ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ
«АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 9 2014
Часть 7

Научный журнал

Электронная версия
www.fr.rae.ru
12 выпусков в год
Импакт фактор
РИНЦ – 0,296

Журнал включен в Перечень ВАК ведущих рецензируемых научных журналов

Журнал основан в 2003 г.
ISSN 1812-7339

Учредитель – Академия Естествознания
123557, Москва,
ул. Пресненский вал, 28
Свидетельство о регистрации
ПИ №77-15598
ISSN 1812-7339

АДРЕС РЕДАКЦИИ
440026, г. Пенза,
ул. Лермонтова, 3
Тел/Факс редакции 8 (8452)-47-76-77
e-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать 26.08.2014

Формат 60x90 1/8
Типография
ИД «Академия Естествознания»
440000, г. Пенза,
ул. Лермонтова, 3

Технический редактор
Кулакова Г.А.
Корректор
Галенкина Е.С.

Усл. печ. л. 30,25.
Тираж 1000 экз. Заказ ФИ 2014/9
Подписной индекс
33297

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
д.м.н., профессор Ледванов М.Ю.
д.м.н., профессор Курзанов А.Н.
д.ф.-м.н., профессор Бичурин М.И.
д.б.н., профессор Юров Ю.Б.
д.б.н., профессор Ворсанова С.Г.
к.ф.-м.н., доцент Меглинский И.В.

Директор
к.м.н. Стукова Н.Ю.

Ответственный секретарь
к.м.н. Бизенкова М.Н.

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ
«АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Медицинские науки

д.м.н., профессор Бессмельцев С.С. (Санкт-Петербург)
д.м.н., профессор Гальцева Г.В. (Новороссийск)
д.м.н., профессор Гладилин Г.П. (Саратов)
д.м.н., профессор Горькова А.В. (Саратов)
д.м.н., профессор Каде А.Х. (Краснодар)
д.м.н., профессор Казимирова Н.Е. (Саратов)
д.м.н., профессор Ломов Ю.М. (Ростов-на-Дону)
д.м.н., профессор Лямина Н.П. (Саратов)
д.м.н., профессор Максимов В.Ю. (Саратов)
д.м.н., профессор Молдавская А.А. (Астрахань)
д.м.н., профессор Пятакович Ф.А. (Белгород)
д.м.н., профессор Редько А.Н. (Краснодар)
д.м.н., профессор Романцов М.Г. (Санкт-Петербург)
д.м.н., профессор Румш Л.Д. (Москва)
д.б.н., профессор Сентябрев Н.Н. (Волгоград)
д.фарм.н., профессор Степанова Э.Ф. (Пятигорск)
д.м.н., профессор Терентьев А.А. (Москва)
д.м.н., профессор Хадарцев А.А. (Тула)
д.м.н., профессор Чалык Ю.В. (Саратов)
д.м.н., профессор Шейх-Заде Ю.Р. (Краснодар)
д.м.н., профессор Щуковский В.В. (Саратов)
д.м.н., Ярославцев А.С. (Астрахань)

Педагогические науки

к.п.н. Арутюнян Т.Г. (Красноярск)
д.п.н., профессор Голубева Г.Н. (Набережные Челны)
д.п.н., профессор Завьялов А.И. (Красноярск)
д.филос.н., профессор Замогильный С.И. (Энгельс)
д.п.н., профессор Ильмушкин Г.М. (Димитровград)
д.п.н., профессор Кирьякова А.В. (Оренбург)
д.п.н., профессор Кузнецов А.С. (Набережные Челны)
д.п.н., профессор Литвинова Т.Н. (Краснодар)
д.п.н., доцент Лукьянова М. И. (Ульяновск)
д.п.н., профессор Марков К.К. (Красноярск)
д.п.н., профессор Стефановская Т.А. (Иркутск)
д.п.н., профессор Тутолмин А.В. (Глазов)

Химические науки

д.х.н., профессор Брайнина Х.З. (Екатеринбург)
д.х.н., профессор Дубоносов А.Д. (Ростов-на-Дону)
д.х.н., профессор Полещук О.Х. (Томск)

Технические науки

д.т.н., профессор Антонов А.В. (Обнинск)
д.т.н., профессор Арютов Б.А. (Нижний Новгород)
д.т.н., профессор Бичурин М.И. (Великий Новгород)
д.т.н., профессор Бошенятов Б.В. (Москва)
д.т.н., профессор Важенин А.Н. (Нижний Новгород)
д.т.н., профессор Гилёв А.В. (Красноярск)
д.т.н., профессор Гоц А.Н. (Владимир)
д.т.н., профессор Грызлов В.С. (Череповец)
д.т.н., профессор Захарченко В.Д. (Волгоград)
д.т.н., профессор Кирьянов Б.Ф. (Великий Новгород)
д.т.н., профессор Клевцов Г.В. (Оренбург)
д.т.н., профессор Корячкина С.Я. (Орел)
д.т.н., профессор Косинцев В.И. (Томск)
д.т.н., профессор Литвинова Е.В. (Орел)
д.т.н., доцент Лубенцов В.Ф. (Ульяновск)
д.т.н., ст. науч. сотрудник Мишин В.М. (Пятигорск)
д.т.н., профессор Мухопад Ю.Ф. (Иркутск)
д.т.н., профессор Нестеров В.Л. (Екатеринбург)
д.т.н., профессор Пачурин Г.В. (Нижний Новгород)
д.т.н., профессор Пен Р.З. (Красноярск)
д.т.н., профессор Попов Ф.А. (Бийск)
д.т.н., профессор Пындак В.И. (Волгоград)
д.т.н., профессор Рассветалов Л.А. (Великий Новгород)
д.т.н., профессор Салихов М.Г. (Йошкар-Ола)
д.т.н., профессор Сечин А.И. (Томск)

Геолого-минералогические науки

д.г.-м.н., профессор Лебедев В.И. (Кызыл)

Искусствоведение

д. искусствоведения Казанцева Л.П. (Астрахань)

Филологические науки

д.филол.н., профессор Гаджиахмедов Н.Э. (Дагестан)

Физико-математические науки

д.ф-м.н., профессор Криштоп В.В. (Хабаровск)

Экономические науки

д.э.н., профессор Безрукова Т.Л. (Воронеж)
д.э.н., профессор Зарецкий А.Д. (Краснодар)
д.э.н., профессор Князева Е.Г. (Екатеринбург)
д.э.н., профессор Куликов Н.И. (Тамбов)
д.э.н., профессор Савин К.Н. (Тамбов)
д.э.н., профессор Щукин О.С. (Воронеж)

Иностранные члены редакционной коллегии

Asgarov S. (Azerbaijan)
Alakbarov M. (Azerbaijan)
Babayev N. (Uzbekistan)
Chiladze G. (Georgia)
Datskovsky I. (Israel)
Garbuz I. (Moldova)
Gleizer S. (Germany)
Ershina A. (Kazakhstan)
Kobzev D. (Switzerland)
Ktshanyan M. (Armenia)
Lande D. (Ukraine)
Makats V. (Ukraine)
Miletic L. (Serbia)
Moskovkin V. (Ukraine)
Murzagaliyeva A. (Kazakhstan)
Novikov A. (Ukraine)
Rahimov R. (Uzbekistan)
Romanchuk A. (Ukraine)
Shamshiev B. (Kyrgyzstan)
Usheva M. (Bulgaria)
Vasileva M. (Bulgaria)

ИД «АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» 2014

THE PUBLISHING HOUSE «ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

THE FUNDAMENTAL RESEARCHES

№ 9 2014
Part 7
Scientific journal

The journal is based in 2003

The electronic version takes place on a site www.fr.rae.ru
12 issues a year

EDITORS-IN-CHIEF

Ledvanov M.Yu. *Russian Academy of Natural History (Moscow, Russian Federation)*
Kurzanov A.N. *Kuban' Medical Academy (Krasnodar Russian Federation)*
Bichurin M.I. *Novgorodskij Gosudarstvennyj Universitet (Nizhni Novgorod, Russian Federation)*
Yurov Y.B. *Moskovskij Gosudarstvennyj Universitet (Moscow, Russian Federation)*
Vorsanova S.G. *Moskovskij Gosudarstvennyj Universitet (Moscow, Russian Federation)*
Meglinskiy I.V. *University of Otago, Dunedin (New Zealand)*

Senior Director and Publisher
Bizenkova M.N.

THE PUBLISHING HOUSE
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

THE PUBLISHING HOUSE «ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

EDITORIAL BOARD

Medical sciences

Bessmeltsev S.S. (St. Petersburg)
Galtsev G.V. (Novorossiysk)
Gladilin G.P. (Saratov)
Gorkova A.V. (Saratov)
Cade A.H. (Krasnodar)
Kazimirova N.E. (Saratov)
Lomov Y.M. (Rostov-na-Donu)
Ljamina N.P. (Saratov)
Maksimov V.Y. (Saratov)
Moldavskaia A.A. (Astrakhan)
Pjatakovich F.A. (Belgorod)
Redko A.N. (Krasnodar)
Romantsov M.G. (St. Petersburg)
Rumsh L.D. (Moscow)
Sentjabrev N.N. (Volgograd)
Stepanova E.F. (Pyatigorsk)
Terentev A.A. (Moscow)
Khadartsev A.A. (Tula)
Chalyk J.V. (Saratov)
Shejh-Zade J.R. (Krasnodar)
Shchukovsky V.V. (Saratov)
Yaroslavtsev A.S. (Astrakhan)

Technical sciences

Antonov A.V. (Obninsk)
Aryutov B.A. (Lower Novrogod)
Bichurin M.I. (Veliky Novgorod)
Boshenyatov B.V. (Moscow)
Vazhenin A.N. (Lower Novrogod)
Gilyov A.V. (Krasnoyarsk)
Gotz A.N. (Vladimir)
Gryzlov V.S. (Cherepovets)
Zakharchenko V.D. (Volgograd)
Kiryanov B.F. (Veliky Novgorod)
Klevtsov G.V. (Orenburg)
Koryachkina S.J. (Orel)
Kosintsev V.I. (Tomsk)
Litvinova E.V. (Orel)
Lubentsov V.F. (Ulyanovsk)
Mishin V.M. (Pyatigorsk)
Mukhopad J.F. (Irkutsk)
Nesterov V.L. (Ekaterinburg)
Pachurin G.V. (Lower Novgorod)
Pen R.Z. (Krasnoyarsk)
Popov F.A. (Biysk)
Pyndak V.I. (Volgograd)
Rassvetalov L.A. (Veliky Novgorod)
Salikhov M.G. (Yoshkar-Ola)
Sechin A.I. (Tomsk)

Pedagogical sciences

Arutyunyan T.G. (Krasnoyarsk)
Golubev G.N. (Naberezhnye Chelny)
Zavialov A.I. (Krasnoyarsk)
Zamogilnyj S.I. (Engels)
Ilmushkin G.M. (Dimitrovgrad)
Kirjakova A.V. (Orenburg)
Kuznetsov A.S. (Naberezhnye Chelny)
Litvinova T.N. (Krasnodar)
Lukyanov M.I. (Ulyanovsk)
Markov K.K. (Krasnoyarsk)
Stefanovskaya T.A. (Irkutsk)
Tutolmin A.V. (Glazov)

Art criticism

Kazantseva L.P. (Astrakhan)

Economic sciences

Bezruqova T.L. (Voronezh)
Zaretskij A.D. (Krasnodar)
Knyazeva E.G. (Ekaterinburg)
Kulikov N.I. (Tambov)
Savin K.N. (Tambov)
Shukin O.S. (Voronezh)

Philological sciences

Gadzhiahmedov A.E. (Dagestan)

Chemical sciences

Braynina H.Z. (Ekaterinburg)
Dubonosov A.D. (Rostov-na-Donu)
Poleschuk O.H. (Tomsk)

Geologo-mineralogical sciences

Lebedev V.I. (Kyzyl)

Physical and mathematical sciences

Krishtop V.V. (Khabarovsk)

Foreign members of an editorial board

Asgarov S. (Azerbaijan)
Alakbarov M. (Azerbaijan)
Babayev N. (Uzbekistan)
Chiladze G. (Georgia)
Datskovsky I. (Israel)
Garbuz I. (Moldova)
Gleizer S. (Germany)
Ershina A. (Kazakhstan)
Kobzev D. (Switzerland)
Ktshanyan M. (Armenia)
Lande D. (Ukraine)
Makats V. (Ukraine)
Miletic L. (Serbia)
Moskovkin V. (Ukraine)
Murzagaliyeva A. (Kazakhstan)
Novikov A. (Ukraine)
Rahimov R. (Uzbekistan)
Romanchuk A. (Ukraine)
Shamshiev B. (Kyrgyzstan)
Usheva M. (Bulgaria)
Vasileva M. (Bulgaria)

THE PUBLISHING HOUSE
«ACADEMY OF NATURAL HISTORY»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки

СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОЗИЦИЙ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
Гарькина И.А., Данилов А.М., Сорокин Д.С. *1411*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ С НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ
Гурова Е.Г., Гуров М.Г., Макаров С.В., Баринова Е.А., Бибаев В.И. *1417*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАТУШЕК ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ
Гурова Е.Г., Петушкова А.Д., Мельникова У.В., Стрельникова Д.М. *1422*

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ (НА ПРИМЕРЕ ПЕРЕДНЕЙ ПОДВЕСКИ ВАЗ-2170)
Денисов Ив.В., Денисов Ил.В. *1425*

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ПОДАЧИ ПРОДОЛЬНО-СТРОГАЛЬНОГО СТАНКА
Дымов И.С., Гурова Е.Г., Котин Д.А., Макаров С.В. *1430*

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ
Жигалов К.Ю. *1436*

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗОННЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ
Иванов В.В., Мятеж С.В., Щуров Н.И., Сергеев А.А. *1441*

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИССИПАТИВНОГО РАЗОГРЕВА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ ДЛЯ ЖИДКОСТИ С ЭФФЕКТОМ «ОТВЕРДЕВАНИЯ» ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕТЬЕЙ СХЕМЫ ТЕЧЕНИЯ
Колодежнов В.Н., Веретенников А.С. *1446*

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ С УЧЕТОМ ЕЕ СТРАТИФИКАЦИИ
Купцов А.И., Акберов Р.Р., Исламхузин Д.Я., Гимранов Ф.М. *1452*

КОМБИНИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ ИСКУССТВЕННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЛЬДА НА ЗАТОРООПАСНЫХ УЧАСТКАХ РЕК С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕАГЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
Морозова О.В. *1461*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ УПРУГИХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ВИДЕ ТРЕУГОЛЬНОГО ИМПУЛЬСА ОТ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИНКИ
Мусаев В.К., Ситник С.В., Тарасенко А.А., Ситник В.Г., Зюбина М.В. *1466*

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИЕМО-РАЗДАТОЧНОГО ПАТРУБКА С ДЕФЕКТОМ С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
Тарасенко А.А., Чепур П.В., Кузовников Е.В., Тарасенко Д.А. *1471*

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ КОЛЬЦЕВОГО ФУНДАМЕНТА ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА
Тарасенко А.А., Чирков С.В. *1477*

Физико-математические науки

ПЕРЕСТРОЙКА РЕШЕНИЙ РЕКУРРЕНТНОГО МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА
Абакумова С.И., Руденко В.Г., Стригун Н.С. *1483*

О ВЛИЯНИИ ЭЛАСТИЧНОСТИ СТЕНОК ТРУБКИ НА ДИНАМИКУ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЛН ПУЗЫРЬКОВОЙ ЖИДКОСТИ
Баязитова Я.Р. *1489*

СУЩЕСТВОВАНИЕ И ЕДИНСТВЕННОСТЬ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТА
Борисов А.В. *1495*

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ АБОНЕНТА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ КОСМИЧЕСКОГО СЕГМЕНТА GPS-ГЛОНАСС АНТЕННОЙ ПРИЕМНИКА
Голикова Е.А., Малыгин И.В. *1500*

СОПРЯЖЕННЫЕ ФЕРРОЦЕНЫ: ФОТОЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ, РАСЧЕТЫ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ, ЭНЕРГИИ КОНА – ШЕМА И ДЕФЕКТ КУПМАНСА
Головин А.В., Крауклис И.В., Подкопаева О.Ю., Чижов Ю.В. *1505*

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ НИОБАТА ЛИТИЯ
Здоровцев Г.Г., Карпец Ю.М., Лебедев В.А. *1512*

СВЯЗЬ МЕЖДУ МИКРОТВЕРДОСТЬЮ СПЛАВОВ NI–CR–MO И ЭНЕРГИЕЙ ВНЕДРЕНИЯ ИНДЕНТОРА В ВЕЩЕСТВО
Никифоров А.Г., Ковалева А.А., Аникина В.И. *1517*

Химические науки

КИНЕТИКА И ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССА ГИДРОГЕНИЗАЦИИ УГЛЯ МАМЫТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
Каирбеков Ж.К., Джелдыбаева И.М., Якупова Э.Н., Есеналиева М.З. *1521*

Биологические науки

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАСТЕНИЯМИ И ЛИШАЙНИКАМИ В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАННОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ
Анищенко Л.Н., Шапурко В.Н., Сафранкова Е.А. *1527*

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ УСЛОВИЯМИ ТРУДА СПЕЦИАЛИСТОВ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ
Антипова Е.И., Шибкова Д.З. *1532*

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ
Бекенова У.С., Жакеева М.Б., Жумадилова Ж.Ш., Шорабаев Е.Ж., Саданов А.К. *1538*

СИФАЦИОЗ ГРЫЗУНОВ И ЕГО ЭКОЛОГО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ
Масленникова О.В., Ерофеева В.В., Пухлянко В.П. 1542

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЫБОВОДНЫХ ПРУДАХ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Пежева М.Х., Казанчева Л.А., Жантеголов Д.В., Казанчев С.Ч. 1545

Географические науки

ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРООПАСНЫХ СЕЗОНОВ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ И ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ
Коган Р.М., Глаголев В.А. 1549

Фармацевтические науки

ИННОВАЦИОННЫЕ ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛА БИШОФИТ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ
Митрофанова И.Ю., Сысуев Б.Б., Озеров А.А., Самошина Е.А., Ахмедов Н.М. 1554

Экономические науки

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ БИОСЕНСОРОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Балякин А.А., Малышев А.С., Мамонов М.В., Тараненко С.Б. 1558

УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИЕЙ ПЛАНИРОВАНИЯ ВО ФРАНЧАЙЗИНГОВЫХ ОТНОШЕНИЯХ
Ганебных Е.В., Эль-Сибаи Н.М. 1563

ОПТИМИЗАЦИЯ АМОРТИЗАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ
Данилова Н.Н., Зданович М.Ю., Васильева Н.О. 1568

ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
Зиядин С.Т., Ибраева А.К., Зиядина С.Т., Даулетханова Ж.Д., Зиядина Ж.Т. 1575

РОЛЬ ПЛАТЕЖНО-РАСЧЕТНЫХ СИСТЕМ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СТАБИЛЬНОСТИ И РАЗВИТИЯ РЫНКА ФИНАНСОВЫХ УСЛУГ
Ольховский В.А., Галимова Г.А. 1579

КЛАСТЕРНО-СЕТЕВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТРАНСАКЦИОННОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ
Перский Ю.К., Фрейман Е.Н. 1585

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАБИЛИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ЭКОНОМИКИ РОССИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ВЕКТОРНОЙ АВТОРЕГРЕССИИ
Суханова Е.И., Ширнаева С.Ю. 1590

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ СУЩНОСТИ, ПРИНЦИПОВ И МЕТОДОВ ФИНАНСОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ
Юзвович Л.И., Юдина Е.А. 1596

Педагогические науки

КУЛЬТУРА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЕЕ ФОРМИРОВАНИЕ У ДЕТЕЙ КАК УСЛОВИЕ БЕСКОНФЛИКТНЫХ ОТНОШЕНИЙ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СОЦИОПРИРОДНОЙ СРЕДОЙ

Богданова Е.П., Куприянова Т.С. *1602*

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ АКТУАЛИЗАЦИИ СВОЙСТВ ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТА КАК НОСИТЕЛЯ ИННОВАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ

Загоруля Т.Б. *1608*

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В МЕДИЦИНСКОМ ВУЗЕ

Соловьева В.В., Горбузова М.С., Коробкова С.А. *1614*

Политические науки

ДИАЛЕКТИКА ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ГОСУДАРСТВА И ПОЛИТИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Зимин В.А. *1618*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ *1625*

CONTENTS

Technical sciences

SYNTHESIS OF COMPOSITE MATERIALS FROM THE STANDPOINT OF CLASSICAL OPTIMAL CONTROL THEORY
Garkina I.A., Danilov A.M., Sorokin D.S. *1411*

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF AUTOMATIC ANTIVIBRATION SYSTEM WITH NONLINEAR TUNING SYSTEM
Gurova E.G., Gurov M.G., Makarov S.V., Barinova E.A., Bibaev V.I. *1417*

DETERMINATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE COILS OF THE BC ELECTROMAGNETS OF THE VIBROISOLATING DEVICES
Gurova E.G., Petushkova A.D., Melnikova U.V., Strelnikova D.M. *1422*

THE METHOD OF DETERMINATION OF THE PROBABILITY OF NON-FAILURE OPERATION OF TECHNICAL SYSTEMS OF THE CAR (FOR EXAMPLE, THE FRONT SUSPENSION VAZ-2170)
Denisov Iv.V., Denisov Il.V. *1425*

UPGRADE FEED DRIVE OF A PLANER
Dymov I.S., Gurova E.G., Kotin D.A., Makarov S.V. *1430*

THE PRINCIPLES OF LOCAL NETWORKING FOR THE SOLUTION OF MONITORING AUTOMATION PROBLEMS AND MANAGEMENT ON CONSTRUCTION OBJECTS
Zhigalov K.Y. *1436*

WAYS TO IMPROVE ENERGY INDICATORS ZONE RECTIFIERS
Ivanov V.V., Myatezh S.V., Schurov N.I., Sergeev A.A. *1441*

THE RESULTS OF MODELING OF DISSIPATIVE HEATING IN A CYLINDRICAL CHANNEL FOR FLUID WITH EFFECT OF THE «SOLIDIFICATION» AT THE REALIZATION OF THE THIRD SCHEME CURRENT
Kolodezhnov V.N., Veretennikov A.S. *1446*

NUMERICAL MODELING OF THE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER WITH THE ACCOUNT OF ITS STRATIFICATION
Kuptsov A.I., Akberov R.R., Islamkhuzin D.Y., Gimranov F.M. *1452*

THE COMBINED METHODS OF ARTIFICIAL WEAKENING OF THE STRENGTH OF ICE ON RIVERS WITH ICE JAMS USING REAGENT TECHNOLOGY
Morozova O.V. *1461*

MATHEMATICAL MODELLING OF NON-STATIONARY ELASTIC REFLECTION OF STRESS WAVES IN THE FORM OF A TRIANGULAR PULSE FROM THE FREE SURFACE OF A PLATE
Musaev V.K., Sitnik S.V., Tarasenko A.A., Sitnik V.G., Zyubina M.V. *1466*

CALCULATION OF STRESS-STRAIN STATE RECEIVING PIPE DISPENSERS WITH DEFECTS IN ORDER TO JUSTIFY ITS FURTHER EXPLOITATION
Tarasenko A.A., Chepur P.V., Kuzovnikov E.V., Tarasenko D.A. *1471*

INDUSTRIAL EXPERIMENT ON RESTORATION RING FOUNDATION OF TANK
Tarasenko A.A., Chirkov S.V. *1477*

Physical and mathematical sciences

THE REORGANIZATION OF SOLUTIONS OF RECURRENT MULTIPLICATIVE EQUATION OF THE SECOND ORDER
Abakumova S.I., Rudenko V.G., Strigun N.S. *1483*

ABOUT INFLUENCE OF ELASTICITY OF TUBE WALLS TO DYNAMICS OF NONLINEAR WAVES OF BUBBLY LIQUID
Bayazitova Y.R. *1489*

THE EXISTENCE AND UNIQUENESS OF SOLUTION OF A SYSTEM OF DIFFERENTIAL EQUATIONS DESCRIBING THE MOTION OF AN EXOSKELETON
Borisov A.V. *1495*

A STUDY OF THE POSITION ACCURACY OF A SUBSCRIBER IN CONDITIONS OF LIMITED VISIBILITY OF A SPACE SEGMENT BY THE GPS-GLONASS RECEIVER ANTENNA BY STATISTICAL APPROACH
Golikova E.A., Malygin I.V. *1500*

CONJUGATED FERROCENES: PHOTOELECTRON SPECTRA, DFT CALCULATIONS, KOHN-SHAM ENERGIES AND KOOPMANS' DEFECT
Golovin A.V., Krauklis I.V., Podkopaeva O.Y., Chizhov Y.V. *1505*

A TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE DOPED LITHIUM NIOBAT CRYSTALS
Zdorovtsev G.G., Karpets Y.M., Lebedev V.A. *1512*

THE RELATIONSHIP BETWEEN MICROHARDNESS ALLOYS NI-CR-MO AND THE ENERGY OF THE INDENTER INTRODUCING INTO THE SUBSTANCE
Nikiforov A.G., Kovalyova A.A., Anikina V.I. *1517*

Chemical sciences

KINETICS AND THERMODYNAMICS OF THE HYDROGENATION PROCESS COAL MINE MAMYTSKOGO
Kairbekov Z.K., Dzheldybaeva I.M., Yakupova E.N., Esenalieva M.Z. *1521*

Biological sciences

THE PECULIARITIES OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY PLANTS AND LICHENS IN THE CONDITIONS OF COMBINED ANTHROPOGENIC LOAD
Anischenko L.N., Shapurko V.N., Safrankova E.A. *1527*

PSYCHOPHYSIOLOGICAL RISKS CAUSED BY WORKING CONDITIONS OF SOCIAL WORK SPECIALISTS
Antipova E.I., Shibkova D.Z. *1532*

STUDY OF MICROBIOLOGICAL REGIME OF SOILS WHEN INOCULATED ALFALFA SEEDS
Bekenova U.S., Zhakeeva M.B., Zhumadilova Z.S., Shorabaev E.Z., Sadanov A.K. *1538*

RODENT OF SYPHACIOSIS AND ITS ECOLOGICAL EPIDEMIOLOGICAL MEANING
Maslennikova O.V., Erofeeva V.V., Pukhlyanko V.P. *1542*

MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SLUDGE DEPOSITS
IN FISHPONDS OF KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC
Pezheva M.K., Kazancheva L.A., Zhantegolov D.V., Kazanchev S.C. 1545

Geographical sciences

FEATURES FIRE SEASON IN THE KHABAROVSK TERRITORY
AND THE JEWISH AUTONOMOUS REGION
Kogan R.M., Glagolev V.A. 1549

Pharmaceutical sciences

INNOVATIVE DRUGS ON THE HIGH PURIFICATION MINERAL BISCHOFITE:
PROSPECTS AND PROBLEMS OF ADMINISTRATION
Mitrofanova I.Y., Sysuev B.B., Ozerov A.A., Samoshina E.A., Akhmedov N.M. 1554

Economic sciences

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION PECULIARITIES
OF MEDICAL BIOSENSORS IN RUSSIAN FEDERATION
Balyakin A.A., Malyshev A.S., Mamonov M.V., Taranenko S.B. 1558

MANAGEMENT OF PLANNING FUNCTION IN FRANCHISING RELATIONS
Ganebnykh E.V., Elsebaie N.M. 1563

OPTIMIZATION OF THE DEPRECIATION POLICY OF THE ENTERPRISE
Danilova N.N., Zdanovich M.Y., Vasileva N.O. 1568

BASES OF PLANNING OF REGIONAL INDUSTRIAL COMPLEX
Ziyadin S.T., Ibraeva A.K., Ziyadina S.T., Dauletkhanova Z.D., Ziyadina Z.T. 1575

ROLE OF PAYMENT AND SETTLEMENT SYSTEMS IN ENSURING
STABILITY AND MARKET DEVELOPMENT OF FINANCIAL SERVICES
Olkhovskiy V.A., Galimova G.A. 1579

CLUSTER-NETWORK PRESENTATION OF TRANSACTION
SECTOR OF ECONOMY
Perskiy Y.K., Freyman E.N. 1585

FORECASTING OF STABILIZATION PROCESSES INDICES OF RUSSIA'S
ECONOMY ON THE BASIS OF VECTOR AUTOREGRESSION MODELS
Sukhanova E.I., Shirnaeva S.Y. 1590

THE COMPLEX APPROACH TO THE STUDY OF THE ESSENCE,
PRINCIPLES AND METHODS OF FINANCIAL PLANNING AT
THE ENTERPRISES IN THE ECONOMIC SYSTEM
Yuzvovich L.I., Yudina E.A. 1596

Pedagogical sciences

ENVIRONMENTAL SAFETY CULTURE AND ITS FORMATION
IN CHILDREN AS A CONDITION CONFLICT-FREE RELATIONSHIP
WITH THE SOSIO-NATURAL ENVIRONMENT
Bogdanova E.P., Kupriyanova T.S. 1602

PEDAGOGICAL DESIGN OF THE MODEL OF THE UPDATING
OF THE PROPERTIES OF THE PERSONALITY OF STUDENT
AS THE CARRIER OF THE INNOVATION CULTURE
Zagorulya T.B. *1608*

METHODICAL ASPECTS OF SELF-EDUCATIONAL WORK ORGANIZATION
DURING TEACHING FUTURE SPECIALISTS AT HIGH
MEDICAL SCHOOL
Soloveva V.V., Gorbuzova M.S., Korobkova S.A. *1614*

Political sciences

DIALECTICS OF RELATIONSHIP OF THE STATE AND POLITICAL CULTURE
Zimin V.A. *1618*

RULES FOR AUTHORS *1625*

УДК 691.175:519.7

СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОЗИЦИЙ КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Гарькина И.А., Данилов А.М., Сорокин Д.С.

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, e-mail: fmatem@pguas.ru, regas@pguas.ru

Предлагается метод проектирования композиционных материалов для защиты от радиации на основе их рассмотрения как сложных многоцелевых систем с регулируемыми характеристиками. Приводится алгоритм синтеза композита с позиций классической теории оптимального управления, который включает: техническую постановку задачи; разработку критериев оптимизации; построение математической модели объекта как совокупности частных моделей. Метод оптимизации определяется после полной формализации задачи синтеза. Предусматривается возможность корректировки и упрощения как всей математической задачи, так и отдельных ее элементов. Уточнение сформулированной технической задачи осуществляется после решения математической задачи, а итерационный процесс может повторяться до достижения заданной точности. Показывается, что синтез материала состоит в переводе объекта из некоторого начального в конечное состояние при принятых допустимых управлениях и принятых критериях качества. Приводится пример.

Ключевые слова: композиционные материалы, защита от радиации, системный анализ, композиты как сложные системы, кинетические процессы, управление качеством, принцип Парето

SYNTHESIS OF COMPOSITE MATERIALS FROM THE STANDPOINT OF CLASSICAL OPTIMAL CONTROL THEORY

Garkina I.A., Danilov A.M., Sorokin D.S.

Penza state university of architecture and construction, Penza, e-mail: fmatem@pguas.ru, regas@pguas.ru

We propose a method of designing composite materials for radiation protection based on their consideration as complex multifunctional system with adjustable parameters. An algorithm for synthesis of composite products with classical optimal control theory, which includes: technical formulation of the problem; develop criteria for optimization; construct a mathematical model of the object as a set of partial models. Optimization method is determined after a complete formalization of the problem of synthesizing. Provides for the possibility of adjusting and simplifying mathematical problem and its individual elements. Clarification formulated technical problem is solved after solving a mathematical problem, and iterative process can be repeated until the specified accuracy. It is shown that the synthesis of the material is to convert the object from an initial to a final state under the assumed admissible controls and accepted quality criteria. An example is given.

Keywords: composite materials, radiation protection, system analysis, composites as complex systems, kinetic processes, quality management, the Pareto principle

Существует ряд подходов к рационализации подбора рецептуры и технологии производства композиционных материалов. В общем случае выбор сводится к задачам оптимизации, которые успешно решены в теории оптимального управления сложными техническими системами. К сожалению, авторам известны лишь редкие случаи использования методов теории управления и системного анализа к разработке композитов [1, 5, 7, 9, 12]. Ниже предлагается подход к синтезу композиционных материалов с регулируемыми структурой и свойствами с позиций классической теории оптимального управления. Последовательность этапов синтеза композиционных материалов как сложных систем [7] приводится на рис. 1, в числе основных выделяются:

– техническая постановка задачи и выбор критериев оптимизации;

– построение математических моделей управления в форме системы операторных уравнений (дифференциальных, интегральных, разностных, дифференциально-разностных, дифференциально-интегральных и т.д.).

Математическая модель и пути ее построения определяются степенью изученности рассматриваемой системы, наличием опыта разработки аналогичных систем, полноты знания физических процессов, характеризующих поведение объекта, и осуществляются на основе теоретических исследований физических процессов в системе, логического анализа, идентификации по данным нормальной эксплуатации. Выбираются компоненты вектора управления, параметры системы и возмущения; устанавливаются фазовые координаты; определяется пространство состояния объекта [2, 8]. При разработке оптимальных систем указываются ограничения на компоненты вектора управления и фазовые координаты. Так, ограничения на фазовые координаты определяют принадлежность вектора состояния некоторому замкнутому множеству точек n-мерного пространства (определяют

свойства материала). Указываются начальные и краевые условия, осуществляется выбор критерия для оценки качества управления. Модельные исследования являются исходной информацией для уточнения технической задачи, и итерационный процесс может повторяться до достижения заданной точности.

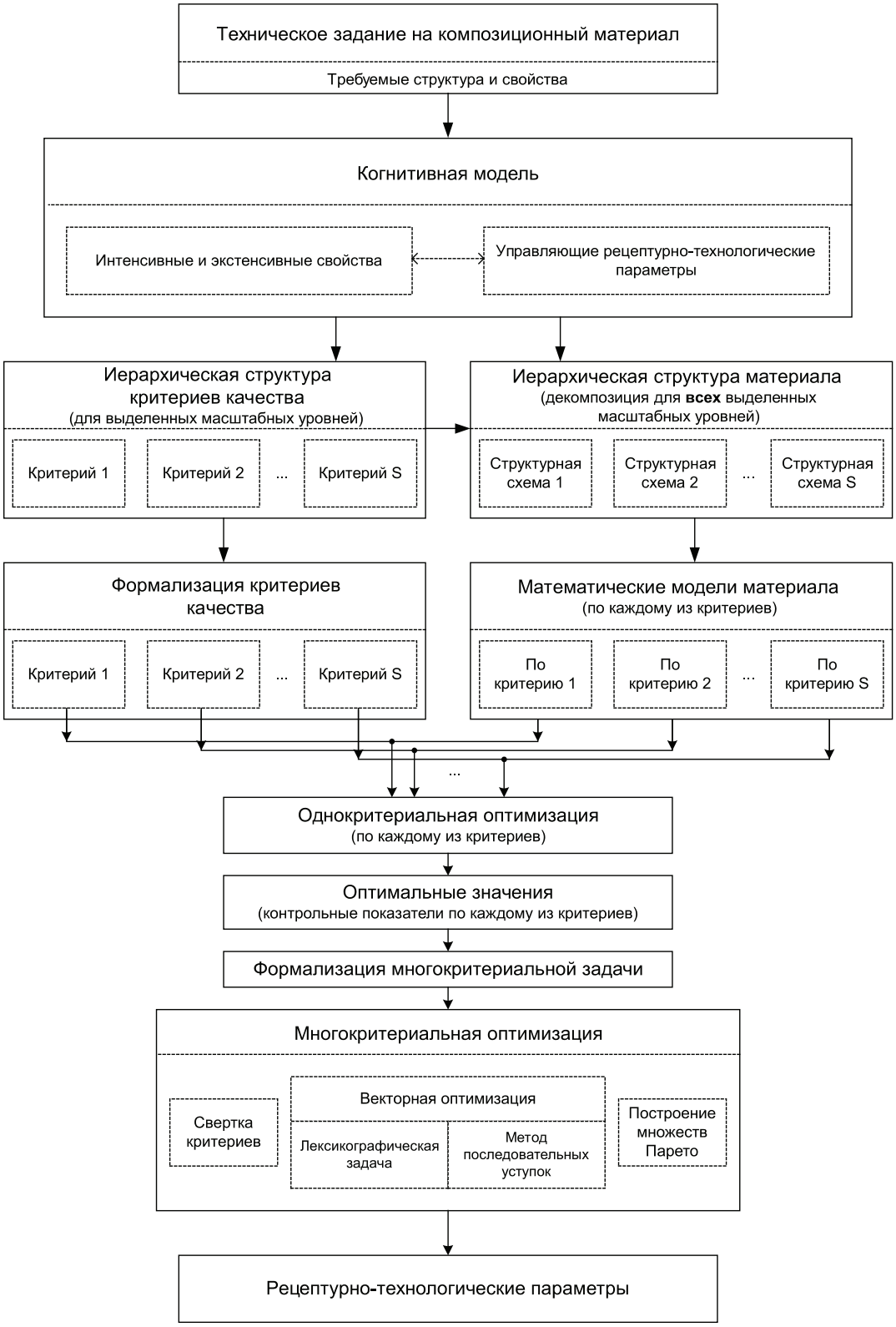


Рис. 1

Как видим, при проектировании композитов как сложных многоцелевых систем возникают проблемы скаляризации нескольких показателей качества; определения иерархической структуры множества критериев с расстановкой приоритетов; области достижимости, построения множества Парето и т.д. [3, 4, 7].

Не останавливаясь на всем комплексе затронутых вопросов, ограничимся использованием принципа Парето (сформулирован Джураном; состоит в предположении, что большая часть результатов вызывается относительно небольшим числом причин). В основном принцип Парето используется для анализа по специально построенным диаграммам возможных источников брака с целью последующего совершенствования технологии производства. Применительно к технологии по принципу Парето «80 % потерь из-за брака или переделок проистекает вследствие 20 % причин». Точно так же Парето обнаружил, что 80 % благосостояния контролируется 20 % людей. И вообще, в количественной формулировке 80 % всех возникающих проблем происходит из-за 20 % исходных материалов, уровня подготовки операторов, работы машин и т.д.

Принцип Парето наглядно характеризует взаимоотношения «причины – результаты» в системе и является одним из наиболее используемых инструментов принятия решений.

Ниже приводится пример использования диаграмм и принципа Парето для управления качеством по виду кинетических процессов формирования требуемых структуры и свойств эпоксидных композитов (ЭК) повышенной плотности для защиты от радиации с использованием отходов стекольной промышленности. По Парето начальные 20 % определяют последующие 80 % времени выхода контролируемого параметра на эксплуатационное значение.

При скалярном управлении $y(t)$ часто оптимизация осуществляется на основе функционала

$$I = \int_0^T \left[\alpha y^2(t) + \beta \dot{y}^2(t) \right] dt.$$

В частном случае при $\alpha = 1$, $\beta = 0$

$$I = I_1 = \int_0^T y^2(t)\, dt$$

и оптимизация обеспечивает перевод объекта из начального в конечное состояние на промежутке $[0, T]$ с минимальной энергией управления.

Учитывая, что управление структурой и свойствами материала осуществляется изменением соответствующих рецептурно-технологических параметров, естественен подход к синтезу материалов как к задаче управления [10, 11]. Воспользуемся этой аналогией при синтезе материалов.

Обычно структура композита в большей степени зависит от скорости расхода энергии, чем от ее величины, сообщенной системе. В связи с этим наряду с I_1 рассмотрим функционал

$$I = I_2 = \int_0^t \dot{x}^2(t)\, dt$$

и кумулятивную кривую $I_2(t)$. Как оказалось, для всех основных кинетических процессов $x(t)$, $t \in [0, T]$ выполняется условие

$$I(0{,}2T) \geq 0{,}8\, I(T),$$

что подтверждает возможность использования принципа Парето при оценке формирования физико-механических характеристик материалов. А именно, структура и свойства материала на 80 % определяются начальными 20 % длительности выхода контролируемого параметра на эксплуатационное значение.

На рис. 2, 3 приводятся кинетические процессы $x(t)$ и соответствующие им кумулятивные кривые тепловыделения и набора прочности для указанных ЭК. Отметим также, что из сравнения кумулятивных кривых $I_1(t)$ и $I_2(t)$ следует, что при использовании диаграмм Парето необходимо исходить из функционала I_2.

Как подтвердили многочисленные исследования, применение принципа Парето значительно облегчает и разработку рецептуры (содержание ингредиентов, гранулометрический состав и т.д.): позволяет выделить элементы в рецептуре, определяющие в основном эксплуатационные характеристики материала. Для рассматриваемых ЭК прочность и плотность в основном определяются степенью наполнения и видом модификатора.

Принцип Парето можно использовать и для итеративного способа улучшения качества материала на основе последовательного построения на каждом этапе соответствующих диаграмм Парето.

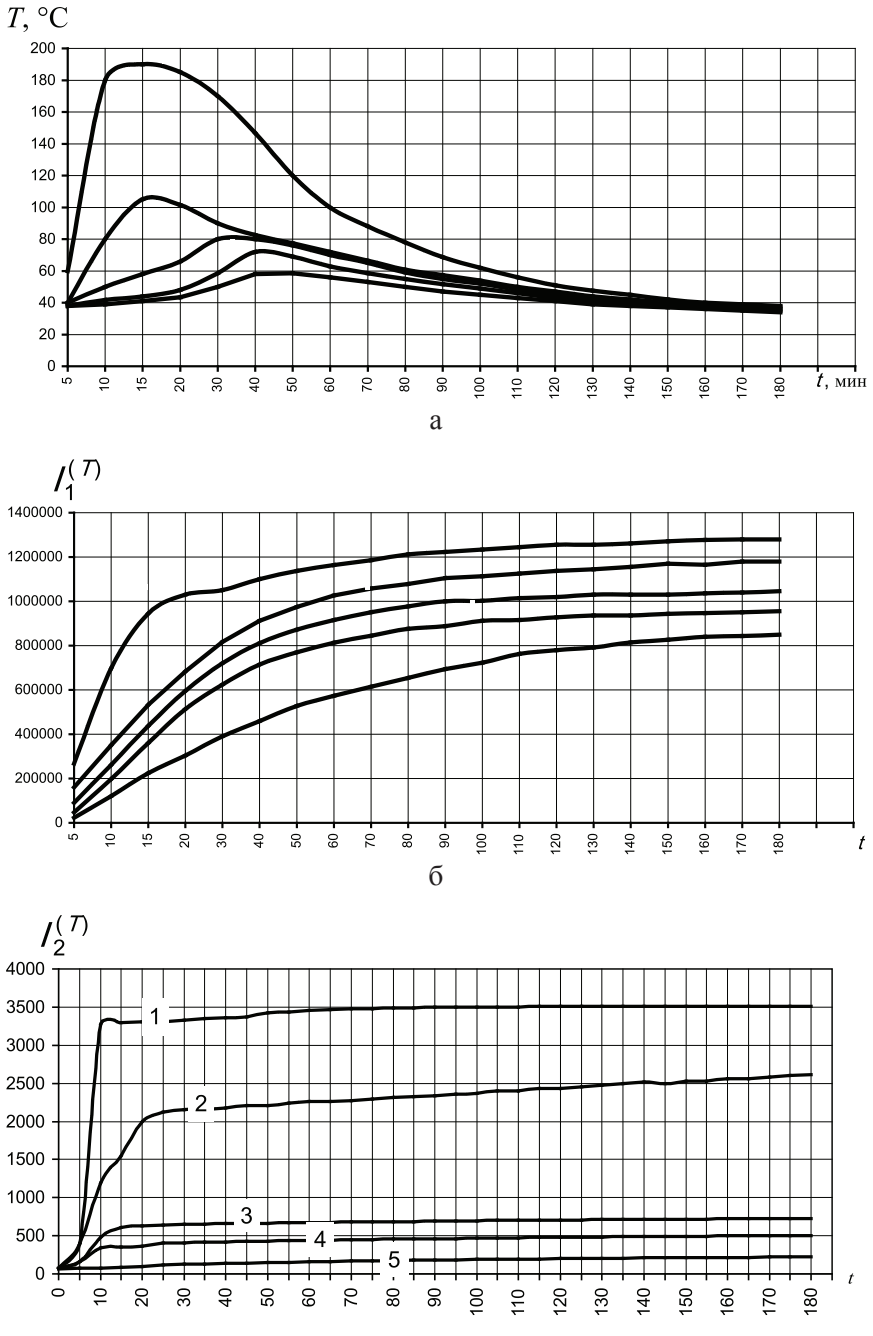


Рис. 2. Зависимость температуры саморазогрева при полимеризации эпоксидного композита, $I_1^{(T)}$ и $I_2^{(T)}$ от t, мин:
1 – ненаполненная смола; 2 – П/Н = 1/5; 3 – П/Н = 1/10; 4 – П/Н = 1/15; 5 – П/Н = 1/20

На основе предложенного подхода к синтезу материалов как к задаче управления осуществлялась разработка эпоксидного композиционного материала, обладающего повышенными защитными свойствами от воздействия ионизирующих излучений. Оптимизация структуры и свойств материала производилась на основе выбора параметров кинетических процессов формирования его физико-механических характеристик (радиационной стойкости, набора прочности, тепловыделения, усадки и др.), описывающихся обыкновенными дифференциальными уравнениями [5].

