергли мою божественность. Мы-то с вами часто видимся, – произнес Николай Иванович. Мы оба рассмеялись

Добродушным он был и очень простым в общении, а самое главное – никогда не повышал тона. Иногда задумываешься:

«Какие примеры Учителей у нас были, а мы почти ничего у них не переняли». И голос повысить можем, и пошлость произнести, и студентов оскорбить... Успокаивает только то, что Дерягин был «покруче Москвитина» в этом отношении.

Благородство Москвитина проявилось, когда встал вопрос о защите моей диссертации. Место защиты еще не было известно. В то время нужно было «отстоять в очереди» на защиту, которая длилась иногда годами. Сказывалось и отрицательное влияние научных школ, которые не всегда желали допускать «чужаков» в свои советы. Это были школы агдезии С.С. Воюцкого (диффузионщики), Б.В. Дерягина и Н.К. Кротовой (электрики), В.Е. Басина и А.А. Берлина (молекулярщики). Так как моя работа на 80 % состояла из разделов по исследованию электроадгезионных явлений, то сам Бог «послал к Дерягину» (в то время у Николая Ивановича как таковой школы еще не было). По адгезионной тематике я был у него первым аспирантом, что всегда подчеркивала его супруга: «Юра (она называла меня по имени), вы любимый аспирант Николая Ивановича».

На защиту я выходил первым, следом шло еще семеро. Решили, что надо ехать к Дерягину и Кротовой. Тут надо отдавать отчет, что оба автора были почти «недосягаемы» для большинства исследователей, тем более для аспирантов. Одно то, что Б.В. Дерягин в то время был член-корреспондентом АН СССР (впоследствии академик) и работал в головном институте по исследованию поверхностных явлений – ИФХ АН СССР. Была некоторая тревога относительно соответствия уровня работ, выполненных в МЛТИ и в Академическом институте, химического профиля.

Никаких цев от Николая Ивановича я не получил, но решил подготовиться как следует. Прочитал заново все монографии Дерягина и Кротовой, самые важные статьи, сделал записи. Поехал не без тревоги, хотя знал, что Москвитин был докторантом у Дерягина, но после их пути-дороги разошлись (к тому времени Николай Иванович уже развил положения «электрорелаксационной

теории адгезии», опубликовав две монографии). В научной среде всегда есть какая-то ревность между «учителями-учениками» или, точнее, «учениками-учителями». По этому поводу и волновался.

Встретили меня радушно, расспрашивали о Николае Ивановиче, МЛТИ, выслушали содержание моей диссертационной работы. Предложили сотрудничество. Я, будучи «маленьким человеком», со всем соглашался, благодарил и кивал головой. И «докивался»: Наталья Александровна выявила желание поспособствовать в быстрой защите, но захотела быть руководителем. Я был рад несказанно, но появилась лишняя «головная боль»: «Как к этому отнесется Николай Иванович – основной руководитель?». Более того, защищаться надо было, разрываясь между «электрической и электрорелаксационной теориями адгезии». Подробно и без утайки рассказал обо всем Москвитину. Он задумался, по всему было видно, что ему это обидно. Но ни один мускул на его лице не дрогнул, он не высказал никакого недовольства и произнес, впервые назвав меня по имени:

«Юра, главное сейчас – ваша защита. Соглашаемся. Диссертацию вашу я читать не буду, так как у нас много совместных статей (было их 12), с содержанием я знаком по беседам, обсуждению результатов экспериментов. Поэтому подпись на титульном листе «поставил не глядя». Поезжайте за подписью к Кротовой (на работе у нее была кличка «доктор»»).

Доктор, как ни странно, держала работу также не долго – недели две (кто проходил защиту, знает, что есть «любители» знакомиться с диссертацией месяцами, а то и годами) и одобрила. Мне везло. Защита прошла «без очереди». Единогласно. На ней были представители всех адгезионных школ СССР. Впоследствии для многих аспирантов кафедры химии МЛТИ Институт физхимии стал вторым родным домом.