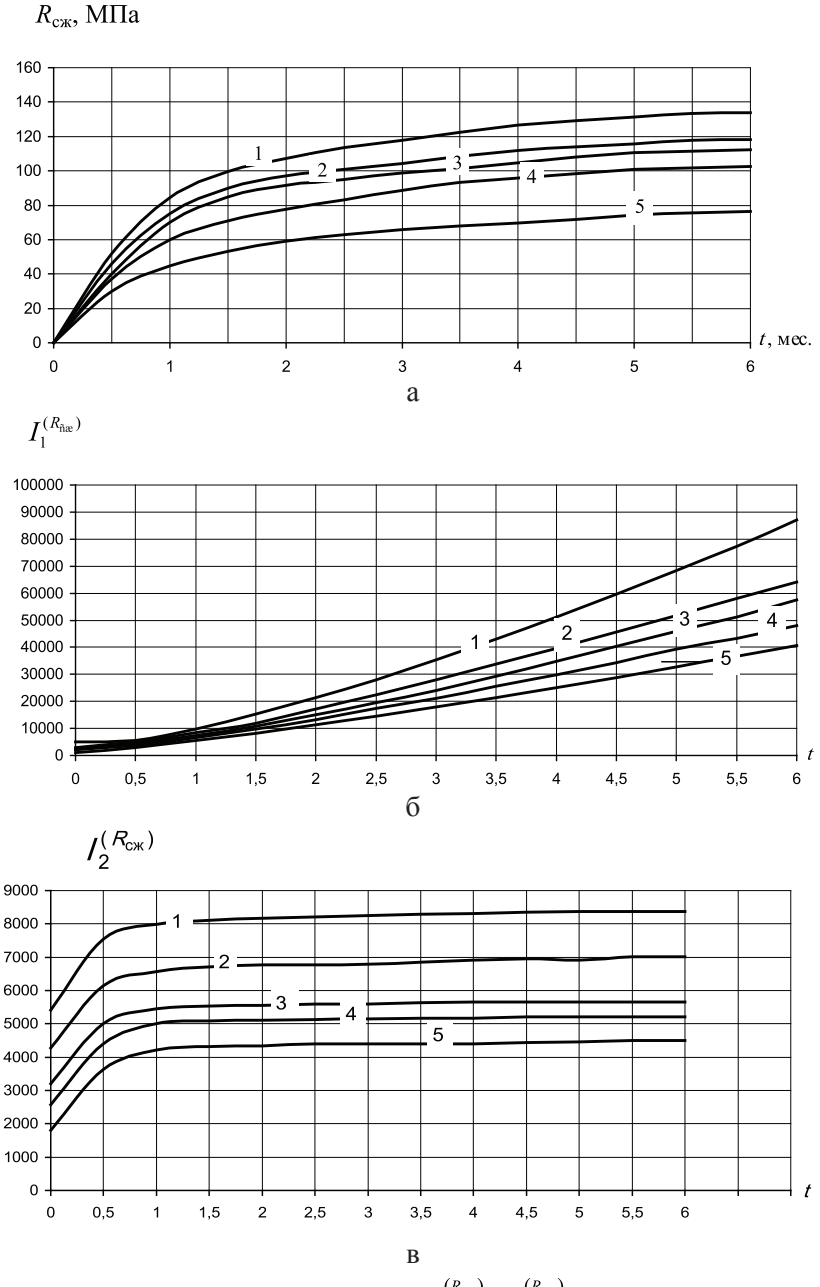


Рис. 3. Зависимость $R_{сж}$, $I_1^{(R_{сж})}$ и $I_2^{(R_{сж})}$ от t, мес.:
1 – П/Н = 1/15; 2 – П/Н = 1/10; 3 – П/Н = 1/10 и ММ; 4 – П/Н = 1/20; 5 – П/Н = 1/5

Список литературы

1. Альбакасов А.И., Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В. Оптимизация систем со сложной иерархией // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 2 (31). – С. 324–328.

2. Будылина Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М. Декомпозиция динамических систем в приложениях // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 3. – С. 95–10.

3. Будылина Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М. Моделирование с позиций управления в технических системах // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 2 (16). – С. 138–142.

4. Гарькина И.А., Данилов А.М. Опыт разработки композиционных материалов: некоторые аспекты математического моделирования // Известия вузов. Строительство. – 2013. – № 8 (656). – С. 28–33.

5. Гарькина И.А., Данилов А.М. Управление качеством материалов со специальными свойствами // Проблемы управления. – 2008. – № 6. – С. 67–74.

6. Гарькина И.А., Данилов А.М. Управление в сложных технических системах: методологические принципы управления // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 1 (12). – С. 39–43.

7. Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В. Строительные материалы как системы // Строительные материалы. – 2006. – № 7. – С. 55–58.

8. Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В. Когнитивное моделирование при синтезе композиционных

материалов как сложных систем // Известия вузов. Строительство. – 2009. – № 3/4. – С. 30–37.

9. Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В., Смирнов В.А. Преодоление неопределенностей целей в задачах многокритериальной оптимизации на примере разработки сверхтяжелых бетонов для защиты от радиации // Строительные материалы. – 2006. – № 8. – С. 23–26.

10. Гарькина И.А., Данилов А.М., Смирнов В.А. Управление структурой и свойствами композитов для защиты от радиации // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – № 2.3 (32). – С. 340–344.

11. Данилов А.М., Гарькина И.А. Методология проектирования сложных систем при разработке материалов специального назначения // Известия вузов. Строительство. – 2011. – № 1. – С. 80–85.

12. Системный анализ в строительном материаловедении: монография / Ю.М. Баженов, И.А. Гарькина, А.М. Данилов, Е.В. Королев – М.: МГСУ: Библиотека научных разработок и проектов, 2012. – 432 с.

References

1. Albakasov A.I., Garkina I.A., Danilov A.M., Korolev E.V. Optimization of systems with complex hierarchy // Journal of Civil Engineers. 2012. no. 2 (31). pp. 324–328.

2. Budylina E.A., Garkina I.A., Danilov A.M. Decomposition of dynamical systems in applications // Regional architecture and construction. 2013. no. 3. pp. 95–10.

3. Budylina E.A., Garkina I.A., Danilov A.M. Modeling from the positions of management in technical systems // Regional architecture and construction. 2013. no. 2 (16). pp. 138–142.

4. Garkina I.A., Danilov A.M. Experience in the development of composite materials: some aspects of mathematical modeling // Proceedings of the universities. Construction. 2013. no. 8 (656). pp. 28–33.

5. Garkina I.A., Danilov A.M. Quality management of the materials of special properties // Control Sciences. 2008. no. 6. pp. 67–74.

6. Garkina I.A., Danilov A.M. Management in complex technical systems: methodological principles of management // Regional architecture and construction. 2012. no. 1 (12). pp. 39–43.

7. Garkina I.A., Danilov A.M., Korolev Y.V. Building materials as systems // Building materials. 2006. no. 7. p. 55–58.

8. Garkina I.A., Danilov A.M., Korolev Y.V. Cognitive modeling of composite materials for the synthesis of complex systems as // Proceedings of the universities. Construction. 2009. no. 3/4. pp. 30–37.

9. Garkina I.A., Danilov A.M., Korolev Y.V., Smirnov V.A. Overcoming uncertainty goals multicriteria optimization problems by the example of superheavy concrete for protection against radiation // Building materials. 2006. no. 8. pp. 23–26.

10. Garkina I.A., Danilov A.M., Smirnov V.A. Management of structure and properties of composites for protection against radiation // Control systems and Information technology. 2008. no. 2.3 (32). pp. 340–344.

11. Danilov A.M., Garkina I.A. Methodology for the design of complex systems at development of special materials // Proceedings of the universities. Construction. 2011. no. 1. pp. 80–85.

12. Systems analysis in building materials: monograph / Bazhenov Yu.M. Garkina I.A., Danilov A.M., Korolev E.V. M.: Moscow State University of Civil Engineering: Library of scientific developments and projects. 2012. 432 p.

Рецензенты:

Логанина В.И., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Управление качеством и технологии строительного производства», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза;

Кошев А.Н., д.х.н., профессор кафедры «Информационно-вычислительные системы», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 629.12

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ВИБРОИЗОЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ С НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ

Гурова Е.Г., Гуров М.Г., Макаров С.В., Баринова Е.А., Бибаев В.И.

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, e-mail: a282006@yandex.ru

В статье рассмотрена виброизолирующая подвеска двигателя с плавающим участком нулевой жесткости. В настоящее время для снижения уровней вибрации применяются виброизоляторы с «плавающим» участком нулевой жёсткости. Установлено, что при ограничении габаритов виброизоляторов в подвесках с установленными упругими элементами, обладающими большими коэффициентами жесткости, электромагнитные компенсаторы должны иметь нелинейную силовую характеристику. В работе доказано существование нелинейности в системах виброизолирующих подвесок с линейным и нелинейным регуляторами. В статье установлено, что систему перестройки электромагнитного компенсатора жесткости на изменяющуюся нагрузку следует выполнять в виде регулятора напряжения катушек электромагнитов. Разработана математическая модель автоматической виброизолирующей системы. Проведена проверка наличия режима автоколебаний в системе виброизолирующей подвески с электромагнитным компенсатором жесткости с нелинейной системой перестройки.

Ключевые слова: виброизолирующая подвеска, компенсатор жесткости, система перестройки

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF AUTOMATIC ANTIVIBRATION SYSTEM WITH NONLINEAR TUNING SYSTEM

Gurova E.G., Gurov M.G., Makarov S.V., Barinova E.A., Bibaev V.I.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: a282006@yandex.ru

The article considers the antivibration engine mounting floating portion zero stiffness. Currently, in order to reduce vibration levels apply isolators with «floating» portion zero stiffness. Found that by limiting the size of vibration isolators in suspensions with established elastic elements having large stiffness coefficients, electromagnetic joints should have a nonlinear power characteristic. In this paper we prove the existence of non-linearity in antivibration suspension systems with linear and nonlinear regulators. The paper found that the electromagnetic system adjustment compensator stiffness varying load should be carried out in the form of voltage regulator solenoid valves. A mathematical model of automatic vibration isolation system. Checked availability mode oscillations in a system with an electromagnetic vibration-isolating suspension stiffness with nonlinear compensator system restructuring.

Keywords: antivibration suspension, stiffness compensator, system restructuring

В [1] представлена виброизолирующая подвеска двигателя с плавающим участком нулевой жесткости, содержащая в качестве компенсатора жесткости два встречно включенных электромагнита. Там же показано, что при межполюсном расстоянии электромагнитов, превышающем размах колебаний на порядок, силовая характеристика компенсатора может быть принята линейной. Однако линейный компенсатор целесообразно применять в подвесках, где установлены упругие элементы с небольшими коэффициентами жесткости и нет жестких ограничений габаритов подвески. В подвесках, где установлены упругие элементы с большими коэффициентами жесткости и где габариты виброизоляторов ограничены, электромагнитные компенсаторы должны иметь малые габариты при достаточно большом коэффициенте жесткости. Это возможно только при значительном сокращении межполюсного расстояния компенсатора. При этом силовая характеристика компенсатора жесткости получается нелинейной, что необходимо учитывать при определении свойств виброизолирующей подвески. Математическая модель нелинейного электромагнитного компенсатора жесткости выведена в [2].

Результаты исследования и их обсуждение

Как показано в [1], систему перестройки электромагнитного компенсатора жесткости на изменяющуюся нагрузку целесообразно выполнять в виде регулятора напряжения катушек электромагнитов. При этом регулятор может быть как линейным, так и нелинейным звеном. В [1, 2] рассмотрена модель виброизолирующей подвески с электромагнитным компенсатором жесткости, содержащей линейный регулятор подстройки на изменяющуюся внешнюю нагрузку.

Из дифференциального уравнения (1), полученного в [1], видно, что в системах виброизолирующих подвесок с линейным и нелинейным регуляторами присутствует нелинейность.

$$T^2 \cdot m \cdot \frac{d^4x}{dt^4} + 2T \cdot m \cdot \frac{d^3x}{dt^3} + \left(T^2 \cdot c + m\right) \cdot \frac{d^2x}{dt^2} - T^2 \cdot K_э \cdot \frac{d^2\left(a \cdot x^3 + c \cdot x\right)}{dt^2} +$$
$$+2T \cdot c \cdot \frac{dx}{dt} - 2T \cdot K_э \cdot \frac{d\left(a \cdot x^3 + c \cdot x\right)}{dt} - K_э \cdot \left(a \cdot x^3 + c \cdot x\right) + \quad (1)$$
$$+\left(c + K_э \cdot K_и \cdot K_у \cdot \left(a \cdot x^3 + c \cdot x\right) \cdot \left(m \cdot x^3 + l \cdot x\right)\right) \cdot x = T^2 \cdot \frac{d^2F(t)}{dt^2} + 2T \cdot \frac{dF(t)}{dt} + F(t).$$

Для нелинейных систем характерно наличие режима автоколебаний. Выполним проверку наличия автоколебаний в обоих случаях. В автоматике существуют методы определения режима автоколебаний. Воспользуемся одним из этих методов, алгебраическим методом, показанным в [3].

На основании дифференциального уравнения виброизолятора с линейной системой перестройки (1) составим структурную схему, показанную на рис. 1.

Для того чтобы проверить наличие автоколебаний в системе виброизолирующей подвески линейной системы перестройки, необходимо структурную схему, показанную на рис. 1, преобразовать в одно звено.

Приведем структурную схему, показанную на рис. 1, к одноконтурной схеме.

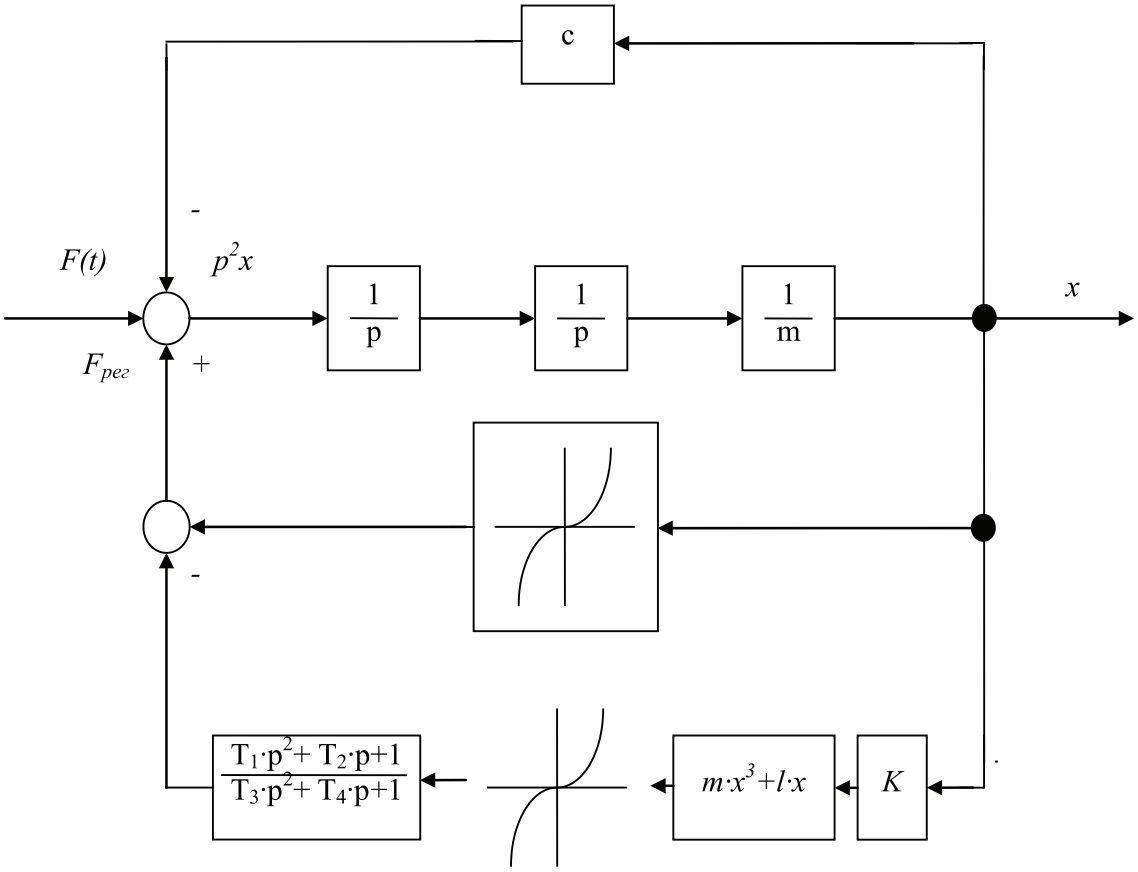


Рис. 1. Структурная схема виброизолирующей подвески с нелинейным инерционным регулятором и с корректирующим звеном

Вид одноконтурной структурной схемы виброизолирующей подвески с нелинейным инерционным регулятором показан на рис. 2.

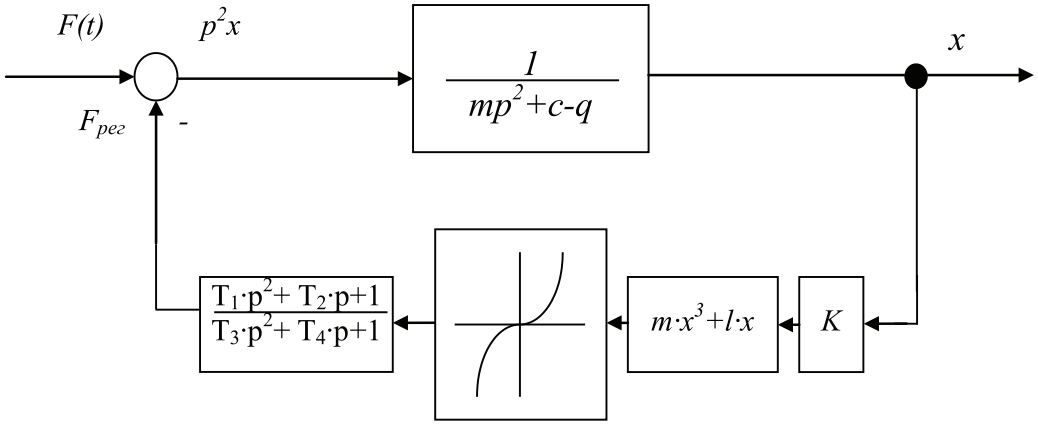


Рис. 2. Одноконтурная структурная схема виброизолирующей подвески с нелинейным инерционным регулятором

На основании структурной схемы виброизолирующей подвески с линейным регулятором, показанной на рис. 2, получим передаточную функцию замкнутой системы:

$$W_{зс2к}(p)=\frac{T_3\cdot p^2+T_4\cdot p+1}{\left(m\cdot p^2+c-q\right)\cdot\left(T_3\cdot p^2+T_4\cdot p+1\right)+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot\left(T_1\cdot p^2+T_2\cdot p+1\right)}. \quad (2)$$

Характеристическое уравнение:

$$\begin{aligned} &m\cdot T_3\cdot p^4+m\cdot T_4\cdot p^3+\left(m+c\cdot T_3-q\cdot T_3+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot T_1\right)\cdot p^2+\\ &+\left(c\cdot T_4-q\cdot T_4+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot T_2\right)\cdot p+\left(c-q+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\right)=0. \end{aligned} \quad (3)$$

Подставим $p=j\omega$:

$$\begin{aligned} &m\cdot T_3\cdot p^4-j\cdot m\cdot T_4\cdot\omega^3-\left(m+c\cdot T_3-q\cdot T_3+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot T_1\right)\cdot\omega^2+\\ &+j\left(c\cdot T_4-q\cdot T_4+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot T_2\right)\cdot\omega+\left(c-q+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\right)=0. \end{aligned} \quad (4)$$

Выделим действительную и мнимую части:

$$\begin{cases} U=m\cdot T_3\cdot\omega^4-\left(m+c\cdot T_3-q\cdot T_3+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot T_1\right)\cdot\omega^2+\left(c-q+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\right)=0,\\ V=-m\cdot T_4\cdot\omega^3+\left(c\cdot T_4-q\cdot T_4+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot T_2\right)\cdot\omega=0. \end{cases} \quad (5)$$

Из второго уравнения системы (5)

$$-m\cdot T_4\cdot\omega^3+\left(c\cdot T_4-q\cdot T_4+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot T_2\right)\cdot\omega=0. \quad (6)$$

Выполнив преобразования уравнения (6), получим

$$-m\cdot T_4\cdot\omega^2+\left(c\cdot T_4-q\cdot T_4+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot T_2\right)=0. \quad (7)$$

Из (7) выразим

$$\omega^2=\frac{c\cdot T_4-q\cdot T_4+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot T_2}{m\cdot T_4}. \quad (8)$$

Из уравнения (8) определим круговую частоту автоколебаний:

$$\omega=\pm\sqrt{\frac{c\cdot T_4-q\cdot T_4+K_и\cdot K_у\cdot K_э\cdot q^2\cdot T_2}{m\cdot T_4}}. \quad (9)$$

Подставив (8) в первое уравнение системы (5), получим

$$\left(\frac{K_{и}^2\cdot K_{у}^2\cdot K_{э}^2\cdot T_2^2\cdot T_3}{m\cdot T_4^2}-\frac{K_{и}^2\cdot K_{у}^2\cdot K_{э}^2\cdot T_1\cdot T_2}{m\cdot T_4}\right)\cdot q^4+$$
$$+\left(\frac{K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_1}{m}-\frac{K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_2\cdot T_3}{m\cdot T_4}\right)\cdot q^3+ \qquad (10)$$
$$+\left(\frac{c\cdot K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_2\cdot T_3}{m\cdot T_4}-\frac{K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_2}{T_4}-\frac{c\cdot K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_1}{m}+K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\right)\cdot q^2=0.$$

В результате из первого уравнения системы (5) получим

$$q_{1,2}=\frac{-\left(\frac{K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_1}{m}-\frac{K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_2\cdot T_3}{m\cdot T_4}\right)}{2\cdot\left(\frac{K_{и}^2\cdot K_{у}^2\cdot K_{э}^2\cdot T_2^2\cdot T_3}{m\cdot T_4^2}-\frac{K_{и}^2\cdot K_{у}^2\cdot K_{э}^2\cdot T_1\cdot T_2}{m\cdot T_4}\right)}\pm$$
$$\pm\frac{\sqrt{\left(\frac{K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_1}{m}-\frac{K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_2\cdot T_3}{m\cdot T_4}\right)^2-4\cdot\left(\frac{K_{и}^2\cdot K_{у}^2\cdot K_{э}^2\cdot T_2^2\cdot T_3}{m\cdot T_4^2}-\frac{K_{и}^2\cdot K_{у}^2\cdot K_{э}^2\cdot T_1\cdot T_2}{m\cdot T_4}\right)\times\left(\frac{c\cdot K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_2\cdot T_3}{m\cdot T_4}-\frac{K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_2}{T_4}-\frac{c\cdot K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_1}{m}+K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\right)}}{2\cdot\left(\frac{K_{и}^2\cdot K_{у}^2\cdot K_{э}^2\cdot T_2^2\cdot T_3}{m\cdot T_4^2}-\frac{K_{и}^2\cdot K_{у}^2\cdot K_{э}^2\cdot T_1\cdot T_2}{m\cdot T_4}\right)}. \qquad (11)$$

Используя готовый график $q(a)$, полученный в [4], находим амплитуду периодического решения a.

Устойчивость периодического решения проверяется следующим образом:

$$\frac{\partial U}{\partial a}\cdot\frac{\partial V}{\partial\omega}-\frac{\partial V}{\partial a}\cdot\frac{\partial U}{\partial\omega}>0. \qquad (12)$$

Для определения устойчивости периодического решения, согласно критерию (13), необходимо определить производные первого уравнения системы (5) по амплитуде и частоте периодического решения и второго уравнения системы (5) по амплитуде и частоте периодического решения.

$$\left(\frac{192\cdot k\cdot a}{\left(b^2-4\cdot a^2\right)^{5/2}}\cdot\left(T_3\cdot\omega^2-1\right)-\frac{6144\cdot k^2\cdot a\cdot K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}}{\left(b^2-4\cdot a^2\right)^4}\cdot\left(T_1\cdot\omega^2+1\right)\right)\times$$
$$\times\left(-3\cdot m\cdot T_4\cdot\omega^2+c\cdot T_4-q\cdot T_{4и}+K_{у}\cdot K_{э}\cdot K\cdot q^2\cdot T_2\right)- \qquad (13)$$
$$-\left(K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot T_2\cdot\omega\cdot\frac{\partial q^2}{\partial a}-T_4\cdot\omega\cdot\frac{\partial q}{\partial a}\right)\times$$
$$\times\left(4\cdot m\cdot T_3\cdot\omega^3-2\cdot m\cdot\omega-2\cdot c\cdot T_3\cdot\omega+2\cdot q\cdot T_3\cdot\omega-2\cdot K_{и}\cdot K_{у}\cdot K_{э}\cdot q^2\cdot T_1\cdot\omega\right)>0.$$

Заключение

Если условие (13) выполняется, то периодическое решение устойчиво, то есть автоколебания есть. Разработанная методика будет использована в проверке эффективности работы виброизоляторов с электромагнитным компенсатором жесткости и нелинейной системой перестройки. Практическое применение таких виброизоляторов может стать эффективным средством снижения уровней вибрации на транспорте, в промышленности, на производстве.

Список литературы

1. Гурова Е.Г. Виброизолирующая подвеска судовой энергетической установки с нелинейным электромагнитным компенсатором жесткости: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2008. – 22 с.

2. Гурова Е.Г. К представлению электромагнитного компенсатора жесткости в структурных схемах / В.Ю. Гросс, Е.Г. Гурова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока – 2006. – № 1. – С. 199–203

3. Гурова, Е.Г. Моделирование виброизолирующей подвески с нелинейным электромагнитным компенсатором жесткости // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока – 2006. – № 2. – С. 266–273.

4. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления: учеб. пособие; под общ. ред. Р.Т. Янушевского, Д.С. Фурманова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 256 с.

5. Гурова Е.Г. Виброизолирующие подвески транспортных энергетических установок с нелинейными электромагнитными компенсаторами жесткости. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2012. – 156 с.

References

1. Gurova E.G. Antivibration suspension ship power plant with nonlinear electromagnetic compensator stiffness: abstract dis. Candidate. tehn. Science. Novosibirsk, 2008. 22 p.

2. Gurova E.G. By submission of electromagnetic compensator stiffness structural schemes /V.Y. Gross, E.G. Gurova // Scientific transport problems of Siberia and the Far East 2006. no. 1. pp. 199–203.

3. Gurova E.G. Modeling of nonlinear vibration isolation suspension electromagnetic compensator stiffness // Scientific transport problems of Siberia and the Far East 2006. no. 2. pp. 266–273.

4. Popov E.P. theory of nonlinear systems of automatic regulation and control: Textbook. Benefit / E.P. Popov; under Society. Ed. R.T. Yanushevski, D.S. Furmanova. Moscow: Nauka. Chap. Ed. Sci. lit., 1988. 256 p.

5. Gurova E.G. Resilient suspension transport power plants with nonlinear stiffness electromagnetic compensators 2012. NSTU Publisher: Novosibirsk, 2012. 156 p.

Рецензенты:

Расторгуев Г.И., д.т.н., профессор, первый проректор НГТУ, г. Новосибирск;

Щуров Н.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электротехнических комплексов (ЭТК), НГТУ, г. Новосибирск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 628.517

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАТУШЕК ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ВИБРОИЗОЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Гурова Е.Г., Петушкова А.Д., Мельникова У.В., Стрельникова Д.М.
ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, e-mail: a282006@yandex.ru

В статье установлено, что влияние вибрации негативно сказывается на показателях как качества электрических машин, сооружений и аппаратов, так и на их системе автоматического управления в целом. В настоящее время наибольшее распространение получила виброизоляция, выполняемая в виде резинометаллических амортизаторов. Но установлено, что при снижении коэффициента жёсткости с целью уменьшения передаваемых динамических усилий увеличиваются относительные перемещения двигателей внутреннего сгорания и сочленяемого с двигателем оборудования. При этом установлено, что у виброизоляторов с «плавающим» участком нулевой жёсткости отсутствует данный недостаток, а применение виброизолирующих устройств типа электромагнитного компенсатора жесткости является наиболее перспективным методом снижения уровней вибрации при различного рода характере нагрузки. В работе рассмотрена методика расчета электромагнитов постоянного тока, подходящих под конструкцию компенсатора жесткости.

Ключевые слова: вибрация, виброизоляция, коэффициент жесткости, компенсатор жесткости, электромагнит постоянного тока

DETERMINATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE COILS OF THE BC ELECTROMAGNETS OF THE VIBROISOLATING DEVICES

Gurova E.G., Petushkova A.D., Melnikova U.V., Strelnikova D.M.
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: a282006@yandex.ru

The article found that the influence of vibration adversely affects the quality indicators as electrical machinery, structures and devices, and their automatic control system as a whole. Currently, the most widespread vibration isolation performed as rubber shock absorbers. But found that by reducing the stiffness in order to reduce transmission of dynamic forces, increase the relative displacement of the internal combustion engine and the motor-connector to the equipment. It was found that the vibration isolators with a «floating» portion zero stiffness absent this shortcoming, and the use of anti-vibration devices, such as electromagnetic compensator stiffness is the most promising way to reduce vibration levels under various types of load character. The paper discusses the methodology calculation DC electromagnets suitable for compensator design rigidity.

Keywords: vibration, vibration isolation, rigidity, rigidity compensator, direct current electromagnet

Использование мощных энергетических установок не только на производстве, но и на всех видах транспорта неизбежно приводит к возникновению вибрации. Вибрация отрицательно влияет на надежность, долговечность самих машин, на сооружения, аппараты, в которых они установлены, а также на системы автоматического управления. Нередко, что вибрация является одной из причин аварий. Наиболее остро проблема виброзащиты стоит в автомобилестроении, судостроении, где в качестве энергетических установок используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Низкочастотные колебания, создаваемые ДВС, наиболее вредны для человека, вызывая различные заболевания. Поэтому на сегодняшний день борьба с механическими колебаниями (вибрацией) является одной из важнейших задач.

Результаты исследования и их обсуждение

Существует множество способов уменьшения вибрации – это динамическое уравновешивание двигателей, применение динамических гасителей колебаний, активные виброзащитные системы с дополнительным источником вибрации и т.д. Наибольшее распространение получила виброизоляция, выполняемая в виде резинометаллических амортизаторов. Однако, отличаясь простотой и надёжностью, такие виброизоляторы малоэффективны, так как снижение их коэффициента жёсткости с целью уменьшения передаваемых динамических усилий приводит к увеличению относительных перемещений ДВС и сочленяемого с двигателем оборудования. Этого недостатка лишены виброизоляторы с «плавающим» участком нулевой жёсткости. Применение виброизолирующих устройств с плавающим участком нулевой жёсткости [1] является наиболее перспективным методом снижения уровней вибрации, принцип действия которых изображен на рис. 1.

В таких виброизоляторах параллельно упругим элементам включены перестраивающиеся компенсаторы жёсткости, имеющие падающую силовую характеристику (отрицательный коэффициент жёсткости) (рис. 2).

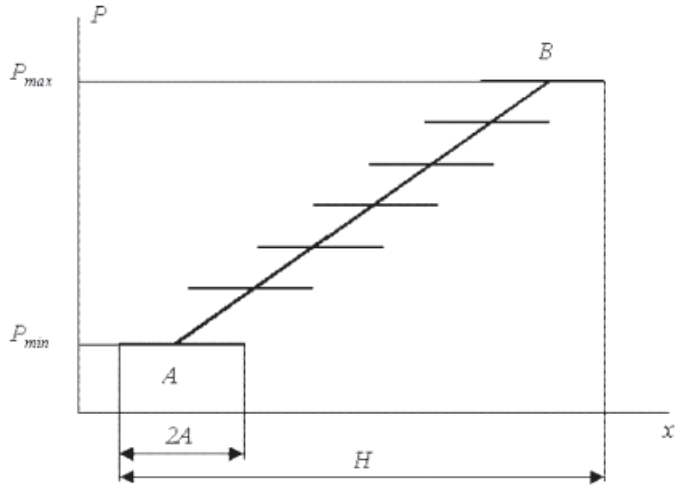


Рис. 1. Силовая характеристика перестраивающегося виброизолирующего механизма

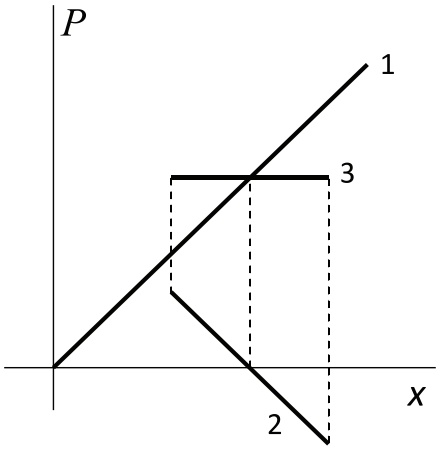


Рис. 2. Характеристика виброизолятора с компенсатором жесткости: 1 – упругого элемента; 2 – компенсатора жесткости; 3 – виброизолятора

На сегодняшний день разработано большое количество конструкций компенсаторов, однако они не отвечают современным требованиям виброизоляции. Из известных наиболее эффективным следует считать электромагнитный компенсатор жёсткости (ЭКЖ) [2, 3], так как он наиболее полно отвечает требованиям идеальной виброизоляции как при постоянных по величине, так и при произвольно меняющихся нагрузках. Конструктивно ЭКЖ – два встречно включенных электромагнита, обеспечивающих устройству падающую силовую характеристику, что позволяет корректировать жёсткость виброизолятора в целом. На основе [2, 3, 4] можно изготовить виброизолятор с электромагнитным компенсатором жесткости с учетом описанной специфики. Для этого сделаем вывод методики для расчета катушек электромагнитов постоянного тока, подходящих под конструкцию компенсатора жесткости. На рис. 3 изображена катушка электромагнита постоянного тока с заданными параметрами намотки: $R_{вн}$ – внутренний радиус катушки, см; $R_{витка}$ – радиус витка, см; $R_{внеш}$ – внешний радиус катушки, см.

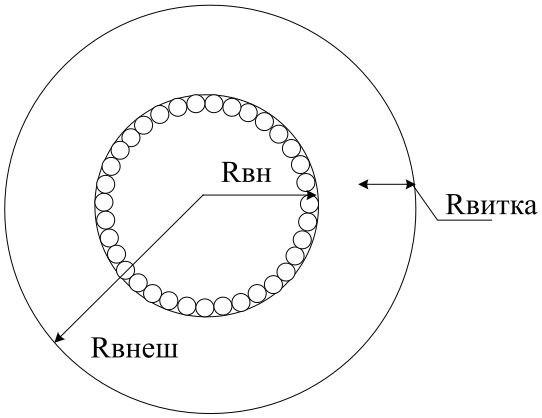


Рис. 3. Модель катушки электромагнита постоянного тока

Для расчета катушки электромагнита постоянного тока зададимся исходными параметрами [4, 5]: $d_{пров}$ – диаметр витка, см; $N_{витков}$ – количество витков; $\sum l_{витков}$ – суммарная длина витков, см.

Для расчета одной катушки электромагнита постоянного тока представим зависимость

$$N_{витков} \cdot d_{пров} = 2\pi \cdot R_{вн}. \quad (1)$$

Из формулы (1) получим

$$R_{вн} = \frac{N_{витков} \cdot d_{пров}}{2\pi} + \frac{d_{пров}}{2}. \quad (2)$$

Длина одного витка рассчитывается по формуле

$$l_{\text{витка}} = \frac{\sum l_{\text{витков}}}{N_{\text{витков}}} = 2\pi R_{\text{витка}}. \quad (3)$$

Радиус витка определяется из выражения

$$R_{\text{витка}} = \frac{\sum l_{\text{витков}}}{N_{\text{витков}} \cdot 2\pi} \quad (4)$$

Для расчёта площади, занимаемой катушкой, определим радиус и длину средней линии:

$$R_{\text{ср.линии}} = R_{\text{витка}} + R_{\text{вн}}; \quad (5)$$

$$l_{\text{ср.линии}} = 2\pi \cdot R_{\text{ср.линии}}. \quad (6)$$

Общая площадь определяется по формуле

$$S = \pi \cdot R^2. \quad (7)$$

Пусть заданы параметры

$$d_{\text{пров}} = 0{,}0425 \text{ см};$$

$$N_{\text{витков}} = 2100;$$

$$\sum l_{\text{витков}} = 12500 \text{ см}.$$

Основываясь на формулах (1)–(7), проведем расчет катушки электромагнита постоянного тока:

$$R_{\text{вн}} = \frac{2100 \cdot 0{,}0425}{2\pi} + \frac{0{,}0425}{2} = 14{,}1 + 0{,}02125 = 14{,}121 \text{ см};$$

$$l_{\text{витка}} = \frac{12500}{2100} = 5{,}95 \text{ см};$$

$$R_{\text{витка}} = \frac{12500}{2100 \cdot 2\pi} = 0{,}948 \text{ см};$$

$$R_{\text{ср.линии}} = 0{,}948 + 14{,}121 = 15{,}069 \text{ см};$$

$$l_{\text{ср.линии}} = 2100 \cdot 0{,}0425 + \frac{12500}{2100} = 95{,}3 \text{ см};$$

$$S = 2{,}82 \text{ см}^2.$$

Заключение

Представленные методика и расчет катушек электромагнитов будут использованы при проектировании макета виброизолятора с электромагнитным компенсатором жесткости, применение которого позволит максимально снизить уровни вибрационных колебаний на транспортных средствах и производствах.

Список литературы

1. Зуев А. К. Основные положения теории виброизоляции произвольных пространственных колебаний // Снижение вибрации на судах: сб. науч. тр. / Новосиб. ин-т инженеров вод. трансп. – Новосибирск, 1991. – С. 4–17.

2. Гурова Е.Г. Виброизолирующая подвеска судовой энергетической установки с нелинейным электромагнитным компенсатором жесткости: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2008. – 22 с.

3. Гурова Е.Г. Виброизолирующие подвески транспортных энергетических установок с нелинейными электромагнитными компенсаторами жесткости. – 2012. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – 156 с.

4. Сливинская, А.Г. Электромагниты и постоянные магниты: учеб. пособие; отв. ред. М.Г. Бородина. – М.: Энергия, 1972. – 248 с.

5. Гурова Е.Г. К применению супермагнитов в устройствах виброзащиты подвижного состава // Известия Трансиба. – Омск, 2013. – 5 с.

References

1. Zuev A.K. Basics of the theory of vibration isolation arbitrary spatial oscillations // Reduced vibration on ships: Sat scientific. tr. / Novosibirsk Institute of water transport engineers. Novosibirsk, 1991. pp. 4–17.

2. Gurova E.G. Antivibration suspension ship power plant with nonlinear electromagnetic compensator stiffness: abstract dis. Candidate. tehn. Science. Novosibirsk, 2008. 22 p.

3. Gurova, E.G. Resilient suspension transport power plants with nonlinear stiffness electromagnetic compensators 2012. NSTU Publisher: Novosibirsk, 2012. 156 p.

4. Slivinskaya A.G. Electromagnets and permanent magnets: Textbook. Manual; executive editor M.G. Borodina. M.: Energy, 1972. 248 p.

5. Gurova E.G. To use Supermagnets in vibration protection devices of rolling stock // Proceedings of the Trans-Siberian. Omsk, 2013. 5 p.

Рецензенты:

Алиферов А.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автоматизированных электротехнологических установок (АЭТУ), НГТУ, г. Новосибирск;

Щуров Н.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электротехнических комплексов (ЭТК), НГТУ, г. Новосибирск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 629.33

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ (НА ПРИМЕРЕ ПЕРЕДНЕЙ ПОДВЕСКИ ВАЗ-2170)

Денисов Ив.В., Денисов Ил.В.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: denisoviv@mail.ru, denisoviv2@mail.ru

Техническое состояние автотранспортных средств определяет его активную безопасность. Анализ статистических данных по дорожно-транспортной аварийности в Российской Федерации показал, что отказы ходовой части автомобилей являются причиной более 25% дорожно-транспортных происшествий, возникающих вследствие эксплуатации технически неисправных транспортных машин. Решение задачи по обеспечению безотказной работы автотранспортных средств в эксплуатации позволит повысить безопасность дорожного движения. В настоящей работе разработана методика определения общей вероятности безотказной работы передней подвески ВАЗ-2170, которая дает возможность корректировать нормативы ее технического обслуживания и ремонта, не допуская эксплуатацию транспортной машины в предотказном состоянии. Выполнен анализ структурной схемы надежности рассматриваемой системы. Проведенные эксплуатационные испытания показали, что подшипники верхней опоры телескопической стойки и шаровые шарниры рычагов лимитируют надежность передней подвески ВАЗ-2170. Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований рекомендуется использовать при прогнозировании остаточного ресурса системы.

Ключевые слова: надежность, структурные схемы, передняя подвеска

THE METHOD OF DETERMINATION OF THE PROBABILITY OF NON-FAILURE OPERATION OF TECHNICAL SYSTEMS OF THE CAR (FOR EXAMPLE, THE FRONT SUSPENSION VAZ-2170)

Denisov Iv.V., Denisov Il.V.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, e-mail: denisoviv@mail.ru, denisoviv2@mail.ru

Technical condition of vehicles defines its active safety. The analysis of statistical data on road and transport accident rate in the Russian Federation showed that refusals of a running gear of cars are the reason more than 25% of the road accidents arising owing to operation of technically faulty transport cars. The solution of a task on ensuring no-failure operation of vehicles in operation will allow to raise traffic safety. In the real work the technique of definition of the general probability of no-failure operation of a forward suspension bracket of VAZ-2170 which gives the chance to correct standards of its maintenance and repair is developed, without allowing operation of the transport car in a prenegative state. The analysis of the block diagram of reliability of considered system is made. The carried-out operational tests showed that bearings of the top support telescopic struts and spherical hinges of levers limit reliability of a forward suspension bracket of VAZ-2170. The received results of theoretical and pilot studies are recommended to be used when forecasting a residual resource of system.

Keywords: reliability, structured schemes, forward suspension bracket

Современные условия эксплуатации автотранспортных средств (АТС) вынуждают их производителей предъявлять более жесткие требования к надежности наиболее ответственных узлов и систем.

Особенностью проблемы надежности, является ее взаимосвязь со всеми этапами жизненного цикла изделия: проектирования, изготовления и эксплуатации [3, 5]. При этом последний этап является реализующим и обеспечивается посредством принятой системы технического обслуживания (ТО) и ремонта. Корректирование нормативов системы ТО и ремонта может потребоваться для устранения возможных недостатков, возникающих на первых двух этапах, или же для учета управляемых и неуправляемых факторов в процессе эксплуатации АТС и позволяет достичь требуемого уровня вероятности безотказной работы любой технической системы. Следует отметить, что под корректированием в данном случае следует понимать не только изменение интервала между очередными техническими воздействиями (ТВ), но и перераспределение существующих или введение новых технологических операций, выполняемых в процессе ТО [3].

Цель исследования – разработать методику определения общей вероятности безотказной работы технических систем автомобиля.

Методы исследования: аналитическое исследование

Для обеспечения безаварийной эксплуатации АТС необходимо повышать уровень надежности его основных систем и в первую очередь тех из них, техническое

состояние которых оказывает влияние на безопасность дорожного движения (БДД) [1, 2]. Безотказность указанных систем транспортных машин является основным критерием, используемым при управлении их техническим состоянием.

Одним из показателей безотказности является вероятность безотказной работы (ВБР). При известном значении ВБР технической системы можно осуществить корректирование нормативов ее ТО и ремонта и исключить эксплуатацию в предотказном состоянии. Вместе с тем определение количественного значения данной вероятности является сложной научно-технической задачей, решение которой в рамках разрабатываемой методики предполагается в два этапа: оценка структурной надежности и анализ статистических данных по эксплуатационной надежности систем безопасности автомобиля.

В данной статье предлагается методика корректировки системы ТО и ремонта передней подвески (ПП) автомобиля ВАЗ-2170 по общей ВБР системы [1].

Оценку структурной надежности ПП необходимо начинать с изучения ее конструктивной схемы, которая представлена на рис. 1 [6]. Основным элементом подвески является гидравлическая телескопическая амортизаторная стойка 8, нижняя часть которой соединена с поворотным кулаком 4.

На телескопической стойке установлены витая бочкообразная пружина 9, пенополиуретановый буфер хода сжатия и верхняя опора стойки в сборе с подшипником 10. Нижняя часть поворотного кулака 4 соединяется шаровым шарниром 5 с нижним (поперечным) рычагом 7. Тормозные и тяговые силы воспринимаются продольными растяжками 6, которые через резинометаллические шарниры соединяются с нижними рычагами 7 и с кронштейнами 11. В поворотном кулаке крепится двухрядный радиально-упорный подшипник 12 закрытого типа, на внутренних кольцах которого установлена с натягом ступица 3 колеса.

На основе рис. 1 составим структурную схему надежности ПП (рис. 2).

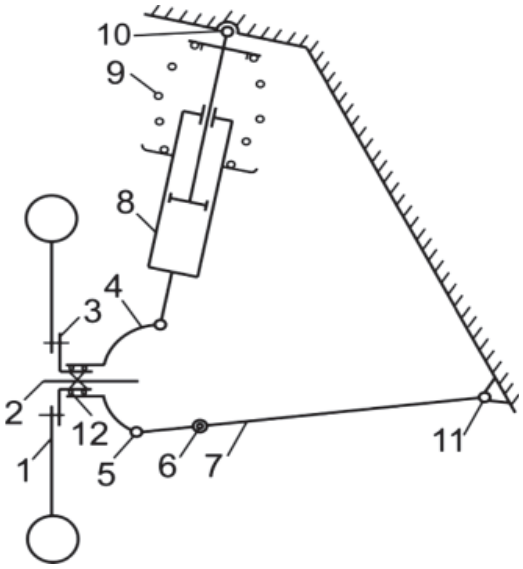


Рис. 1. Схема ПП переднеприводного автомобиля ВАЗ-2170:
1 – диск; 2 – вал привода переднего колеса;
3 – ступица; 4 – поворотный кулак;
5 – шаровая опора; 6 – растяжка; 7 – рычаг;
8 – телескопическая стойка в сборе;
9 – пружина передней подвески; 10 – опорный подшипник; 11 – кронштейн; 12 – подшипник

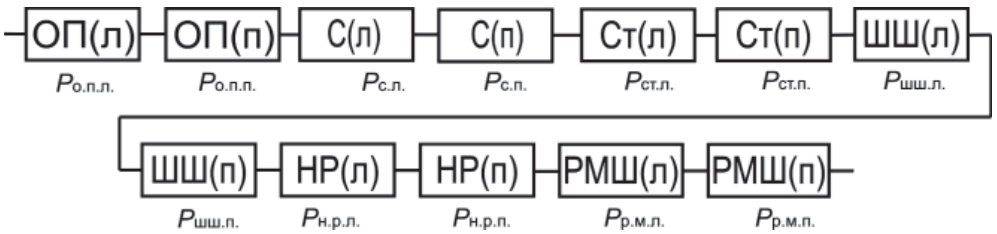


Рис. 2. Структурная схема ПП автомобиля ВАЗ-2170:
ОП(л), ОП(п) – опорный подшипник левой и правой телескопической стойки соответственно;
С(л), С(п) – телескопическая стойка в сборе левая и правая соответственно;
Ст(л), Ст(п) – ступица в сборе с подшипником левая и правая соответственно;
ШШ(л), ШШ(п) – шаровой шарнир левый и правый соответственно;
НР(л), НР(п) – нижний рычаг в сборе с растяжкой левый и правый соответственно;
РМШ(л), РМШ(п) – резинометаллический шарнир левый и правый соответственно

Определим ВБР системы ПП по структурной схеме согласно рис. 2:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{о.п.л}} \cdot P_{\text{о.п.п}} \cdot P_{\text{с.л}} \cdot P_{\text{с.п}} \cdot P_{\text{ст.л}} \cdot P_{\text{ст.п}} \cdot P_{\text{шш.л}} \cdot P_{\text{шш.п}} \cdot P_{\text{н.р.л}} \cdot P_{\text{н.р.п}} \cdot P_{\text{р.м.л}} \cdot P_{\text{р.м.п}}, \quad (*)$$

где $P_{\text{общ}}$, $P_{\text{о.п.л.}}$, $P_{\text{о.п.п.}}$, $P_{\text{с.л.}}$, $P_{\text{с.п.}}$, $P_{\text{ст.л.}}$, $P_{\text{ст.п.}}$, $P_{\text{шш.л.}}$, $P_{\text{шш.п.}}$, $P_{\text{н.р.л.}}$, $P_{\text{н.р.п.}}$, $P_{\text{р.м.л.}}$, $P_{\text{р.м.п}}$. – вероятности безотказной работы всей системы, опорного подшипника (левого, правого), телескопи-

ческой стойки в сборе (левой, правой), ступицы в сборе с подшипником (левая, правая), шарового шарнира рычага подвески (левого, правого), нижнего (поперечного) рычага подвески (левого, правого), резинометаллического шарнира (левого, правого).

Согласно результатам расчета, выполненным с использованием формулы (*), обеспечение заданного уровня ВБР (0,95) системы ПП автомобиля возможно лишь при использовании элементов с вероятностью P(*t*) равной 0,9958. Полученное значение вероятности принадлежит второму классу надежности элементов [5]. Столь высокое значение ВБР объясняется тем, что рассматриваемая система содержит большое количество последовательно соединенных элементов, каждый из которых оказывает существенное влияние на устойчивость и управляемость автомобиля.

Результаты исследования и их обсуждение

Информация об эксплуатационной надежности системы ПП переднеприводных автомобилей ВАЗ получена на основе анализа статистических данных по наработкам на отказ ее элементов. Полученные результаты исследований представлены на рис. 3.

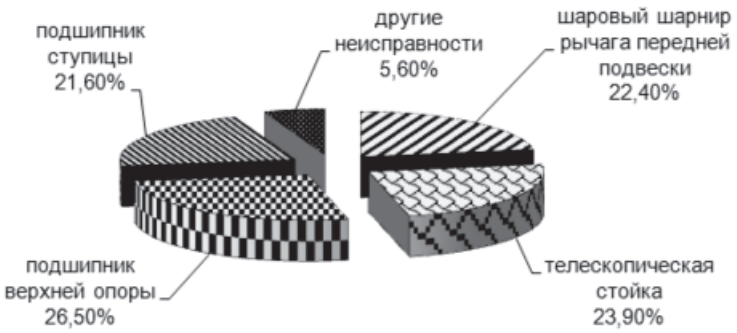


Рис. 3. Диаграмма эксплуатационных отказов элементов ПП переднеприводных автомобилей ВАЗ-2170

Из диаграммы видно, что наибольшая доля отказов приходится на подшипник верхней опоры (26,5%). Неисправности телескопической стойки ПП (23,9%) являются второй по значимости причиной потери работоспособности системы. На отказы шарового шарнира рычага ПП и подшипника ступицы приходится 22,4 и 21,6% всех отказов соответственно.

Около 5,6% технических неисправностей ПП связаны с ослаблением крепежных соединений, изменением геометрии нижнего рычага ПП и растяжки вследствие их повреждений и т.д.

Эксплуатационные испытания показали, что наименее надежным элементом ПП является шаровой шарнир рычага подвески, средняя наработка до отказа которого составляет $\overline{X} = 38{,}35$ тыс.км. Небольшой ресурс связан с тяжелыми условиями работы данного элемента, поскольку шарнир соединяет ступицу на управляемом колесе и рычаг подвески. Основной из причин нарушения правильной работы шаровой опоры является износ соприкасающихся поверхностей, который приводит к появлению необратимых смещений. Увеличение зазора в сопряжении вкладыша и пальца возникает в связи со следующими факторами:

– естественный износ в совокупности с устаревшими материалами;

– увеличиваются динамические нагрузки во время движения транспортной машины на большой скорости по неровным дорогам;

– нарушения герметичности защитного чехла или пыльника;

– отсутствие в шарнире смазки (при необходимости ее наличия).

Следующим наименее надежным узлом в системе является подшипник верхней опоры, средняя наработка до отказа которого составляет $\overline{X} = 45{,}82$ тыс.км. Так же, как и шаровая опора, данный элемент воспринимает основную часть всех нагрузок, передающихся подвеской на кузов, и обеспечивает «первичную» шумо- и виброизоляцию.

Наработка на отказ телескопической стойки ПП автомобиля составляет $\overline{X} = 69{,}61$ тыс.км. Основные неисправности телескопической стойки связаны с износами резиновых подушек растяжек или ослаблением крепления их кронштейнов, разрушением резинового элемента верхней опоры стойки и буфера хода сжатия или отказа амортизатора.

Наиболее надежным элементом является подшипник ступицы со средней наработкой на отказ $\overline{X} = 71{,}69$ тыс.км.

По результатам эксплуатационных наблюдений установлены теоретические законы распределения случайной величины наработок на отказ элементов ПП. Наработки на отказ подшипника верхней опоры, телескопической стойки, шарового шарнира рычага ПП хорошо согласуются с нормальным законом распределения, подшипника ступицы – с логарифмически нормальным законом. Результаты анализа надежности узлов и деталей ПП представлены на рис. 4 в виде графиков, отображающих зависимости вероятностей их безотказной работы от наработки.

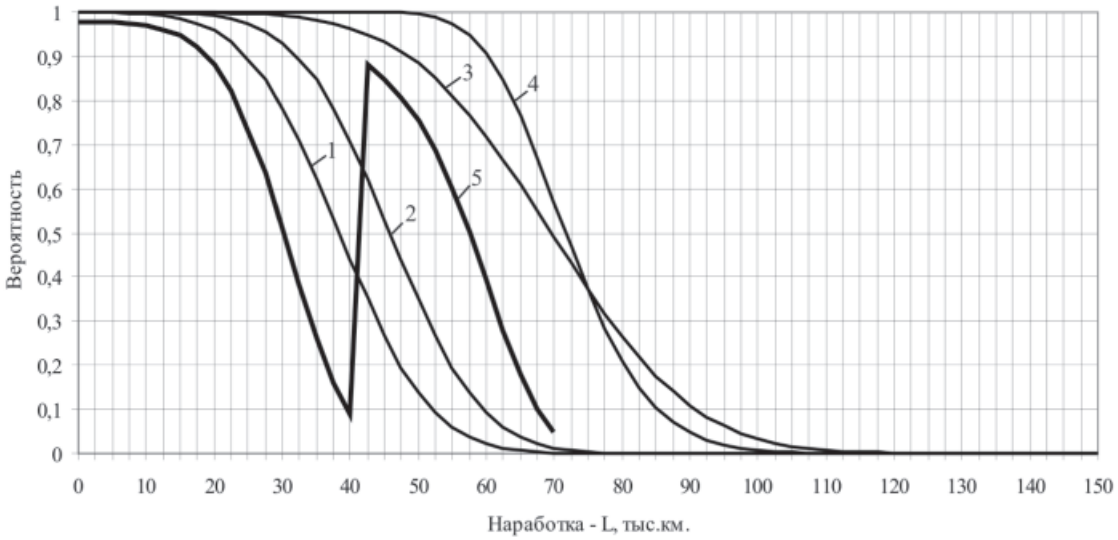


Рис. 4. Вероятности безотказной работы элементов ПП переднеприводного автомобиля ВАЗ-2170:
1 – шарового шарнира рычага передней подвески; 2 – подшипника верхней опоры;
3 – телескопической стойки в сборе; 4 – подшипника ступицы; 5 – всей системы ПП

Полученные теоретические законы распределения случайной величины позволили установить функциональные зависимости между ВБР конкретного узла или элемента и наработкой.

Кривая 5 на рис. 4 отображает результаты расчета общей ВБР ПП, при выполнении которого учитывались плановые ТВ. Значение заданного уровня вероятности безотказной работы (0,95) системы ПП автомобиля соответствует наработке 15 тыс. км, далее происходит ее интенсивное снижение. На наработке 30 тыс. км общая вероятность равна 0,51, что недопустимо для систем, влияющих на активную безопасность АТС. На основании этого рекомендуется каждые 15 тыс. км дополнительно проводить диагностические работы по выявлению люфтов и зазоров в ПП на соответствие требованиям ГОСТ Р 51709-2001[4]. Особое внимание следует уделить контролю технического состояния шарового шарнира рычагов передней подвески и подшипнику верхней опоры. К перечню регламентных работ также следует добавить регулировку углов установки передних колес.

Вывод

При интегрировании в существующую систему ТО и ремонта АТС механизма оперативного корректирования нормативов управления их техническим состоянием в эксплуатации по результатам диагностирования она становится адаптивной. Предлагаемая методика определения общей вероятности безотказной работы систем автомобиля, влияющих на безопасность движения, позволяет исключить эксплуатацию транспортной машины в предотказном состоянии за счет прогнозирования ее остаточного ресурса. В случае фиксации в эксплуатации нескольких систем АТС, лимитирующих его надежность, возникает необходимость в использовании комплексного показателя безотказности [1].

Список литературы

1. Денисов Ил.В. Комплексный показатель оценки надежности систем автомобиля, влияющих на безопасность движения / Ив.В. Денисов, Ил.В. Денисов // Перспективы развития автосервиса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун – т, 2008. – С. 36−39. – ISBN 978-5-89368-895-5.

2. Денисов И.В. Разработка методики управления техническим состоянием систем автомобиля, влияющих на безопасность дорожного движения: дис. … канд. техн. наук: 05.22.10. – Владимир, 2011. – 205 с.

3. Баженов Ю.В. Основы теории надежности машин: учебн. пособие Владим. гос.ун-т. – Владимир, 2006. – 156 с.

4. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 27 с.

5. Проников А.С. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.

6. Технология работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей ВАЗ-1117. – М.: Третий РИМ, 2009. – 368 с.

References

1. Denisov IL.V., Denisov IV.V. Kompleksnyiy pokazatel otsenki nadezhnosti sistem avtomobilya, vliyayuschih na bezopasnost dvizheniya [An integrated index assessing the reliability of the car›s systems, affecting traffic safety] Development Prospects Car: Proceedings Intern. scientific-practical. conf. / Vlad. State. Univ., 2008, pp.36 -39. – ISBN 978-5-89368-895-5.

2. Denisov IV.V. Razrabotka metodiki upravleniya tehnicheskim sostoyaniem sistem avtomobilya, vliyayuschih na bezopasnost dorozhnogo dvizheniya [Development of methodology for managing the technical condition of the car›s systems, impacting on road safety]: dis. ... Candidate. tehn. Sciences: 05.22.10. Vladimir, 2011. 205 p.

3. Bazhenov Yu.V. Osnovyi teorii nadezhnosti mashin [Fundamentals of the theory of reliability of machines]: Training Manual. Vladimir:Vladim.gos.un-t, 2006. 156 p.

4. GOST R 51709-2001. Avtotransportnyie sredstva. Trebovaniya bezopasnosti k tehnicheskomu sostoyaniyu i metodyi proverki [Vehicles. Safety requirements for the technical condition and methods of verification]. Moscow, 2001. pp. 27.

5. Penetrating, A.S. Nadezhnost mashin [Reliability of the machines] Moscow: Mechanical Engineering, 1978. 592 p.

6. Tehnologiya rabot po tehnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu avtomobiley VAZ-1117 [Technology maintenance and repair of cars VAZ-1117]. Moscow: The Third Rome, 2009. 368 p.

Рецензенты:

Гоц А.Н., д.т.н., профессор кафедры тепловых двигателей и энергетических установок, ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Владимир;

Кульчицкий А.Р., д.т.н., профессор, главный специалист ООО «Завод инновационных продуктов КТЗ», г. Владимир.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 62-831.2

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ПОДАЧИ ПРОДОЛЬНО-СТРОГАЛЬНОГО СТАНКА

Дымов И.С., Гурова Е.Г., Котин Д.А., Макаров С.В.

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, e-mail: a282006@yandex.ru

В статье рассмотрена методика расчетов и обоснования мощности электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением и передаточного числа механизма, передающего и преобразующего крутящий момент, с одной или более механическими передачами. Рассмотрен способ расчета силовой части электропривода подачи продольно-строгального станка. В настоящее время распространение получила система широтно-импульсный преобразователь – двигатель на базе современных полупроводниковых приборов. Особое значение приобретает модернизация находящихся в эксплуатации станков. Установлено, что автоматизация на существующих станках отдельных переходов, операций или наиболее часто встречающихся циклов может дать существенный эффект в отношении повышения производительности и облегчения обслуживания станка. Предложена модернизированная схема привода подачи. В работе приводятся результаты имитационного моделирования. Установлено, что использование широтно-импульсного преобразователя не влияет на качество технологического процесса.

Ключевые слова: привод подачи, продольно-строгальный станок, широтно-импульсный преобразователь, транзистор, электродвигатель

UPGRADE FEED DRIVE OF A PLANER

Dymov I.S., Gurova E.G., Kotin D.A., Makarov S.V.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: a282006@yandex.ru

The article describes the method of calculation and justification of power DC motor with separate excitation and transmission ratio of transmitting and transforming torque, with one or more mechanical transmissions. A method of calculation of the electric power supply planer. Currently, distribution system received pulse width converter – the engine on the basis of modern semiconductor devices. Of particular importance is the modernization of machines in operation. That automation on existing machines individual transitions, operations, or the most common cycles can give a significant effect on improving performance and ease of maintenance of the machine. Offered an upgraded drive circuit feed. The paper presents simulation results. Found that the use of pulse-width converter no effect on the quality of the process.

Keywords: feed drive, planer, pulse width converter, transistor, motor

В настоящее время все мероприятия по усовершенствованию металлорежущих станков напрямую связаны с развитием автоматизированного электропривода. Ранее применение находил электропривод по системе генератор – двигатель. Однако система генератор – двигатель является сравнительно сложной, дорогой и имеет низкий КПД. Замена в ряде случаев преобразователя системы генератор – двигатель полупроводниковым преобразователем, несомненно, целесообразна, т.к. при этом повышается КПД привода, уменьшается его вес и габарит, повышается быстродействие привода. Особое значение приобретает модернизация уже находящихся в эксплуатации станков. В связи с этим автоматизация на существующих станках отдельных переходов, операций или наиболее часто встречающихся циклов может дать существенный эффект в отношении повышения производительности и облегчения обслуживания станка.

Цель исследования – разработка транзисторного электропривода подачи суппортов продольно-строгального станка.

Задачи:

1. Рассчитать и обосновать двигатель постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТНВ) и передаточное число редуктора.
2. Рассчитать и обосновать элементную базу силовой части системы широтно-импульсный преобразователь – двигатель постоянного тока с независимым возбуждением (ШИП-ДПТНВ).
3. Синтезировать двухзонную систему подчиненного регулирования системы ШИП-ДПТНВ.

Материалы и методы исследования

Предметом исследования является использование системы ШИП-ДПТНВ в приводе подачи продольно-строгального станка.

Результаты исследования и их обсуждение

Продольно-строгальный станок – металлообрабатывающий станок для обработки плоских и линейчатых поверхностей резцом. Предмет совершает прямолинейное рабочее движение, проходя под неподвижным резцом, который при окончании

рабочего хода несколько сдвигается на сторону (движение подачи) для снятия следующей стружки.

Тахограмма и нагрузочная диаграмма механизма главного движения без учета динамических нагрузок представлены на рис. 1.

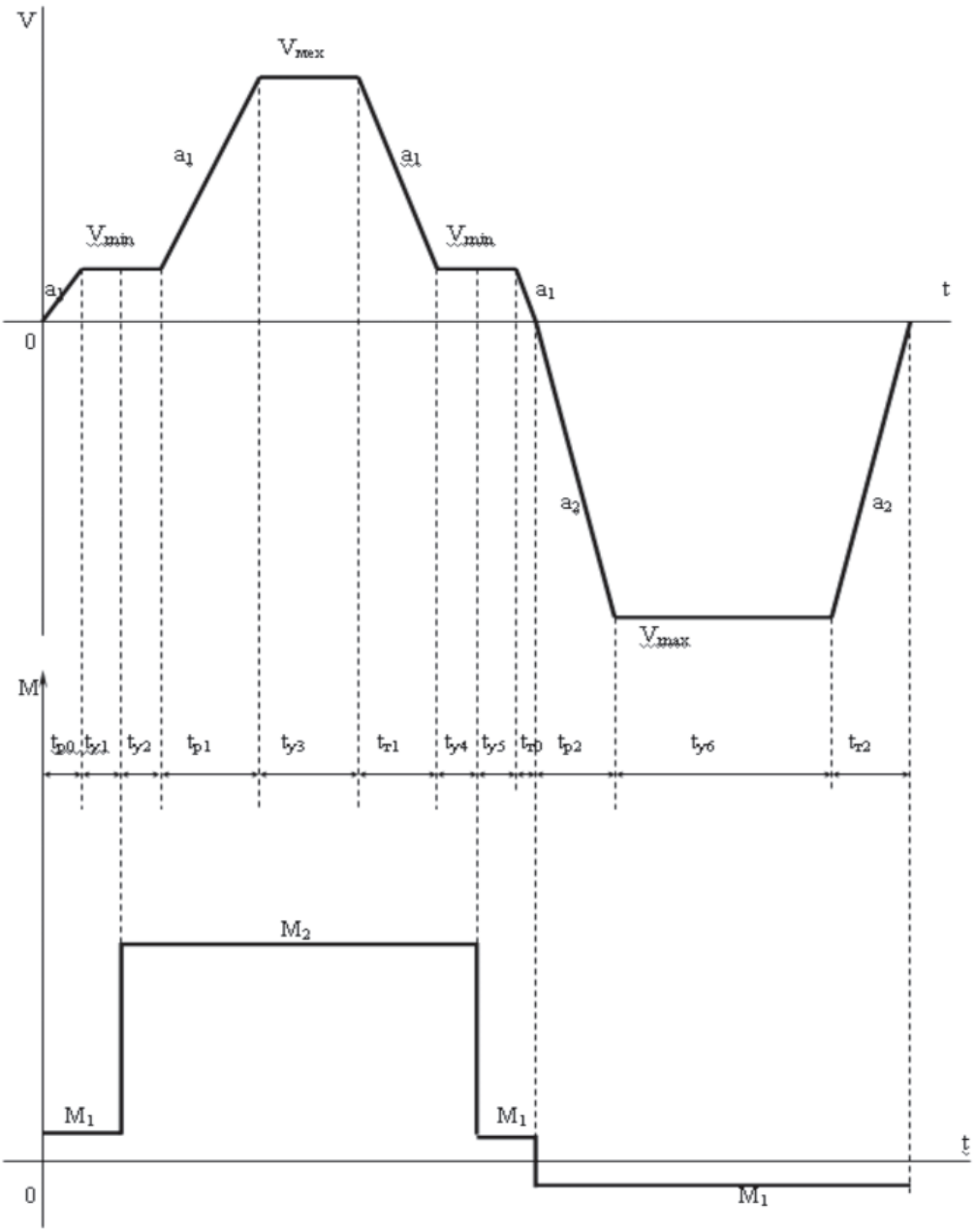


Рис. 1. Тахограмма и нагрузочная диаграмма механизма главного движения

Как вертикальные, так и боковые суппорты имеют самостоятельные коробки подач и индивидуальные электродвигатели. Электродвигатели коробок подач и главного движения сблокированы с таким расчетом, что при холостом движении главного двигателя, когда стол совершает обратное нерабочее движение, электродвигатели коробок подач совершают рабочее движение, т.е. движение подач.

В исследовании рассматривается наиболее тяжелый режим работы, когда суппорт нужно перенести из одного крайнего положения траверсы в другой. Тахограмма и нагрузочная диаграмма горизонтальной подачи суппортов по траверсе без учета динамических нагрузок представлены на рис. 2.

С помощью нагрузочной диаграммы возможно найти среднеквадратичное

(эквивалентное по условиям нагрева) значение статической мощности, соответствующее реальному (обусловленному технологией) значению продолжительности включения электродвигателя по следующей формуле:

$$P_{э} = \omega_{под} \sqrt{\frac{M^2_{под.р} \cdot t_{под.р} + M^2_{под.т} \cdot t_{под.т} + M^2_{под.раб} \cdot t_{под.раб}}{t_{обр}}}, \quad (1)$$

где $\omega_{под}$ – скорость подачи, $с^{-1}$; $M_{под.р}$, $M_{под.т}$, $M_{под.раб}$ – моменты разгона, торможения и рабочей скорости, Нм; $t_{под.р}$, $t_{под.т}$, $t_{под.раб}$, $t_{обр}$ – время разгона, торможения, движения на рабочей скорости и обратного хода, с.

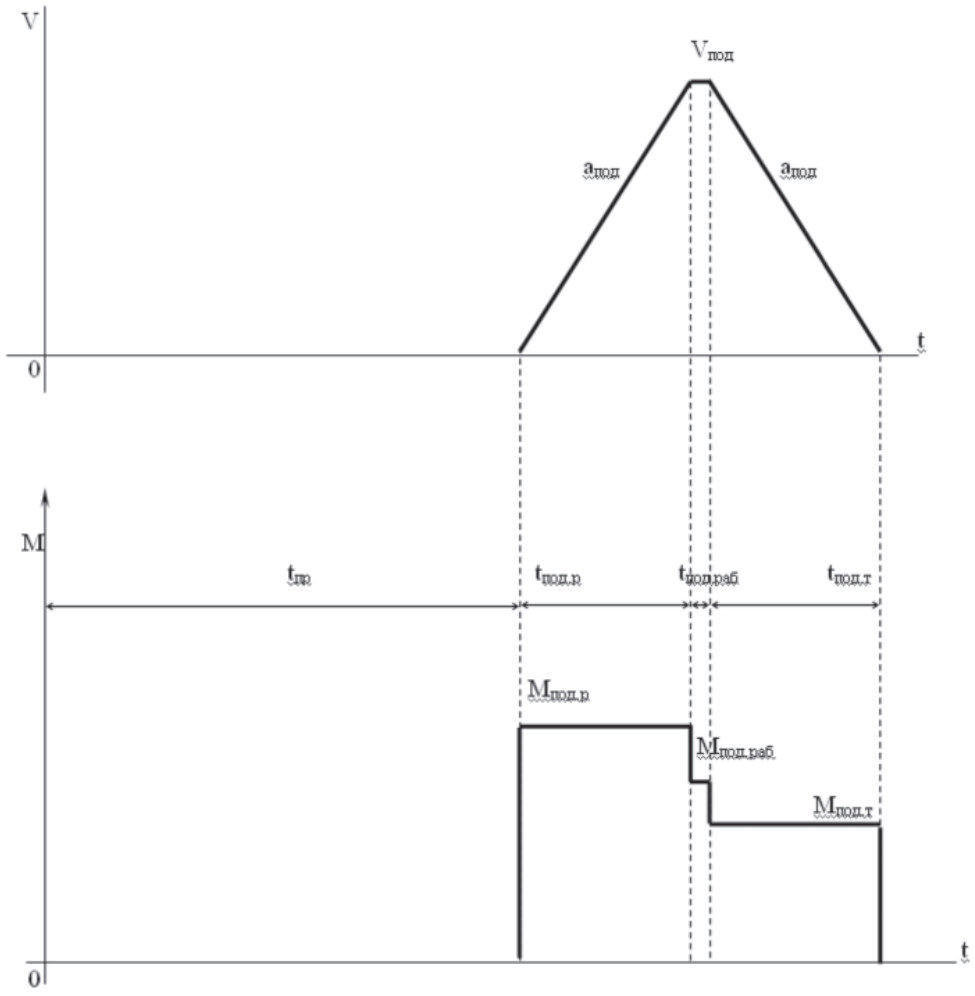


Рис. 2. Тахограмма и нагрузочная диаграмма горизонтальной подачи суппортов по траверсе при одном двойном ходе с учетом динамических нагрузок

Расчётную мощность двигателя в этом случае можно найти как

$$P_{расч} = \frac{P_{э} \cdot K_{з}}{\eta_{мех}} \sqrt{\frac{ПВ, \%}{ПВ_{ст}, \%}}, \quad (2)$$

где $K_{з} = 1{,}1$ – коэффициент запаса мощности при расчете с учетом динамических нагрузок; $\eta_{мех}$ – КПД механизма (пары «рейка – колесо»); $ПВ_{ст}$% – стандартная продолжительность включения.

Суммарный момент инерции возможно найти по формуле из [5]:

$$J_{\Sigma} = 1,1J_{\text{дв}} + 1,1J_{\text{мех}}\frac{1}{i_p^2} + \left(m_{\text{р}} + m_{\text{суп}} + m_{\text{рез}}\right)\frac{D_{\text{к}}^2}{2}\cdot\frac{1}{i_p^2}, \quad (3)$$

где J_{Σ} – суммарный момент инерции привода.

Требуемое передаточное число редуктора определяется по формуле

$$i_{p\ \text{треб}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{мех}}}. \quad (4)$$

С учетом формул (3) и (4) выбирается электродвигатель общепромышленной серии 2П по [4], исходя из условия минимума произведения ($J_{\text{дв}} \cdot i_p^2$), а также редуктор по [3].

Для проверки двигателя на перегрузочную способность воспользуемся следующей формулой:

$$\lambda_{\text{факт}} = \frac{M_{\text{махгр}}}{M_{\text{ндв}}}, \quad (5)$$

где $M_{\text{ндв}} = \frac{P_{\text{ндв}}}{\omega_{\text{ндв}}}$ – номинальный момент электродвигателя. (6)

Для проверки двигателя по нагреву можно использовать метод эквивалентных моментов, при этом должно выполняться следующее условие:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 \cdot t_i}{\sum t_i}} < M_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{\omega_{\text{н}}}. \quad (7)$$

Функциональная схема системы ШИП-ДПТНВ с возможностью регулирования напряжения на обмотке возбуждения предоставлена на рис. 3.

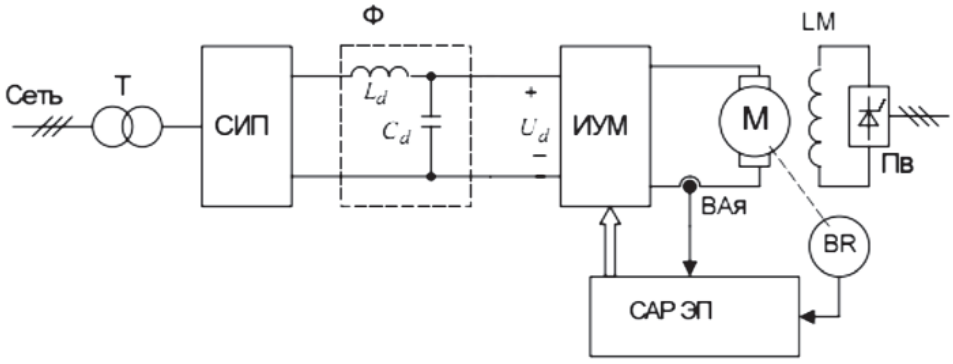


Рис. 3. Функциональная двухзонная схема системы ШИП-ДПТНВ

Расчет силовой части ведется по полученным данным двигателя и передаточного числа редуктора.

Трансформатор в управляемом вентильном электроприводе необходим для согласования напряжения сети с напряжением двигателя. Трансформатор выбирается по коэффициенту трансформации и типовой мощности.

Коэффициент трансформации трансформатора определяется как

$$k_{\text{т}} = \frac{U_1}{U_2}. \quad (8)$$

Типовая мощность трансформатора

$$S = qU_{2\text{ф}}I_{\text{н}}, \quad (9)$$

где q – коэффициент схемы.

Выбор и проверка тиристоров, принятых к установке в преобразователе, производится по трем параметрам: по среднему току, максимальному амплитудному значению напряжения на тиристоре и ударному току внутреннего короткого замыкания.

Среднее значение тока, протекающего через тиристор, А:

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{доп}}}{k_{\text{а}}}, \quad (10)$$

где $I_{\text{доп}}$ – допустимый ток двигателя для общепромышленной серии машин.

Максимальное амплитудное напряжение на тиристоре, В:

$$U_{\max} = k_{\text{зн}}\sqrt{2}U_{2\text{л}}, \quad (11)$$

где $k_{зн} = 1,3...1,5$ – коэффициент запаса по напряжению, учитывающий возможность перенапряжений на тиристорах; $U_{2л}$ – линейное действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора.

Ударный ток внутреннего короткого замыкания находится по формуле, А:

$$I_{уд} = i_{*уд} \cdot I_{km}. \qquad (12)$$

Выпрямленное напряжение сглаживается емкостным фильтром. Емкость фильтра $C_ф$ дополнительно выполняет следующие функции: накопителя энергии, возвращаемой электродвигателем в тормозном режиме, реактивной проводимости в цепи обратного тока и компенсатора индуктивного сопротивления трансформатора.

Емкость конденсатора фильтра с учетом перегрузки равна, Ф:

$$C_ф = \frac{P_н \lambda_{факт} \cdot 300 \cdot 10^{-6}}{1000}. \qquad (13)$$

Напряжение конденсатора фильтра, В:

$$U_ф = U_d k_з, \qquad (14)$$

где $k_з = 1,3...1,5$ – коэффициент запаса по напряжению.

Выбор транзисторов производится по следующим параметрам: по максимальному току перехода эмиттер-коллектор в открытом состоянии через транзистор и по максимальному напряжению перехода эмиттер-коллектор транзистора.

Максимальный ток якоря, приведенный к классификационным параметрам транзистора, А:

$$I_{max} = k_{си} k_{з.шим} k_{охл} I_{доп}, \qquad (15)$$

где $k_{си} = 3$ – коэффициент инвертирования; $k_{охл} = 1...2, 5$ – коэффициент, учитывающий условия охлаждения; $k_{з.шим} = 1, 2$ – коэффициент запаса на ШИМ пульсации.

Максимальное напряжение, которое прикладывается к транзистору во время его запирания, В:

$$U_{max} = k_{зн} U_н, \qquad (16)$$

где $k_{зн} = 1,3$ – коэффициент, учитывающий перенапряжение.

Для транзисторного электропривода с ШИП важным параметром является оптимальная частота коммутации, которая может быть вычислена по формуле

$$f_{опт} = k_f \sqrt[3]{\frac{\beta R_я^2}{L_я^2 (t_+ + t_-)}}, \qquad (17)$$

где $k_f = 0,332$ – коэффициент пропорциональности; t_+, t_- – время нарастания и спада коллекторного тока транзистора, мкс.

Для того чтобы удостовериться в правильности выбора электродвигателя и полупроводникового преобразователя, воспроизведем работу электропривода согласно тахограмме и нагрузочной диаграмме привода подачи в программе Simulink Matlab.

Структурная схема электропривода, составленная с помощью программы Simulink Matlab, представлена на рис. 4.

Рассмотрим наиболее интересующий переходный процесс – по скорости, который представлен на рис. 5.

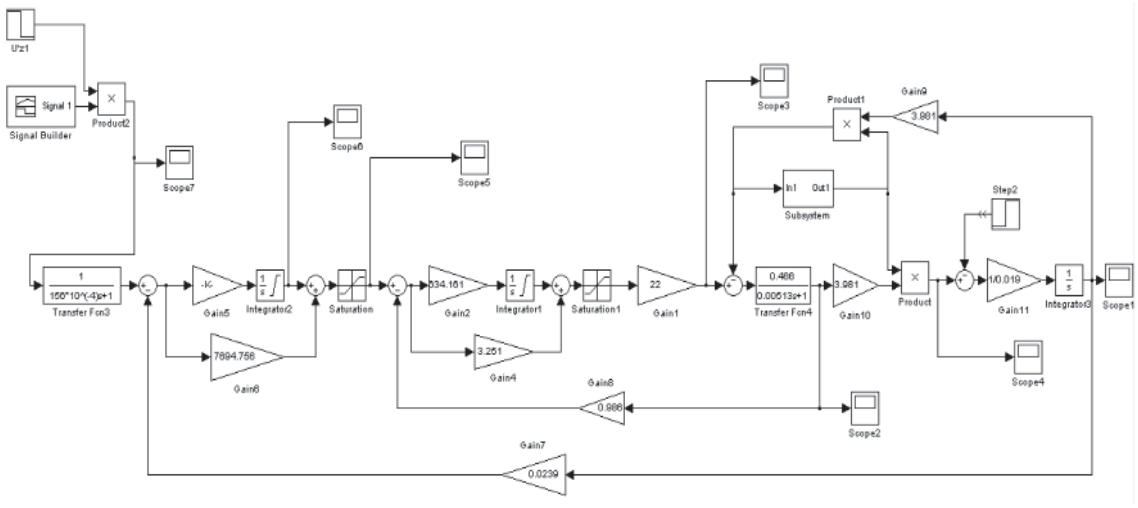


Рис. 4. Структурная схема электропривода подачи в Simulink Matlab

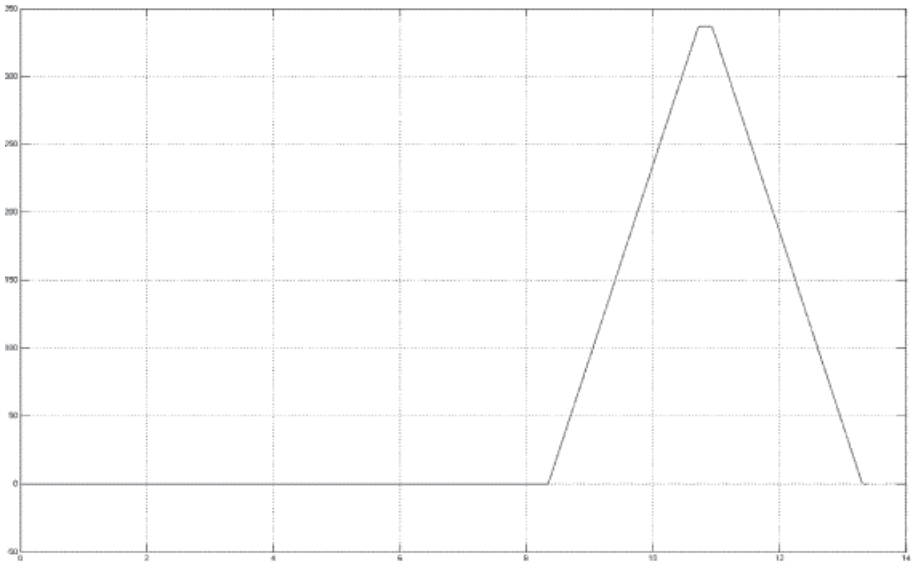


Рис. 5. Переходный процесс по скорости электропривода подачи

Результаты имитационного моделирования доказали, что переходный процесс по скорости полностью повторяет ранее рассмотренную тахограмму привода подачи продольно-строгального станка (рис. 2).

Заключение

1. Предложена методика расчета требуемой мощности двигателя и передаточного числа редуктора.

2. Рассчитана элементная база силовой части электропривода.

3. Произведен расчет замкнутой системы регулирования скорости, с обратной связью по току, скорости, магнитному потоку и ЭДС, а также были рассчитаны регуляторы по каждому из контуров.

Список литературы

1. Автоматическое управление электроприводами. Часть 1. Регулирование координат электроприводов постоянного тока: учеб. пособие / В.В. Панкратов. – Новосибирск: Издательство НГТУ, 2013. – 215 с.

2. Автоматизированный электропривод: учеб. пособие / Г.М. Симаков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 135 с.

3. Редукторы и мотор – редукторы общемашиностроительного применения: Справочник / Л.С. Бойко, А.З. Высоцкий, Э.Н. Галиченко и др. – М.: Машиностроение, 1984. – 247 с.

4. Справочник по электрическим машинам. В 2 т. / под общ. ред. И.П. Копылова и Б.К. Клокова. Т. 1. – М.: Энергоатомиздат, 1988 – 456 с.

5. Теория электропривода / И.Д. Абакумов. – Новосибирск: НГТУ, 2008 – 72 с.

References

1. Automatic control of electric drives. Part 1. Coordinate regulation of electric DC: Textbook. Benefit / V.V. Pankratov. Novosibirsk: Publishing NSTU, 2013. 215 p.

2. Automatic Electric: Textbook. Benefit / G.M. Simakov. Novosibirsk: Publishing NSTU, 2010. 135 p.

3. Reducers and motor gear engineering application: Directory / L.S. Boyko, A.Z. Vysotsky, E.N. Galichenko and etc. M.: Mechanical, 1984. 247 p.

4. Handbook of electric machines. In 2 t , ed. I.P. Kopylov and B.K. Klokova. T. 1. Energoatomizdat, 1988 456 p.

5. Theory of electric / I.D. Abakumov, NSTU. Novosibirsk, 2008 72 p.

Рецензенты:

Аносов В.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок (ЭАПУ), НГТУ, г. Новосибирск;

Алиферов А.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автоматизированных электротехнологических установок (АЭТУ), НГТУ, г. Новосибирск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 528

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ

Жигалов К.Ю.

Институт проблем управления Российской академии наук, НОУ ВПО «Московский технологический институт «ВТУ», Москва, e-mail: kshakalov@mail.ru

В статье описываются основные аспекты, на которые стоит обратить внимание при организации автоматизированного мониторинга и управления строительной техникой на стройплощадках автомагистралей. Основное внимание уделено выявлению основных факторов, влияющих на скорость, качество и безопасность передаваемого сигнала в локальных вычислительных сетях площадных строительных объектов. Описаны основные существующие способы передачи информации и обосновано применение WiFi технологии передачи данных на площадке. Рассмотрены вопросы расчета нагрузки на каналы связи при проектировании беспроводной сети. Принятие во внимание и реализация описанных принципов существенно упростит внедрение процессов автоматизированного управления и мониторинга на строительных объектах и поможет избежать простоев в работе, что повышает эффективность систем управления.

Ключевые слова автоматизация управления техникой, лазерное сканирование, геоинформационные системы для систем управления, управление объектами на стройплощадках

THE PRINCIPLES OF LOCAL NETWORKING FOR THE SOLUTION OF MONITORING AUTOMATION PROBLEMS AND MANAGEMENT ON CONSTRUCTION OBJECTS

Zhigalov K.Y.

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow Technological Institute, Moscow, e-mail: kshakalov@mail.ru

In article the main aspects, to which it is worth paying attention during the organization of the automated monitoring and management of construction process on building sites of highways are described. The main attention is paid to identification of the major factors, which influence on speed, quality and safety of a signal in local computer networks of construction objects. The main existing ways of information transfer are described and the decision of application of WiFi of technology of data transmission on a platform is proved. Considering questions of communication channels load calculation at design stage of a wireless network. Reception in attention and realization of the described algorithms significantly will simplify introduction of processes of automated management and monitoring on construction objects and will help to avoid idle times in work that increases efficiency of control systems.

Keywords: automation of equipment management, laser scanning, geoinformation systems for control systems, management of objects on building sites

В современных системах управления и мониторинга используются датчики контроля процессов и прочее оборудование для реализации процессов управления и мониторинга. В любых системах с количеством электронно-вычислительных машин (ЭВМ) более одной необходимо их объединение в единую сеть. В системах автоматизированного управления таких ЭВМ может быть достаточно много, а работа сети должна быть обеспечена на соответствующем техническом стандарте и уровне. Скорость передачи данных должна поддерживать своевременную транспортировку полезной информации от любой части сети к центру обработки данных (ЦОД). От последнего фактора зависит работоспособность системы автоматизированного управления строительством в целом.

На сегодняшний день существуют две технологии передачи данных:

– передача данных посредством проводных соединений;

– передача данных посредством радиосигналов;

– передача данных посредством оптических (световых) лазерных сигналов.

Передача сигнала посредством проводных линий на строительных объектах крайне затруднена, т.к. строительная площадка постоянно меняется во время производства работ, от стадии к стадии, и постоянно организовывать новые линии связи не представляется возможным. Кроме того, в процессах автоматизации участвует техника, постоянно перемещающаяся по объекту, в связи с чем кабельные соединения могут быть использованы только на стационарных точках, где отсутствуют изменения на всех стадиях производства работ. Кроме того, таким соединением можно соединять стационарные станции и ЦОД.

Передача данных посредством радиосигналов, обеспеченная технологией WiFi в данный момент достаточно развита и позволяет передавать информацию между объектами и точками доступа с необходимой для решения задач автоматизации скоростью. Тем не менее перед началом производства работ на строительном объекте необходимо провести тщательный анализ и выстраивание всей инфраструктуры, принимая во внимание описанные ниже факторы [5].