Очень радовалась защите Кира Ивановна. Сопереживала она с Николаем Ивановичем. Что касается отношений Москвитина с супругой, то, надо сказать, что люби-

ли они друг друга нежно и сильно, несмотря на большую разницу в возрасте – около 25 лет. Сама Кира Ивановна не работала, так как зарплата профессора позволяла в то время содержать безбедно семью из 4 человек.

Несколько раз Николай Иванович приглашал меня домой в гости. Они с женой занимали шикарную трехкомнатную квартиру в высотном доме у метро «Красные ворота» (сталинский дом, как сказали бы ныне). Были чаепития, беседы о том, о сем и обо всем. Николай Иванович имел свой отдельный рабочий кабинет с роскошной библиотекой, большим письменным столом с «рабочим беспорядком», свидетельствующим о том, что автор работает. После бесед сидели в гостиной за накрытым всякими яствами столом. Пил Николай Иванович очень мало, пьяным я его не видел ни разу. Закуски всегда супруга готовила сама и в отношении кулинарного искусства была мастерицей. И вообще, в квартире было все как-то надежно и добротное: дубовый паркет, дубовые оконные рамы с подоконниками, на которых можно было не только цветы поставить. Огромная кухня, уют какой-то, спокойствие.

Надо сказать, что при написании заметок о своих учителях всегда есть опасность впасть в «мелочность», «быт», или напротив, «высокопарность». Писать о научных заслугах – они уже описаны в его трудах, книгах, доложены на конференциях и симпозиумах. Всегда думаешь: а что же главное? А все главное, в таких описаниях мелочей не бывает. Всего же описать невозможно. Поэтому и данная заметка отражает лишь отдельные отрывки-воспоминания. Посему прошу читателей быть снисходительными к «шероховатостям».

Некоторые нижеследующие моменты возможно дополнять «портрет Москвитина». Однажды он дал мне, аспиранту 2-го курса, на отзыв докторскую диссертацию (не реферат), поступившую на кафедру. «Прочтите, сказал он, – напишите и напечатайте отзыв. Через неделю автор защищается». Я отнесся к этому с самой большой ответственностью, много замечаний сделал. Ясно, что Николаю Ивановичу было лень сидеть за подобным

чтывом, и он перепоручил это мне. У него таких случаев было много, у меня – первый. Много времени я был хорошим психологом.

Отзыв, как и положение от имени Николая Ивановича, был доставлен в ученый совет. «Только не проболтайтесь, что вы писали отзыв, а то у автора могут быть неприятности, да и мне неловко будет», – добавил он. Через пару лет я все же проболтался, но «поезд уже ушел», никакого интереса это не вызвало, тем более, что я уже был кандидатом технических наук. Даже обидно стало.

Не могу не вспомнить письмо, пришедшее из США! (это был 1970 год) от главного специалиста по склеиванию Я.И. Бикермана, кстати, нашего эмигранта. Автор обратился к нам (письмо пришло в МЛТИ) с просьбой выслать сборник трудов МЛТИ за 1969, в котором была опубликована моя совместная с Николаем Ивановичем статья по «Исследование сцепления твердых тел при действии статистического электричества». Поражала оперативность американских ученых, которые так быстро «заметили» статью. По штемпелю на письме было видно, что «летело» оно в СССР 2,5 месяца. Сейчас письма их США долетают за 10–12 дней, а по E-mail – за минуту.

Зная, какие трудности ожидали нас в СССР при отправке посылки «за бугор», сколько бумаг надо заготовить, Николай Иванович, будучи в этом отношении крайне осторожным человеком, решил «не ввязываться». Но всем видом и поведением дал понять, что если я желаю, то могу ответить. Я вел переписку с Бикерманом – автором реологической теории адгезии – вплоть до его кончины. Послал ему свою монографию, изданную в 1979 году.