К основным проблемам, влияющим на качество сигналов (IEEE 802.11 b/g/n), скорость и дальность действия приемо-передающего оборудования, можно отнести [7]:

- помехи в сигналах;
- преграды на пути сигнала;
- стандарт WiFi подключаемых клиентов;
- количество пользователей на одну станцию.

Помехи в сигналах появляются в следующих случаях:

– в радиусе действия сети точки доступа имеются другие WiFi передающие устройства, использующие одинаковый частотный диапазон. В полосе частот 2,4 ГГц беспроводные сети используют 13 каналов шириной 20 МГц (стандарты 802,11 b/g/n) с интервалами 5 МГц. Точка доступа создает сильные помехи на соседние от своего каналы и менее сильные на каналы, отстоящие на 10 МГц. Таким образом, если Вы используете канал 5, помехи будут на каналах 3, 4, 6 и 7;

– большие расстояния между передатчиками и приемниками. Стандартные точки доступа ограничены 400-метровым радиусом действия с применением дополнительных внешних антенн этот показатель можно легко увеличить до 1–2 км (следует отметить, что существуют направленные антенны, позволяющие передавать сигнал на десятки километров) [1];

Стандарт WiFi на подключаемых клиентах. Современные протоколы 802.xxx позволяют одновременно работать в сети и более старым клиентам. Тем не менее при интенсивной передаче данных между клиентами, использующими старые протоколы (b/g), скорость работы точки доступа, работающей на более новом и быстром протоколе (n), падает до уровня старого протокола. Этот факт существенно понижает пропускную способность точки доступа, что может негативно сказаться на передаче данных. Для исключения такой ситуации рекомендуется использовать только устройства, поддерживающие один протокол.

Препятствия различного рода, возникающие на пути сигнала, могут значительно сокращать его мощность. Появление металлического предмета или стекла между приемником и передатчиком сокращает мощность сигнала до 50 %.

Количество пользователей на одну точку доступа тоже является достаточно важным фактором. Любая точка доступа ограничена определенным количеством возможных подключений. Кроме того, на каждого подключенного пользователя выделяется пропускная часть канала связи и, чем будет больше клиентов, тем меньше каждому из них останется канала. Таким образом, можно получить существенные «проседания» по качеству связи, что скажется на скорости работы сети и может повлечь ошибки в управлении.

Исходя из вышесказанного, можно предложить следующие рекомендации по построению локальной вычислительной сети строительной площадки:

1. При расстановке WiFi точек доступа на площадке (они ставятся на станциях мониторинга) рекомендуется придерживаться «шахматного» порядка при настройке каналов связи, используемых точками доступа. Поскольку объекты по строительству дорог в основном имеют протяженную форму, WiFi точки доступа расставлены симметрично по обеим сторонам, предлагается использовать следующие частоты: для одной стороны дороги 1 и 10, для другой стороны 4 и 7. При этом точки доступа монтируются на антеннах станций автоматизированного мониторинга. Для связи между станциями мониторинга используются отдельные WiFi модули с направленными антеннами. Это обусловлено большим расстоянием между передатчиками (оно в 1,8 раза больше, чем радиус действия WiFi точки доступа для движущихся объектов). Каналы связи для них зарезервированы в крайнем положении (13-й канал связи), что позволяет исключить «шумовое» влияние их на остальное WiFi оборудование.

2. Необходимо четко рассчитывать пропускную способность системы в целом и отдельных ее узлов. Дело в том, что у такой системы есть несколько узких мест при передаче данных. Изначально для расчёта пропускной способности зададим отправные точки:

- Для корректной передачи данных между каждой единицей техники и ЦОД необходимо выделение канала 2 Мбит/с (1 Мбит/с на данные, 1Мбит/с – резервирование канала на случай «просадок»).
- Для корректной передачи данных между станциями мониторинга необходим канал связи 100 Мбит/с (резервирование не предполагается).
- Для сбора и передачи данных от WiFi точек доступа и станций мониторинга необходимо наличие как минимум 2-х точек

сбора и передачи информации на каждой стороне площадки. Первая точка собирает и передает информацию по своей стороне дороги полностью по беспроводной технологии на вторую точку сбора информации (расположена на другой стороне дороги). Вторая точка обрабатывает и передает информацию по своей стороне дороги и обменивается информацией с первой точкой посредством технологии WiFi, кроме того, она служит центром передачи данных в ЦОД (тут предлагается использовать проводную технологию, обеспечивающую большую скорость передачи данных).

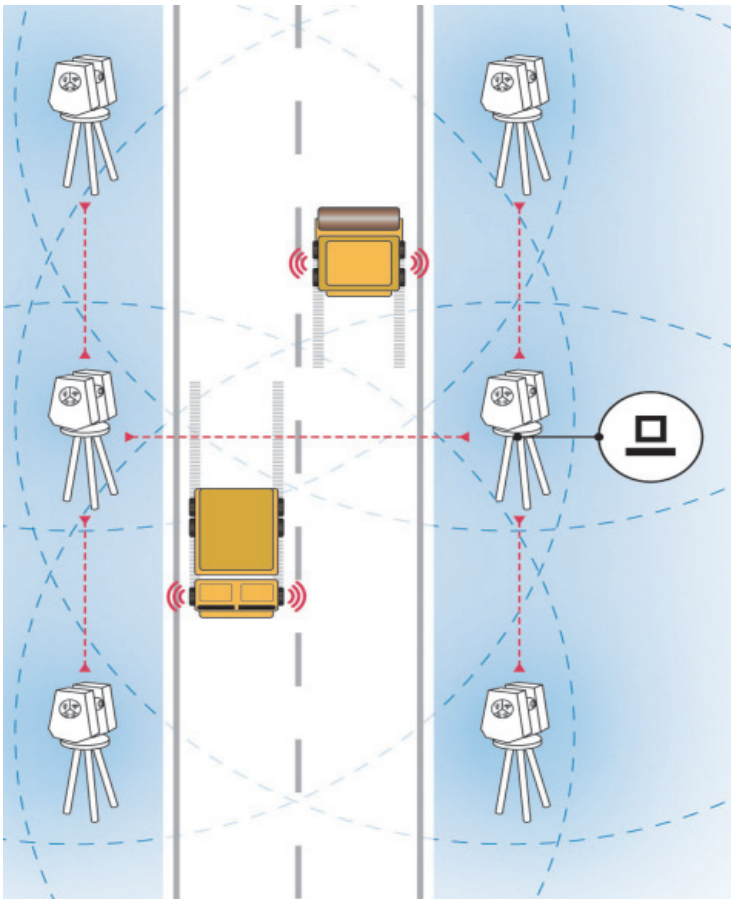


Рис. 1. Принципиальная схема ЛВС строительной площадки

Для объекта, имеющего шесть точек мониторинга и один ЦОД (рис. 1) с использованием технологии WiFi стандарта 802.11n (на сегодняшний день наиболее распространенного), расчёт будет выглядеть следующим образом.

Сначала находим «узкое место» в пропускной способности локальной беспроводной сети. В нашем случае это место связи между точками сбора и передачи информации. Учитываем, что максимальная достижимая фактическая скорость технологии 450 Мбит/с. Сначала вычитаем пропускную скорость, необходимую для работы трех точек мониторинга. Каждая точка требует резервирования 100 Мбит/с, получаем необходимое резервирование канала в 300 Мбит/с. Соответственно, для техники нам остается пропускная скорость в 150 Мбит/с. С резервированием 2 Мбит/с для каждой единицы получаем максимально возможное количество техники, равное 75 единицам. Так как техника перемещается по всему объекту, канал связи, зарезервированный для нее, будет распространяться и на вторую сторону. Таким образом, минимальная скорость передачи данных между второй точкой и ЦОД будет складываться из суммы скоростей всех точек мониторинга и резерва для техники. В нашем случае это будет 750 Мбит/с. Кабельная передача данных между ЦОД и второй точкой связи обеспечивает устойчивую связь на скорости 1 Гбит/с.

Для WiFi нового стандарта 802.11ac (по состоянию на январь 2014 г. был опубликован окончательный вариант стандарта) ситуация меняется кардинальным образом

[8, 4]. Заявленная скорость передачи данных 1800 Мбит/с, а при использовании антенн 8x MU-MIMO скорость может достигать 3000 Мбит/с. Соответственно, на стандартных антеннах при наличии шести точек мониторинга для техники остается канал пропускной способностью 1200 Мбит/с, что позволяет использовать до 600 единиц техники на объекте. При этом, если сохранять 75 единиц техники, то максимальное количество станций будет ограничено шестнадцатью. Что существенно увеличивает возможную протяженность объекта.

Передача данных посредством оптических (световых) лазерных сигналов. Данная технология имеет ряд существенных недостатков, не позволяющих применять ее в вопросах управления объектами на строительных площадках. К этим недостаткам можно отнести: необходимость постоянного позиционирования луча лазера на управляемом объекте, сильное искажение сигнала при плохих погодных условиях [3, 6]. Исходя из этого, мы ее в статье рассматривать подробно не будем.

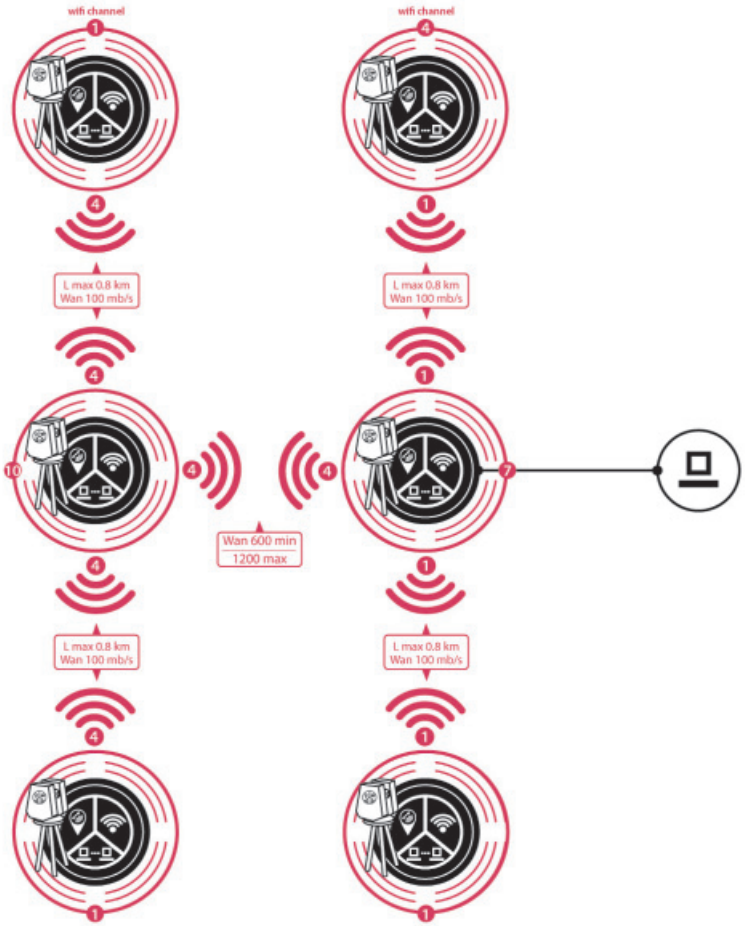


Рис. 2. Схема использования каналов связи между точками WiFi

При проектировании сети не стоит забывать и об обеспечении ее безопасности. Проникновение посторонних в сеть, обеспечивающую поддержку систем мониторинга и автоматизированного управления, может иметь катастрофические последствия. В нашей сети самый простой способ подключиться извне – это использовать точки доступа WiFi. Существует несколько способов защитить беспроводную сеть [2]:

- фильтрация клиентов по MAC адресу. У каждого устройства свой индивидуальный MAC адрес. Это позволит исключить возможность попадания в сеть с использованием посторонних устройств связи;
- скрытие SSID точек доступа. Название и наличие точек доступа скрываются, что существенно затрудняет их поиск;
- использование протоколов шифрования данных. В случае нахождения точки

доступа она будет запрашивать ключ на подключение, обычно на подбор сложного ключа уходит достаточно продолжительное время. Иногда на эту операцию могут требоваться годы. Следует подчеркнуть, что пароль должен быть сложным, содержать не меньше 8 символов включая цифры и буквы;

● привязка каждого клиента к IP адресу, запрещение автоматической раздачи IP адресов (DHCP) в сети. Если применить все описанные выше процедуры, то привязка к конкретному IP скорее будет увеличивать скорость работы сети в целом, чем обеспечивать дополнительную безопасность.

Подводя итоги, структуру сети можно описать следующим образом:

В сети есть две опорные точки сбора и передачи данных, расположенные в центре каждой из сторон. На каждой точке мониторинга расположено по 2 точки WiFi доступа. Одна – для обмена информацией с управляемыми объектами, вторая – для обмена информацией между точками мониторинга. Обе они объединены в общую сеть посредством кабельного соединения через маршрутизатор. К этому маршрутизатору также подключена ЭВМ, расположенная на точке мониторинга. На второй опорной точке также есть кабельное подключение к ЦОД (иногда ЦОД и точка мониторинга расположены в виде одного блока). IP адреса заданы вручную и привязаны к физическим MAC адресам каждого объекта в сети. Это сделано из соображений безопасности. Каналы связи на каждой точке доступа располагаются в строгой шахматной последовательности. При этом для беспроводной связи между точками мониторинга зарезервирован отдельный (дополнительный) 13-й канал связи (рис. 2).

Все это обеспечивает устойчивую связь на строительной площадке.

Список литературы

1. Антенны для Wi-Fi-устройств // Компьютер Пресс URL: http://compress.ru/article.aspx?id=17784&iid=822 (дата обращения: 09.02.2014).

2. Защищенная беспроводная сеть // 2. сайт компании Zyxel в России URL: http://zyxel.ru/kb/1671 (дата обращения: 07.02.2011).

3. Лазерная связь – еще один способ беспроводной связи // Сети/Network world URL: http://www.osp.ru/nets/1996/09/142000/ (дата обращения: 10.02.2014).

4. Никульчев Е.В., Паяин С.В., Плужник Е.В. Динамическое управление трафиком программно-конфигурируемых сетей в облачной инфраструктуре // Вестник Рязанского радиотехнического университета. – 2013. – № 3. – С. 54–57.

5. Общие рекомендации по построению беспроводных сетей // сайт компании Zyxel в России URL: http://zyxel.ru/kb/2940 (дата обращения: 07.02.2011).

6. Оптическая связь без оптоволокна // Связь Комплект URL: http://www.skomplekt.com/articles/optical_coupling.htm (дата обращения: 10.02.2014).

7. Что влияет на работу беспроводных сетей Wi-Fi? Что может являться источником помех и каковы их возможные причины? // сайт компании Zyxel в России URL: http://zyxel.ru/kb/2082 (дата обращения: 01.02.2014).

8. New Ieee 802.11ac™ Specification Driven by Evolving Market Need For Higher, Multi-User Throughput in Wireless Lans // Ieee-Standarts Association URL: http://standards.ieee.org/news/2014/ieee_802_11ac_ballot.html (дата обращения: 09.02.2014).

References

1. Antenny dlya Wi-Fi-ustrojstv // Komp'yuter Press, Available at: http://compress.ru/article.aspx?id=17784&iid=822 (accessed: 09.02.2014).

2. Zashhishhennaya besprovodnaya set' // sait of Zyxel company in Russia, Available at: http://zyxel.ru/kb/1671 (accessed: 07.02.2011).

3. Lazernaya svyaz' eshhe odin sposob besprovodnoj svyazi // Seti/Network world, Available at: http://www.osp.ru/nets/1996/09/142000/ (accessed: 10.02.2014).

4. Nikul'chev E.V., Payain S.V., Pluzhnik E.V. Dinamicheskoe upravlenie trafikom programmno-konfiguriruemykh setej v oblachnoj infrastrukture // Vestnik Ryazanskogo radiotekhnicheskogo universiteta. 2013. no. 3. pp. 54–57.

5. Obshhie rekomendatsii po postroeniyu besprovodnykh setej // sait of Zyxel company in Russia, Available at: http://zyxel.ru/kb/2940 (accessed: 07.02.2011).

6. Opticheskaya svyaz' bez optovolokna // Svyaz' Komplekt, Available at: http://www.skomplekt.com/articles/optical_coupling.htm (accessed: 10.02.2014).

7. CHto vliyaet na rabotu besprovodnykh setej Wi-Fi? CHto mozhet yavlyat'sya istochnikom pomekh i kakovy ikh vozmozhnye prichiny? // sait of Zyxel company in Russia, Available at: http://zyxel.ru/kb/2082 (accessed: 01.02.2014).

8. New Ieee 802.11ac™ Specification Driven by Evolving Market Need for Higher, Multi-User Throughput in Wireless Lans // Ieee-Standarts Association, Available at: http://standards.ieee.org/news/2014/ieee_802_11ac_ballot.html (accessed: 09.02.2014).

Рецензенты:

Журкин И.Г., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ВТиАОАИ, Московский государственный университет геодезии и картографии, г. Москва;

Никульчев Е.В., д.т.н., профессор, проректор по научной работе, НОУ ВПО «Московский технологический институт «ВТУ», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 629.423.32

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗОННЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Иванов В.В., Мятеж С.В., Щуров Н.И., Сергеев А.А.

ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, e-mail: vladik1992.07.27@mail.ru

В статье рассмотрены способы комбинированного регулирования напряжения на обмотках тяговых трансформаторов ЭПС переменного тока. Рассмотрены различные варианты зонно-фазового регулирования напряжения, отличающиеся числом зон и соотношением напряжений в них. В настоящее время большое распространение получили классические четырехзонные регуляторы, собранные на тиристорах по мостовой схеме выпрямления. Особенности коммутационных процессов в таких схемах требуют вводить искусственную задержку угла открытия тиристоров, что снижает среднее значение коэффициента мощности до 0,8. Предложена усовершенствованная схема четырехзонного выпрямителя с лестничной структурой. В работе приводятся результаты имитационного моделирования, которые показывают, что применение выпрямительных агрегатов с лестничной структурой в составе тяговых преобразователей грузовых электровозов переменного тока позволяет повысить энергетические показатели и прежде всего коэффициент мощности на 2–4 %. Доказано, что дополнительным способом повышения коэффициента мощности зонно-фазовых регуляторов является так называемое секторное регулирование. Установлено, что особенно эффективен такой способ на первой зоне регулирования, когда в обычных условиях коэффициент мощности особенно низок (0,4...0,7). Ожидаемое улучшение средневзвешенного коэффициента мощности с учетом длительности работы электровоза на первой зоне должно составить порядка 5–10 %.

Ключевые слова: коммутация, секторное регулирование, лестничная структура, зонно-фазовый выпрямитель, электровоз

WAYS TO IMPROVE ENERGY INDICATORS ZONE RECTIFIERS

Ivanov V.V., Myatezh S.V., Schurov N.I., Sergeev A.A.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, e-mail: vladik1992.07.27@mail.ru

The article describes the methods combined control voltage on the windings of traction transformers EPS AC. Zone-phase control voltage at which the switch simultaneously applied sections of the secondary windings of transformers and phase control (changing the opening angle of thyristor rectifier). Different versions of zone-phase voltage regulation with different number of zones and the ratio of stress to them. Currently, a large widely classical four-zone controls collected thyristor rectifier bridge circuit. However Features switching processes in such schemes require introduce an artificial delay the opening angle of the thyristors, which reduces the average value of the power factor to 0,8. An improved scheme of the four-rectifier with a ladder structure. The paper presents simulation results, which show that the use of rectifiers with the ladder structure composed of traction converters AC electric locomotives can improve energy performance, and above all, the power factor of 2–4 %. Proved that an additional way to improve the power factor of zone-phase regulators is the so-called sectoral regulation. It is established that such a method is particularly effective in the first control zone, under normal conditions when the power factor is particularly low (0,4...0,7). Expected improvement of the average power factor, taking into account the duration of the locomotive in the first zone should be about 5–10 %.

Keywords: switching, sectoral regulation, ladder structure, band-phase rectifier, locomotive

На электровозах, электрифицированных однофазным переменным током, управление скоростью вращения тягового электрического двигателя постоянного тока достигается за счет изменения величины тока и напряжения. Это возможно с помощью амплитудного регулирования, принцип действия которого основывается на переключении контакторами вторичных обмоток тягового трансформатора. Минусом этого способа регулирования является ступенчатость управления напряжения на выходе и подгорание контактов при регулировании. Стремление обеспечить плавность хода привело к созданию метода фазового регулирования скорости, в основе которого лежит принцип задержки отпирания тиристора, как электронного ключа, от длительности проводящего состояния которого зависит величина среднего выпрямленного напряжения. Главный недостаток принципа – создание значительной реактивной мощности при фазовом регулировании, что в целом снижает энергетические показатели выпрямителей. В значительной степени указанные недостатки устранены в так называемых зонных или зонно-фазовых регуляторах.

Цель исследований – совершенствование энергетических показателей зонно-фазовых регуляторов.

Материалы и методы исследования

Предметом исследования являются коммутационные процессы в схемах зонно-фазовых регуляторов, и применение новых схемных решений и принципов управления.

Результаты исследования и их обсуждение

Зонно-фазовое регулирование напряжения – способ комбинированного регулирования напряжения на обмотках тяговых трансформаторов электроподвижного состава переменного тока, при котором одновременно применяются переключения секций вторичных обмоток трансформаторов и фазовое регулирование (изменение угла открытия тиристоров выпрямителя). Применяют различные варианты зонно-фазового регулирования напряжения, отличающиеся числом зон и соотношением напряжений в них. В настоящее время большое распространение получили классические четырехзонные регуляторы, собранные на тиристорах по мостовой схеме выпрямления.

Особенности коммутационных процессов в таких схемах требуют вводить искусственную задержку угла открытия тиристоров, что снижает среднее значение коэффициента мощности до 0,8 [1]. Низкие значения коэффициента мощности дополнительно нагружают электрооборудование электровозов и тяговую сеть реактивными токами и увеличивают расход электроэнергии на тягу поездов.

Данную проблему удалось устранить в усовершенствованном варианте четырехзонного выпрямителя с лестничной структурой, силовая схема которого представлена на рис. 1, и новым, более простым алгоритмом управления тиристорами (таблица).

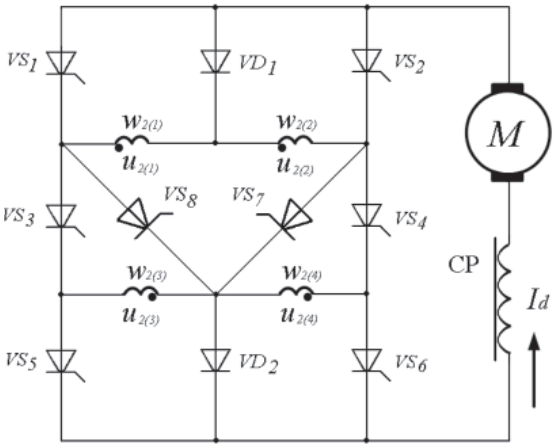


Рис. 1. Силовая часть принципиальной схемы четырёхзонного преобразователя лестничной структурой

Алгоритм работы преобразователя

Зона регулирования	Направление ЭДС трансформатора	Алгоритм работы плеч ВИП							
		VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	VS7	VS8
I	→								●
	←							●	
II	→						●		○
	←					●		○	
III	→			○			●		
	←				○	●			
IV	→		○	○			●		
	←	○			○	●			

Принцип работы предложенного устройства рассмотрим на примере первой зоны регулирования. При положительной полуволне напряжение секции $w_{2(1)}$ вторичной обмотки трансформатора через тиристор *VS8* с углом $\alpha_{рег} > 0°$ и диоды *VD1* и *VD2* прикладывается к цепи нагрузки (рис. 2, а). При отрицательной полуволне, напряжение секции $w_{2(2)}$ вторичной обмотки трансформатора через тиристор *VS7* с углом $\alpha_{рег} > 0°$ и диоды *VD1* и *VD2* прикладывается к цепи нагрузки (рис. 2, б).

Для компактности примем условно-графические обозначения сигналов управляющих импульсов, отпирающие тиристоры:

● – регулируемый по фазе импульс $\alpha_{рег}$°;
○ – нерегулируемый по фазе импульс α_0.

Результаты имитационного моделирования и расчеты коэффициентов мощности доказали, что выпрямители с лестничной структурой обладают меньшей общей продолжительностью коммутационных процессов по сравнению с мостовым выпрямителем. Применение выпрямительных агрегатов с лестничной структурой в составе тяговых преобразователей грузовых электровозов на переменном токе позволяет повысить энергетические показатели и, прежде всего, коэффициент мощности в целом на 2–4 %.

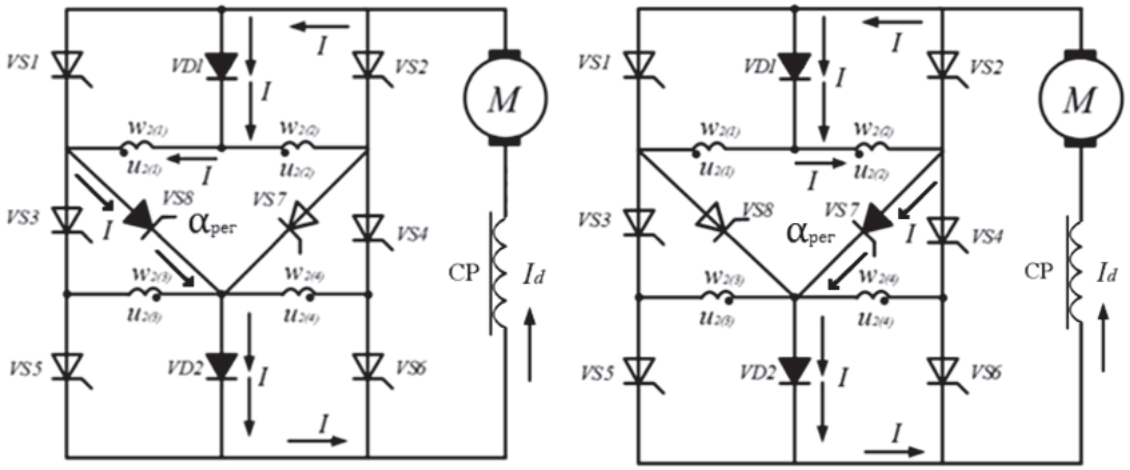


Рис. 2. Схема протекания тока на зоне:
а – при положительной полуволне напряжения; б – при отрицательной полуволне напряжения

Дополнительным способом повышения коэффициента мощности зонно-фазовых регуляторов является так называемое секторное регулирование [2]. При таком регулировании выпрямленного напряжения не происходит сдвига по фазе первой гармоники сетевого тока относительно напряжения, и характеристика коэффициента мощности существенно повышается.

В результате этой замены высокие значения коэффициента мощности будут наблюдаться на всех зонах. Особенно эффективен данный способ на первой зоне регулирования, когда в обычных условиях коэффициент мощности особенно низок (0,4...0,7). Для этих целей в схеме рис. 1 достаточно заменить тиристоры VS7 и VS8 полностью управляемыми силовыми полупроводниками, такими как IGBT (рис. 3).

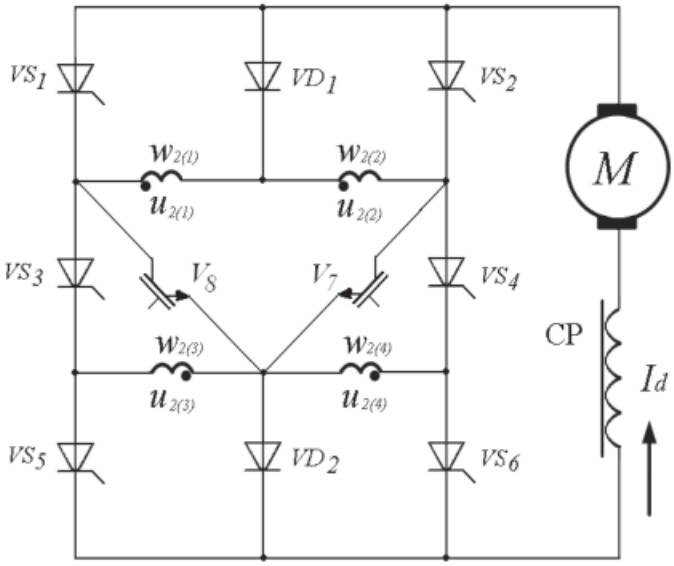


Рис. 3. Силовая схема четырёхзонного преобразователя лестничной структуры с секторным управлением

В этом случае управление тяговым электродвигателем на первой зоне будет осуществляться одновременным смещением на угол α переднего фронта тока и таким же смещением на угол β, но в противоположную сторону заднего фронта тока с таким расчетом, чтобы не возникало сдвига по фазе φ основной гармоники сетевого тока (рис. 4).

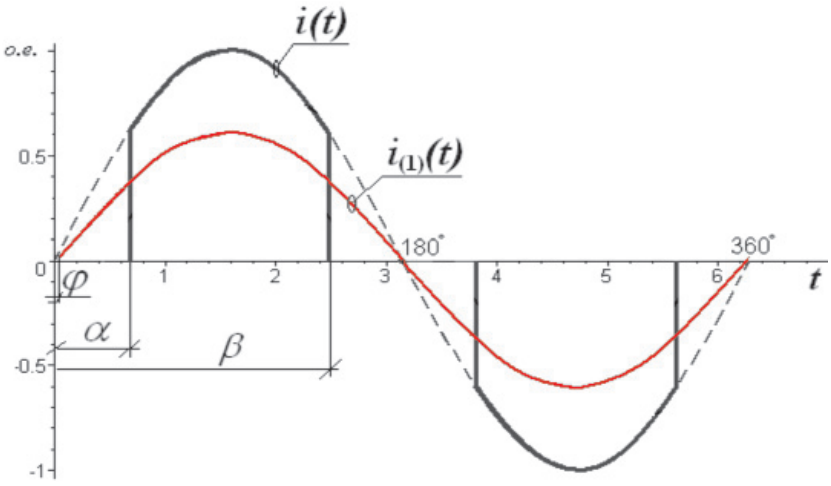
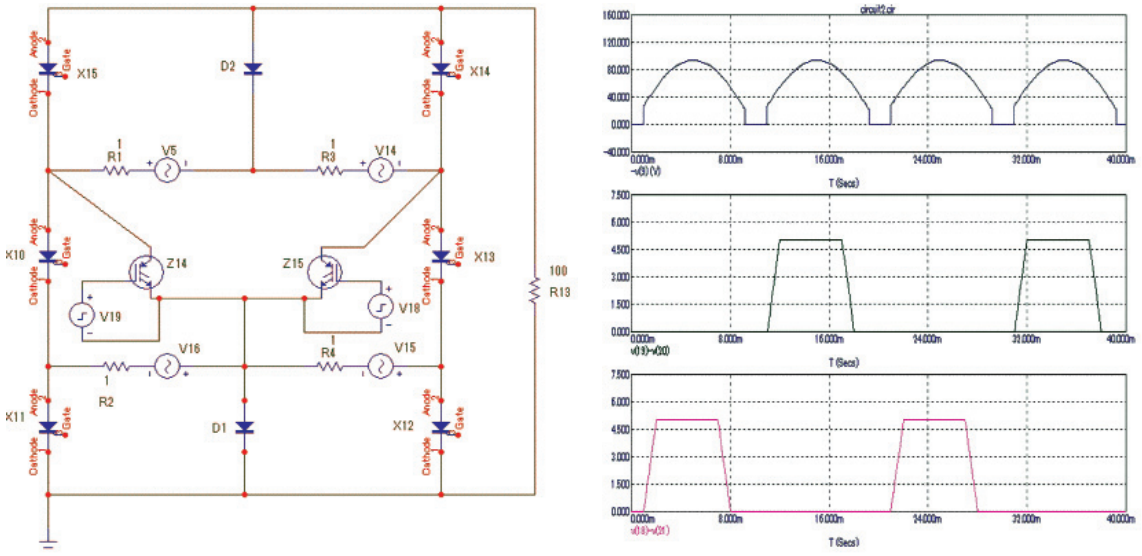


Рис. 4. Кривая сетевого тока и его первой гармоники выпрямителя в случае секторного регулирования на первой зоне

На рис. 5, а показана рабочая схема преобразователя на I зоне регулирования, собранная в среде имитационного моделирования Micro-Cap и функционирующая в соответствии с разработанным алгоритмом управления.



а б

Рис. 5. Моделирование преобразователя лестничной структуры: а – схема преобразователя в Micro-Cap; б – диаграмма работы преобразователя на I зоне регулирования

Для управления транзисторами и соблюдения необходимой очередности включения применены настраиваемые источники периодических импульсных сигналов.

Результаты имитационного моделирования, согласно собранной схеме на рис. 5, а, представляют собой волновые диаграммы напряжений во всех интересующих узлах схемы (рис. 5, б).

Секторное регулирование устраняет сдвиг по фазе φ основной гармоники сетевого тока, что улучшает энергетические показатели преобразователя за счет компенсации реактивной мощности.

В настоящее время идёт работа по созданию физической модели выпрямителя с секторным регулированием.

Заключение

В результате анализа схем зонно-фазовых регуляторов выявлено, что пути повышения их энергетических показателей ориентированы в направлении развития и совершенствования новых схемных решений выпрямителей и принципов управления.

Выпрямители с лестничной структурой обладают меньшей общей продолжительностью коммутационных процессов по сравнению с мостовым выпрямителем. Применение рассмотренных в статье выпрямительных агрегатов с лестничной структурой в составе тяговых преобразователей грузовых электровозов переменного тока позволяет повысить энергетические показатели и прежде всего коэффициент мощности в среднем на 2–4 %. Теоретически секторное регулирование увеличивает средневзвешенный коэффициент мощности на 25–30 %, с учетом того, что электровозы большее время работают на 1-й зоне.

Кроме этого, уменьшение угла коммутации γ эквивалентно уменьшит емкость и габаритные размеры статических компенсаторов реактивной мощности, если их применять для электровозов, работающих на переменном токе.

Список литературы

1. Плакс А.В. Системы управления электрических подвижным составом: учеб. для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 360 с.

2. Южаков Б.Г. Электрический привод и преобразователи подвижного состава. – М.: Учебно-методический центр по образованию на ж-д. транспорте, 2007. – 398 с.

3. Евдокимов С.А., Евдокимова Л.Г. Однофазный преобразователь переменного тока в постоянный // Патент России № 2398344. 2009. Бюл. № 24.

4. Мятеж С.В., Щуров Н.И., Джаборов М.М. Совершенствование зонных выпрямителей // Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 40–45.

5. Тихменев Б.Н., Кучумов В.А. Электровозы переменного тока с тиристорными преобразователями. – М.: Транспорт, 1988. – 311 с.

References

1. Plax A.V. Electrical control system of rolling stock: textbook for universities railroad transport. M.: Route 2005. 360 p.

2. Juzhakov B.G. Electric drive and converters rolling stock. M.: Training Centre for Education on train truck, 2007. 398 p.

3. Evdokimov S.A., Evdokimov L.G. Single-phase inverter AC to DC // Patent of Russia no. 2398344. 2009. Bull. Number 24.

4. Mutiny S.V., Shchourov N.I., Jaborov M.M. Improving band rectifiers. Electromechanics, 2012. no. 6. pp. 40–45.

5. Tikhmenev B.N., Kuchumov V.A. Electric AC thyristor converters. Moscow: Transport, 1988. 311 p.

Рецензенты:

Аносов В.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок, НГТУ, г. Новосибирск;

Алиферов А.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автоматизированных электротехнологических установок, НГТУ, г. Новосибирск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 532:536

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИССИПАТИВНОГО РАЗОГРЕВА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ КАНАЛЕ ДЛЯ ЖИДКОСТИ С ЭФФЕКТОМ «ОТВЕРДЕВАНИЯ» ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕТЬЕЙ СХЕМЫ ТЕЧЕНИЯ

Колодежнов В.Н., Веретенников А.С.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, e-mail: kvn117@mail.ru

Рассмотрена третья схема течения в цилиндрическом канале для жидкости, реологическая модель которой учитывает проявление упрочнения при сдвиге или эффекта «отвердевания». В соответствии с реологической моделью для такой схемы течения канал разбивали на три зоны. В первой и второй зонах жидкость демонстрирует соответственно псевдопластическое и дилатантное поведение. Третья зона оказывается заполненной материалом «отвердевшей» жидкости. Для такого варианта течения рассмотрена задача установившегося конвективного теплопереноса с учетом диссипации механической энергии. При этом на стенке канала ставились температурные граничные условия первого рода. Конвективный теплоперенос вдоль оси канала определяли по средней скорости потока. Диссипативную составляющую принимали с учетом точного распределения скорости в поперечном сечении канала. Получено выражение для распределения температуры во всех зонах канала. Проведены численные эксперименты и анализ влияния параметров модели на характеристики процесса диссипативного разогрева. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании течения неньютоновских жидкостей такого рода в проточных элементах технологического оборудования.

Ключевые слова: диссипация, неньютоновская жидкость, температура, эффект «отвердевания», упрочнение при сдвиге

THE RESULTS OF MODELING OF DISSIPATIVE HEATING IN A CYLINDRICAL CHANNEL FOR FLUID WITH EFFECT OF THE «SOLIDIFICATION» AT THE REALIZATION OF THE THIRD SCHEME CURRENT

Kolodezhnov V.N., Veretennikov A.S.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education «Voronezh State University of Engineering Technologies», Voronezh, e-mail: kvn117@mail.ru

Consider the third flow pattern in a cylindrical channel for fluid rheological model which takes into account the manifestation of shear thinning fluid (STF) or the effect of «solidification». In accordance with the rheological model for such scheme currents the flow region is divided into three zones. In the first and second zones of fluid shows pseudoplastic and dilatant behavior. The third zone is filled with the material of «solidified» fluid. For this scheme we consider the problem of steady flow of convective heat transference, taking into account the dissipation of mechanical energy. For this there were placed at the channel the wall temperature boundary condition of the first kind. Convective heat transference along the axis of the channel is determined by the average flow velocity. Dissipative component taken into account with the exact velocity distribution in the channel cross section. An expression for the temperature distribution in all areas of the channel was received. Numerical experiments and analysis of the impact of model parameters on the characteristics of the process of dissipative heating. The obtained results can be used for modeling the flow of non-Newtonian fluids of such elements in the flow of the process equipment.

Keywords: dissipation, non-Newtonian fluid, temperature, the effect of «solidification», shear thickening fluid

В [1–4] представлен обзор публикаций, в которых приводятся результаты исследования реологических свойств некоторых видов суспензий на основе мелкодисперсных частиц, демонстрирующих проявление эффекта «отвердевания». В [1] предложена реологическая модель жидкостей такого рода, а в [2] с привлечением этой реологической модели решена задача о течении в цилиндрическом канале. При этом показано, что в зависимости от перепада давления на длине канала возможны три схемы течения. В [3, 4] для первых двух схем течения проведено математическое моделирование конвективного теплопереноса в цилиндрическом канале с учетом диссипации механической энергии. В данной работе приводятся результаты моделирования конвективного теплопереноса с учетом диссипации для третьей схемы течения.

В работе [2] было показано, что третья схема течения реализуется при выполнении следующего условия

$$\Delta p = p_L - p_0 > \frac{2 \cdot L \cdot \tau_2}{R},$$

где Δp – перепад давления на длине канала; p_0, p_L – давление на входе и выходе из канала; τ_2 – параметр реологической модели суспензии, представляющий собой предельное значение касательного напряжения; L – длина канала; R – радиус канала.

Особенностью такой схемы является формирование в канале трех зон. Первые две из них представляют собой зоны соответственно псевдопластического и дилатантного течения. Третья же зона оказывается заполненной «отвердевшей» жидкостью. Границами раздела между этими зонами являются цилиндрические поверхности с радиусами [2]

$$R_{\mu 1} < R_{\mu 2} < R;$$

$$R_{\mu 1} = \frac{8 \cdot R}{G \cdot La \cdot (1+B)}; \quad R_{\mu 2} = \frac{8 \cdot R}{G \cdot La},$$

где G, La – геометрический критерий подобия и критерий подобия Лагранжа соответственно; B – параметр реологической модели.

Рассмотрим задачу конвективного теплопереноса в цилиндрическом канале с учетом диссипации механической энергии в случае реализации третьей схемы течения жидкости с эффектом «отвердевания», представленной на рис. 1.

Учитывая разбиение области течения на три зоны, решение задачи по определению распределения температуры в канале будем искать в виде

$$T^{(k)}(r,z) = \begin{cases} T^{(1)}(r,z), & |r| < R_{\mu 1}; \\ T^{(2)}(r,z), & R_{\mu 1} \le |r| \le R_{\mu 2}; \\ T^{(3)}(r,z), & R_{\mu 2} \le |r| \le 1, \end{cases}$$

где $T^{(k)}(r, z)$ – распределения температур жидкости в основных зонах, представляющие собой неизвестные функции радиальной r и продольной z координат. Здесь и далее верхний индекс k в круглых скобках принимает значения $k = 1, 2, 3$ соответственно, для каждой из зон течения с тем же номером.

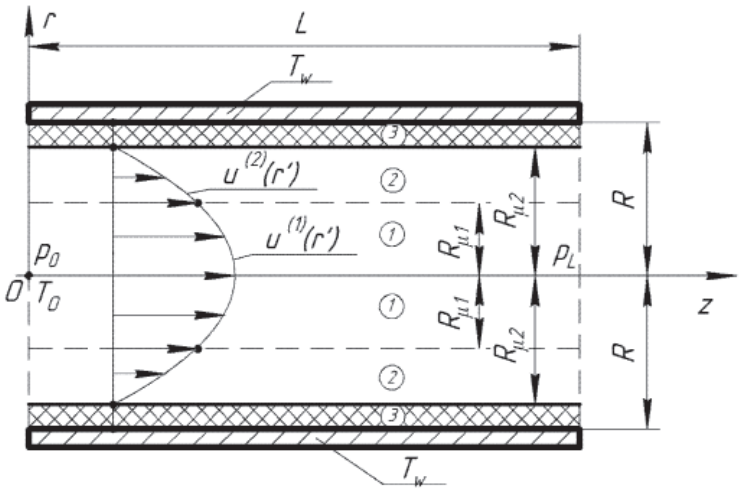


Рис. 1. Третья схема течения:
1, 2, – соответственно первая и вторая зоны течения;
3 – третья зона, заполненная материалом «отвердевшей» жидкости

Решение задачи проводилось в безразмерном виде, с учетом соотношений из [2, 3].

Уравнение конвективного теплопереноса в цилиндрическом канале [5] с учетом диссипации в безразмерном виде для первой и второй зон течения может быть записано следующим образом:

$$S_1 \cdot u'_m \cdot \frac{\partial T'}{\partial z'} = S_2 \cdot \frac{1}{r'} \cdot \frac{\partial}{\partial r'}\left(r' \frac{\partial T'}{\partial r'} \right) + \tau'_{rz}(\dot{\gamma}') \cdot \dot{\gamma}'; \qquad (1)$$

$$S_1 = \frac{G \cdot \mathrm{Re}}{2 \cdot Ec \cdot La}; \quad S_2 = \frac{2}{\mathrm{Pr} \cdot Ec \cdot La},$$

где $T' = T'(r', z')$ – температура жидкости в канале, представляющая собой неизвестную функцию радиальной r' и продольной z' координат; u'_m – средняя скорость по проходному сечению канала (с учетом наличия третьей зоны); S_1, S_2 – параметры уравнения, определяемые через основные критерии подобия; τ'_{rz} – касательное напряжение;

$\dot{\gamma}'$ – скорость сдвига; Pr, Ec, Re – критерии подобия Прандтля, Эккерта и Рейнольдса соответственно.

Здесь и далее верхним штрихом обозначены безразмерные величины.

Решение задачи проводили с учетом следующих граничных условий:

$$r' = 0; \qquad \frac{\partial T'}{\partial r'} = 0; \qquad (T' \neq \infty); \quad (2)$$

$$r' = R'_{\mu 1}; \qquad T'^{(1)} = T'^{(2)}; \quad \frac{\partial T'^{(1)}}{\partial r'} = \frac{\partial T'^{(2)}}{\partial r'}; \quad (3)$$

$$r' = R'_{\mu 2}; \qquad T'^{(2)} = T'^{(3)}; \quad \frac{\partial T'^{(2)}}{\partial r'} = \lambda' \cdot \frac{\partial T'^{(3)}}{\partial r'}; \quad (4)$$

$$r' = 1; \qquad T'^{(3)} = T'_W = \frac{T_w - T_*}{T_{**} - T_*}; \quad (5)$$

$$z' = 0; \qquad T' = T'_0 = \frac{T_0 - T_*}{T_{**} - T_*}, \quad (6)$$

где T_0 – температура жидкости на входе в канал; T_w – принимаемая постоянной температура стенки канала; T_*, T_{**} – некоторые характерные значения температуры среды в канале; λ' – безразмерный параметр, равный отношению коэффициента теплопроводности «отвердевшей» жидкости к коэффициенту теплопроводности среды во второй зоне.

Применяя методику решения аналогичной задачи [3, 4] для первой и второй зон течения с учетом граничных условий (2), (3), функцию распределения температуры можно представить в виде

$$T'^{(k)}(r', z') = C_2^{(1)} + f^{(k)}(r') + \sum_{j=1}^{\infty} C_j \cdot J_0(\varepsilon_j \cdot r') \cdot \exp(-S_4 \cdot \varepsilon_j^2 \cdot z'), \quad k = 1, 2, \quad (7)$$

где $J_0(\varepsilon_j, r')$ – функция Бесселя первого рода нулевого порядка; C_j – коэффициенты разложения; $C_2^{(1)}$ – неизвестная пока константа.

Для краткости записи в (7) приняты следующие обозначения:

$$f'^{(k)}(r') = \begin{cases} f'^{(1)}(r'), & |r'| < R'_{\mu 1}; \\ f'^{(2)}(r'), & R'_{\mu 1} \le |r'| \le R'_{\mu 2}; \end{cases}$$

$$f^{(1)}(r') = -\frac{S_3 \cdot n_1^2}{S_2 \cdot (1 + 3 \cdot n_1)^2} \cdot (r')^{\frac{1}{n_1}+3};$$

$$f^{(2)}(r') = -\frac{1}{S_2} \cdot \sum_{i=0}^{I} w_i \cdot \frac{(r')^{i+2}}{(i+2)^2} + C_1^{(2)} \cdot \ln|r'| + C_2^{(2)};$$

$$C_1^{(2)} = \frac{1}{S_2} \cdot \sum_{i=0}^{I} \frac{w_i}{(i+2)^2} \cdot (R'_{\mu 1})^{i+2} - \frac{S_3 \cdot n_1}{S_2 \cdot (1 + 3 \cdot n_1)} \cdot (R'_{\mu 1})^{\frac{1}{n_1}+3};$$

$$C_2^{(2)} = C_1^{(2)} \cdot (1 - \ln|R'_{\mu 1}|); \quad S_3 = \dot{\gamma}'_1 \cdot \left(\frac{La \cdot (1+B) \cdot G^{n_1+1}}{2^{2 \cdot n_1 + 3}} \right)^{\frac{1}{n_1}}; \quad S_4 = \frac{S_2}{S_1 \cdot u'_m},$$

где w_i – коэффициенты интерполирующего, степенного по радиальной координате, полинома порядка I, которым представлена диссипативная функция внутри второй зоны течения.

Распределение температуры в канале для третьей зоны должно удовлетворять уравнению

$$\frac{1}{r'} \cdot \frac{\partial}{\partial r'} \left(r' \cdot \frac{\partial T'^{(3)}}{\partial r'} \right) + \frac{R^2}{L^2} \cdot \frac{\partial^2 T'^{(3)}}{\partial z'^2} = 0. \quad (8)$$

Сделаем следующее допущение относительно соотношения плотностей тепловых потоков в направлениях осей *z* и *r*:

$$\left|\frac{1}{r'}\cdot\frac{\partial}{\partial r'}\left(r'\cdot\frac{\partial T'^{(3)}}{\partial r'}\right)\right| >> \left|\frac{R^2}{L^2}\cdot\frac{\partial^2 T'^{(3)}}{\partial z'^2}\right|. \quad (9)$$

Решая тогда уравнение (8) с учетом допущения (9) и граничного условия (5), получаем следующее выражение для распределения температуры в третьей зоне:

$$T'^{(3)}(r',z') = C_1^{(3)}(z')\cdot\ln\left|r'\right| + T'_W, \quad (10)$$

где $C_1^{(3)}(z')$ – константа интегрирования, представляющая собой неизвестную пока функцию продольной координаты.

Для определения неизвестных констант интегрирования $C_2^{(1)}$ и $C_1^{(3)}(z')$ воспользуемся граничными условиями (4).

Из условия «сшивания» температур на границе второй и третьей зон получаем

$$C_1^{(3)}(z') = \frac{1}{\ln\left|R'_{\mu 2}\right|}\cdot\left\{C_2^{(1)} + f^{(2)}\left(R'_{\mu 2}\right) - T'_W + \sum_{j=1}^{\infty} C_j\cdot J_0\left(\varepsilon_j\cdot R'_{\mu 2}\right)\cdot\exp\left(-S_4\cdot\varepsilon_j^2\cdot z'\right)\right\}.$$

Выполнение условия «сшивания» тепловых потоков на этой же границе раздела зон приводит к следующему соотношению:

$$\sum_{j=1}^{\infty} C_j\cdot\exp\left(-S_4\cdot\varepsilon_j^2\cdot z'\right)\cdot\left\{\frac{J_0\left(\varepsilon_j\ R'_{\mu 2}\right)}{R'_{\mu 2}\cdot\ln\left|R'_{\mu 2}\right|} + \lambda'\cdot\varepsilon_j\cdot J_1\left(\varepsilon_j\cdot R'_{\mu 2}\right)\right\} =$$

$$= \lambda'\cdot\left.\frac{df^{(2)}\left(r'\right)}{dr'}\right|_{r'=R'_{\mu 2}} - \frac{1}{R'_{\mu 2}\cdot\ln\left|R'_{\mu 2}\right|}\cdot\left[C_2^{(1)} + f^{(2)}\left(r'\right) - T'_W\right].$$

Поскольку это соотношение должно выполняться для любых значений $z'\in[0;1]$, приходим отсюда к уравнениям

$$\frac{J_0\left(\varepsilon_j\ R'_{\mu 2}\right)}{R'_{\mu 2}\cdot\ln\left|R'_{\mu 2}\right|} + \lambda'\cdot\varepsilon_j\cdot J_1\left(\varepsilon_j\cdot R'_{\mu 2}\right) = 0; \quad (11)$$

$$\lambda'\cdot\left.\frac{df^{(2)}\left(r'\right)}{dr'}\right|_{r'=R'_{\mu 2}} - \frac{1}{R'_{\mu 2}\cdot\ln\left|R'_{\mu 2}\right|}\cdot\left[C_2^{(1)} + f^{(2)}\left(r'\right) - T'_W\right] = 0. \quad (12)$$

Соотношение (11) представляет собой характеристическое уравнение для рассматриваемой краевой задачи и позволяет определить набор значений ε_j. Решение этого характеристического уравнения проводили численно с привлечением ЭВМ.

Второе же соотношение (12) позволяет найти еще одну константу задачи:

$$C_2^{(1)} = \lambda'\cdot R'_{\mu 2}\cdot\ln\left|R'_{\mu 2}\right|\cdot\left.\frac{df^{(2)}\left(r'\right)}{dr'}\right|_{r'=R'_{\mu 2}} - f^{(2)}\left(r'\right) + T'_W. \quad (13)$$

Используя условие ортогональности базисных функций, можно показать, что оставшиеся пока неизвестными коэффициенты разложения C_j определяются в виде

$$C_j = \left(\int_0^{R'_{\mu 2}} r'\cdot J_0^2\left(\varepsilon_j\cdot r'\right)dr'\right)^{-1}\cdot\left\{\int_0^{R'_{\mu 2}}\left[T'_{entr} - C_2^{(1)}\right]\cdot r'\cdot J_0\left(\varepsilon_j\cdot r'\right)dr' - \right.$$

$$\left. - \int_0^{R'_{\mu 1}} r'\cdot f^{(1)}\left(r'\right)\cdot J_0\left(\varepsilon_j\cdot r'\right)dr' - \int_{R'_{\mu 1}}^{R'_{\mu 2}} r'\cdot f^{(2)}\left(r'\right)\cdot J_0\left(\varepsilon_j\cdot r'\right)dr'\right\}, \quad j = 1, 2, \ldots$$

Таким образом, все константы интегрирования в выражениях (7), (10) для распределения температуры по основным зонам оказываются определенными.

Для оценки влияния параметров математической модели на характеристики диссипативного разогрева среды были проведены численные эксперименты. В ходе расчетов в качестве базовых значений принимался следующий набор безразмерных параметров: $B = 0{,}752$; $G = 0{,}133$; $\mathrm{Pr} = 2{,}476 \cdot 10^5$; $Ec = 1{,}731 \cdot 10^{-6}$; $\lambda' = 1$; $T'_w = 0$; $T'_0 = 0$; при следующих значениях, определенных в [1–4], параметров реологической модели $n_1 = 0{,}7$; $\dot{\gamma}'_{crit\,1} = 0{,}8$; $n_2 = 0{,}233$, а также пороговых значениях критерия подобия Лагранжа $La_{crit1} = 34{,}247$; $La_{crit2} = 60$. При этом отдельные базовые параметры допускали варьирование своих значений в ходе выполнения численных экспериментов.

Для примера на рис. 2 представлено распределение безразмерной температуры в различных поперечных сечениях канала.

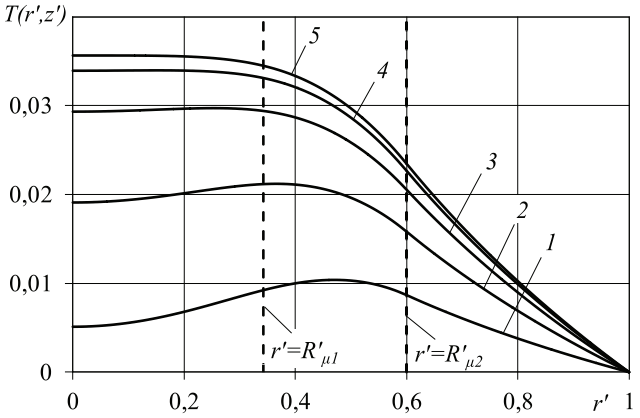


Рис. 2. Распределение безразмерной температуры в различных поперечных сечениях канала при La = 100; Re = 2,07·10⁻³; для z' = 0,05 (1); 0,15 (2); 0,3 (3); 0,5 (4); 1 (5)

Штриховыми линиями на этом и следующем рисунках отмечены границы раздела $r' = R'_{\mu 1}$ первой и второй зон течения, а также $r' = R'_{\mu 2}$ второй зоны течения и третьей зоны, заполненной материалом «отвердевшей» жидкости. Как следует из представленных зависимостей, распределение температуры в поперечном сечении не является монотонным. При этом температурный профиль имеет экстремум типа максимума, который по мере удаления от входного сечения смещается к центру канала.

Кривые на рис. 3 иллюстрируют влияние критерия подобия Лагранжа на распределение температуры в выходном сечении канала.

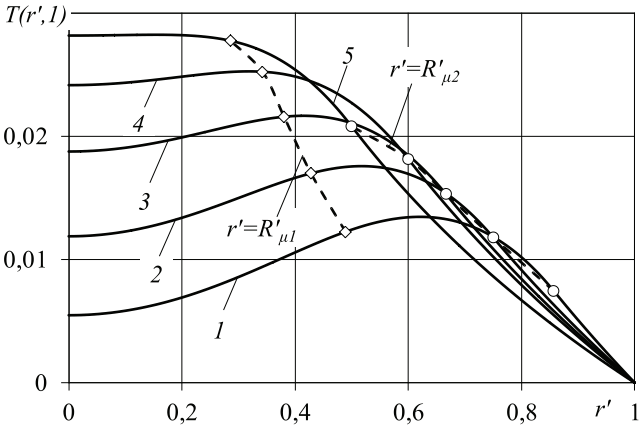


Рис. 3. Распределение безразмерной температуры в выходном сечении канала при Re = 0,01; La = 70 (1); 80 (2); 90 (3); 100 (4); 120 (5)

На рис. 4 для того же, что и на рис. 3, набора числовых значений исходных параметров представлена зависимость радиусов границы раздела первой и второй зон течения, а также границы раздела второй зоны течения и третьей зоны «отвердевшей» жидкости от величины критерия подобия Лагранжа.

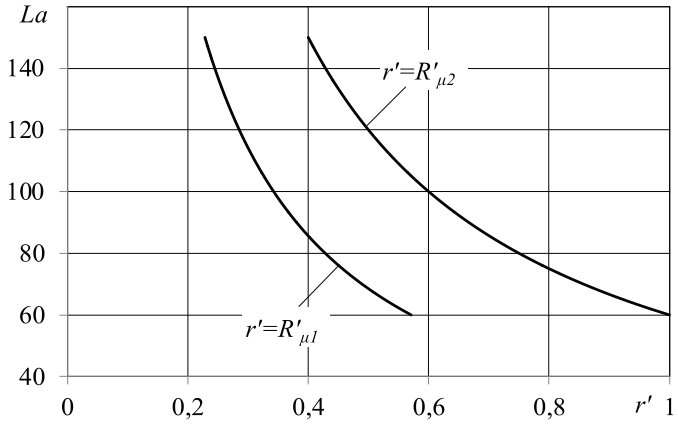


Рис. 4. Влияние критерия подобия Лагранжа на величину радиусов $R'_{\mu 1}$ *и* $R'_{\mu 2}$

Как видно из представленных на этом рисунке зависимостей, по мере увеличения в указанном диапазоне значений критерия *La* третья зона расширяется, а соответственно, проходное сечение уменьшается, демонстрируя тем самым проявление эффекта «запирания» канала.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 12-08-00629.

Список литературы

1. Колодежнов В.Н. Математическое моделирование реологического поведения нелинейно-вязких жидкостей, которые демонстрируют проявление эффекта «отвердевания» // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – № 4. – С. 35–38.

2. Колодежнов В.Н. Математическое моделирование течения в цилиндрическом канале жидкости, которая демонстрирует проявление эффекта «отвердевания» // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9. – № 2. – С. 118–122.

3. Колодежнов В.Н., Капранчиков С.С., Веретенников А.С. Математическое моделирование диссипативного разогрева в цилиндрическом канале для жидкости, демонстрирующей проявление эффекта «отвердевания», при реализации первой схемы течения // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10. – С. 21–24.

4. Колодежнов В.Н., Капранчиков С.С., Веретенников А.С. Моделирование диссипативного разогрева в цилиндрическом канале для жидкости с эффектом «отвердевания» при реализации второй схемы течения // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11. – С. 179–183.

5. Фройштетер Г.Б., Данилевич С.Ю., Радионова Н.В. Течение и теплообмен неньютоновских жидкостей в трубах. – Киев: Наукова думка, 1990. – 216 с.

References

1. Kolodezhnov V.N. Mathematical modeling of the rheological behavior of nonlinear-viscous liquids, which show a manifestation of the effect «solidification» // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2012. Vol. 4. pp. 35–38.

2. Kolodezhnov V.N. Mathematical modeling of fluid in a cylindrical channel, which shows a manifestation of the effect «solidification» // Proceedings of the Voronezh state technical University. 2013. Vol. 9. no. 2. pp. 118–122.

3. Kolodezhnov V.N., Kapranchikov S.S., Veretennikov A.S. Mathematical modeling of dissipative heating in a cylindrical fluid passages that demonstrates the manifestation of the «solidification» at the realization of the first scheme current // Technical Sciences, Vol. 10, 2013. pp. 21–24.

4. Kolodezhnov V.N., Kapranchikov S.S., Veretennikov A.S. Mathematical modeling of dissipative heating in a cylindrical channel for fluid effect of the «solidification» at the realization of the second scheme current // Technical Sciences, Vol. 11, 2013. pp. 179–183.

5. Frojshteter G.B., Danilevich S.Ju., Radionova N.V. Flow and heat transfer of non-Newtonian fluids in pipes. Kiev, Naukova dumka, 1990. 216 p.

Рецензенты:

Шашкин А.И., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Математический и прикладной анализ», ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж;

Буховец А.Г., д.т.н., профессор кафедры «Прикладная математика и применение математических методов в экономике», ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I», г. Воронеж.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 551.510.522

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ С УЧЕТОМ ЕЕ СТРАТИФИКАЦИИ

Купцов А.И., Акберов Р.Р., Исламхузин Д.Я., Гимранов Ф.М.

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, e-mail: artpb@yandex.ru

Разработана вычислительная модель горизонтально-однородного пограничного слоя атмосферы на основе теории подобия Монина – Обухова, учитывающая различные варианты атмосферной устойчивости. Численное моделирование пограничного слоя атмосферы проведено с применением пакета Fluent. Для турбулентного замыкания была использована стандартная *k*–ε модель турбулентности с модифицированными константами и дополнительным источниковым членом в уравнении для *k*. Рассмотрены случаи нейтральной, устойчивой и неустойчивой стратификации. Вычислительная модель позволяет обеспечить горизонтальную однородность вертикальных профилей скорости, давления, плотности, температуры и атмосферной турбулентной вязкости, задаваемых в качестве граничных условий. Полученная модель применима для моделирования распространения облаков опасных газов в атмосфере по земной поверхности, в том числе и на территории с застройками.

Ключевые слова: CFD моделирование, Fluent 6.3, *k*–ε модель, пограничный слой атмосферы, атмосферная устойчивость

NUMERICAL MODELING OF THE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER WITH THE ACCOUNT OF ITS STRATIFICATION

Kuptsov A.I., Akberov R.R., Islamkhuzin D.Y., Gimranov F.M.

FGBOU SEI HPE «KNITU» «Kazan National Research Technological University», Kazan, e-mail: artpb@yandex.ru

A computational model for a horizontally uniform atmospheric boundary layer accounting for various options of atmospheric stability is developed on the basis of Monin-Obukhov's similarity theory. Numerical modeling of the atmospheric boundary layer is carried out using the Fluent package. For a turbulent closure, the standard k–ε turbulence model with modified turbulence closure constants and an additional source term in the equation for k are applied. Cases of neutral, stable and unstable stratification are considered. The computational model allows preserving horizontal uniformity of vertical profiles of velocity, pressure, density, temperature and atmospheric turbulent viscosity which are set as boundary conditions at the domain's inlet. The obtained model can be applied to modeling of propagation of hazardous gas clouds in the atmosphere over the terrestrial surfaces including surfaces filled with buildings.

Keywords: CFD modeling, Fluent 6.3, *k*–ε model, atmospheric boundary layer, atmospheric stability

Моделирование пограничного слоя атмосферы при помощи CFD пакетов позволяет достаточно точно прогнозировать распространение облаков опасных газов, возникающих в случае аварий на химических опасных объектах. При этом крайне важным является адекватное описание поведения распространения газа в зависимости от устойчивости атмосферы. Следовательно, обязательным условием является корректное задание граничных метеоусловий (профили скорости, температуры, турбулентные характеристики и т.д.), которые потом не будут искажены и изменены по длине расчетной области в процессе численного моделирования. Еще одной сложной задачей является выбор граничных условий для турбулентных характеристик, от которых непосредственно зависит коэффициент турбулентной диффузии, и, следовательно, реальное распределение газа в любой точке атмосферы.

При моделировании распространения облаков опасных газов в атмосфере для учета атмосферной турбулентности на основе вертикального градиента температуры чаще всего применяется классификация по Паскуиллу [2, 4]. При использовании этой классификации профиль температуры задается простейшим линейным уравнением, в котором отсутствует влияние теплового потока от поверхности земли с воздухом.

В качестве других граничных условий турбулентных характеристик, некоторые исследователи использовали значения масштаба и интенсивности турбулентности, которые считали заранее известными [1]. Профиль скорости и параметры турбулентности, используемые в расчетах, определялись методом последовательных приближений, до получения одинаковых профилей по всей длине расчетной области. Такой подход позволяет проводить оценочные расчеты, но не учитывает варианты устойчивости атмосферы в конкретных условиях.

В целом при использовании CFD пакетов необходимо учитывать, что решаемые уравнения не вполне адекватно описывают физику турбулентности в атмосферном пограничном слое. Так, например, наиболее часто применяемые уравнения *k–εpsilon* модели для замыкания турбулентности (для нахождения турбулентной вязкости) не содержат членов, учитывающих генерацию турбулентности силами плавучести. Различные варианты устойчивости атмосферы (нейтральная, устойчивая, неустойчивая) должны учитываться с помощью различных граничных условий. При моделировании используют масштаб длины Монина – Обухова, абсолютное значение которого определяет высоту, до которой влияние сил трения на турбулентность превышает влияние сил плавучести. При положительном значении этой длины атмосфера считается устойчивой, другими словами, данная ситуация подавляет турбулентность, что должно учитываться в модели. Соответственно, при отрицательном масштабе длины Монина – Обухова атмосфера неустойчива, и данная ситуация должна усиливать турбулентность. Нейтральная атмосфера – это адиабатическая атмосфера без притока тепла извне, то есть с нулевым потоком тепла от поверхности земли. При нейтральной атмосфере масштаб длины Монина – Обухова равен бесконечности, что означает, что влиянием сил плавучести на турбулентность можно пренебречь. Моделирование всех этих трех сценариев в CFD пакетах представляет большую трудность, особенно, когда ставится цель – создание горизонтально-однородного пограничного слоя атмосферы, при котором вертикальные профили всех параметров потока должны сохраняться на протяжении длины порядка нескольких километров, на которой практически происходит рассеивание облаков опасных газов до безопасных для человека концентраций. В литературе предлагались различные подходы для численного моделирования пограничного слоя атмосферы, включая изменение констант турбулентности, использование различных граничных условий для верхней и выходной границы, добавление источниковых членов и т.д. [5–7, 11–13]. Большая часть этих работ была посвящена вопросам моделирования нейтральной и устойчивой атмосферы. Предлагались уравнения как для сжимаемой, так и для несжимаемой среды. При этом важную роль играет выбор того или иного CFD пакета, поскольку решение уравнений, граничные условия, параметры турбулентности (высота шероховатости и т.д.) реализованы в различных CFD пакетах по-разному. Наиболее часто в работах используются пакеты Fluent, CFX и Star CD (или разновидность Star CCM+).

В настоящей работе разработан подход с использованием уравнений для сжимаемой и несжимаемой среды через решение уравнения состояния идеального газа с использованием пакета Fluent 6.3. В модели на верхней границе используется условие Дирихле [9] с известными расчетными значениями всех параметров потока, на входной границе задаются вертикальные профили через применение пользовательских функций (UDF), на нижней границе задается значение температуры для уравнения энергии, а для компонент скорости и турбулентных характеристик используются стандартные пристеночные функции, полученные из логарифмического закона стенки для скорости. На выходной границе используется условие Pressure Outlet [10]. При этом особое внимание уделяется профилю давления, т.к. задание однородного профиля давления на выходе приводит к проблемам со сходимостью и к искажению действительного поля течения под действием силы тяжести.

Физико-математическая модель

Система дифференциальных уравнений, определяющих трехмерный нестационарный поток газовоздушной смеси, перенос энергии, газа, турбулентной кинетической энергии и скорости диссипации турбулентной кинетической энергии, имеет следующий вид [14]:

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u_i)}{\partial x_i} = 0, \qquad (1)$$

где ρ – плотность воздуха или газовоздушной смеси, кг/м^3; x_i – координаты x, y, z в метрах (x – горизонтальная координата в направлении ветра; y – горизонтальная координата в направлении поперек ветра; z – вертикальная координата); u_i – компоненты осредненной скорости ветра u, v, w, м/с.

Уравнение для переноса импульса:

$$\frac{\partial (\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u_i u_j)}{\partial x_i} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i}\left[\mu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3}\delta_{ij}\frac{\partial u_k}{\partial x_k}\right)\right] - \frac{\partial (\rho \overline{u_i'' u_j''})}{\partial x_i} + \rho g_i, \qquad (2)$$

где p – давление, Па; u_i' – пульсационные скорости, м/с.

Уравнение для переноса энергии:

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u_i h)}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\lambda+c_p\frac{\mu_t}{\mathrm{Pr}_t}\right)\frac{\partial T}{\partial x_i}, \quad (3)$$

а энтальпия, в единицах кДж/кг, равна:

$$h=c_pT, \quad (4)$$

где c_p – удельная теплоемкость при постоянном давлении, кДж/(кг·К); T – температура воздуха, К; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); Pr_t – турбулентное число Прандтля; $\mathrm{Pr}_t = 0{,}85$.

Уравнение для переноса газа:

$$\frac{\partial(\rho Y_s)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u_i Y_s)}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left[\left(\rho D+\frac{\mu_t}{Sc_t}\right)\frac{\partial Y_s}{\partial x_i}\right]+S_c, \quad (5)$$

где Y_s – массовая доля компонента s газовоздушной смеси; Sc_t – турбулентное число Шмидта; D – коэффициент молекулярной диффузии, зависящий от состава смеси, м²/с; S_c – источниковый член, определяющий генерацию газовой примеси, кг/(м³·с). В случае включения этого уравнения в модель через соответствующую опцию в Fluent («Species Transport on»), во всех уравнениях переноса значения коэффициентов переноса и всех переменных потока будут значениями для смеси, определяемые используемыми по умолчанию правилами для смешения.

Уравнение для переноса k (турбулентной кинетической энергии):

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\mathrm{grad}\,k\right]+2\mu_t E_{ij}E_{ij}+G_b-\rho\varepsilon+S_k, \quad (6)$$

где S_k – источниковый член.

Генерация (подавление) турбулентности, обусловленная температурной (плотностной) стратификацией, определяется из выражения [10]:

$$G_b=\beta g_i\frac{\mu_t}{\mathrm{Pr}_t}\frac{\partial T}{\partial x_i}, \quad (7)$$

где g_i – компонент вектора гравитации в i-м направлении, м/с²; β – коэффициент термического расширения, 1/К.

Для идеальных газов уравнение выше приводится к виду

$$G_b=-g_i\frac{\mu_T}{\rho\,\mathrm{Pr}_t}\frac{\partial\rho}{\partial x_i}. \quad (8)$$

Уравнение для переноса ε (скорости диссипации турбулентной кинетической энергии):

$$\frac{\partial(\rho\varepsilon)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho\varepsilon u_i)}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left[\left(\mu+\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\mathrm{grad}\,\varepsilon\right]+C_{1\varepsilon}\frac{\varepsilon}{k}\left(2\mu_t E_{ij}E_{ij}+C_{3\varepsilon}G_b\right)-C_{2\varepsilon}\rho\frac{\varepsilon^2}{k}+S_\varepsilon, \quad (9)$$

где S_ε – источниковый член, кг/(м·с⁴), который здесь принимается равным нулю; тензор E_{ij} определяется стандартными выражениями k–ε модели.

В уравнении (9) имеется связанный с силами плавучести коэффициент $C_{3\varepsilon}$, рассчитанный из следующего соотношения:

$$C_{3\varepsilon}=\tanh\left|\frac{v}{u}\right|, \quad (10)$$

где v и u – компоненты вектора скорости газовоздушного потока, м/с, параллельный и перпендикулярный вектору силы тяжести соответственно.

Уравнение для турбулентной вязкости, кг/(м·с):

$$\mu_t=\rho C_\mu\frac{k^2}{\varepsilon}. \quad (11)$$

Уравнение для коэффициента турбулентной диффузии:

$$\Gamma_t=\frac{\mu_t}{Sc_t}. \quad (12)$$

Уравнение состояния идеального газа:

$$\rho=(p_{\text{раб}}+p)/(R\cdot T/M_\omega), \quad (13)$$

где $p_{\text{раб}}$ – рабочее давление, Па; p – избыточное давление, рассчитанное пакетом Fluent, Па; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура газа, К; M_ω – молекулярный вес газа, г/моль.

Константы турбулентности согласно работам [5–6] допускается принимать

$$C_\mu=0{,}0333;\ \sigma_k=1{,}00;\ \sigma_\varepsilon=1{,}3;$$
$$C_{1\varepsilon}=1{,}176;\ C_{2\varepsilon}=1{,}92.$$

Данные константы турбулентности в случае моделирования пограничного слоя атмосферы отличаются от констант турбулентности, используемых в Fluent по умолчанию. Результаты расчетов показали, что коэффициенты турбулентной диффузии, полученные при использовании k-ε модели с указанными константами хорошо согласуются с коэффициентами турбулентной диффузии, полученными по данным Монина и Обухова. При этом если принять турбулентное число Шмидта за единицу, то коэффициент турбулентной диффузии, полученный в результате численного моделирования, будет полностью совпадать с коэффициентом K_z, найденным по теории подобия Монина – Обухова [3]:

$$K_z = (K \cdot u_* \cdot z)/(1 + \beta_* \cdot z/L), \qquad (14)$$

где K – константа Кармана (в расчетах использовалось значение 0,41); u_* – динамическая скорость, м/с; z – вертикальная координата, м; β_* – некоторая универсальная постоянная, подлежащая определению на основе эмпирических данных; L – масштаб длины Монина – Обухова, м.

Уравнения для измененной «стандартной» k–ε модели для несжимаемой среды остаются теми же, за исключением уравнения состояния идеального газа (13). В этом случае оно выглядит уже как

$$\rho = (p_{\text{раб}})/(R \cdot T/M_{\omega}). \qquad (15)$$

В данной работе не рассматривалась модель Буссинеска для плотности, из-за того, что у этой модели есть существенный недостаток: ее нельзя применять в случае больших перепадов температуры по высоте, так как в этом случае линейная аппроксимация не будет удовлетворять приемлемой точности [10].

Отметим также, что, в случае моделирования сжимаемой среды, входные значения профилей турбулентной кинетической энергии и скорости диссипации турбулентной кинетической энергии удается сохранить во всей расчетной области лишь путем их фиксации в пакете Fluent. Но при этом значительно сокращается время расчета. Однако моделирование с фиксацией профилей можно проводить исключительно на ровной поверхности с небольшими элементами шероховатости. В случае же, когда в расчетной сетке имитируется размещение зданий, технологического оборудования или других препятствий, а также при наличии источников, сильно искажающих профиль ветра, фиксирование турбулентных профилей будет приводить к неверным результатам, так как в этом случае не учитывается генерация турбулентности препятствиями.

Моделирование же несжимаемой среды возможно как с фиксацией профилей турбулентных характеристик, так и без фиксации. При этом сохранение профиля атмосферной турбулентной вязкости во всей расчетной области происходит за счет использования в уравнении для переноса кинетической энергии турбулентности k (6) источникового члена [5–6]:

$$S_k = -\beta g_i^2 \frac{\mu_t}{c_p \cdot Pr_t}. \qquad (16)$$

Таким образом, применение модели несжимаемой среды без фиксации профилей позволяет учесть изменения турбулентности в случае препятствий. Главное отличие от работ [5–6] состоит в том, что источниковый член (16) используется в случае моделирования несжимаемой среды и при этом источниковый член в уравнении для переноса скорости диссипации кинетической энергии турбулентности ε (9) равен нулю. Благодаря этому затраты машинного времени на выполнение расчетов существенно сокращаются.

Особое внимание при моделировании следует обратить на создание поля давления под действием гравитационных сил земли.

Граничные условия

Моделирование горизонтально-однородного пограничного слоя атмосферы с учетом его стратификации производится до начала выбросов. При этом рассматривался стационарный процесс. Следовательно, в вышеприведенных уравнениях (1–3, 5–6, 9) производные по времени равны нулю; однако в Fluent они используются для получения стационарного решения методом установления по времени.

Для входной (левой) и верхней границ расчетной области использовалось граничное условие «Velocity Inlet», требующее задания значений или профилей всех компонент скорости, температуры, k и ε в соответствии с моделируемым состоянием атмосферной стратификации [3, 5–7, 11–13]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0; \quad \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} = 0; \quad \frac{\partial(\rho h)}{\partial t} = 0; \; C = 0;$$

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} = 0; \quad \frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} = 0.$$

Вход и верхняя граница расчетной области для различных состояний атмосферной стратификации задавались как граничное условие – Velocity Inlet (скорость на входе [3, 5–7, 11–13]):

1. Моделирование неустойчивого состояния атмосферы, $L < 0$:

$$u(z)=\frac{u_*}{K}\left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)+\ln\left(\frac{8\cdot\Phi_m^4\left(\frac{z}{L}\right)}{\left(\Phi_m\left(\frac{z}{L}\right)+1\right)^2\cdot\left(\Phi_m^2\left(\frac{z}{L}\right)+1\right)}\right)-\frac{\pi}{2}+2\cdot\operatorname{arctg}\left(\frac{1}{\Phi_m\left(\frac{z}{L}\right)}\right)\right]; \quad (17)$$

$$T(z)=T_0+\frac{T_*}{K}\left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)-2\ln\left(\frac{1}{2}\left(1+\Phi_m^{-2}\left(\frac{z}{L}\right)\right)\right)\right]-\frac{g}{C_p}(z-z_0); \quad (18)$$

$$\varepsilon=\frac{u_*^3}{Kz}\,\Phi_E\left(\frac{z}{L}\right); \quad (19)$$

$$k=\frac{u_*^2}{\sqrt{C_\mu}}\sqrt{\frac{\Phi_E\left(\frac{z}{L}\right)}{\Phi_m\left(\frac{z}{L}\right)}}; \quad (20)$$

$$\Phi_m\left(\frac{z}{L}\right)=(1-16\,z/L)^{-1/4}; \quad (21)$$

$$\Phi_E\left(\frac{z}{L}\right)=1-\frac{z}{L}, \quad (22)$$

где $u(z)$ – скорость ветра на высоте z, м/с; z_0 – высота шероховатости, м; $\Phi_m\left(\frac{z}{L}\right)$, $\Phi_E\left(\frac{z}{L}\right)$ – универсальные безразмерные функции; $T(z)$ – температура на высоте z, К; T_0 – температура поверхности (земли), К; T_* – масштаб температуры, К; g – ускорение свободного падения, м/с^2; ε – скорость диссипации турбулентной кинетической энергии, м^2/с^3; k – турбулентная кинетическая энергия, м^2/с^2;

2. Моделирование нейтрального состояния атмосферы, $L = \infty$:

$$u(z)=\frac{u_*}{K}\left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right]; \quad (23)$$

$$T(z)=T_0-\frac{g}{C_p}(z-z_0); \quad (24)$$

$$\varepsilon=\frac{u_*^3}{Kz}; \quad (25)$$

$$k=\frac{u_*^2}{\sqrt{C_\mu}}. \quad (26)$$

3. Моделирование устойчивого состояния атмосферы, $L > 0$:

$$u(z)=\frac{u_*}{K}\left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)+\Phi_m\left(\frac{z}{L}\right)-1\right]; \quad (27)$$

$$T(z)=T_0+\frac{T_*}{K}\left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)+\Phi_m\left(\frac{z}{L}\right)-1\right]-\frac{g}{C_p}(z-z_0); \quad (28)$$

$$\varepsilon=\frac{u_*^3}{Kz}\,\Phi_E\left(\frac{z}{L}\right); \quad (29)$$

$$k=\frac{u_*^2}{\sqrt{C_\mu}}\sqrt{\frac{\Phi_E\left(\frac{z}{L}\right)}{\Phi_m\left(\frac{z}{L}\right)}}; \quad (30)$$

$$\Phi_m\left(\frac{z}{L}\right)=1+5\frac{z}{L}; \quad (31)$$

$$\Phi_E\left(\frac{z}{L}\right)=1+4\frac{z}{L}. \quad (32)$$

При включении уравнения для переноса газа на входной границе необходимо задание массовых долей всех компонентов газовоздушной смеси.

На нижней границе области задавалось условие прилипания («wall»), подразумевающее, что на этой границе $u = v = w = 0$. Однако при использовании этой опции в сочетании со стандартной k–ε моделью граничное условие задается не на самой стен-

ке, а в центре первой пристеночной ячейки расчетной сетки через использование логарифмического закона стенки для скорости, температуры и концентрации. Для k и ε задание граничных условий на нижней границе не требуется (для стандартной k–ε модели Fluent использует для k условие $\partial k/\partial z = 0$, а значение ε в центре первой пристеночной ячейки расчетной сетки рассчитывается по стандартной формуле).

Эквивалентная шероховатость:

$$K_s = \frac{9{,}793 \cdot z_0}{C_s}, \qquad (33)$$

где K_s – эквивалентная высота элементов шероховатости на подстилающей поверхности, используемая в Fluent вместо z_0 для логарифмического закона стенки, м; C_s – константа шероховатости, $C_s = 0{,}5$ [8].

Значение температуры на нижней границе области задавалось постоянным, в соответствии с вертикальным профилем температуры, выбранным для рассматриваемого условия атмосферной стратификации.

На выходной (правой) границе области использовалось граничное условие «Pressure Outlet», требующее задания вертикального профиля давления. При этом градиенты всех остальных переменных потока в нормальном направлении к выходу принимаются равными нулю. В случае возникновения втекания воздуха через эту границу на некоторых итерациях при решении уравнений Fluent рассматривает те участки границы, через которые произошло втекание воздуха, в качестве входной границы. Следовательно, пользователь должен заранее предусмотреть эту ситуацию и задать корректные вертикальные профили для температуры, k и ε на выходной границе для ускорения сходимости решения. Для этой цели в данной работе выходные профили этих переменных потока задавались по тем же зависимостям, что и вертикальные профили на входе.

Отличие от предыдущих работ [5–7, 11–13] заключается в том, что в этих работах на выходной границе использовалось условие либо «Outflow», которое не требует задания вертикального профиля для давления, либо «Pressure Outlet» с заданием однородного вертикального профиля по высоте или с использованием профиля на основе уравнения гидростатики. В данной работе используется условие «Pressure Outlet», но давление задается неоднородным по высоте, когда профиль давления на выходной границе устанавливается неоднородным, через использование опции «Boundary Profile» (граничный профиль). Этот профиль получается итерационным путем. Сначала задается однородный профиль, и расчет ведется до сходимости. Затем записывается профиль из середины области, где профиль давления более-менее установился, и используется в качестве граничного условия на выходе. Затем снова записывается граничное условие из середины области и используется в качестве граничного условия на выходе. Данный итерационный процесс повторяется до тех пор, пока разница между итерациями будет неощутимой.

Расчетная сетка

Описанная выше физико-математическая модель описывает трехмерный процесс. Однако для сокращения времени вычислений в данной работе использовано двухмерное приближение к реальной задаче. Для этого достаточно использования двухмерных конечных элементов для дискретизации расчетной области задачи.

Таким образом, двухмерная расчетная сетка была построена из элементов четырехугольной формы и сгущалась в сторону всех четырех границ области. Размеры области двухмерной расчетной сетки менялись в зависимости от моделирования определённой устойчивости атмосферы в диапазоне от 3000 до 5000 м по длине. Особое внимание было уделено размеру первого ряда ячеек сетки вблизи нижней границы области, т.к. для этого ряда ячеек должно выполняться сразу несколько условий:

1) $30 < y^+ < 500$;

2) $y_p > y_0$.

В расчетах y принималась как координата высоты расчетной области.

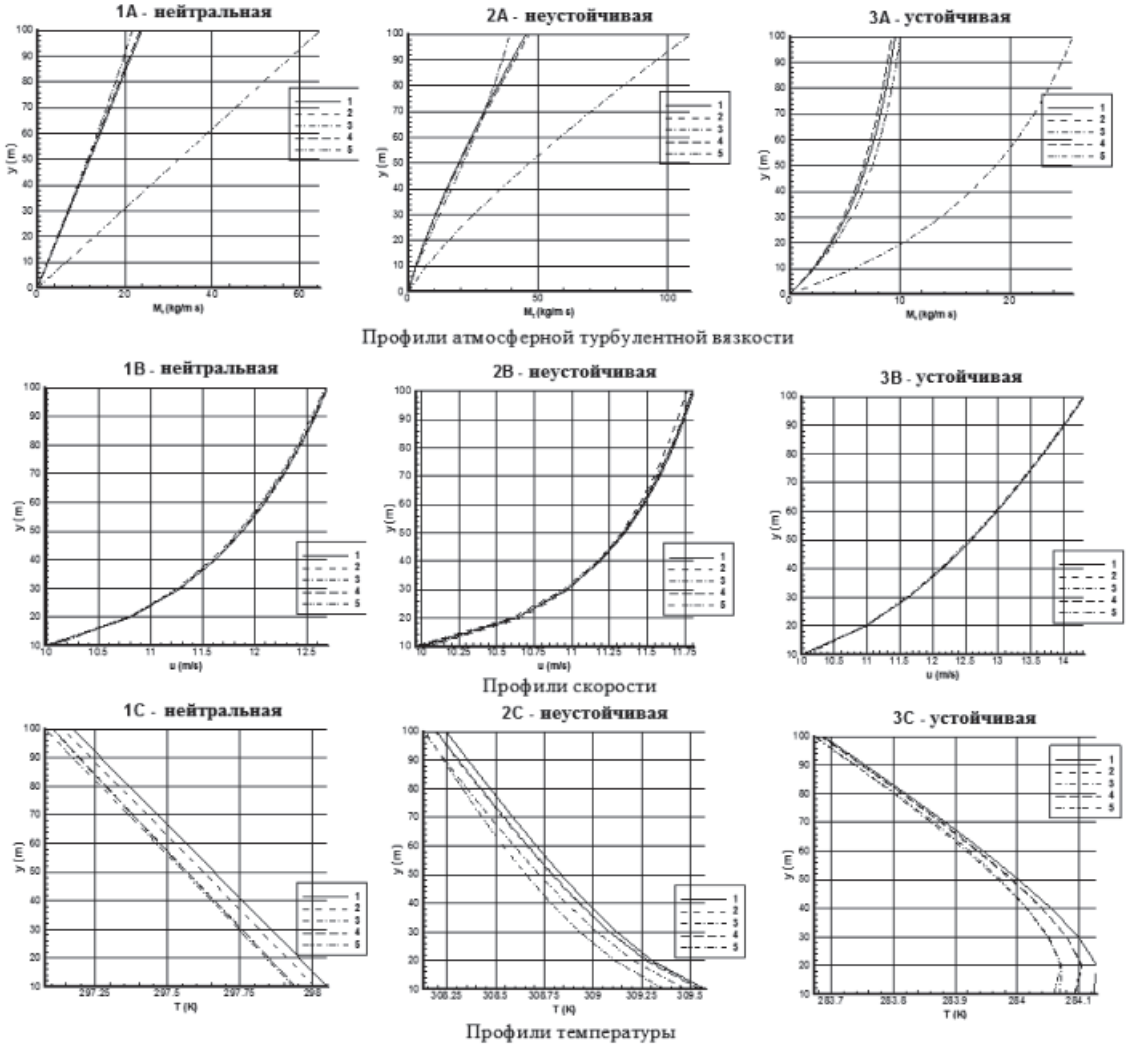
Первое условие означает, что центр первой ячейки сетки должен находиться в развитой турбулентной (логарифмической) части турбулентного пограничного слоя атмосферы, имеющего масштаб, приблизительно равный высоте элементов шероховатости на подстилающей поверхности. Второе условие означает, что центр первой ячейки сетки y_p должен быть выше элементов шероховатости y_0 на подстилающей поверхности [8].

Результаты расчетов

Результаты расчетов приведены на рисунке.

На рисунке представлены результаты численного моделирования в двухмерной расчетной области. В качестве сохраняемых

параметров вдоль расчетной области были выбраны: атмосферная турбулентная вязкость, скорость и температура. Вертикальные профили на входной границе $x = 0$ м строились с учетом теории подобия Монина – Обухова и сравнивались с профилями в сечении $x = 500$ м при различных стратификациях атмосферы в случаях сжимаемой и несжимаемой сред с учетом фиксации или с учетом использования источникового члена.



Численное моделирование атмосферного пограничного слоя:
1 – Граничное условие на входе; 2 – Профиль через 500 м, сжимаемая среда, фиксация;
3 – Профиль через 500 м, сжимаемая среда, фиксация, стандартные константы;
4 – Профиль через 500 м, несжимаемая среда, фиксация;
5 – Профиль через 500 м, несжимаемая среда с источником

Согласно результатам численного моделирования лучше всего профили атмосферной турбулентной вязкости сохраняются в случае сжимаемой среды и при фиксации турбулентных характеристик. При этом профили в расчетах с использованием несжимаемой среды отличаются не намного: при использовании фиксации в среднем на 2,7 % от граничных условий на входе, а в случае использования источникового члена на 7,1 %. Лучшее сохранение профилей турбулентной атмосферной вязкости в случае фиксации турбулентных характеристик объясняется малым изменением плотности атмосферного воздуха в ходе моделирования по длине расчетной области, причем в случае сжимаемой среды речь идет о практически полном

сохранении входного профиля. При использовании источникового члена профили отличаются не только из-за изменения плотности и влияния, оказываемого самим членом, но еще из-за заданного граничного условия на верхней границе. Для того чтобы снизить влияние граничного условия на верхней границе, необходимо увеличивать расчетную сетку по высоте. В таком случае возможно приемлемое моделирование до такой определенной высоты, когда профиль атмосферной турбулентной вязкости будет не сильно отличаться от входного профиля. Наглядно видно, что использование стандартных констант турбулентности существенно завышает значение атмосферной турбулентной вязкости по сравнению с граничными условиями, полученными по теории подобия Монина – Обухова. Это объясняется тем, что в уравнении (11) для атмосферной турбулентной вязкости стандартная константа турбулентности C_μ принимается равной 0,09.