Хочу сразу сказать, что за эту переписку «мне ничего не было». Содержание писем я иногда сообщал Кире Ивановне, так как Николая Ивановича не было уже в живых, она была горда, что наши совместные статьи получили международное признание. К сожалению, Кира Ивановна пережила мужа ненадолго – подвело сердце. Видимо, судьба. Скучала она по нему сильно.

Вообще нас, сотрудников кафедры, поражала та забота, которую она проявляла по отношению к Николаю Ивановичу. Каждый раз, когда он был на работе, она приезжала к нему с приготовленным самолично обедом. «Откушивали» они в его кабинете, меню лаборанты знали. Оно было разнообразным: куропатка, язык отварной, фруктов и овощей много, разнообразные салаты. Мы обалдевали от такой заботы, иногда говорили: «И ведь не лень тащиться...». Некоторые язвили, что она ревнует его к нашей красавице доценту, у которой и фамилия то была Красовицкая. Зная Киру Ивановну, могу сказать, что она была выше этого. Она была глубоко порядочной, нежной и заботливой женой. Убедились мы в этом, когда последний раз были у нее в гостях с моей супругой. Месяца через три после этой встречи ее не стало...

Не успеваем мы ни сказать добрых слов, ни выказать признания должного своим учителям. Все на потом откладываем... А жизнь коротка. Единственное, что я сделал для Николая Ивановича, – помог с переизданием книги «Физико-химические основы процессов склеивания и прилипания» в издательстве «Лесная промышленность», в 1974 году. Сложилась такая ситуация, что необходимо было написать новую главу. Кира Ивановна просила меня помочь. Недельный срок! Считая это своим долгом, я ответил утвердительно. Перед этим пришлось просить жену, чтобы она позвонила на работу и сказала, что я неважно себя чувствую, появлюсь на кафедре дней через десять – мы чему-то научились у своих учителей.

Работа шла денно и ночно, с короткими перерывами на еду и сон. Взял всю рукопись книги, прочел, написал главу III, сверил, скомпоновал литературные ссылки, отвез Кире Ивановне, она – в редакцию. Кира Ивановна преподнесла мне от своего имени и имени Николая Ивановича подарок – шкарные запонки. Так, и после смерти Николая Ивановича «я получил от него подарок». Запонки я надевал раза два-три. Боюсь, вдруг потеряю. Вещественную память не восстановишь...

Выяснилось после смерти Николая Ивановича, что он вел дневник, где записывал, в том числе и свое, мнение о сотрудниках кафедры химии. Это стало известно, когда наши педагоги стали копаться в его бумагах и обнаружили нелюбезные отзывы о себе. Одна из сотрудниц (ныне на пенсии) прибежала ко мне со словами: «Иди вырви те страницы, где речь идет о тебе. Мы уже «свои» вырвали. Вырывай, пока Кира Ивановна не увидела». Мне это показалось столь кошмарным, что я не только не стал вырывать листы, но даже и читать их. Они были предназначены для личного пользования, а не общественного.

Конечно, Кира Ивановна обо всем догадалась. Я от этого только выиграл: она стала относиться ко мне еще внимательнее. Всегда интересовалась моей дальнейшей научной и педагогической работой, семейной жизнью. Я с нею советовался, как с мамой, прислушивался к ее высказываниям. И когда встал вопрос о моем разводе, она всячески отговаривала меня, говорила, что надо жить ради детей, что все уладится и с новой семьей может быть не лучше. Однако момент расставания настал. Мне очень хотелось познакомить Киру Ивановну со своей новой супругой, но я не осмеливался. Все решилось само собой. В один из дней Кира Ивановна позвонила на работу и сказала, что хотела бы взглянуть на мою «половину». Это была наша последняя встреча. Мы, как и всегда, были втроем, но на этот раз вместо Николая Ивановича была В.К. – моя жена. Кира Ивановна проводила нас в рабочий кабинет Николая Ивановича. Там мы долго сидели, разговаривали о кафедре, о Николае Ивановиче, общих знакомых, сотрудниках ИФХ, детях, погоде, предстоящем отпуске, планах на будущее...

Была до боли знакомая обстановка, хотя со дня смерти Николая Ивановича прошло около 10 лет. Только огромная увеличенная фотография Николая Ивановича

говорила об изменениях. Сомнения разрешила сама Кира Ивановна: «После смерти Николая я ничего здесь не трогала. Все лежит в том порядке, как раньше. Я не делала ремонта в этой комнате, даже протирая пыль, ставлю вещи в прежнем порядке. Эта комната не жилая, комната-память. Принимаю я здесь только его близких друзей, хороших знакомых...». И добавила: «Он очень любил свой рабочий кабинет». Затем мы прошли в гостиную, где был заранее накрыт стол на три персоны. Все по высшему разряду. Беседа продолжалась долго.

Что еще добавить? Николай Иванович был женат дважды. Кира Ивановна была его второй женой. От первой жены у Николая Ивановича была дочь – известная личность в мире искусства. Ее я не видел. А дочь Киры Ивановны от первого брака, Татьяна, закончила МЛТИ. Учился в МЛТИ и племянник Николая Ивановича, имя его я запомнил. Учась на первом курсе, он слушал мои лекции по химии, но его увлекла романтика – он захотел добровольно пойти в армию, о чем и подал заявление в райвоенкомат. Несколько раз Николай Иванович просил меня попробовать отговорить его.

В конце этого повествования хотелось бы отметить, что с уходом «ветеранов» теряются во многом их опыт, навыки, творческие находки. Поэтому важно при жизни что-то записывать, прислушиваться к их рассказам, беседам, – впоследствии не восполнишь всего. Ведь именно Николай Иванович передал мне эстафету творчества, ввел меня в коллектив всемирно известных ученых по исследованию адгезионных явлений. Затем через них появились новые связи, знакомства. Все более и более стареют научные кадры, теряется связь поколений, страдает потомственность в науке и образовании. Невольно вспоминаю слова Н.А. Кротовой по этому поводу: «Наука без молодых – это трагедия, а без пожилых – комедия». Благодарю судьбу, что в моей жизни был Николай Иванович.

АННОТАЦИИ

Набатов Н.М. ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗОНЕ СМЕШАННЫХ ЛЕСОВ.

Рассмотрены вопросы, которые имеют важное значение при лесовосстановлении еловых насаждений.

Набатов Н.М., Макашин В.А. ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОДА ЛЕСНОГО ЛАНДШАФТА В ЛЕСОПАРКОВЫЙ В СОСНЯКЕ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.

Приведены результаты исследований, выполненных в культурах сосны, которые созданы на территории Щелковского учебно-опытного лесхоза МГУЛа.

Проанализировано изменение таксационных показателей высокополнотного сосняка искусственного происхождения под воздействием ландшафтной рубки.

Лебков В.Ф., Каплина Н.Ф. ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ФОРМЫ СТВОЛА ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И КЕДРА СИБИРСКОГО.

Делается попытка проследить особенности трансформации формы ствола у модельных деревьев сосны обыкновенной и кедра сибирского посредством анализа хода роста деревьев на протяжении длительного возрастного периода, измеряемого двумя-тремя столетиями, и тем самым выяснить степень консерватизма формы ствола и практические возможности ее хозяйственного контроля.

Махнев А.К., Турлов А.Г., Куликов Г.М. ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЛЕСОВ УРАЛА И ЗАУРАЛЬЯ.

Приведено краткое сообщение об основных направлениях научных исследований лаборатории ЭТРС УрО РАН и некоторые результаты ее работы по повышению устойчивости и защитных свойств лесов лесостепной зоны Урала и Зауралья.

Терехов Г.Г. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.

Рассмотрено состояние 15–20-летних культур ели сибирской, произрастающих в разных типах леса. Сделан вывод об их устойчивом положении в составе естественных лесных сообществ при своевременном регулировании численности лесных пород.

Коновалов В.Ф. ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЕКЦИОННОЙ ЛЕСОСЕМЕННОЙ БАЗЫ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН.