Профили скорости и профили температуры при разных устойчивостях от граничных заданных условий в среднем отличаются не более чем на 0,1 %.

Тем самым расчеты показали что, несмотря на то, что плотность воздуха в случаях сжимаемой и несжимаемой среды задается различными уравнениями, они не сильно влияют на соответствующие профили скорости и температуры.

Исходя из результатов расчетов, было замечено, что с дальнейшим увеличением продольной координаты x профили начинают отличаться от входного профиля. Для сохранения профилей на еще более дальние расстояния необходимо увеличивать расчетную область в этом направлении. Увеличение сетки в направлении x положительно влияет на сохранение профилей в определенной точке, но увеличивает время расчета.

Такие малые расхождения в профилях атмосферной турбулентной вязкости, скорости и температуры позволяют адекватно учесть распространение опасных газов с учетом стратификации атмосферы во всей расчетной области.

Заключение

Разработанная модель позволяет сохранять входные граничные профили на протяжении всей расчетной области. В частности, сохранение профилей атмосферной турбулентной вязкости во всей расчетной области удалось получить благодаря фиксации профилей в пакете Fluent в случае моделирования сжимаемой и несжимаемой сред, либо путем добавления источникового члена в случае моделирования несжимаемой среды. Зависимость профилей скорости, температуры и турбулентных характеристик от масштаба длины Монина – Обухова, а также возможность сохранения в расчетной зоне всех этих профилей при различных стратификациях атмосферы позволяет адекватно спрогнозировать распространение облаков опасных газов в окружающей среде при различных средах в случае однородного пограничного слоя атмосферы. Использование источникового члена позволяет смоделировать распространение и при наличии препятствий в моделируемой расчетной области.

Список литературы

1. Галеев А. Д., Поникаров С.И., Салин А.А. Моделирование последствий аварийного пролива бинарного раствора с использованием программы Fluent // Математическое моделирование. – 2011. – Т. 23, № 7. – С. 129–144.

2. Горский В.Г. Научно-методические аспекты анализа аварийного риска / В.Г. Горский, Г.А. Моткин, В.А. Петрунин, Г.Ф. Терещенко, А.А. Шаталов, Т.Н. Швецова-Шиловская. – М.: Экономика и информатика, 2002. – 260 с.

3. Монин А.С., Обухов А.М. Основные закономерности турбулентного перемешивания в приземном слое атмосферы // Труды Геофизического института АН СССР – 1954. – № 24. (151). – С. 163–187.

4. Швыряев А.А. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе: учебное пособие / А.А. Швыряев, В.В. Меньшиков. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 124 с.

5. Alinot C., Masson C. Aerodynamic simulations of wind turbines operating in atmospheric boundary layer with various thermal stratifications // ASME Conference Proceedings. – 2002. – Vol. 2002, № 7476X. – P. 206–215.

6. Alinot C. Masson C. K-ε model for the atmospheric boundary layer under various thermal stratifications // Journal of Solar Energy Engineering. – 2005. – Vol. 127, № 4. – P. 438–443.

7. Balogh M., Parente A., Benocci C. RANS simulation of ABL flow over complex terrains applying an enhanced k-ε model and wall function formulation: implementation and comparison for Fluent and OpenFOAM // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2012. – Vol. 104, № 106. – P. 360–368.

8. Blocken B., Stathopoulos T., Carmeliet J. CFD simulation of the atmospheric boundary layer: wall function problems // Atmospheric Environment. – 2007. – Vol. 41, № 2. – P. 238–252.

9. Cheng A., Cheng D.T. Heritage and early history of the boundary element method // Engineering Analysis with Boundary Elements. – 2005. – № 29. – P. 268–302.

10. Fluent Inc. Fluent 6.3. User's Guide. – Lebanon, 2006.

11. Parente A., Benocci C. On the RANS simulation of neutral ABL flows // In: Proceedings of the Fifth International Symposium on Computational Wind Engineering (Chapel Hill, North Carolina, USA, 23-27 May, 2010). – P. 1–8.

12. Pontiggia M., Derudi M., Busini V., Rota R. // Journal of Hazardous Materials. – 2009. – Vol. 171, № 1. – P. 739–747.

13. Russell A. Computational fluid dynamics modeling of atmospheric flow applied to wind energy research // A thesis Master of Science in Mechanical Engineering (Boise State University, December 2009).

14. Versteeg H.K, Malalasekera W. An introduction to computational fluid dynamics. The finite volume method. – Second edition. – Harlow, 2007. – P. 517.

References

1. Galeev A. D., Ponikarov S.I., Salin A.A. Modelirovanie posledstviy avariynogo proliva binarnogo rastvora s ispolzovaniem programmy Fluent [Modelling of the binary solution spill consequences using Fluent software]. Matematicheskoe modelirovanie, 2011, Vol. 23, no. 7, pp. 129–144.

2. Gorskiy V.G. Nauchno-metodicheskie aspekty analiza avariynogo riska. V.G. Gorskiy, G.A. Motkin, V.A. Petrunin, G.F. Tereschenko, A.A. Shatalov, T.N. Shvetsova-Shilovskaya. Moscow, Ekonomika i informatika publ., 2002, 260 p.

3. Monin A.S., Obuhov A.M. Osnovnye zakonomernosti turbulentnogo peremeshivaniya v prizemnom sloe atmosfery [Basic laws of turbulent mixing in the surface layer of the atmosphere]. Trudy Geofizicheskogo instituta AN USSR, 1954, no. 24. (151), pp. 163–187.

4. Shvyryaev A.A. Otsenka riska vozdeystviya zagryazneniya atmosfery v issleduemom regione: uchebnoe posobie. A.A. Shvyryaev, V.V. Menshikov. Moscow, MGU publ., 2004, 124 p.

5. Alinot C., Masson C. Aerodynamic simulations of wind turbines operating in atmospheric boundary layer with various thermal stratifications // ASME Conference Proceedings. 2002. Vol. 2002, no. 7476X. pp. 206–215.

6. Alinot C. Masson C. K-ε model for the atmospheric boundary layer under various thermal stratifications // Journal of Solar Energy Engineering. 2005. Vol. 127, no. 4. pp. 438–443.

7. Balogh M., Parente A., Benocci C. RANS simulation of ABL flow over complex terrains applying an enhanced k-ε model and wall function formulation: implementation and comparison for Fluent and OpenFOAM // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics – 2012. Vol. 104, no. . 106. pp. 360–368.

8. Blocken B., Stathopoulos T., Carmeliet J. CFD simulation of the atmospheric boundary layer: wall function problems // Atmospheric Environment. 2007. Vol. 41, no.2. pp. 238–252.

9. Cheng A., Cheng D.T. Heritage and early history of the boundary element method // Engineering Analysis with Boundary Elements. 2005. no. 29. pp. 268–302.

10. Fluent Inc. Fluent 6.3. User's Guide, Lebanon, 2006.

11. Parente A., Benocci C. On the RANS simulation of neutral ABL flows // In: Proceedings of the Fifth International Symposium on Computational Wind Engineering (Chapel Hill, North Carolina, USA, 23–27 May, 2010). pp. 1–8.

12. Pontiggia M., Derudi M., Busini V., Rota R. // Journal of Hazardous Materialsэ 2009. Vol. 171, no. 1. pp. 739–747.

13. Russell A. Computational fluid dynamics modeling of atmospheric flow applied to wind energy research // A thesis Master of Science in Mechanical Engineering (Boise State University, December 2009).

14. Versteeg H.K, Malalasekera W. An introduction to computational fluid dynamics. The finite volume method. Second edition. Harlow, 2007. pp. 517.

Рецензенты:

Зиннатуллин Н.Х., д.т.н., профессор кафедры ПАХТ Казанского национального исследовательского технологического университета, г. Казань;

Строганов В.Ф., д.х.н., профессор, зав. кафедрой ХиИЭС Казанского государственного архитектурно-строительного университета, г. Казань.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 624.145.3

КОМБИНИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ ИСКУССТВЕННОГО ОСЛАБЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ЛЬДА НА ЗАТОРООПАСНЫХ УЧАСТКАХ РЕК С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕАГЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Морозова О.В.

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет», Иркутск, e-mail: movirk@mail.ru

Рассмотрены риски чрезвычайных ситуаций, связанных с весенним половодьем в Иркутской области. Образование заторных явлений во время ледохода на реках – одна из основных причин этого риска. Для предупреждения наводнений и оперативного реагирования в Иркутской области применяют взрывы льда. Проанализированы расходы взрывчатых веществ на данной территории. Взрывные технологии достаточно эффективны, но оказывают негативное воздействие на компоненты природной среды и сопряжены с опасностью выполнения работ данного вида. Установлено образование зон локального загрязнения атмосферы при взрывах и рекомендовано применять другие технологии борьбы с заторами, в частности обоснована целесообразность применения распиловки с внесением в распилы рассола из местного месторождения. Предложено для предотвращения образования заторных явлений на реках применять рассол Знаменского месторождения промышленных вод Жигаловского района. Проведены испытания с применением реагентной технологии. Проанализированы их результаты. Сделаны выводы о рациональности применения реагентной технологии. Использование предлагаемой технологии в распиловке и зачернении льда может повысить эффективность мер по борьбе с наводнениями и уменьшить взрывные работы.

Ключевые слова: наводнения, заторы, технологии разрушения льда, взрывные методы, экологические последствия, природные опасности, риски, анализ, рассол

THE COMBINED METHODS OF ARTIFICIAL WEAKENING OF THE STRENGTH OF ICE ON RIVERS WITH ICE JAMS USING REAGENT TECHNOLOGY

Morozova O.V.

National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, e-mail: movirk@mail.ru

The risks of emergencies associated with spring flood time in the Irkutsk region were examined. Flood formation during ice drift is one of the reasons for this risk. There are some flood preventions and critical incident response with ice explosion carried out in Irkutsk region. The consumption of explosives in the area is analyzed. Explosive technologies are quite effective, but have a negative impact on the environmental elements and dangerous for this kind of effort. It is indicated that explosions cause the formation of zones of local air pollution. Therefore, it is recommended to apply other technologies to control cloggings, in particular the authors prove the feasibility of using sawing with the introduction of brine from the local deposit in the saw cuts. It was proposed to use salt water of Znamensky industrial water field to prevent ice jams on rivers in Zhigalovsky district. There were run some tests using the reagent technology. The results were analyzed. The conclusions about the rationality of using the reagent technology were made. Using the proposed technology can improve the effectiveness of the anti-flood measures in sawing and blackened ice and reduce blasting.

Keywords: floods, ice blockage, technology of ice destruction, blasting methods, environmental implications, natural hazards, risks, analysis, salt water

Актуальность водных проблем в социальных, экономических и экологических видах деятельности отражена принятыми важнейшими федеральными документами – Водным кодексом Российской Федерации, Водной стратегией Российской Федерации на период до 2020 года, Федеральной целевой программой «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» и другими документами. В настоящее время реализуется 20 инвестиционных проектов, направленных на развитие водохозяйственного комплекса России, с объемом финансирования 44 млрд рублей. Среди основных тематических направлений исследований значительное внимание обращается на опасные гидрологические явления: их оценку, прогноз и снижение рисков, утверждены правила определения зон затопления, подтопления, которые устанавливают порядок определения границ зон затопления, подтопления. Сведения о зонах затопления, подтопления передаются в государственный водный резерв и МЧС. В границах зон подтопления определяются территории сильного, умеренного и слабого подтопления (в зависимости от залегания грунтовых вод).

На территории Иркутской области ежегодно фиксируется повышение уровня воды в реках в период весеннего половодья и вследствие ливневых дождей, в результате чего происходит подтопление жилых и хозяйственных объектов. Кроме того, на северных реках региона возникают заторные, зажорные явления, наледи, приводящие к чрезвычайным ситуациям. Районы Иркутской области с высокими предпо-

сылками к ЧС, связанными с весенним половодьем, – это территории 54 населенных пунктов в 8 районах области. Летний паводок: в июне-июле в результате одновременного выпадения месячной и более нормы осадков в краткосрочный период и интенсивного таяния снега в горах Восточных Саян могут возникать чрезвычайные ситуации, связанные с летними паводками. На развитие летнего паводка влияет совокупность следующих факторов: интенсивные или продолжительные осадки (выпадение месячного количества осадков в течение 3 и более дней); переувлажненность почвы, что приводит к сбросу талых вод в реки; форма русла рек; активное таяние снежного покрова в горах Восточных Саян, Хамар-Дабана и Прибайкалья и сброс талых вод в притоки рек. Наиболее проблемными территориями, подверженными подтоплению в результате летнего паводка, являются поймы рек Иркут, Олха, Китой, Уда, Ия, Белая, Бирюса и Киренга. В зону возможного подтопления в летний период могут попасть территории 15 населенных пунктов в 6 районах области. Возникновение ЧС, происшествий, обусловленных образованием зажоров на реках характерно для осени – начала зимы, когда в период интенсивного ледообразования с верхних частей рек вниз по течению происходит движение ледяной крошки (шуги) навстречу уже установившемуся ледоставу. При этом происходит снижение пропускной способности русла реки и, как следствие, может произойти разлив реки по берегам, движение воды поверх льда. На 17 участках возможного подтопления наледи наблюдаются ежегодно (80–100 %) [1].

Участки, наиболее подверженные затороопасным явлениям, определены – это 49 участков, возможная суммарная площадь которых составляет почти 1 км^2 [2].

При непосредственном участии автора в ИрГТУ исследованы риски чрезвычайных ситуаций, связанных с весенним половодьем, выполнен ретроспективный анализ и прогнозная оценка наводнений по районам Иркутской области, проанализированы современные способы предупреждения заторообразований на реках. Заторообразования в момент ледохода на реках с северным направлением течения являются основной причиной усугубления обстановки при прохождении ледохода. Установлено, что эффективность большинства из превентивных способов достаточна низка из-за климатических особенностей, удаленности мест образования заторов, масштабности и трудоемкости работ, больших финансовых затрат, а взрывные технологии хотя и эффективны, но оказывают негативное воздействие на компоненты природной среды [2]. По расчетам Байкальского филиала ФГУП «Госрыбцентр», ежегодный ущерб по потерям рыбопродукции при выполнении взрывных работ по предупреждению и ликвидации заторов на реках Бирюса, Лена, Нижняя Тунгуска, Илга, Иликта может составить более 300 тыс. руб.

На территории Иркутской области для ослабления прочности ледового покрова на реках при проведении весенних предупредительных противопаводковых мероприятий чаще всего применяют три способа: распиловка, зачернение льда и проведение взрывных работ. При этом в Иркутской области полный объем мероприятий по ослаблению прочности льда составляет 4 % относительно РФ, 17 % относительно СФО, а взрывные работы в этих мероприятиях составляют соответственно 13 и 42 %.

С целью минимизации рисков возникновения заторообразований на реках области, последствий, вызванных заторами, и негативных последствий применения взрывчатых веществ, использующихся противопаводковых мероприятий, предлагается в качестве альтернативы применять комбинированные способы искусственного ослабления прочности льда на реках на основе реагентной технологии. Возможности применения следующие:

– замена профилактических взрывных работ комбинированными способами;

– усиление проводимых работ по зачернению и пилению льда на участках возможных заторообразований реагентной технологией, что будет являться комбинированными способами.

В период с 03.03.2014 по 11.04.2014 г. на реках Куда и Иркут были проведены опытно-промышленные испытания комбинированных способов искусственного ослабления прочности льда на реках на основе известных способов по распиловке и зачернению льда в комбинации с реагентной технологией. Комбинированные способы искусственного ослабления прочности ледового покрова рек направлены на повышение эффективности проводимых мероприятий по распиловке и зачернению льда путем совмещения данных способов с применением природного рассола в качестве реагента, гарантирующего результативность и ускоряющего процесс таяния льда, чем достигается ослабление его прочности на отдельных участках для предупреждения в этих местах заторообразований на реках и беспрепятственного прохождения ледохода. Испытание предлагаемых комбинированных способов воздействия на ледовое

пространство рек проходило с использованием в качестве реагента природного рассола Знаменского месторождения промышленных вод Жигаловского района. Данный рассол исследовался в лабораториях кафедры ПЭ и БЖД НИ ИрГТУ. Предварительно изучен состав сырья, основные компоненты, проведена токсикологическая экспертиза, определена нетоксичная концентрация рассола. Методом фитодиагностики установлено, что реализация предложенной технологии предупреждения заторообразований с использованием рассола Знаменского месторождения при соблюдении технологического регламента экологических ограничений не имеет. Характеристика сырья: гидроминеральное сырье (рассол) имеет суммарную минерализацию до 600 г/л, удельный вес – 1,42 кг/л, кислотность pH – 4,6, давление пластовое – 460 атм., давление устьевое – 178 атм., температура рассола в пласте – 36–38 °С. Содержание основных компонентов приведено ниже в таблице [3].

Содержание компонентов в рассоле, г/л

Элементы	Li	Mg	Ca	Cl	Br	K	Na	Sr	I
В расчете на элемент	0,42	29,2	120,9	325,3	9,3	4,3	2,4	0,62	0,09
В расчете на хлорид	2,5	116,8	335,5			8,2	6,0	1,2	

Использование рассола во взаимодействии со льдом вызывает ослабление молекулярного сцепления и разрушение кристаллических решеток льда, благодаря чему лед начинает таять при более низкой температуре, скорость таяния льда увеличивается.

Предлагаемые комбинированные способы искусственного ослабления прочности льда – это известные способы по распиловке и зачернению льда, усиленные воздействием рассола на лед в качестве реагента:

1 способ – распиловка льда + реагентная технология (заливка рассола в пропилы);

2 способ – зачернение льда + реагентная технология (орошение рассолом).

При опытно-промышленных испытаниях установлено, что высокая эффективность ослабления прочности льда достигается:

❖ за счет исключения свойства режеляции (смерзаемости) льда при распиловке и заливке рассола в пропилы;

❖ за счет уменьшения альбедо (отражательная способность влажной почвы всегда меньше, чем сухой) и, соответственно, увеличения теплопроводности при зачернении льда и орошении рассолом.

Определены нормы расхода рассола на технологический цикл при толщине льда $h_л \geq 50$ см на 1 м^2 ледовой поверхности:

1 способ: ≤ 5 литров 50 % раствора рассола (2,5 л нативного);

2 способ: ≤ 2 литра 50 % раствора рассола (1 л нативного).

Технология способов распиловки и зачернения льда и меры предосторожности при применении этих способов полномерно описаны как методы искусственного ослабления льда в нормативных документах [4], а условия внесения реагентов отработаны нами. Испытания проводили по следующей схеме: на 1 м^2 льда делали по два параллельных пропила на 1/2 толщины льда. Параметры каждого пропила: 100 см длина, 25 см глубина, 1 см ширина, объем пропила 2500 см^3. В опытный пропил вносили 2,5 л разбавленного раствора рапы. Фиксировали скорость протаивания, измеряя линейкой высоту протайки, и время полного таяния льда. Эффективное действие рассола, определенное по результатам предварительно проведенных экспериментов и испытаний, происходит не только в глубину (вниз), но и в ширину (в стороны). Данное его качество наиболее выгодно рассматривать при применении рассола в пропилы льда. На рис. 1 изображены отдельные выборочные элементы из различных этапов проведения опытно-промышленных испытаний.

В комбинированной технологии с зачернением льда применили орошение зачерненной поверхности при помощи ранцевого огнетушителя «РЛО-Ермак» из расчета 1 л на 1 м^2. Таким образом, происходит совмещение способа по использованию радиационного тепла: зачернение льда темными материалами, с химическим способом: реагентная технология с применением рассола. На рис. 2 приведены результаты испытаний по ослаблению прочности льда, оцененные по времени полного протаивания льда (отсчет от начала испытаний).

Как следует из приведенных данных, применение комбинированной технологии искусственного ослабления прочности льда позволяет сократить время протаивания льда в 2–3 раза. Причем 1 способ эффективнее влияет на нарушение целостности ледового покрова, 2 способ эффективен по уменьшению толщины льда. Оба способа, безусловно, ослабляют прочность ледового покрова рек и благодаря рассолу имеют гарантированный (за счет исключения

конжеляции – повторного замерзания талой воды на поверхности льда при низких ночных температурах) и сокращенный по времени протаивания результат, что говорит об увеличении интенсивности воздействия на лед предлагаемыми комбинированными способами и целесообразности применения реагентной технологии.

Рис. 1. Основные элементы проведения опытно-промышленных испытаний

Рис. 2. Результаты испытаний по ослаблению прочности ледового покрова рек

Приоритет в выборе способа и схемы применения комбинированных способов искусственного ослабления прочности льда, во избежание заторообразований на определенных участках рек, следует заранее разработать с учетом оптимальных и достаточных условий рациональности применения, климатических особенностей данного года и знаний процесса формирования паводочного стока в физико-географических условиях для каждого конкретного участка предполагаемого заторообразования.

Таким образом, использование предлагаемой технологии позволяет повысить эффективность проводимых противопаводковых мероприятий по распиловке и зачернению льда; сократить проведение взрывных работ профилактического характера; сократить затраты на проведение предупредительных противопаводковых

мероприятий. При замене только профилактического вида взрывных работ с использованием 3 тонн взрывчатых веществ (ВВ) экономический эффект по прямым затратам основных показателей составит 267,5 тыс. рублей: 170 тыс. рублей – ущерб биоресурсам; 150 тыс. рублей – стоимость 3000 кг ВВ; 52,5 тыс. рублей – стоимость рассола для применения на 10000 метров при себестоимости 3 тыс./т. Безопасность применения комбинированных способов искусственного ослабления прочности ледового покрова рек на основе реагентной технологии позволит исключить доминирующее применение взрывных работ при проведении весенних противопаводковых мероприятий в Иркутской области [2], следовательно, увеличить безопасность их проведения [3], снизить негативное воздействие на поверхностные воды, сохранение гидрологического, гидрохимического состояния водных объектов как среды обитания водных биологических ресурсов и запасы промысловых видов рыб [5] и, безусловно, минимизировать риски возникновения заторообразований на реках.

Список литературы

1. ГУ МЧС России по Иркутской области / Прогноз на 2014 год. URL: http://www.38.gov.ru/forecasts/ (дата обращения: 27.06.2014).

2. Морозова О.В., Тимофеева С.С. Риски чрезвычайных ситуаций, обусловленных заторами, и современные технологии их минимизации // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1. – С. 428–432.

3. Морозова О.В., Тимофеева С.С. Фитотестирование реагентной технологии для предотвращения заторных явлений на реках // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 3. – С. 39–45.

4. Методические указания по борьбе с заторами и зажорами льда. ВСН 028-70: / Минэнерго СССР. – Л.: Энергия, 1970.

5. Оценка воздействия производства противопаводковых взрывных работ на водные биологические ресурсы рек Бирюса, Лена, Нижняя Тунгуска, Илка, Иликта на территории Иркутской области» федеральное агентство по рыболовству ФГУП «Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства: отчет о НИР. Госрыбцентр Байкальский филиал. – Улан-Удэ, 2014.

References

1. GU MChS Rossii po Irkutskoy oblasti / Prognoz na 2014 god. Available: http: // www.38.gov.ru/forecasts/ (accessed 27.06.2014).

2. Morozova O.V., Timofeeva S.S. Riski chrezvychainykh situatsii, obuslovlennykh zatorami, i sovremennye tekhnologii ikh minimizatsii. Fundamental'nye issledovaniya. 2013. no. 1. pp. 428–432

3. Morozova O.V., Timofeeva S.S. Fitotestirovanie reagentnoi tekhnologii dlya predotvrashcheniya zatornykh yavlenii na rekakh. Fundamental'nye issledovaniya. 2014. no. 3. pp. 39–45.

4. Metodicheskie ukazaniya po bor'be s zatorami i zazhorami l'da. VSN 028-70: Minenergo SSSR, L.: Energiya, 1970.

5. Otsenka vozdeistviya proizvodstva protivopavodkovykh vzpyvnykh rabot na vodnye biologicheskie resursy rek Biryusa, Lena, Nizhnyaya Tunguska, Ilka, Ilikta na territorii Irkutskoi oblasti» federal'noe agentstvo po rybolovstvu FGUP «Gosudarstvennyi nauchno-proizvodstvennyi tsentr rybnogo khozyaistva: otchet o NIR. Gosrybtsentr Baikal'skii filial. Ulan-Ude, 2014.

Рецензенты:

Тимофеева С.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой ПЭ и БЖД, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск;

Медведева С.А., д.х.н., профессор, ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет», г. Иркутск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 539.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ УПРУГИХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ВИДЕ ТРЕУГОЛЬНОГО ИМПУЛЬСА ОТ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИНКИ

Мусаев В.К., Ситник С.В., Тарасенко А.А., Ситник В.Г., Зюбина М.В.

Группа компаний АВМ, Москва, e-mail: musayev-vk@yandex.ru

Рассматривается математическое моделирование волн напряжений при волновом воздействии в объектах сложной формы. Задачи решаются с помощью численного моделирования двумерных плоских уравнений волновой теории упругости. На основе метода конечных элементов в перемещениях разработаны алгоритм и комплекс программ для решения линейных плоских двумерных задач, которые позволяют решать сложные задачи при нестационарных динамических воздействиях. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным на конечные элементы первого порядка. По временной переменной исследуемая область разбивается на линейный конечный элемент. Рассмотрена задача об отражении упругих волн напряжений в виде треугольного импульса от свободной поверхности пластинки. Исследуемая расчетная область имеет 4221 узловую точку и 4000 конечных элементов. Решается система уравнений из 16884 неизвестных. Приводится нормальное напряжение при отражении от свободной поверхности пластинки импульсного воздействия в виде треугольника. Волна сжатия при отражении от свободной поверхности пластинки становится волной растяжения, которая может привести к отколу.

Ключевые слова: моделирование, импульсное воздействие, численный метод, перемещение, напряжение, теория упругости, конечные элементы, алгоритм, комплекс программ, отраженная волна, откол

MATHEMATICAL MODELLING OF NON-STATIONARY ELASTIC REFLECTION OF STRESS WAVES IN THE FORM OF A TRIANGULAR PULSE FROM THE FREE SURFACE OF A PLATE

Musaev V.K., Sitnik S.V., Tarasenko A.A., Sitnik V.G., Zyubina M.V.

The group of companies AVM, Moscow, e-mail: musayev-vk@yandex.ru

Mathematical modeling of stress waves in the wave effect in objects of complex shape. The tasks solved with the help of numerical simulation of two-dimensional planar wave equations of elasticity theory. On the basis of a method of final elements in the movements of the algorithm and the program complex for solving linear flat two-dimensional problems, which allow solving difficult tasks in the non-stationary dynamic impacts. The development of complex programs used algorithmic language Fortran-90. The study area is divided on spatial variables on finite elements of the first order. Temporary variable study area is split into linear finite element. Considered is the problem of reflection of elastic waves stresses in the form of a triangular pulse from the free surface of the plate. Studied computational domain has 4221 anchor point and 4000 finite elements. We solve the system of equations of 16884 unknown. Provides normal stress in the reflection from the free surface of the plate pulse effect in the form of a triangle. Wave compression in the reflection from the free surface of the plate to be the wave of tension that can lead to splitting.

Keywords: modeling, impulse effect, numerical method, displacement, stress, elasticity theory, finite elements, algorithm, a set of programs, the reflected wave, split

Волны напряжений различной природы, распространяясь в деформируемом теле, взаимодействуют друг с другом. После трехкратного или четырехкратного прохождения и отражения волн напряжений в теле процесс распространения возмущений становится установившимся, напряжения и деформации усредняются, тело находится в колебательном движении. Некоторые результаты рассматриваемого численного метода приведены в следующих работах [1–2, 4–10].

Моделирование широко применяется при решении научных и прикладных задач. Математические модели являются наиболее характерными в естественнонаучных исследованиях. Физические модели имитируют часть свойств исследуемого объекта. Поставленная задача реализуется с помощью уравнений математической нестационарной динамической теории упругости. При решении сложных задач возникают проблемы оценки достоверности полученных результатов. На основании изложенного можно утверждать, что оценка точности и достоверности результатов численного моделирования волн напряжений в областях сложной формы является актуальной фундаментальной и прикладной научной задачей. В работах [1–2, 4–5, 9–10] приведена информация о постановке волновых задач теории упругости.

Точные уравнения двумерной (плоское напряженное состояние) динамической теории упругости имеют вид

$$\begin{Vmatrix} \sigma_x, \tau_{xy} \\ \tau_{xy}, \sigma_y \end{Vmatrix} \cdot \begin{Vmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{Vmatrix} = \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \cdot \begin{Vmatrix} u \\ v \end{Vmatrix}, \ (x, y) \in \Gamma;$$

$$\begin{Vmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Vmatrix} = \rho \cdot \begin{Vmatrix} C_p^2, & C_p^2 - 2C_s^2, & 0 \\ C_p^2 - 2C_s^2, & C_p^2, & 0 \\ 0, & 0, & C_s^2 \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Vmatrix};$$

$$\begin{Vmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} \frac{\partial}{\partial x}, & 0 \\ 0, & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial y}, & \frac{\partial}{\partial x} \end{Vmatrix} \cdot \begin{Vmatrix} u \\ v \end{Vmatrix}, \ (x, y) \in (\Gamma \cup S), \tag{1}$$

где σ_x, σ_y и τ_{xy} – компоненты тензора упругих напряжений; ε_x, ε_y и γ_{xy} – компоненты тензора упругих деформаций; u и v – составляющие вектора упругих перемещений вдоль осей OX и OY соответственно; ρ – плотность материала; $C_p = \sqrt{\frac{E}{\rho(1-\nu^2)}}$ – скорость продольной упругой волны; $C_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}$ – скорость поперечной упругой волны; ν – коэффициент Пуассона; E – модуль упругости; S $(S_1 \cup S_2)$ – граничный контур тела Г.

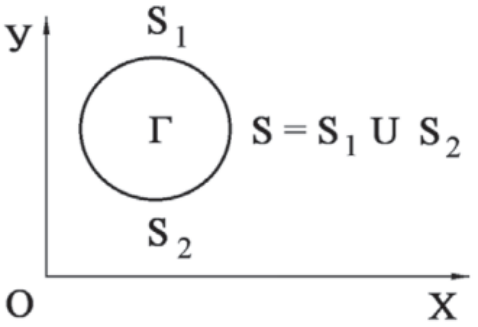


Рис. 1. Некоторое тело Г в прямоугольной декартовой системе координат XOY

Систему (1) в области, занимаемой телом Г, следует интегрировать при начальных и граничных условиях. Начальные условия в области Г зададим в виде

$$\begin{Vmatrix} u \\ v \end{Vmatrix}_{t=0} = \begin{Vmatrix} u_0 \\ v_0 \end{Vmatrix}; \quad \begin{Vmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \end{Vmatrix}_{t=0} = \begin{Vmatrix} \dot{u}_0 \\ \dot{v}_0 \end{Vmatrix}, \ (x, y) \in \Gamma, \tag{2}$$

где u_0, v_0, $\dot{u}_0$ и $\dot{v}_0$ – заданные в области Г функции.

Граничные условия зададим в виде составляющих компонентов тензора упругих напряжений на границе S_1

$$\begin{Vmatrix} \sigma_x, \tau_{xy} \\ \tau_{xy}, \sigma_y \end{Vmatrix} \cdot \begin{Vmatrix} l \\ m \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} A_x \\ A_y \end{Vmatrix}, \ (x, y) \in S_1, \tag{3}$$

составляющих компонентов вектора упругих перемещений на границе S_2

$$\begin{Vmatrix} u \\ v \end{Vmatrix} = \begin{Vmatrix} B_x \\ B_y \end{Vmatrix}, \ (x, y) \in S_2, \tag{4}$$

где l и m – направляющие косинусы; A_x, A_y, B_x и B_y – заданные на границе S функции.

Для решения двумерной плоской динамической задачи теории упругости с начальными и граничными условиями – используем метод конечных элементов в перемещениях. Задача решается методом сквозного счета, без выделения разрывов. Чтобы выполнить динамический расчет методом конечных элементов, нужно иметь матрицу жесткости и матрицу инерции конечного элемента.

Принимая во внимание определение матрицы жесткости, вектора инерции и вектора внешних сил для тела Г, записываем

приближенное значение уравнения движения в теории упругости

$$\bar{H}\ddot{\vec{\Phi}} + \bar{K}\vec{\Phi} = \vec{R};\ \ \vec{\Phi}\big|_{t=0} = \vec{\Phi}_0;$$

$$\dot{\vec{\Phi}}\big|_{t=0} = \dot{\vec{\Phi}}_0, \qquad (5)$$

где $\bar{H}$ – матрица инерции; $\bar{K}$ – матрица жесткости; $\vec{\Phi}$ – вектор узловых упругих перемещений; $\dot{\vec{\Phi}}$ – вектор узловых упругих скоростей перемещений; $\ddot{\vec{\Phi}}$ – вектор узловых упругих ускорений; $\vec{R}$ – вектор узловых упругих внешних сил.

Соотношение (5) система линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка в перемещениях с начальными условиями. Таким образом, с помощью метода конечных элементов в перемещениях линейную задачу с начальными и граничными условиями привели к линейной задаче Коши (5). В работах [1–10] приведена информация о численном моделировании нестационарных волн напряжений в деформируемых телах.

Для интегрирования уравнения (5) конечноэлементным вариантом метода Галеркина приведем его к следующему виду

$$\bar{H}\frac{d}{dt}\dot{\vec{\Phi}} + \bar{K}\vec{\Phi} = \vec{R};\ \ \frac{d}{dt}\vec{\Phi} = \dot{\vec{\Phi}}. \qquad (6)$$

Интегрируя по временной координате соотношение (6) с помощью конечноэлементного варианта метода Галеркина, получим двумерную явную двухслойную конечноэлементную линейную схему в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек:

$$\dot{\vec{\Phi}}_{i+1} = \dot{\vec{\Phi}}_i + \Delta t\bar{H}^{-1}\left(-\bar{K}\vec{\Phi}_i + \vec{R}_i\right);$$

$$\vec{\Phi}_{i+1} = \vec{\Phi}_i + \Delta t\dot{\vec{\Phi}}_{i+1}. \qquad (7)$$

Основные соотношения метода конечных элементов в перемещениях получены с помощью принципа возможных перемещений и конечноэлементного варианта метода Галеркина. Система уравнений (5) для внутренних и граничных узловых точек, полученная в результате интегрирования уравнения движения теории упругости, должна давать решение, сходящееся к решению исходной системы (1). Шаг по временной переменной Δt определяем из следующего соотношения:

$$\Delta t = k\frac{\min \Delta l_i}{C_p}, \quad (i = 1, 2, 3, ..., r), \quad (8)$$

где Δl – длина стороны конечного элемента.

Результаты численного эксперимента показали, что при $k = 0{,}5$ обеспечивается устойчивость двумерной явной двухслойной конечноэлементной линейной схемы в перемещениях для внутренних и граничных узловых точек на квазирегулярных сетках.

На основе метода конечных элементов в перемещениях разработаны алгоритм и комплекс программ для решения линейных плоских двумерных задач, которые позволяют решать сложные задачи при взрывных воздействиях на уникальные сооружения. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным на треугольные конечные элементы с тремя узловыми точками с линейной аппроксимацией упругих перемещений и на прямоугольные конечные элементы с четырьмя узловыми точками с билинейной аппроксимацией упругих перемещений. По временной переменной исследуемая область разбивается на линейный конечный элемент первого порядка. Некоторые вопросы в области постановки, разработки методики, алгоритма и результатов решенных нестационарных динамических задач рассмотрены в следующих работах [1–10]. Рассмотрим задачу об отражении упругих волн напряжений в виде треугольного импульса от свободной поверхности.

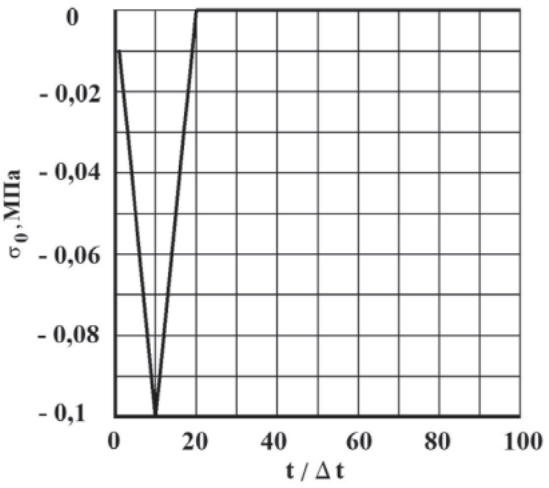


Рис. 2. Воздействие в виде треугольного импульса

На границе пластинки AB (рис. 3) приложено нормальное напряжение σ_y (рис. 2), которое при $0 \le n \le 10$ ($n = t/\Delta t$) изменяется линейно от 0 до P, а при $n \ge 10$ от P до 0 ($P = \sigma_0$, $\sigma_0 = -0{,}1$ МПа (–1 кгс/см^2)). Граничные условия для контуров BC и AD при $t > 0$ $u = v = \dot{u} = \dot{v} = 0$. Контур CD свободен от

нагрузок. Отраженные волны от контуров *BC* и *AD* не доходят до исследуемых точек при $0 \le n \le 190$. Исследуемая расчетная область имеет 4221 узловую точку и 4000 конечных элементов. Решается система уравнений из 16884 неизвестных.

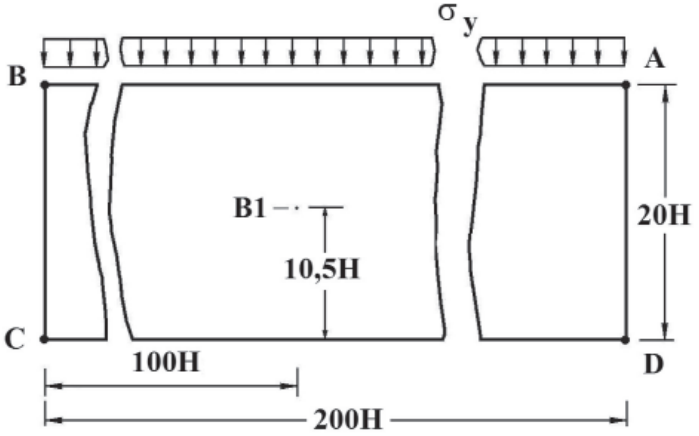


Рис. 3. Постановка задачи об отражении волн напряжений

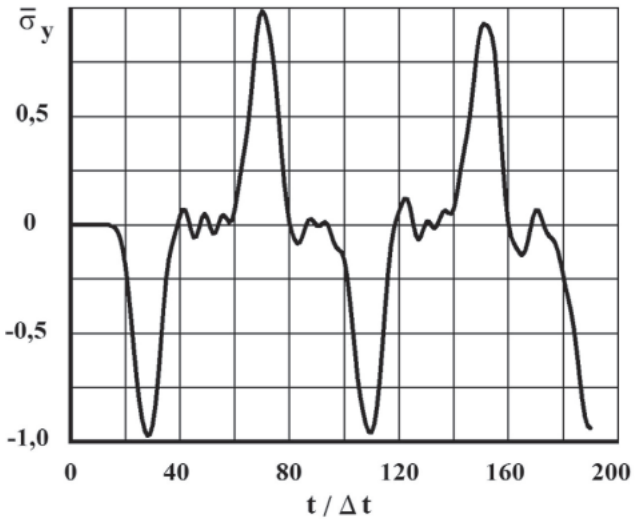


Рис. 4. Изменение упругого нормального напряжения $\overline{\sigma}_y$ во времени n в точке B1

Для примера на рис. 4 представлено изменение нормального напряжения $\overline{\sigma}_y$ $\left(\overline{\sigma}_y = \sigma_y / |\sigma_0|\right)$ во времени *n* в точке B1. При отражении от свободной поверхности пластинки волна сжатия становится волной растяжения, которая может привести к отколу.

Достоверность рассматриваемого численного метода приведена в следующих работах [2, 4–10]. Сравнение с результатами других методов показало хорошее совпадение, что позволяет сделать вывод о физической и математической достоверности результатов численного решения динамических задач, полученных методом конечных элементов в перемещениях.

Список литературы

1. Мусаев В.К. Решение плоской динамической задачи теории упругости с помощью метода конечных элементов с применением треугольного элемента с тремя узловыми точками // Труды МИСИ. – 1976. – № 137. – С. 48–50.

2. Мусаев В.К. Численное решение волновых задач теории упругости и пластичности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия прикладная математика и информатика. – 1997. – № 1. – С. 87–110.

3. Мусаев В.К. Вычислительные методы теоретической физики в задачах моделирования катастроф / В.К. Мусаев, Е.П. Жидков, Л.А. Севастьянов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия проблемы комплексной безопасности. – 2005. – № 1. – С. 9–12.

4. Мусаев В.К. Об оценке достоверности и точности численного решения нестационарных динамических задач // Вестник Российского университета дружбы народов. Се-

рия проблемы комплексной безопасности. – 2007. – № 3. – С. 48–60.

5. Мусаев В.К. Оценка достоверности и точности результатов вычислительного эксперимента при решении задач нестационарной волновой теории упругости // Научный журнал проблем комплексной безопасности. – 2009. – № 1. – С. 55–80.

6. Бедняков В.Г. Достоверность результатов численного метода Мусаева В.К. в перемещениях при моделировании отражения упругих волн напряжений в виде дельта функции от свободной поверхности / В.Г. Бедняков, С.В. Ситник, В.А. Савичев, О.В. Куранцов, Д.А. Денисюк // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием. – М.: РУДН, 2012. – С. 237–239.

7. Ситник С.В. Достоверность результатов численного метода Мусаева В.К. в перемещениях при моделировании отражения нестационарных упругих волн напряжений в виде дельта функции от свободной поверхности / С.В. Ситник, В.А. Савичев, С.В. Акатьев, Д.В. Акатьев, Т.С. Сущев // Инновационные технологии в развитии строительства, машин и механизмов для строительства и коммунального хозяйства, текущего содержания и ремонта железнодорожного пути. Сборник трудов международной научно-технической конференции. – Смоленск: Смоленский филиал МИИТ, 2012. – С. 482–485.

8. Ситник С.В. Достоверность результатов численного метода Мусаева В.К. в перемещениях при математическом моделировании отражения упругих волн напряжений в виде дельта функции от свободной поверхности пластинки / С.В. Ситник, Т.С. Сущев, А.И. Кормилицин, С.М. Шиянов, Д.В. Акатьев // Безопасность и экология технологических процессов и производств. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Поселок Персиановский Ростовской области: Донской государственный аграрный университет, 2012. – С. 287–292.

9. Мусаев В.К. О моделировании отражения упругих волн напряжений от свободной поверхности деформируемой области // Двойные технологии. – 2012. – № 4. – С. 61–64.

10. Musayev V.K. Testing of stressed state in the structure-base system under non-stationary dynamic effects // Proceedings of the second International conference on recent advances in geotechnical earthquake engineering and soil dynamics. – Sent Louis: University of Missouri-Rolla, 1991. – Vol. 3. – P. 87–97.

References

1. Musaev V.K. Reshenie ploskoj dinamicheskoj zadachi teorii uprugosti s pomoshh'yu metoda konechnyx e'lementov s primeneniem treugol'nogo e'lementa s tremya uzlovymi tochkami // Trudy MISI. 1976. no. 137. pp. 48–50.

2. Musaev V.K. Chislennoe reshenie volnovyx zadach teorii uprugosti i plastichnosti // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya prikladnaya matematika i informatika. 1997. no. 1. pp. 87–110.

3. Musaev V.K. Vychislitel'nye metody teoreticheskoj fiziki v zadachax modelirovaniya katastrof / V.K. Musaev, E.P. Zhidkov, L.A. Sevast'yanov // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya problemy kompleksnoj bezopasnosti. 2005. no. 1. pp. 9–12.

4. Musaev V.K. Ob ocenke dostovernosti i tochnosti chislennogo resheniya nestacionarnyx dinamicheskix zadach // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya problemy kompleksnoj bezopasnosti. 2007. no. 3. pp. 48–60.