В высокопродуктивных березовых древостоях Республики Башкортостан выделены плюсовые деревья, плюсовые насаждения и лесосеменные заказники березы повислой в качестве объектов постоянной лесосеменной базы для получения высококачественного семенного материала с улучшенными наследственными свойствами. Намечены пути формирования ПЛСУ березы повислой с целью сохранения ценного генофонда вида в регионе.

Коновалов В.Ф., Магафуров А.С. СОРТИМЕНТНАЯ И ТОВАРНАЯ СТРУКТУРА БЕРЕЗНЯКОВ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ.

Для различных лесорастительных условий Башкирского Предуралья разработаны сортиментные и товарные таблицы для таксации лесного и лесосечного фонда березы.

Предложенные лесотаксационные нормативы имеют важное значение при проведении лесочетных работ в регионе.

Ситдиков Р.Г., Баранов А.И. ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА ЮЖНОМ УРАЛЕ.

Рассматриваются выделенные по трещиноватости коры формы липы мелколистной, результаты исследований за 15 лет по формированию плантационных насаждений естественного и искусственного происхождения. Рекомендуется создание плантационных культур липы в зонах пашек с размещением 8×8 м.

Ситдиков Р.Г. ФОРМОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЕЕ ПЛАНТАЦИОННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ.

Приведены результаты исследования культур дуба черешчатого по фазам роста и развития в условиях Южного Урала (Ашинский и Иглинский лесхозы), и рекомендована агротехника их создания путем посевам желудей с размещением $2,0 \times 0,5$ м на более благоприятных для дуба северных склонах и в пойменных местах.

Голосова Е.В. ИСКУССТВО ТРАДИЦИОННОГО КИТАЙСКОГО САДА.

Рассматривается тесная взаимосвязь четырёх видов китайского искусства – садоводства, литературы и поэзии, живописи и каллиграфии.

Сиротов В.И., Бондарева Т.А. ПРОБЛЕМЫ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.

Рассматривается современное состояние лесного сектора в Московской области, и предлагаются пути выхода из кризиса, произошедшего в конце прошлого века в лесной отрасли. Путем создания полноценного, взаимоувязанного лесного комплекса можно обеспечить благоприятные условия не только для экономики лесного хозяйства и лесной промышленности, но и в целом для экономики страны.

Рысин С.Л. ЭКОЛОГО-ЛЕСОВОДСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ЛЕСОПАРКОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ.

Рассматривается опыт организации эколого-лесоводственного мониторинга городских лесов г. Москвы и ее лесопаркового защитного пояса. Заложена сеть постоянных пробных площадей (ППП), в которой представлены типичные для территории города ландшафты, основные лесобразующие породы, основные типы экосистем, лесные сообщества, находящиеся в разных условиях антропоического воздействия, насаждения разного происхождения.

Цветкова М.В. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА.

Рассматриваются естественные – природные и антропогенные – факторы нарушения устойчивости зеленых насаждений. Предлагаются мероприятия по улучшению состояния лесонасаждений Московского региона.

Цветкова М.В. МОНИТОРИНГ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ЛЕСОВ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА.

Одним из главных условий улучшения состояния окружающей среды Московского региона является организация экологического мониторинга. Необходимость организации мониторинга обусловлена сложившейся потребностью в восстановлении и повышении устойчивости зеленого фонда в усложнившейся экологической ситуации.

Федотов Г.Н., Поздняков А.И. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ИХ КОЛЛОИДНОЙ СТРУКТУРИРОВАННОСТИ.

Результаты проведенных экспериментов подтверждают предположение о существовании в почвах единого коллоидного каркаса почвенного геля, что позволяет по-новому взглянуть на ряд происходящих в почвах процессов.

Анчиков Э.В. ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПОЛИТИКА ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСНОГО СЕКТОРА.

В последние годы в научной экономической литературе все чаще рассматриваются вопросы привлечения инвестиций в лесной сектор страны. Но в то же время не достаточно широко освещаются факторы, влияющие на инвестиционную деятельность на микроуровне. Представлена классификация факторов, влияющих на эффективность инвестиций на уровне предприятия, что представляет важное научное и практическое значение.

Кравченко П.Е. ОСОБЕННОСТИ ПРИНЯТИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО РЕШЕНИЯ В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ.

Рассмотрена последовательность принятия инвестиционного решения по фазам. При оценке принимаемых решений предложено использование международных показателей на основе дисконтирования. В фазе формулировки проблемы под ограничениями внешней среды предложено рассмотрение, кроме инфляции, ставок рефинансирования политики и программ развития лесной отрасли на федеральном и региональном уровнях.

Никонов В.Г., Рыбников К.К. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИЭДРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ В ПРИКЛАДНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ, СВОДЯЩИХСЯ К АНАЛИЗУ И РЕШЕНИЮ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ.

Рассматриваются возможности так называемого полиэдрального подхода к решению различных практических задач, связанных с анализом нейросетей, экономических проблем принятия решения и задач распознавания.

Рыбников К.К. СХЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ФОРМАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ В НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ КАК МОДЕЛИ АНАЛИЗА МНОЖЕСТВА РЕШЕНИЙ СИСТЕМЫ БУЛЕВЫХ УРАВНЕНИЙ.

Установлена возможность построения эквивалентных моделей полиэдрального типа для решения систем булевых уравнений и анализа схем функционирования формальных нейронов в нейροкомпьютерных сетях. Предлагается алгоритм решения системы булевых уравнений, и определяется оценка его сложности.

Журавлева О.Н., Ласковая Т.А., Рыбников К.К. СВЯЗЬ НЕПРЕРЫВНОГО И ДИСКРЕТНОГО В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ.

Предлагаются принципы построения учебных курсов, обеспечивающие преемственность в изучении элементов дискретной математики от старших классов средней школы до младших курсов высших учебных заведений включительно. Особенность предлагаемой программы заключается в использовании аппарата классического – «непрерывного» – математического анализа для изучения многих вопросов дискретной математики и ее приложений.

Ролдугин П.В. СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ НЕРАВЕНСТВ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНО НЕГАМИЛЬТОНОВЫХ ГРАФОВ.

Изучаются максимально негамильтоновы графы (МНГ графы), то есть негамильтоновы графы, в которые нельзя добавить новое ребро без нарушения его негамильтоновости. Показано, что изучение МНГ графов можно свести к изучению так называемых упрощенных МНГ графов. Получены ограничения на структуру максимальных клик упрощенных МНГ графов, оценены порядки и число таких графов.

Нетыкшо В.Б. ОБ ИССЛЕДОВАНИИ И ПРИМЕНЕНИИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОГОВЫХ ФУНКЦИЙ.

Рассматривается метод восстановления неизвестной пороговой функции, а также изучается геометрический подход к оценке апостериорных вероятностей значений входных переменных и весов произвольных пороговых и одного более общего класса булевых функций.

Полещук О.М. О РАЗВИТИИ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА БАЗЕ ПОЛНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ.

Рассматриваются вопросы использования полных ортогональных семантических пространств в многочисленных прикладных приложениях и непрерывного развития автором на их основе методов обработки нечеткой информации.

Полещук О.М., Полещук И.А. НЕЧЕТКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МНОЖЕСТВА ПОЛНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СЕМАНТИЧЕСКИХ ПРОСТРАНСТВ.

Изложены методы построения функций принадлежности полных ортогональных семантических пространств (ПОСП).

Гольцов Н.А. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ А.М. ЛЕЖАНДРА НАХОЖДЕНИЯ ОБЩЕГО ПОДХОДА К ЧИСЛЕННОМУ РЕШЕНИЮ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЮ ОБЫКНОВЕННЫХ, ПОВТОРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ.

Получены расчетные формулы решения ОДУ высших порядков экстраполяционных и экстраполяционно-интерполяционных методов, включая методы типа BDF, применяемые для решения жестких ОДУ. С помощью модифицированной обобщенной расчетной формулы μ -го порядка точности (ОРФ- μ) решена краевая задача Прандтля из теории крыла.

Гольцов Н.А. РЕШЕНИЕ ОБЫКНОВЕННЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОДНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РЯДА.

Рассмотрено применение обобщенных расчетных формул для решения различных обыкновенных дифференциальных уравнений

Иванов Г.А. ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПОЛУПРИПОДНЯТЫХ СТВОЛОВ И ХЛЫСТОВ И ВЛИЯНИЕ ИХ ПАРАМЕТРОВ НА ЧАСТОТУ ОСНОВНОГО ТОНА.

Впервые получены результаты по колебаниям стволов и хлыстов деревьев продольным их перемещением.

Бирюкова М.В. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРИБЫЛИ ДЛЯ ФАНЕРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

Проведен анализ основных факторов, определяющих построение оптимизационной модели прибыли для фанерных предприятий.

Саврухин А.П. ЗОЛОТОЕ СЕЧЕНИЕ И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ.

Приведены результаты анализа 110 реакций распада элементарных частиц. Найдено соответствие этих реакций принципу гармонического деления.

Рыжков А.Е., Куракин Р.Ю. МЕТОДЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ СЕРТИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТРЕБОВАНИЙ СТАНДАРТОВ ДОБРОВОЛЬНОЙ ЛЕСНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ ПО СИСТЕМЕ FOREST STEWARDSHIP COUNCIL – FSC («ЛЕСНОГО ПОПЕЧИТЕЛЬСКОГО СОВЕТА» – ЛПС).

Рассмотрены возможные схемы сертификации по системе ЛПС. Определены наиболее перспективные схемы сертификации. Рассмотрены методы отслеживания сертифицированной продукции, и определены наиболее перспективные из них. Определены цели и задачи последующего исследования.

Рыжков А.Е., Куракин Р.Ю. К ВОПРОСУ ПРОСЛЕЖИВАНИЯ СЕРТИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ ОТ ЗАГОТОВИТЕЛЯ К ПОТРЕБИТЕЛЮ (CHAIN-OF-CUSTODY) СИСТЕМЫ ЛПС.

Рассмотрены варианты разделения сертифицированной и несертифицированной продукции. Определены наиболее перспективные варианты разделения. Рассмотрен баланс сырья лесопильного цеха. Поставлены основные и промежуточные задачи исследования.

Якунин Н.К. ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА ПРОЦЕСС ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ КРУГЛЫМИ ПИЛАМИ.

Рассматривается влияние скорости срезания стружки на качество продукции, частоту среза (на шероховатость образуемой поверхности), на усилия и удельную работу резания, устойчивость пил.

Дурманова Э.А. О РАБОТЕ С КАДРАМИ В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ В ПОСЛЕВОЕННОЕ ДЕСЯТИЛЕТИЕ.

Делается попытка по материалам центральной отраслевой и местной печати раскрыть основные аспекты состояния, опыта, нерешенных проблем в лесной отрасли страны по кадровой политике, включая деятельность учебных заведений.

Якунин Н.К. СКОРОСТНОЕ ПИЛЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ (ЧТО ЭТО ТАКОЕ?).

Повествуется об истории возникновения скоростного пиления и разработки методики для его объективного изучения.

Дадыкин В.П., Потапова А.Д. ВЛИЯНИЕ КОРОТКОГО ФОТОПЕРИОДА, СООТВЕТСТВУЮЩЕГО ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЕ, НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ.

Авторы вспоминают об экспериментах по выявлению влияния короткого фотопериода, соответствующего околоземной орбите, на продуктивность некоторых сельскохозяйственных культур. Получены интересные результаты влияния необычного цикла освещенности и темноты на вес полезной массы растений.

Евдокимов Ю.М. МОЙ МОСКВИТИН (ВОСПОМИНАНИЯ).

Предлагаются воспоминания о Николае Ивановиче Москвитине, профессоре, докторе химических наук, авторе электрорелаксационной теории склеивания, первого патента по нетканым материалам.