5. Musaev V.K. Ocenka dostovernosti i tochnosti rezul'tatov vychislitel'nogo e'ksperimenta pri reshenii zadach nestacionarnoj volnovoj teorii uprugosti // Nauchnyj zhurnal problem kompleksnoj bezopasnosti. 2009. no. 1. pp. 55–80.

6. Bednyakov V.G. Dostovernost' rezul'tatov chislennogo metoda Musaeva V.K. v peremeshheniyax pri modelirovanii otrazheniya uprugix voln napryazhenij v vide del'ta funkcii ot svobodnoj poverxnosti / V.G. Bednyakov, S.V. Sitnik, V.A. Savichev, O.V. Kurancov, D.A. Denisyuk // Informacionno-telekommunikacionnye texnologii i matematicheskoe modelirovanie vysokotexnologichnyx sistem. Tezisy dokladov Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. M.: RUDN, 2012. pp. 237–239.

7. Sitnik S.V. Dostovernost' rezul'tatov chislennogo metoda Musaeva V.K. v peremeshheniyax pri modelirovanii otrazheniya nestacionarnyx uprugix voln napryazhenij v vide del'ta funkcii ot svobodnoj poverxnosti / S.V. Sitnik, V.A. Savichev, D.V. Akat'ev, T.S. Sushhev // Innovacionnye texnologii v razvitii stroitel'stva, mashin i mexanizmov dlya stroitel'stva i kommunal'nogo xozyajstva, tekushhego soderzhaniya i remonta zheleznodorozhnogo puti. Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. Smolensk: Smolenskij filial MIIT, 2012. pp. 482–485.

8. Sitnik S.V. Dostovernost' rezul'tatov chislennogo metoda Musaeva V.K. v peremeshheniyax pri matematicheskom modelirovanii otrazheniya uprugix voln napryazhenij v vide del'ta funkcii ot svobodnoj poverxnosti plastinki / S.V. Sitnik, T.S. Sushhev, A.I. Kormilicin, S.M. Shiyanov, D.V. Akat'ev // Bezopasnost' i e'kologiya texnologicheskix processov i proizvodstv. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Poselok Persianovskij Rostovskoj oblasti: Donskoj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2012. pp. 287–292.

9. Musaev V.K. O modelirovanii otrazheniya uprugix voln napryazhenij ot svobodnoj poverxnosti deformiruemoj oblasti // Dvojnye texnologii. 2012. no. 4. pp. 61–64.

10. Musayev V.K. Testing of stressed state in the structure-base system under non-stationary dynamic effects // Proceedings of the second International conference on recent advances in geotechnical earthquake engineering and soil dynamics. Sent Louis: University of Missouri-Rolla, 1991. Vol. 3. pp. 87–97.

Рецензенты:

Савчин В.М., д.ф.-м.н., профессор кафедры математического анализа и теории функций факультета физико-математических и естественных наук, Российский университет дружбы народов, г. Москва;

Зволинский В.П., д.х.н., профессор кафедры экологического мониторинга и прогнозирования экологического факультета, Российский университет дружбы народов, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 621.642.39.03

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИЕМО-РАЗДАТОЧНОГО ПАТРУБКА С ДЕФЕКТОМ С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

[1]Тарасенко А.А., [1]Чепур П.В., [2]Кузовников Е.В., [2]Тарасенко Д.А.

[1]Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com; chepur@me.com;

[2]ООО НПП «Симплекс», Тюмень, e-mail: simplex_rvs@mail.ru; zuleen@mail.ru

Разработана конечно-элементная модель патрубка ПРП-900 с дефектом металла стенки типа «вмятина» в программном комплексе ANSYS Workbench 12.1. Получены значения эквивалентных напряжений, возникающих в дефектном трубопроводе от эксплуатационных нагрузок. Приведен анализ полученных напряжений в сравнении с допускаемыми значениями – на основе расчетного сопротивления стали. Установлено, что вмятина на трубопроводе вызывает местное возмущение напряжений. Так, прирост эквивалентных напряжений в районе максимальной глубины вмятины составил 1,3 % по сравнению с окрестностями дефекта. Максимальные значения мембранных, касательных и эквивалентных напряжений не превышают расчетное сопротивление. Сделан вывод о влиянии выявленного дефекта типа «вмятина» на эксплуатационную пригодность исследуемого трубопровода. Конечно-элементный анализ проведен при заданном расчетном давлении внутри трубопровода ПРП с толщиной стенки, соответствующей фактическому значению. Даны рекомендации по возможности безопасной эксплуатации трубопровода ПРП-900 с дефектом «вмятина на стыке» с размерами 110×275 мм, глубиной 7 мм.

Ключевые слова: резервуар, РВС, МКЭ, НДС, ПРП, дефект, вмятина, патрубок

CALCULATION OF STRESS-STRAIN STATE RECEIVING PIPE DISPENSERS WITH DEFECTS IN ORDER TO JUSTIFY ITS FURTHER EXPLOITATION

[1]Tarasenko A.A., [1]Chepur P.V., [2]Kuzovnikov E.V., [2]Tarasenko D.A.

[1]Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com;

[2]Simplex, Tyumen, e-mail: simplex_rvs@mail.ru; zuleen@mail.ru

Developed a finite element model of the elbow PRP-900 pipe with metal wall defect type «dent» in the software package ANSYS Workbench 12.1. The values of equivalent stresses arising from the defective pipeline operating loads. An analysis of the stresses in comparison with the permissible values – based on the design resistance of steel. Found that dent in the pipeline causes local stress perturbation. So gain equivalent stresses in the area of maximum depth of 1,3 % dent compared with the surroundings of the defect. The maximum values of the membrane, tangents, and equivalent stresses do not exceed the rated resistance. It is concluded that the effect of the type of defect detected «dent» on the usability of the test pipeline. Finite element analysis is performed for a given design pressure inside the pipeline with a wall thickness corresponding to the actual value. Recommendations on the safe operation of the pipeline opportunities PRP-900 defective «dent at the junction» with dimensions 110×275 mm depth 7 mm.

Keywords: tank, aboveground tank, FEM, stress-strain state, receiving pipe, defect, dent, elbow

При проведении дефектоскопии технологических трубопроводов на объектах магистрального транспорта нефти зачастую возникает проблема оценки их технического состояния и возможности дальнейшей эксплуатации [2–5, 7–11, 12–15]. В результате проведения диагностики резервуара РВСПК-100000, выполненной ООО НПП «Симплекс», в околошовной зоне технологического трубопровода ПРП-900 был обнаружен дефект типа «вмятина». По предварительным оценкам не существует комбинации внешних эксплуатационных нагрузок, способных вызвать наступление предельного состояния в патрубке резервуара. Согласно РД 08-95-95 (АК «Транснефть»), допускается выполнять уточняющие расчеты по результатам диагностики металлоконструкций. Кроме того, сроки поставки элементов патрубка для его полной замены не позволяли своевременно выполнить плановый ремонт резервуара. Было принято решение подтвердить расчетами возможность эксплуатации патрубка с вмятиной, а его замену приурочить к следующему капитальному ремонту. Целью настоящего расчета является определение возможности дальнейшей эксплуатации трубопровода с дефектом данного типа путем установления значений внутренних усилий, действующих в дефектном участке, и сравнения полученных значений максимальных напряжений с расчетными сопротивлениями материала трубопровода.

Значения и характер распределения напряжений в дефектном участке трубопровода предлагается определить с помощью

расчета НДС модели трубопровода с дефектом методом конечных элементов в программном комплексе ANSYS Mechanical Workbench 12.1 [1, 6].

Рис. 1. Стык трубопровода приемо-раздаточного патрубка ПРП-900 резервуара РВС-100000 с дефектом типа «вмятина»

Состояние, при котором внутренние изменения в металле приводят к его разрушению, называется предельным напряженным состоянием. Вывод о надежности конструкции следует делать на основании сопоставления максимальных напряжений, которые могут возникнуть в наиболее опасной точке, с предельно допустимыми значениями для данного материала. Предельное напряженное состояние конструкции является той границей, за которой недопустима её эксплуатация. Надежность работы оказывается тем выше, чем дальше от предельного состояния уровень фактических напряжений внутри материала детали.

Использование программного комплекса ANSYS для выполнения расчета напряженно-деформированного состояния стенки трубопровода позволяет получить выходные результаты в виде трех значений главных напряжений σ_0, которые представляют собой корни кубического уравнения, определяемого компонентами вектора напряжений:

$$\begin{vmatrix} \sigma_x - \sigma_0 & 1/2\,\sigma_{xy} & 1/2\,\sigma_{xz} \\ 1/2\,\sigma_{xy} & \sigma_y - \sigma_0 & 1/2\,\sigma_{yz} \\ 1/2\,\sigma_{xz} & 1/2\,\sigma_{yz} & \sigma_z - \sigma_0 \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

Главные напряжения обозначаются через σ_1, σ_2, σ_3. Главные напряжения упорядочены таким образом, что σ_1 представляет собой наибольшее положительное напряжение, а σ_3 – наибольшее отрицательное. Интенсивность напряжения s_1 представляет собой абсолютную величину наибольшей из трех разностей: $\sigma_1 - \sigma_2$, $\sigma_2 - \sigma_3$ или $\sigma_3 - \sigma_1$, т.е.

$$\sigma_1 = \text{MAX}\,(|\sigma_1 - \sigma_2|, |\sigma_2 - \sigma_3|, |\sigma_3 - \sigma_1|). \quad (2)$$

Напряжения Мизеса, или эквивалентные напряжения σ_e (выходная величина SEQV), вычисляются по формуле:

$$\sigma_e = (S\,[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2])^{1/2}. \quad (3)$$

В основу расчета заложена методика [8–10] и [15] допускаемых условных упругих напряжений. Напряженно-деформированное состояние дефекта вида «вмятина» на цилиндрической оболочке трубы определяется пространственной работой расчетной модели под действием сочетаний эксплуатационных нагрузок. Так как целью работы является рассмотрение напряжений, возникающих в районе дефекта трубопровода, то расчетную модель можно ограничить участком трубопровода, содержащим дефект. Рабочей нагрузкой на трубопровод является внутреннее избыточное давление. Также

при расчете необходимо учитывать собственный вес патрубка, ветровую и снеговую/гололедную нагрузки. Таким образом, для обеспечения статической определимости модели граничные условия учитывают шарнирное закрепление концов участка от линейных перемещений (расчетная схема – рис. 2).

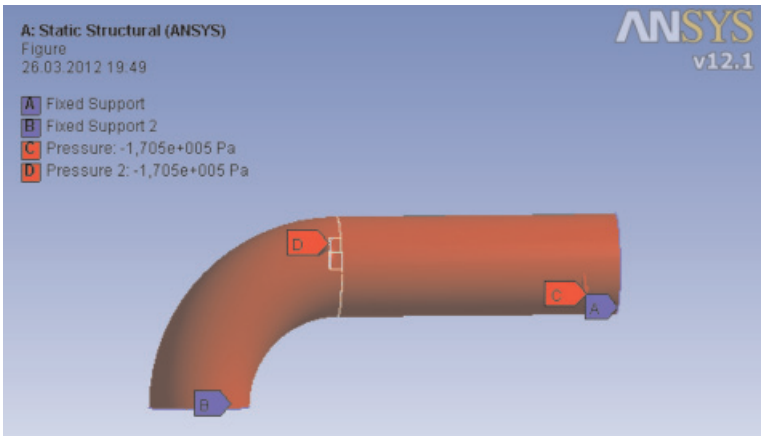


Рис. 2. Расчетная схема приемо-раздаточного патрубка с дефектом типа «вмятина»

Длина оболочки должна быть подобрана таким образом, чтобы исключить возможность влияния концевых заделок на область дефекта. Дефект типа «вмятина вовнутрь» смоделирован в соответствии с данными замеров в ходе диагностики. На участок оболочки приложены распределенные по площади оболочки нагрузки. Сварными швами принято решение пренебречь.

При анализе мембранных напряжений в ПК ANSYS для моделирования оболочки использованы конечные элементы из библиотеки ANSYS типа SHELL181. Для этого импортированная трехмерная модель из программного комплекса Autodesk AutoCAD обрабатывается и оптимизируется в препроцессоре DesignModeller с целью получения поверхностных элементов. Конечно-элементная модель состоит из пяти оболочечных объектов, связанных между собой связанным контактом типа «bonded», т.е. обеспечивается полная зависимость перемещений во всех узлах. Система координат принята декартовой.

Наложение конечно-элементной сетки принято свободным, повторяющим кривизну поверхности. Сетка накладывается в автоматическом режиме. Минимальный размер грани сетки 0,6 мм получен при сгущении в окрестностях дефекта. В остальных конструктивных элементах размер сетки принят равным 10 мм.

Решение нелинейной модели произведено методом итераций. Значения эквивалентных напряжений представлены в максимально загруженной области сечения оболочки – наружной поверхности. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета НДС трубопровода с вмятиной

Наименование параметра	Значение параметра
Продукт	Нефть, вода (при гидроиспытании)
Нормативный документ на изготовление	ASTM A694 F52
Наружный диаметр	900 мм
Толщина стенки	9,2 мм – труба/11,4 мм – отвод
Материалы стенки	API 5L Grx52 ASTM A694 F52
Расчетное внутреннее давление	155 кПа
Удельный вес стали	$\gamma_{ст} = 7850$ кг/м^3
Модуль упругости стали	$E = 2 \cdot 10^5$ МПа
Коэффициент Пуассона для сталей	$\nu = 0,3$
Параметры дефекта (линейные размеры, глубина)	$S = 110 \times 275$, $h = 7$ мм

Результаты расчета представлены в виде графических изображений полей распределения напряжений в стенке трубопровода на рис. 3–5.

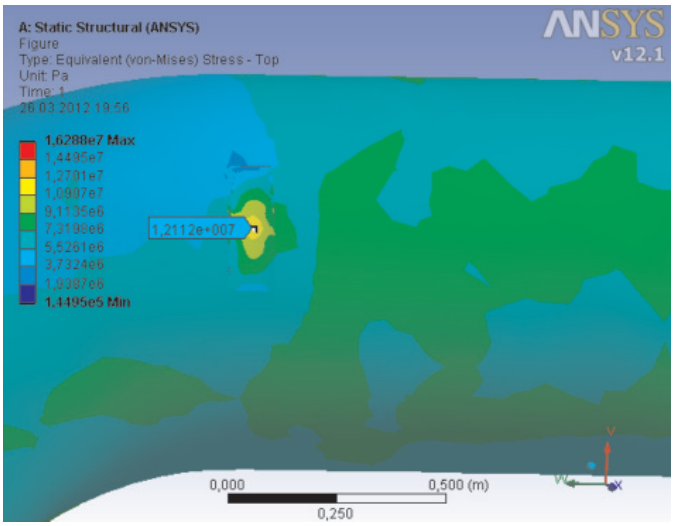


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений в дефектном патрубке

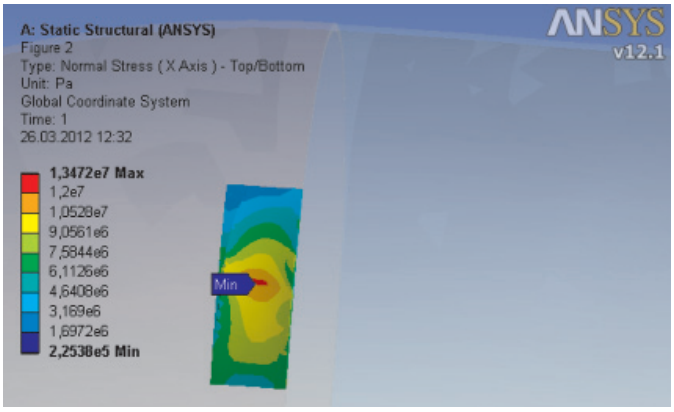


Рис. 4. Распределение эквивалентных напряжений в зоне дефекта патрубка

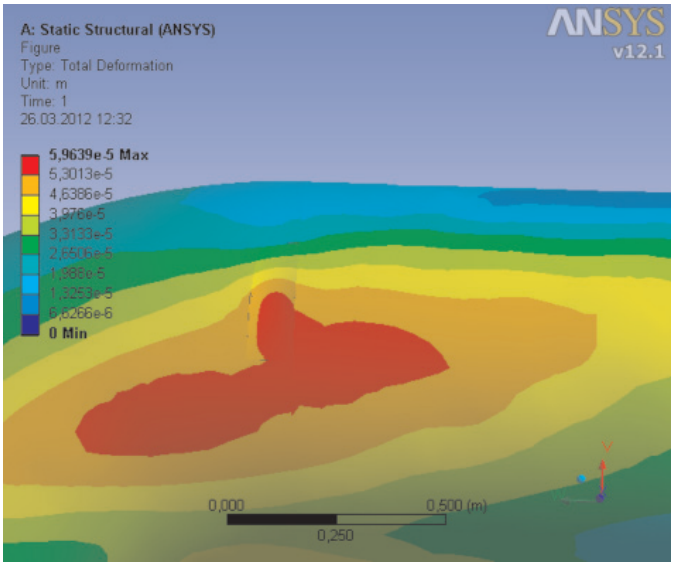


Рис. 5. Прогибы в дефектном патрубке

Полученные значения напряжений сведены в табл. 2, где также приведён сравнительный анализ соотношения возникающих напряжений с расчетным сопротивлением стали трубопровода (189,58 МПа).

Таблица 2

Сравнение действующих напряжений
с расчетным сопротивлением стали трубопровода

Наименование	Значение	Соотношение с расчетным сопротивлением стали
σ_m – максимальное значение мембранных напряжений в районе дефекта (normal stress)	13,5 МПа	7,12 %
σ_m – максимальное значение мембранных напряжений за пределами области дефекта (normal stress)	7,54 МПа	3,98 %
σ_e – максимальное значение эквивалентных напряжений по фон Мизесу в районе дефекта (Equivalent stress)	12,1 МПа	6,38 %
σ_e – максимальное значение эквивалентных напряжений по фон Мизесу за пределами области дефекта (Equivalent stress)	9,64 МПа	5,08 %

Выводы

1. Разработана конечно-элементная модель патрубка ПРП-900 с дефектом металла стенки типа «вмятина» в программном комплексе ANSYS Workbench.

2. Эквивалентные напряжения, возникающие в дефектном трубопроводе от эксплуатационных нагрузок, составляют 3,98 % от расчетного сопротивления стали. Вмятина на трубопроводе вызывает местное возмущение напряжений. Так, прирост эквивалентных напряжений в районе максимальной глубины вмятины составил 1,3 % по сравнению с окрестностями дефекта.

3. Максимальные значения мембранных, касательных и эквивалентных напряжений не превышают расчетное сопротивление 189,58 МПа по [10].

4. Условие статической прочности выполняется, то есть 13,5 < 189,58 МПа.

5. Таким образом, при расчетном давлении 155 кПа внутри трубопровода ПРП с толщиной стенки, соответствующей фактическому значению, прочность трубопровода обеспечивается и можно говорить об отсутствии существенного влияния выявленного дефекта вида «вмятина» на эксплуатационную пригодность исследуемого трубопровода.

6. Безопасная эксплуатация трубопровода ПРП-900 с дефектом «вмятина на стыке» с размерами 110×275 мм, глубиной 7 мм возможна без ограничения эксплуатационных нагрузок, на срок до проведения очередной, полной диагностики резервуара.

Список литературы

1. Семин Е.Е., Тарасенко А.А. Использование программных комплексов при оценке технического состояния и проектирование ремонтов вертикальных стальных резервуаров // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – М., 2006. – № 4. – С. 84–87.

2. Сильницкий П.Ф., Тарасенко М.А., Тарасенко А.А. Расчет фундаментного кольца резервуара с дефектами // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2011. – № 5. – С. 76–78.

3. Тарасенко А.А. Напряженно-деформированное состояние крупногабаритных резервуаров при ремонтных работах: дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 1991. – 254 с.

4. Тарасенко А.А. Решение контактной задачи об упругом взаимодействии подъемного устройства и стенки резервуара // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 6. – С. 59–63.

5. Тарасенко А.А., Николаев Н.В., Хоперский Г.Г., Овчар З.Н., Саяпин М.В. Исследование влияния приемораздаточных патрубков на напряженно-деформированное состояние стенки вертикальных цилиндрических резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 1. – С. 59–68.

6. Тарасенко А.А., Тюрин Д.В. Моделирование нефтяных стальных цилиндрических резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2001. – № 4. – С. 65–69.

7. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Тарасенко Д.А. Деформирование верхнего края оболочки при развитии неравномерных осадок резервуара // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–3. – С. 485–489.

8. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Исследование изменения напряженно-деформированного состояния вертикального стального резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура днища // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3409–3413.

9. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Обоснование необходимости учета истории нагружения конструкции при ремонте фундамента с подъемом резервуара // Безопасность труда в промышленности. – М., 2014. – № 5. – С. 60–63.

10. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В., Тарасенко Д.А. Модель резервуара в среде ANSYS Workbench

14.5 // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3404–3408.

11. Тарасенко М.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко А.А. Анализ результатов дефектоскопии коррозионных повреждений резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2010. – № 5. – С. 78–82.

12. Тиханов Е.А., Тарасенко А.А., Чепур П.В. Оценка экономической эффективности капитального ремонта основания вертикального стального резервуара методом перемещения // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–2. – С. 330–334.

13. Хоперский Г.Г., Саяпин М.В., Тарасенко А.А. Расчет прочности фундаментного кольца резервуара при воздействии сосредоточенной нагрузки от подъемного устройства // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 2. – С. 60–64.

14. Хоперский Г.Г., Саяпин М.В., Тарасенко А.А., Николаев Н.В. Принцип независимости действия сил при расчете напряженно-деформированного состояния стенки резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 4. – С. 73–77.

15. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Тарасенко Д.А. Исследование влияния величины выступа окрайки на напряженно-деформированное состояние вертикального стального цилиндрического резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура днища // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3441–3445.

References

1. Semin E.E., Tarasenko A.A. Pipeline transport: theory and practice, 2006, no.4, pp. 84–87.

2. Silnitskii P.F., Tarasenko M.A., Tarasenko A.A. Izvestijavuzov. Neft›igaz. 2011, no.5, pp. 76-78.

3. Tarasenko A.A. Stress-strained state of large-sized tanks during repairs. Candidate technical sciences dissertation. Tyumen, 1991. 254 p.

4. Tarasenko A.A. Izvestijavuzov. Neft›igaz. 1998, no. 6, pp. 59–63.

5. Tarasenko A.A., Nikolaev N.V., Hoperskij G.G., Ovchar Z.N., Sajapin M.V. Izvestijavuzov.Neft›igaz. 1998, no. 1, pp. 59–68.

6. Tarasenko A.A., Turin D.V. Izvestijavuzov.Neft›igaz. 2001, no. 4, pp. 65–69.

7. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2014, no. 6–3, pp. 485–489.

8. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Fundamental research, 2013, no. 10–15, pp. 3409–3413.

9. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Bezopasnost› trudav promyshlennosti, 2014, no.5, pp. 60-63.

10. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no. 10–15, pp. 3404–3408.

11. Tarasenko M.A., Silnitskii P.F., Tarasenko A.A. Izvestijavuzov. Neft›igaz. 2010, no. 5, pp. 78–82.

12. Tihanov E.A., Tarasenko A.A., Chepur P.V. Fundamental research, 2014, no. 6–2, pp. 330–334.

13. Hoperskij G.G., Sajapin M.V., Tarasenko A.A. Izvestijavuzov. Neft›igaz. 1998, no. 2, pp. 60–64.

14. Hoperskij G.G., Sajapin M.V., Tarasenko A.A., Nikolaev N. V. Izvestijavuzov. Neft›igaz. 1998, no.4, pp. 73–77.

15. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no. 10–15, pp. 3441–3445.

Рецензенты:

Захаров Н.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «САТМ», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Мерданов Ш.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Транспортные и технологические системы», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 621.642.39.03

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ КОЛЬЦЕВОГО ФУНДАМЕНТА ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЬНОГО РЕЗЕРВУАРА

[1]Тарасенко А.А., [2]Чирков С.В.

[1]Тюменский государственный нефтегазовый университет, Тюмень, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com;

[2]ОАО «Гипротрубопровод», Москва, e-mail: chirkov0210@mail.ru

Выполнено теоретическое и экспериментальное обоснование способа ремонта кольцевого фундамента с подъемом РВС-20000 гидродомкратами. Предложена конструктивная схема усиления оболочечной конструкции резервуара с использованием вертикальных опорных рам, внешнего дополнительного кольца жесткости, косынок поддержки окрайки, балочных подкосов для выполнения подъема. Создана численная модель РВС-20000 в соответствии с предложенной расчетной схемой усиления, позволяющая определять параметры НДС в конструкциях резервуара при подъеме. Произведен опытно-промышленный эксперимент подъема РВС-20000 на ЛПДС «Торгили» по предложенной авторами методике. В рамках эксперимента проведены измерения фибровых напряжений в стенке, окрайке и вертикальной раме жесткости способом натурной тензометрии. Проанализированы экспериментальные и теоретические зависимости действующих эквивалентных напряжений от высоты стенки. Напряжения в вертикальной раме достигают 70 МПа, в стенке – 30 МПа. Разница значений напряжений, полученных теоретическим и экспериментальным путем, не превысила 4%.

Ключевые слова: резервуар, РВС, подъем, основание, МКЭ, прочность, эксперимент, НДС

INDUSTRIAL EXPERIMENT ON RESTORATION RING FOUNDATION OF TANK

[1]Tarasenko A.A., [2]Chirkov S.V.

[1]Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com;

[2]Giprotruboprovod, Moscow, e-mail: chirkov0210@mail.ru

Theoretical and experimental study of the repair method annular foundation RVS-20000 by lifting hydraulic jacks. Offered constructive amplification circuit tank shell structure using vertical reference frames, external additional stiffening ring selvages support gussets, struts beam to perform recovery. A numerical model RVS-20000, in accordance with the proposed settlement amplification circuit that allows to determine the parameters of stress-strain state in the construction of the tank when lifting. Produced experimental-industrial experiment lifting RVS-20000 on LPDS «Torgili» by the authors of the proposed method. In the experiment, measurements of stresses in the fiber wall, selvages and vertical frame stiffness method tensometry full-scale. The experimental and theoretical curves of equivalent stresses acting on the height (to the support frame and the wall). Stresses in the vertical frame does not exceed 70 MPa, in the wall – 30 MPa. The difference voltage values obtained by theoretical and experimental did not exceed 4%.

Keywords: tank, aboveground tank, tank rise, base, FEM, strength, experiment, stress-strain state

В 2013 году для ремонта фундамента вертикального стального цилиндрического резервуара РВС-20000 ЛПДС «Торгили» впервые в России была применена технология подъема и последующего опускания резервуара (рис. 1).

РВС-20000 расположен на местном грунтовом основании. Для равномерного распределения нагрузки на основание предусмотрен кольцевой железобетонный фундамент. Искусственная часть основания состоит из двух слоев: нижний слой толщиной 2500 мм из песка; верхний слой, 100 мм – из песка, пропитанного нефтью. В ходе комплексных инженерных изысканий установлено, что процесс самоуплотнения насыпных и подстилающих грунтов на территории резервуарного парка завершён. Согласно результатам технического диагностирования осадка исследуемого резервуара не превышает допустимых значений и находится в пределах требований нормативно-технической документации. Однако при обследовании фундаментного кольца по результатам измерений было обнаружено снижение прочности бетона и, как следствие, техническое состояние оценено как аварийное. Для восстановления работоспособности резервуара требуется полная замена кольцевого железобетонного фундамента.

Для ремонта кольцевого фундамента необходимо было выполнить подъем резервуара по всему периметру. При этом конструкция резервуара будет испытывать непроектные неосесимметричные нагрузки как от подъемных устройств, так и после установки на точечные опоры. Поскольку потребность в подобных технологиях высока, авторами были разработаны научные основы технологии замены или

ремонта фундамента резервуара с его полным подъемом. При помощи метода конечных элементов (ANSYS Workbench 14.5) была создана расчетная схема и математическая модель резервуара РВС-20000, учитывающая все дополнительные металлоконструкции оболочки, включая балки покрытия и опорное кольцо. Для дополнительного подтверждения правильности полученных зависимостей было принято решение выполнить опытно-промышленный подъем резервуара с экспериментальным определением возникающих напряжений методом натурной тензометрии (рис. 2).

Рис. 1. РВС-20000 с усиливающими элементами на установленных гидродомкратах

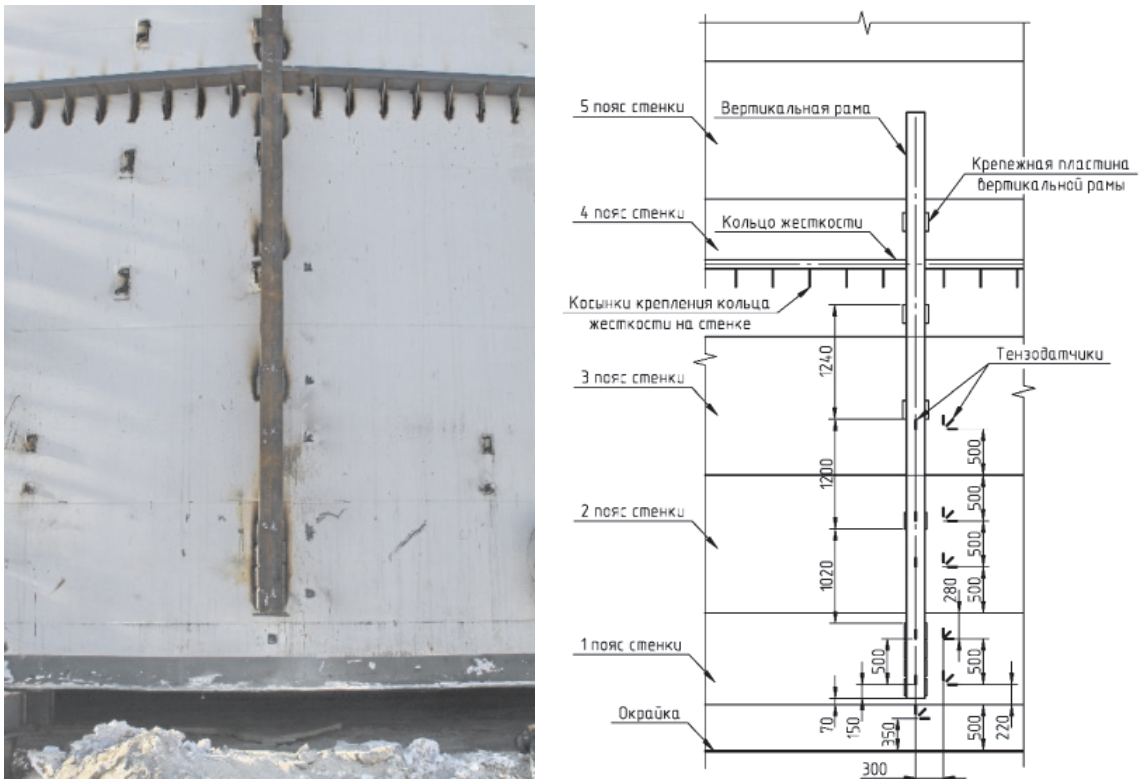


Рис. 2. Выполнение натурной тензометрии металлоконструкций при подъеме

Были использованы тензометрические розетки из датчиков сопротивлением 200 Ом с базой 20 мм. Влияние изменений сопротивления линий связи, температуры и влажности компенсировалось использованием датчиков-свидетелей, наклеенных на недеформируемые стальные пластины, а также применением дифференциальных измерительных схем на базе источников стабильного тока. Наклейка датчиков производилась на клей «Циакрин». Всё геодезическое оборудование прошло необходимые поверки, а персонал – соответствующие процедуры аттестации. Полученные зависимости легли в основу новой унифицированной инженерной методики ремонта РВС. Учитывая уникальность предлагаемой методики ремонта резервуара, для исследования прочности и устойчивости тонкостенной оболочечной конструкции с несовершенствами геометрической формы при неосесимметричном нагружении необходимо выполнить опытно-промышленный подъем РВС-20000 с полным отрывом от фундамента и установкой на точечные опоры.

При производстве работ по устройству нового кольцевого железобетонного фундамента необходимо последовательно выполнить следующие работы: демонтаж существующей отмостки; устройство временных опор; подъем резервуара с полным отрывом от фундамента и установка его на временные опоры (консоли); демонтаж существующего аварийного фундамента; устройство нового кольцевого железобетонного фундамента; опускание резервуара; демонтаж временных опор; устройство (восстановление) отмостки.

При подготовке к наиболее ответственному и технически сложному этапу – подъему РВС, выполнены следующие работы: демонтаж центральной части днища резервуара до стыка с окрайкой; приварка с внутренней стороны резервуара 24 подкосов из двутавра № 16 через подкладные пластины к окрайке и стенке первого пояса резервуара; закрепление уторного узла изнутри резервуара путем приварки 144 треугольных ребер жесткости из листовой стали размерами 8×600×600 с шагом 995 мм встык к листам периферийной части днища и стенки через подкладные пластины; монтаж 24 вертикальных рам жесткости из сдвоенного швеллера № 24 путем приварки к стенке через промежуточные пластины; приварка дополнительного кольца жесткости на отметке 5,25 м (4-й пояс стенки) по контуру стенки, изготовленного из швеллера № 20, через вертикальные треугольные косынки (шаг косынок 600 мм); для установки домкратов изготовлены основания и подкладные пластины размерами 200×200 мм для фиксации днища в поднятом положении; под ребрами жесткости на фундамент подложены дорожные плиты 1,5×3 м, на пластины вертикально установлены домкраты ДГ-50 грузоподъемностью 50 тонн.

Технологией предусматривалось поэтапное проведение подъема, после каждого этапа выполнялся геодезический контроль за отклонениями образующих от вертикали и отклонениями наружного контура днища от горизонтали. Также велись наблюдения за состоянием фундамента резервуара и основания под домкратами. Единичный шаг подъема на каждом домкрате составил 10 мм. Выбранная высота подъема за один этап – 20×30 мм. После подъема на 20×30 мм подъем прекращался и под окрайку с шагом 1 метр по периметру резервуара устанавливались временные опоры из стальных наборных пластин. После установки временных опор резервуар опускался на опоры медленным опусканием штока с полной разгрузкой домкратов. После подъема резервуара производилась установка опорной конструкции (консолей) для фиксации резервуара на время проведения ремонтных работ фундамента. По завершении ремонта фундамента и набора проектной прочности производилось опускание резервуара. Для этого сперва необходимо было подвести домкраты, произвести подъем на высоту 20×30 мм для удаления консолей. После производилось поэтапное опускание РВС-20000, перед чем под окрайку с шагом 1 м по периметру резервуара были установлены временные опоры из стальных наборных пластин. Для подтверждения правильности предложенной усиливающей конструкции проведено сравнение возникающих при подъеме действующих напряжений, замеренных тензодатчиками и полученных теоретическим способом с использованием программного комплекса ANSYS. На рис. 3 приведены зависимости действующих при подъеме напряжений от высоты – для стенки и вертикальной рамы жесткости, находящейся между 4 и 5 вертикальным монтажным швом.

Теоретические данные получены на основе разработанной конечно-элементной модели РВС-20000. Экспериментальные данные основаны на проведении натурных замеров напряжений в конструкциях в соответствии с предложенной авторами схемой на рис. 2. На рис. 4 представлено распределение действующих эквивалентных напряжений в конструкциях РВС-20000,

рассчитанных с помощью предложенной авторами конечно-элементной модели. Также указаны теоретические значения напряжений в точках установки тензометрических датчиков при проведении натурного эксперимента.

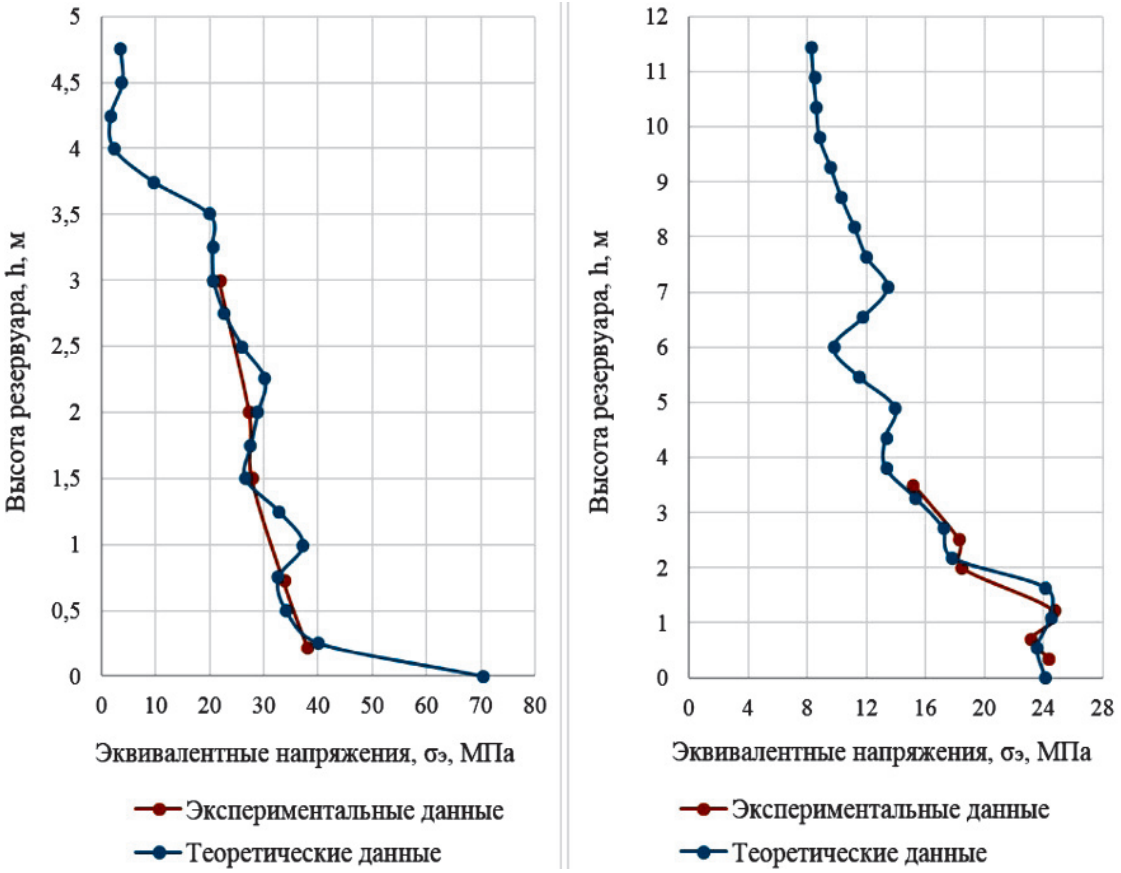


Рис. 3. Зависимости действующих напряжений от высоты в конструкциях РВС-20000:
а – в вертикальной раме жесткости;
б – в стенке резервуара

Проведенные авторами теоретические и экспериментальные исследования НДС резервуара при подъеме подтвердили возможность и высокую эффективность применения такой технологии для ремонта фундамента вертикальных стальных резервуаров.

Выводы

1. Выполнено теоретическое и экспериментальное обоснование способа ремонта кольцевого фундамента РВС-20000 с подъемом гидродомкратами.

2. Предложена конструктивная схема усиления оболочечной конструкции резервуара с использованием 24 вертикальных опорных рам, внешнего дополнительного кольца жесткости, 144 косынок поддержки окрайки, 24 балочных подкосов для выполнения подъема.

3. Создана численная модель РВС-20000 в соответствии с предложенной расчетной схемой усиления, позволяющая определять параметры НДС в конструкциях резервуара при подъеме.

4. Произведен опытно-промышленный эксперимент подъема РВС-20000 на ЛПДС «Торгили» по предложенной авторами методике. В рамках эксперимента проведены измерения фибровых напряжений в стенке, окрайке и вертикальной раме жесткости способом натурной тензометрии, зафиксированы геодезические изменения параметров оболочки при подъеме.

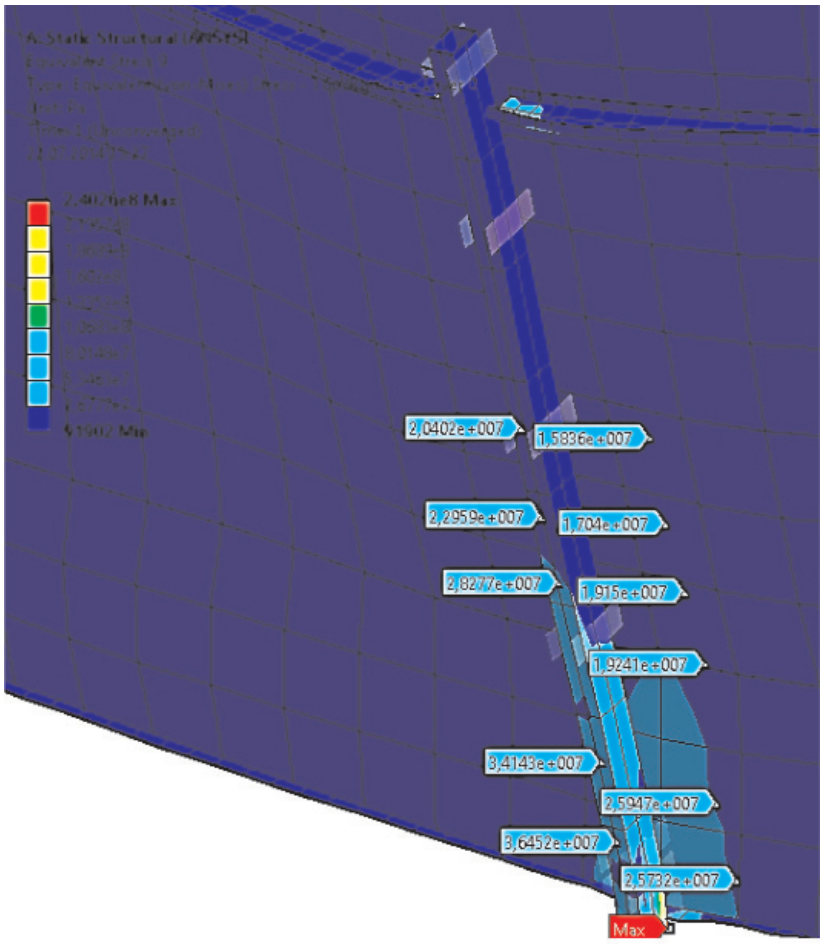


Рис. 4. Теоретические значения действующих эквивалентных напряжений в стенке и вертикальной раме жесткости в местах установки тензометрических датчиков

5. Проанализированы экспериментальные и теоретические зависимости действующих эквивалентных напряжений от высоты (для опорной рамы и стенки). Напряжения в вертикальной раме не превышают 70 МПа, в стенке – 30 МПа. Разница значений напряжений, полученных теоретическим и экспериментальным путем, составила 3,92 %. По результатам эксперимента сделан вывод, что предлагаемая технология не приводит к возникновению предельных состояний в металлоконструкциях РВС и может быть использована к широкому внедрению.

Список литературы

1. Семин Е.Е., Тарасенко А.А. Использование программных комплексов при оценке технического состояния и проектирование ремонтов вертикальных стальных резервуаров // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – М., 2006. – № 4. – С. 84–87.

2. Сильницкий П.Ф., Тарасенко М.А., Тарасенко А.А. Расчет фундаментного кольца резервуара с дефектами // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2011. – № 5. – С. 76–78.

3. Тарасенко А.А. Напряженно-деформированное состояние крупногабаритных резервуаров при ремонтных работах: дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 1991. – 254 с.

4. Тарасенко А.А., Николаев Н.В., Хоперский Г.Г., Саяпин М.В. Напряженно-деформированное состояние стенки резервуара при неравномерных осадках основания // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1997. – № 3. – С. 75–79.

5. Тарасенко А.А., Саяпин М.В. Результаты статистической обработки измерений неравномерных осадок наружного контура днища вертикальных стальных резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1999. – № 1. – С. 52–56.

6. Тарасенко А.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко Д.А. Противоречия в современной нормативно-технической базе при ремонте резервуаров // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3400–3403.

7. Тарасенко А.А., Тюрин Д.В. Моделирование нефтяных стальных цилиндрических резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2001. – № 4. – С. 65–69.

8. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Тарасенко Д.А. Деформирование верхнего края оболочки при развитии неравномерных осадок резервуара // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–3. – С. 485–489.

9. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Исследование изменения напряженно-деформированного состояния вертикального стального резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура днища //

Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3409–3413.

10. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Обоснование необходимости учета истории нагружения конструкции при ремонте фундамента с подъемом резервуара // Безопасность труда в промышленности. – М., 2014. – № 5. – С. 60–63.

11. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В., Тарасенко Д.А. Модель резервуара в среде ANSYS Workbench 14.5 // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3404–3408.

12. Тарасенко М.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко А.А. Анализ результатов дефектоскопии коррозионных повреждений резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 2010. – № 5. – С. 78–82.

13. Тиханов Е.А., Тарасенко А.А., Чепур П.В. Оценка экономической эффективности капитального ремонта основания вертикального стального резервуара методом перемещения // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–2. – С. 330–334.

14. Хоперский Г.Г., Саяпин М.В., Тарасенко А.А. Расчет прочности фундаментного кольца резервуара при воздействии сосредоточенной нагрузки от подъемного устройства // Известия вузов «Нефть и газ». – Тюмень, 1998. – № 2. – С. 60–64.

15. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Тарасенко Д.А. Исследование влияния величины выступа окрайки на напряженно-деформированное состояние вертикального стального цилиндрического резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура днища // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3441–3445.

References

1. Semin E.E., Tarasenko A.A. Pipeline transport: theory and practice, 2006, no. 4, pp. 84–87.

2. Silnitskii P.F., Tarasenko M.A., Tarasenko A.A. Izvestijavuzov. Neft'igaz. 2011, no. 5, pp. 76–78.

3. Tarasenko A.A. Stress-strained state of large-sized tanks during repairs. Candidate technical sciences dissertation. Tyumen, 1991. 254 p.

4. Tarasenko A.A., Nikolaev N.V., Hoperskij G.G., Sajapin M.V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft'igaz. 1997, no. 3, pp. 75–79.

5. Tarasenko A.A., Sajapin M.V. Izvestijavuzov. Neft'igaz. 1999, no.1, pp. 52–56.

6. Tarasenko A.A., Sil'nickij P.F., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no.10 part 15, pp. 3400–3403.

7. Tarasenko A.A., Turin D.V. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft'igaz. 2001, no. 4, pp. 65–69.

8. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2014, no. 6 part 3, pp. 485–489.

9. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Fundamental research, 2013, no. 10 part 15, pp. 3409–3413.

10. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Bezopasnost truda v promyshlennosti, 2014, no. 5, pp. 60–63.

11. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no.10 part 15, pp. 3404–3408.

12. Tarasenko M.A., Silnitskii P.F., Tarasenko A.A. Izvestijavuzov. Neft'igaz. 2010, no. 5, pp. 78–82.

13. Tihanov E.A., Tarasenko A.A., Chepur P.V. Fundamental research, 2014, no. 6 part 2, pp. 330–334.

14. Hoperskij G.G., Sajapin M.V., Tarasenko A.A. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft'igaz. 1998, no. 2, pp. 60–64.

15. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no.10 part 15, pp. 3441–3445.

Рецензенты:

Мерданов Ш.М., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Транспортные и технологические системы», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Иванов В.А., д.т.н., профессор кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 517.9

ПЕРЕСТРОЙКА РЕШЕНИЙ РЕКУРРЕНТНОГО МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Абакумова С.И., Руденко В.Г., Стригун Н.С.

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», филиал, Пятигорск, e-mail: svetaabaku@rambler.ru

Введение**.** В настоящее время хорошо разработаны методы решения линейных рекуррентных соотношений (возвратные уравнения). Нелинейные рекуррентные уравнения, представляющие интерес, решаются численными методами. Цель**.** Найти аналитические решения нелинейных уравнений. Материалы и методы. Обнаружен особый класс нелинейных рекуррентных соотношений – мультипликативные уравнения, решения которых можно получать в аналитическом виде, что позволяет получать аналитически перестройку решений при изменении параметров. Результаты. Предложен метод решения таких уравнений путем сведения их к системе линейных рекуррентных (возвратных) уравнений. Найдены решения таких уравнений при различных значениях параметров. Получены периодические числовые последовательности с различными значениями периодов. Выводы**.** В предложенных мультипликативных уравнениях, которые являются сильно нелинейными, можно получать аналитические решения и аналитически проследить перестройку их при изменении параметров, что представляет интерес для различных разделов нелинейной динамики.

Ключевые слова: рекуррентные, мультипликативные уравнения, перестройка решений

THE REORGANIZATION OF SOLUTIONS OF RECURRENT MULTIPLICATIVE EQUATION OF THE SECOND ORDER

Abakumova S.I., Rudenko V.G., Strigun N.S.

North Caucasian Federal University (branch), Pyatigorsk, e-mail: svetaabaku@rambler.ru

Background. Methods of the decision of the linear recurrence correlations (the revocable equations) are well designed nowadays. The Nonlinear recurrence equations, being of interest, dare the numerical methods. The Purpose. Find the analytical decisions of the nonlinear equations. Material and methods. Special class of the nonlinear recurrence correlations – any multiplicative equations is discovered. Their decisions we can get in analytical type that allows to get analytically realignment of the decisions when change parameter. Results. Method of the decision of such equations by by information them to system linear recurrence (revocable) of the equations is Offered. The decisions of such equations were found. Under different importance parameters. Periodic numeric sequences are Received with different importance periods. Conclusions. We can get analytical solving that are powerfully nonlinear In multiplicative equations. We can analytically consider their change and it is the importance for different sections nonlinear process.

Keyworlds: recurrent, multiplicative equation, reorganization, solution

Рассмотрение различных вопросов нелинейной динамики позволило по-новому посмотреть на соотношение непрерывного и дискретного при описании нелинейных процессов. Обнаруженное в 1980 г. М. Фейгенбаумом [1] сложное поведение сравнительно простого одномерного нелинейного отображения $x_{n+1} = \lambda x_n(1-x_n)$, $n = 1, 2, ...$, дающего при $\lambda < 4$ отображение отрезка [0, 1] в себя, было сразу замечено и использовано для разработки различных сценариев поведения нелинейных систем [2, 3], для уточнения таких понятий, как предельный цикл, аттрактор, область притяжения, бифуркации и т.п., универсальное поведение. Бифуркации удвоения периода, обнаруженные Фейгенбаумом стали одним из сценариев развития турбулентности в гидродинамике. Отметим, что исследование проведенное Фейгенбаумом – численное исследование при различных λ этого отображения.

Здесь мы хотели бы привлечь внимание к одному, пока еще не востребованному, классу нелинейных уравнений, в которых регулярным образом можно получать решение в явном виде и тем самым аналитически выяснить зависимость решений от параметров модели, аналитически проследить перестройку решений при их изменении. Речь идет о мультипликативном рекуррентном автономном уравнении k-го порядка вида:

$$x_{n+k} = g x_n^{\delta_0} x_{n+1}^{\delta_1} x_{n+2}^{\delta_2} \ldots x_{n+k-1}^{\delta_{k-1}},\ n = 1, 2, \ldots, \quad (1)$$

$$x_1 = a_1, x_2 = a_2, \ldots, x_k = a_k, \quad (1^*)$$

в котором $g > 0$, $a_i > 0$, $i = 1, 2, ..., k$, $\delta_j \hat{I} R$, ($j = 0, 1, ..., k - 1$). Величины a_i – начальные данные, а g и δ_j будем рассматривать как параметры модели (1).

Вид модели (1) с начальными условиями (1*) подсказывает, что решение (1) следует искать в виде

$$x_n = g^{\gamma(k)} a_1^{\alpha_1(k)} a_2^{\alpha_2(k)} \ldots a_k^{\alpha_k(k)},\ n = 1, 2, \ldots, \quad \text{при выполнении (1*).} \quad (2)$$

Искомая функция

$$x_n = x(n, a_1, a_2, \ldots, a_k, \delta_0, \delta_1, \ldots, \delta_{k-1})$$

будет определяться $k+1$ функциями: k функциями $\alpha_i(n)$ ($i = 1, 2, \ldots, k$) и функцией $\gamma(_n)$ натурального аргумента.

Для нахождения функций $\alpha_i(n)$ получаем – линейных однородных рекуррентных уравнений k-го порядка

$$\alpha_i(n+k) = \delta_0\alpha_i(n) + \delta_1\alpha_i(n+1) + \delta_2\alpha_i(n+2) + \ldots + \delta_{k-1}\alpha_i(n+k-1) \quad (3)$$

с начальными условиями

$$\alpha_i(m) = \delta_{im} \equiv \begin{cases} 1, & m = i \\ 0, & m \neq i \end{cases} \quad i, m = 1, 2, ..., k, \quad (3^*)$$

а для $\gamma(n)$ – линейное неоднородное рекуррентное уравнение k-го порядка

$$\gamma(n+k) = \delta_0\gamma(n) + \delta_1\gamma(n+1) + \delta_2\gamma(n+2) + \ldots + \delta_{k-1}\gamma(n+k-1) \quad (4)$$

с нулевыми начальными условиями

$$\gamma(i) = 0,\ i = 1, 2, \ldots, k. \quad (4^*)$$

Начальные условия (3*) и (4*) следуют из (2) и (1*).

Общее решение однородного линейного рекуррентного уравнения есть линейная комбинация k его частных линейно независимых решений, для нахождения которых нужно составить и решить характеристическое алгебраическое уравнение k-й степени с коэффициентами $\delta_0, \delta_1, ..., \delta_{k-1}$.

Таким образом, аналитическое решение уравнения (1) с начальными условиями (1*) возможно в той мере, в какой возможно найти решение соответствующего характеристического алгебраического уравнения. В этой связи особое место среди мультипликативных уравнений (1) занимают уравнения второго и третьего порядков. Исследуем подробно уравнение второго порядка этого вида:

$$x_{n+2} = g x_{n+1}^{\delta_1} x_n^{\delta_0}, \quad n = 1, 2, ...; \quad (5)$$

$$x_1 = a > 0, \quad x_2 = b > 0, \quad \delta_0, \delta_1 \in R.$$

Решение его ищем в виде (здесь $a_1 = a$, $a_2 = b$)

$$x_n = g^{\gamma_n} a^{\alpha_n} b^{\beta_n}. \quad (6)$$

Для показателей α_n и β_n получаем линейные однородные рекуррентные уравнения второго порядка

$$\alpha_{n+2} = \delta_1\alpha_{n+1} + \delta_0\alpha_n, \ \alpha_1 = 1, \ \alpha_2 = 0; \quad (7)$$

$$\beta_{n+2} = \delta_1\beta_{n+1} + \delta_0\beta_n, \ \beta_1 = 0, \ \beta_2 = 1. \quad (7^*)$$

Их частные решения ищем в виде $\alpha_n = \beta_n = q^n$, $n = 1, 2, ...$, и для q получаем характеристическое уравнение

$$q^2 - \delta_1 q - \delta_0 = 0.$$

Его решение

$$q_{1,2} = \frac{\delta_1}{2} \pm \sqrt{\frac{\delta_1^2}{4} + \delta_0}.$$

Случай 1. Корни действительные, различные,

$$\frac{\delta_1^2}{4} + \delta_0 > 0$$

и

$$q_1 = \frac{\delta_1 + \sqrt{\delta_1^2 + 4\delta_0}}{2};$$

$$q_2 = \frac{\delta_1 - \sqrt{\delta_1^2 + 4\delta_0}}{2}.$$

Общее решение тогда запишется в виде

$$\alpha_n = A_1 q_1^n + A_2 q_2^n;$$

$$\beta_n = B_1 q_1^n + B_2 q_2^n. \quad (8)$$

Для нахождения постоянных линейной комбинации имеем системы

$$\begin{cases} A_1 q_1 + A_2 q_2 = 1 \\ A_1 q_1^2 + A_2 q_2^2 = 0 \end{cases}$$

и

$$\begin{cases} B_1 q_1 + B_2 q_2 = 0, \\ B_1 q_1^2 + B_2 q_2^2 = 1. \end{cases}$$

Решая, находим

$$A_1 = \frac{q_2}{q_1(q_2 - q_1)};$$

$$A_2 = -\frac{q_1}{q_2(q_2 - q_1)};$$

$$B_1 = -\frac{1}{q_1(q_2 - q_1)};$$

$$B_2 = \frac{1}{q_2(q_2 - q_1)}.$$

С учетом этого получаем

$$\alpha_n = \frac{\delta_0}{\sqrt{\delta_1^2 + 4\delta_0}} \left[\left(\frac{\delta_1 + \sqrt{\delta_1^2 + 4\delta_0}}{2} \right)^{n-2} - \left(\frac{\delta_1 - \sqrt{\delta_1^2 + 4\delta_0}}{2} \right)^{n-2} \right], \quad n = 2, 3, \ldots; \tag{8*}$$

$$\beta_n = \frac{\delta_0}{\sqrt{\delta_1^2 + 4\delta_0}} \left[\left(\frac{\delta_1 + \sqrt{\delta_1^2 + 4\delta_0}}{2} \right)^{n-1} - \left(\frac{\delta_1 - \sqrt{\delta_1^2 + 4\delta_0}}{2} \right)^{n-1} \right], \quad n = 1, 2, \ldots \tag{8**}$$

Случай 2. Корни комплексные,

$$\frac{\delta_1^2}{4} + \delta_0 < 0, \quad \delta_0 = -|\delta_0| < 0.$$

Тогда

$$q_1 = \frac{\delta_1 + i\sqrt{4|\delta_0| - \delta_1^2}}{2}; \qquad q_1 = \frac{\delta_1 - i\sqrt{4|\delta_0| - \delta_1^2}}{2}. \tag{9}$$

Запишем корни в виде

$$q_1 = \sqrt{|\delta_0|}e^{i\varpi} \text{ и } q_1 = \sqrt{|\delta_0|}e^{-i\varpi}, \tag{9*}$$

где

$$\operatorname{tg}\varpi = \frac{\sqrt{4|\delta_0| = -\delta_1^2}}{\delta_1} = \operatorname{sgn}\delta_1 \sqrt{\frac{4|\delta_0|}{\delta_1^2} - 1}. \tag{10}$$

Если $\delta_1 > 0$, то

$$\varpi = \operatorname{arctg}\frac{\sqrt{4|\delta_0| - \delta_1^2}}{\delta_1} = \operatorname{arctg}\sqrt{\frac{4|\delta_0|}{\delta_1^2} - 1}. \tag{10*}$$

Если $\delta_1 < 0$, то

$$\varpi = \pi + \operatorname{arctg}\left(-\sqrt{\frac{4|\delta_0|}{\delta_1^2} - 1} \right). \tag{10**}$$

Общее решение α_n и β_n дается формулами (8), постоянные линейных комбинаций легко находятся, получаем

$$\alpha_n = \frac{-2|\delta_0|^{\frac{n}{2}}}{\sqrt{4|\delta_0| - \delta_1^2}} \sin\left[\varpi(n-2)\right], \; n = 1, 2, \ldots; \tag{11}$$

$$\beta_n = \frac{2\delta_0^{\frac{n-1}{2}}}{\sqrt{4|\delta_0| - \delta_1^2}} \sin\left[\varpi(n-1)\right], \; n = 1, 2, \ldots \tag{11*}$$

Значения ϖ и $T = \frac{2\pi}{\varpi}$ определяются комбинацией $\frac{|\delta_0|}{\delta_1^2}$ с учетом требований $\frac{|\delta_0|}{\delta_1^2} > \frac{1}{4}$ и $\delta_0 < 0$; «амплитуды» колебаний α_n и β_k меняются по закону $|\delta_0|^{\frac{n}{2}}$ с изменением n и при $\delta_0 = -1$ от n не зависят. Зафиксировав

значение $\frac{|\delta_0|}{\delta_1^2}$, мы тем самым фиксируем ϖ и T. Другими словами, если $|\delta_0| = 1$, то

$$\alpha_{n+T} = \alpha_n,\ \beta_{n+T} = \beta_n,\ n = 1, 2, ...,$$

если $|\delta_0| \neq 1$, то

$$\alpha_{n+T} = |\delta_0|^{\frac{T}{2}} \alpha_n,\ \beta_{n+T} = |\delta_0|^{\frac{T}{2}} \beta_n,\ n = 1, 2, ...,$$

Случай 3.

$$q_1 = q_2 = q = \frac{\delta_1}{2};\ \ \delta_0 = -\frac{\delta_1^2}{4} < 0.$$

В этом случае

$$\alpha_n = A_1\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^n + A_2 n\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^n;$$

$$\beta_n = B_1\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^n + B_2 n\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^n,\ n = 1, 2, ...,$$

$$A_1 = \frac{4}{\delta_1};\ \ A_2 = -\frac{2}{\delta_1};\ \ B_1 = -\frac{4}{\delta_1^2};$$

$$B_2 = \frac{4}{\delta_1^2};\ \ \alpha_n = -(n-2)\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^{n-1};$$

$$\beta_n = (n-1)\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^{n-2},\ \ n = 1, 2, ... \quad (12)$$

Для нахождения γ_n получаем неоднородное линейное рекуррентное соотношение второго порядка с нулевыми начальными условиями

$$\gamma_{n+2} = \delta_1\gamma_{n+1} + \delta_0\gamma_n + 1,\ n = 1, 2, ..., \quad (13)$$

$\gamma_1 = 0$, $\gamma_2 = 0$, схема решения которого хорошо известна. При рассмотрении конкретного вида (5) удобнее все выкладки проводить с самого начала, а не пользоваться готовыми формулами.

Рассмотрим случай с $\delta_0 = -1$, $\delta_1 = 1$. Непосредственно легко убедиться, что уравнение

$$x_{n+2} = k\frac{x_{n+1}}{x_n},\ n = 1, 2, ...,$$

$$x_1 = a,\ x_2 = b \quad (14)$$

задает периодическую последовательность с периодом $T = 6$ и частотой $\varpi = \frac{2\pi}{6} = \frac{\pi}{3}$..

$$(x_n):\ a,\ b,\ k\frac{b}{a},\ k^2\frac{1}{a},\ k^2\frac{1}{b},\ k\frac{a}{b};$$
$$a,\ b,\ k\frac{b}{a},\ k^2\frac{1}{a},\ k^2\frac{1}{b},\ k\frac{a}{b};\ ... \quad (15)$$

Члены этой последовательности имеют вид $k^{\gamma_n}a^{\alpha_n}b^{\beta_n}$ и с учетом (15) находим, что показатели γ_n, α_n, β_n – периодические, с периодом $T = 6$

$$(\gamma_n):\ 0, 0, 1, 2, 2, 1;\ 0, 0, 1, 2, 2, 1;\ldots$$
$$(\alpha_n):\ 1, 0, -1, -1, 0, 1;\ 1, 0, -1, -1, 0, 1;\ \ldots \quad (16)$$
$$(\beta_n):\ 0, 1, 1, 0, -1, -1;\ 0, 1, 1, 0, -1, -1;\ \ldots$$

Для любого n имеет место равенство

$$\gamma_n + \alpha_n + \beta_n = 1,\ \ n = 1, 2, ...$$

Найдем аналитическую запись решения (15). Имеем

$$x_n = k^{\gamma_n}a^{\alpha_n}b^{\beta_n}. \quad (17)$$

Получаем для определения показателей линейные рекуррентные уравнения

$$\alpha_{n+2} = \alpha_{n+1} - \alpha_n,\ \ \alpha_1 = 1,\ \ \alpha_2 = 0;$$
$$\beta_{n+2} = \beta_{n+1} - \beta_n,\ \ \beta_1 = 0,\ \ \beta_2 = 1;$$
$$\gamma_{n+2} = \gamma_{n+1} - \gamma_n + 1,\ \ \gamma_1 = 0,\ \ \gamma_2 = 1.$$

Характеристическое уравнение для этих уравнений имеет вид: $q^2 - q + 1 = 0$, а его корни:

$$q_1 = \frac{1}{2} - i\frac{\sqrt{3}}{2} = e^{-i\frac{\pi}{3}};$$

$$q_2 = \frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2} = e^{i\frac{\pi}{3}}$$

дают два частных решения q_1^n и q_2^n. Запишем общие решения этих уравнений и начальные условия:

$$\alpha_n = A_1q_1^n + A_2q_2^n,\ \alpha_1 = 1,\ \alpha_2 = 0;$$

$$\beta_n = B_1q_1^n + B_2q_2^n,\ \beta_1 = 0,\ \beta_2 = 1;$$

$$\gamma_n = C_1q_1^n + C_2q_2^n + 1,\ \gamma_1 = 0,\ \gamma_2 = 0.$$

Определяя постоянные линейной комбинации, находим явные выражения для функций α_n, β_n, γ_n:

$$\alpha_n = \frac{2}{\sqrt{3}}\cos\left[\frac{\pi}{3}n - \frac{\pi}{6}\right],\ n = 1, 2, ...;$$

$$\beta_n = \frac{2}{\sqrt{3}}\cos\left[\frac{\pi}{3}n - \frac{5\pi}{6}\right],\ n = 1, 2, ...;$$

$$\gamma_n = -\frac{2}{\sqrt{3}}\sin\left(\frac{\pi}{3}n\right) + 1,\ n = 1, 2, ... \quad (18)$$

Решение уравнения (14), задаваемое формулами (17), (18), определяет функцию $x = x(a, b, k, n)$. При фиксированных a, b, k она определяет периодическую числовую

последовательность (5). Структура шести членов последовательности, составляющих период $a,\ b,\ k\frac{b}{a},\ k^2\frac{1}{a},\ k^2\frac{1}{b},\ k\frac{a}{b}$, такова, что изменение одного из этих трех параметров вызывает изменение только четырех чисел из этой шестерки.

Частные эластичности этой функции по трем переменным будут равны соответствующим показателям:

$$E_{x,a}=\frac{a}{x}\frac{\partial x}{\partial a}=\alpha_n;$$

$$E_{x,b}=\frac{b}{x}\frac{\partial x}{\partial b}=\beta_n;$$

$$E_{x,k}=\frac{k}{x}\frac{\partial x}{\partial k}=\gamma_n, \qquad (19)$$

но полная эластичность этой функции [5]

$$E_x=E_{x,a}+E_{x,b}+E_{x,k}=\alpha_n+\beta_n+\gamma_n=1:$$

изменение всех параметров функции на 1 % вызовет изменение членов ряда (17) тоже на 1 %.

Рассмотренному случаю $\delta_0 = -1,\ \delta_1 = 1$ отвечает значение $\left|\delta_0\right|\Big/\delta_1^2=1$ и согласно (10) $\mathrm{tg}w=\sqrt{3}$, так что $w=\frac{\pi}{3}$, $T=\frac{2\pi}{w}=6$. Но значение $\left|\delta_0\right|\Big/\delta_1^2=1$ может достигаться и при других комбинациях δ_0 и δ_1, так для $\delta_1=\sqrt{2}>0$ и $\delta_0=-2$ имеем $\left|\delta_0\right|\Big/\delta_1^2=1$, так что $w=\frac{\pi}{3}$ и $T = 6$. В этом случае мы имеем дело с уравнением ($k = g = 1$)

$$x_{n+2}=\frac{x_{n+1}^{\sqrt{2}}}{x_n^2}\ n = 1, 2, \ldots, x_1 = a, x_2 = b$$

записано с помощью (11) и (11*):

$$\alpha_n=-\frac{2^{\frac{n+1}{2}}}{\sqrt{3}}\sin\frac{\pi}{3}(n-2),\ n = 1, 2, ...; \qquad (20)$$

$$\beta_n=\frac{2^{\frac{n}{2}}}{\sqrt{3}}\sin\frac{\pi}{3}(n-1),\quad n = 1, 2, ... \qquad (20^*)$$

Убеждаемся, что

$$\alpha_{n+6}=2^3\alpha_n=8\alpha_n,\quad n = 1, 2, ...$$
$$\beta_{n+6}=2^3\beta_n=8\beta_n$$

В качестве следующего примера рассмотрим случай, когда $\frac{\left|\delta_0\right|}{\delta_1^2}=\frac{1}{2}$. Тогда при $\delta_1 > 0$ $\mathrm{tg}w = 1$, соответственно $w=\frac{\pi}{4}$, а $T=\frac{2\pi}{w}=8$. Если $\delta_0 = -1$, $\delta_1=\sqrt{2}>0$, то уравнение

$$x_{n+2}=\frac{x_{n+1}^{\sqrt{2}}}{x_n},\quad x_1 = a,\quad x_2 = b \qquad (21)$$

определяет периодическую числовую последовательность с периодом T = 8, описываемую формулами

$$x_n=a^{\alpha_n}b^{\beta_n};\quad \alpha_n=-\sqrt{2}\sin\left[\frac{\pi}{4}(n-2);\right]$$

$$\beta_n=\sqrt{2}\sin\frac{\pi}{4}(n-1),\quad n = 1, 2, ... \qquad (22)$$

В этом случае $|\delta_0| = 1$, так что

$$\alpha_{n+8}=\alpha_n,\quad \beta_{n+8}=\beta_n,\quad n = 1, 2, ...$$

Если $\frac{\left|\delta_0\right|}{\delta_1^2}=\frac{1}{2}$, но $\delta_0 \neq -1$ и $\delta_1 > 0$, то

$$\alpha_n=\frac{-2\left|\delta_0\right|}{\sqrt{4\left|\delta_0\right|-\delta_1^2}}\sin\frac{\pi}{4}(n-2),\ n = 1, 2, ...$$

$$\beta_n=\frac{2\delta_0^{\frac{n-1}{2}}}{\sqrt{4\left|\delta_0\right|-\delta_1^2}}\sin\frac{\pi}{4}(n-1),\ n=1, 2, ... \qquad (23)$$

Возьмем $\delta_0 = -2,\ \delta_1 = 2 > 0,\ \left(\frac{\left|\delta_0\right|}{\delta_1^2}=\frac{1}{2}\right)$, тогда для последовательности

$$x_{n+2}=\left(\frac{x_{n+1}}{x_n}\right)^2,\ n = 1, 2, ...,$$
$$x_1 = a, x_2 = b. \qquad (24)$$

Получаем

$$\alpha_n=-2^{\frac{n}{2}}\sin\frac{\pi}{4}(n-2);$$

$$\beta_n=2^{\frac{n-1}{2}}\sin\frac{\pi}{4}(n-1),\ n = 1, 2, ...$$

В этом случае

$$\alpha_{n+8}=2^4\alpha_n=16\alpha_n;$$

$$\beta_{n+8}=2^4\beta_n=16\beta_n,\ n = 1, 2, ...$$

Соответственно, $x_{n+8}=(x_n)^{16}$ – восемь чисел очередного цикла получаются возведением в 16-ю степень чисел предыдущего

цикла. Числа первой восьмерки этой последовательности

$$(x_n): a, b, \left(\frac{b}{a}\right)^2, \frac{b^2}{a^4}, \frac{1}{a^4}, \frac{1}{b^4}, \left(\frac{a}{b}\right)^8, \frac{a^{16}}{b^8}; \ldots$$

Если $a = b$, то (x_n):

$$a, a, 1, \frac{1}{a^2}, \frac{1}{a^4}, \frac{1}{a^4}, 1, a^8; \ldots$$

Если $a \neq 1$, то при $n \to \infty$, три числа из восьмерки цикла стремятся к нулю, три к бесконечности, два остаются равными единице.

Совсем по-другому ведут себя числа восьмерки цикла, если $\delta_0 = -\frac{1}{2}$, $\delta_1 = 1 > 0$ $\left(\frac{|\delta_0|}{\delta_1^2} = \frac{1}{2}\right)$.

Имеем

$$x_{n+2} = \frac{x_{n+1}}{\sqrt{x_n}}, \; n = 1, 2, \ldots, x_1 = a, x_2 = b. \tag{26}$$

В этом случае

$$\alpha_n = 2^{\frac{2-n}{2}} \sin\left[\frac{\pi}{4}(n-2)\right] = 2 \cdot 2^{-\frac{n}{2}} \sin\left[\frac{\pi}{4}(n-2)\right], \; n = 1, 2, \ldots$$

$$\beta_n = 2^{\frac{3-n}{2}} \sin\left[\frac{\pi}{4}(n-1)\right] = 2\sqrt{2} \cdot 2^{-\frac{n}{2}} \sin\left[\frac{\pi}{4}(n-1)\right], \; n = 1, 2, \ldots \tag{27}$$

Находим, что

$$x_{n+8} = (x_n)^{1/16}, \quad \lim_{n\to\infty} \alpha_n = 0, \lim_{n\to\infty} \beta_n = 0,$$

$$a^{\alpha_n} \to 1, b^{\beta_n} \to 1, x_n \to x = 1 \text{ при } n \to \infty.$$

Если $\frac{|\delta_0|}{\delta_1^2} = \frac{1}{3}$ и $\delta_1 > 0$, то $\operatorname{tg} w = \frac{1}{\sqrt{3}}$; $w = \frac{\pi}{6}$, а $T = 12$. Но при $\delta_1 = -1$, $\delta_1 = -1$ имеем $w = \frac{2\pi}{3}$ и $T = 3$.

Если $\delta_1 = \delta_0 = 1$, то для уравнения

$$x_{n+2} = x_n x_{n+1}, \; n = 1, 2, \ldots, x_1 = a, x_2 = b.$$

Находим $x_n = a^{\alpha_n} b^{\beta_n}$ и

$$\alpha_{n+2} = \alpha_{n+1} + \alpha_n, \; \alpha_1 = 1, \; \alpha_2 = 0;$$

$$\beta_{n+2} = \beta_{n+1} + \beta_n, \; \beta_1 = 0, \; \beta_2 = 1.$$

Оба уравнения определяют последовательность Фибоначчи с начальными данными 1,0 для α_n и 0,1 для β_n.

Проведенный здесь анализ свидетельствует о возможности аналитически изучать перестройку решений этого класса уравнений при изменении параметров модели.

Список литературы

1. Абакумова С.И., Руденко В.Г. Исследование мультипликативного уравнения второго порядка // Состояние и перспективы развития электротехнологии: XVII Международная научно-техническая конференция (Бенардосовские чтения), 29–31 мая 2013, III том «Электротехника». – Иваново: ИГЭУ, 2013. – С. 312–314.

2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: учебное пособие в 10 т., т. VI. Гидродинамика – М.: Наука. 1986. – С. 169–183.

3. Руденко В.Г., Тимченко О.В. Эластичность многофакторных экономических показателей // Научные труды № 32 (часть 4) «Дни науки». – Пятигорск: ПГТУ, 2009. – С. 114–119.

4. Фейгенбаум М. Универсальное поведение в нелинейных системах // УФН. – 1983. – Т. 141, Вып. 2. – С. 343–374.

5. Figenbaum M.J. Univercal behaviour in nonlinear systems // Los Alamos Sci. –1980. – № 1. – P. 4–27.

References

1. Abakumova S.I., Rudenko V.G. Issledovanie multiplikativnogo uravneniya vtorogo poryadka. XVII mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskayakonferentsiya «Sostoyanie b perspektivy razvitiya elektrotekhnologii», 29–30 maya 2013? III tom «elektrotekhnika», s/ 312-314, IGEU, Ivanovo 2013.

2. Landay l.D., Lifshic E.M. Teoreticyeskay fizika: uchebnoe posobie v 10 t., t. VI Gidrodinamika. Moskva:, Nauka. 1986. pp. 169–183.

3. Rudenko V.G., Timchenko O.V. Elastichnost mnogofaktornykh ekonomicheskikh pokazateley// Nauchnye trudy № 32 (chast 4) «Dni nauki»- Pyatigorsk: PGTU? 2009. pp. 114–119.

4. Figenbaum M. Universalnoe povedenie v nelineynykh sistemakh, UFN, 1983, t.141, vyp. 2, pp. 343–374.

5. Figenbaum M. J. Univercal behaviour in nonlinear systems.-Los Alamos Sci.1980. no. 1, pp. 4–27.

Рецензенты:

Алтухов В.И., д.ф.-м.н., профессор, ведущий научный сотрудник отдела стратегического и инновационного развития СКФУ, филиал, г. Пятигорск;

Казуб В.Т., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой физики и математики Пятигорского медико-фармацевтического института, филиал ГБОУ ВПО ВолгГМУ Минздрава РФ, г. Пятигорск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 532.329.:532.2.532, 01.02.05

О ВЛИЯНИИ ЭЛАСТИЧНОСТИ СТЕНОК ТРУБКИ НА ДИНАМИКУ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЛН ПУЗЫРЬКОВОЙ ЖИДКОСТИ

Баязитова Я.Р.

Стерлитамакский филиал ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», Стерлитамак, e-mail: yana.bayazitova@mail.ru

Составлена математическая модель для изучения эволюции нелинейных волн в трубке с эластичными стенками, заполненной пузырьковой жидкостью. Проведены численные расчеты параметров волны для двух моделей трубы с эластичными стенками: в первом случае полагается, что справедлив закон Гука для всей трубы, во втором случае учитывается радиальная инерция стенок трубы. Проведен сравнительный анализ результатов численных экспериментов. Установлено, что процессы, характерные для пузырьков при распространении волн двухфазной жидкости, оказывают влияние на динамику волн при радиусе пузырьков, при уменьшении радиуса пузырьков до диссипация на пузырьках, межфазное взаимодействие пренебрежимо малы, радиальная инерция стенок трубки сохраняет свое воздействие на динамику волны. Аналогичная тенденция наблюдается при изменении концентрации пузырьков единого радиуса: при малых концентрациях пузырьков на эволюцию волн давления оказывают большее влияние свойства эластичности стенок трубки, при увеличении концентрации пузырьков динамика волн определяется процессами, протекающими в пузырьковой жидкости. Скорость волн двухфазной жидкости меньше скорости звука, и она убывает с увеличением концентрации пузырьков. Эта тенденция сохраняется и при учете радиальной инерции стенок трубки. Следует отметить, что скорость волн в этом случае близка к значениям данного параметра, характерного для случая отсутствия радиальной инерции у эластичных стенок трубки.

Ключевые слова: пузырьковая жидкость, эластичность, волна давления, скорость, амплитуда

ABOUT INFLUENCE OF ELASTICITY OF TUBE WALLS TO DYNAMICS OF NONLINEAR WAVES OF BUBBLY LIQUID

Bayazitova Y.R.

Sterlitamak branch of Bashkir State University, Sterlitamak, e-mail: yana.bayazitova@mail.ru

The mathematical model to study the evolution of nonlinear waves in a tube with elastic walls, filled with bubble liquid. Numerical calculations of the wave parameters for two models of the tube with elastic walls: in the first case it is assumed that Hooke´s law is valid for the entire pipe, in the second case considered radial inertia of the pipe walls. A comparative analysis of the results of numerical experiments. It is established that the processes typical for the bubbles in the propagation of waves in two-phase liquid affect the dynamics of waves at the bubble radius , with decreasing radius bubbles up dissipation on the bubbles and interfacial interaction negligible, radial inertia of the walls of the tube retains its impact on the dynamics of the wave. A similar trend is observed in the changes of the concentration of bubbles single radius: at low concentrations of bubbles on the evolution of pressure waves have a greater impact properties of elasticity of the walls of the tubes with increasing concentrations of bubble dynamics of waves is determined by the processes occurring in bubbly liquids. The speed of wave two-phase fluid less than the speed of sound, and it decreases with increasing concentration of bubbles. This trend has continued in the accounting for the radial inertia of the walls of the tube. It should be noted that the speed of waves in this case is close to the values of this parameter typical case no radial inertia of the elastic walls of the tube.

Keywords: bubbly liquid, the elasticity, the wave of pressure, the speed, the amplitude

Интерес к проблемам волновой динамики пузырьковых жидкостей, протекающей в эластичных трубках, обусловлен важностью применения результатов исследований к проблемам расчета гидравлических систем в летательных аппаратах, в нефтяной и газовой промышленности, химической технологии.

Целью нашей работы является развитие теории волновых течений пузырьковых жидкостей в трубках с эластичными стенками.

Постановка задачи и система уравнений**.** Рассмотрим одномерные волновые возмущения, распространяющиеся в трубке малого радиуса, заполненной пузырьковой жидкостью.

Стенки трубки считаем эластичными. На рис. 1 представлено схематическое изображение системы, которое иллюстрирует трубку толщиной h, длиной L и радиусом a_0 ($L >> a_0$). Возмущения в системе возникают вследствие воздействия давлением по торцу трубки.

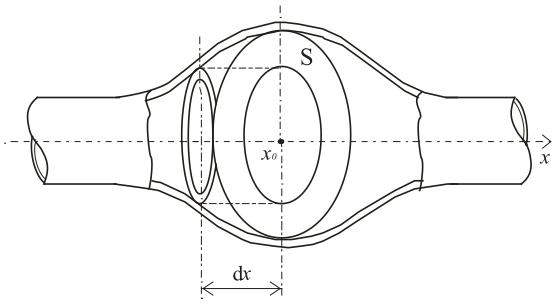


Рис. 1. Схема задачи

Полагая общепринятые допущения для пузырьковых жидкостей, запишем основные уравнения для описания движения волн в пузырьковой жидкости в трубке с эластичными стенками. Макроскопические уравнения сохранения масс, числа пузырьков, импульсов в односкоростном приближении имеют вид [1]

$$\frac{\partial(\rho_i S)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho_i \upsilon S)}{\partial x}=0,\quad i=l,g;$$

$$\frac{\partial(\rho\upsilon S)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho\upsilon^2 S)}{\partial x}=-S\frac{\partial\rho_l}{\partial x};$$

$$\frac{\partial(nS)}{\partial t}+\frac{\partial(n\upsilon S)}{\partial x}=0;$$

$$\frac{dp_g}{dt}=-\frac{3\gamma p_0}{a_0}\frac{\partial a}{\partial t}-\frac{3(\gamma-1)q}{a_0};$$

$$\alpha_l+\alpha_g=1;\quad \rho_i=\rho_i^0\alpha_i;$$

$$\rho=\rho_g+\rho_l;\quad \alpha_g=\frac{4}{3}\pi a^3 n,$$

здесь и далее ρ_i – плотность фазы; n – число пузырьков; S – площадь поперечного сечения трубки; υ – скорость; α_i – объемное содержание фазы; a – радиус пузырьков; γ – показатель адиабаты для газа; q – тепловой поток; p_g – давление газа.

Будем считать жидкость акустически сжимаемой, газ калорически совершенным:

$$p_l=p_0+C_l^2\left(\rho_l^0-\rho_{lo}^0\right);\quad p_g=\rho_g^0 R T_g,$$

здесь p_g^0 – начальное давление жидкости; R – газовая постоянная; T_g – температура газа.

При описании радиального движения в соответствии с уточнением, предложенным в [2], будем полагать, что $w=w_R+w_A$, где w_R – определяется из уравнения Релея – Ламба, а w_A – определяется из решения задачи о сферической разгрузке на сфере радиуса a в несущей жидкости в акустическом приближении:

$$a\frac{dw_R}{dt}+\frac{3}{2}w_R^2+4\nu_l\frac{w_R}{a}=\frac{p_g-p_l}{\rho_l^0};$$

$$w_A=\frac{p_g-p_l}{\rho_l^0 C_l\alpha_g^{1/3}},$$

где ν_l – вязкость жидкости; C_l – скорость звука в «чистой» жидкости.

Тепловой поток задаем следующим приближенным конечным соотношением [3]:

$$q=Nu\,\lambda_g\frac{T_g-T_0}{2a};$$

$$Nu=\begin{cases}\sqrt{Pe}, & Pe\ge 100,\\ 10, & Pe<100,\end{cases}$$

где $Pe=12(\gamma-1)\dfrac{T_0}{|T_g-T_0|}\dfrac{a|w|}{k_g};\ k_g=\dfrac{\lambda_g}{c_g\rho_g^0}.$

Температура газа в пузырьках меняется по закону

$$T_g=\frac{p_g}{p_0}\left(\frac{a}{a_0}\right)^3 T_0.$$

Рассмотрим два случая: будем считать, что стенки трубки помимо эластичных свойств обладают массой, обусловливающей радиальную инерцию стенок при распространении волновых возмущений, и исследуем динамику нелинейных волн в эластичной трубке без инерционных свойств ее стенок. Закон Гука для эластичной трубки имеет вид [4]

$$\Delta p_l=\frac{Eh}{2a_0}\Delta S.$$

В случае учета радиальной инерции стенок трубки считаем, что радиус трубки меняется согласно уравнению

$$\rho_w\left(\left(b_0+h_0\right)^2-b_0^2\right)\frac{\partial^2 b}{\partial^2 t}=b\left(p-p_0\right)-E\frac{h_0}{b_0}\left(b-b_0\right),$$

где E – модуль Юнга; h_0 – толщина стенки трубки; b_0 – начальное значение внутреннего радиуса трубки; ρ_w – плотность материала трубки.

Для численного анализа удобнее пользоваться системой уравнений, записанной в лагранжевых координатах, запишем приведенную выше систему уравнений в лагранжевых переменных:

$$\frac{\partial a}{\partial t}=w;$$

$$\frac{\partial w_R}{\partial t}=\frac{1}{a}\left(-\frac{3}{2}w_R^2-4\nu_l\frac{w_R}{a}+\frac{\left(p_g-p_l\right)}{\rho_l^0}\right);$$

$$w_A=\frac{p_g-p_l}{\rho_l^0 C_l\alpha_g^{1/3}};$$

$$\frac{\partial p_g}{\partial t} = -\frac{3\gamma p_g w}{a} - \frac{3(\gamma-1)q}{a};$$

$$q = Nu\,\lambda_g \frac{T_g - T_0}{2a};$$

$$Nu = \begin{cases} \sqrt{Pe}, & Pe \geq 100; \\ 10, & Pe \leq 100; \end{cases}$$

$$Pe = 12(\gamma-1)\frac{T_0}{|T_g - T_0|}\frac{a|w|}{k_g};$$

$$k_g = \frac{\lambda_g}{c_g \rho_g^0};$$

$$T_g = \frac{p_g}{p_0}\left(\frac{a}{a_0}\right)^3 T_0;$$

$$p_g = \frac{T_g}{T_0}\left(\frac{a_0}{a}\right)^3 p_0.$$

Для случая отсутствия радиальной инерции стенок трубки давление жидкости и объемное содержание пузырьков, изменение поперечных размеров трубки определяется следующими частными производными:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = C_l^2 \rho_l^0 EhS\left(\frac{3\alpha_g w}{a_0} - Jak\frac{\partial \upsilon}{\partial x_0}\right)\left[\left(EhS + 2C_l^2 a_0 S_0 \rho_l^0 + \frac{2\alpha_g a_0 S_0 C_l^2 \rho_l^0}{Jak(1-\alpha_g)}\right)(1-\alpha_g)\right]^{-1};$$

$$\frac{\partial \alpha_g}{\partial t} = \frac{3\alpha_g w}{a_0} - \alpha_g \frac{\partial \upsilon}{\partial x_0} - \frac{2a\alpha_g S_0}{EhS}\frac{\partial P_l}{\partial t};$$

$$S = S_0\left(1 + \frac{2a_0}{Eh}(p_l - p_0)\right).$$

Для случая эластичных стенок трубки с радиальной инерцией давление в жидкости, объемное содержание пузырьков, изменение радиуса стенок трубки определяются следующим образом:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = C_l^2 \rho_l^0 \left(\frac{3\alpha_g w}{a_0} - \frac{\alpha_g}{Jak}\frac{\partial \upsilon}{\partial x_0} - \frac{2\alpha_g}{b}\frac{\partial b}{\partial t}\right)(1-\alpha_g)^{-1} - \frac{DJak}{Jak} - \frac{2\partial b}{b\partial t};$$

$$\frac{\partial \alpha_g}{\partial t} = \frac{3\alpha_g w}{a_0} - \frac{\alpha_g}{S_0}\frac{\partial S}{\partial t} - \alpha_g \frac{\partial \upsilon}{\partial x_0}; \quad \frac{\partial^2 b}{\partial t^2} = \left(b(p - p_b) - \frac{Eh}{b_0}(b - b_0)\right)\left(\rho_w\left(b_0 + h\right)^2 - b_0^2\right)^{-1}; \quad S = \pi b^2.$$

Системы уравнений решаются численно по явной схеме с использованием метода конечных разностей [5].

Начальные и граничные условия**.** Нелинейные волны, возникающие в трубке, распространяются вдоль положительного направления оси z до противоположного торца трубки, ограниченного жесткой стенкой: $z = L$: $\upsilon_z = 0$, $0 < a_0 < R$.

Начальные условия для остальных входных параметров соответствуют следующим:

$t = 0$: $p_l = p_0$, $S = S_0$, $p_g = p_0$, $w_R = 0$, $a_0 = 1$ мм или 0,1 мм.

Возмущения в трубе возникают вследствие воздействия по торцу трубки давлением согласно условиям при $t^* = 1$ мс и $\Delta p = 1$ атм:

$$z = 0: \quad \begin{cases} p_0 + \Delta p_0 \exp\left(\left(\dfrac{t - t_*}{t_0}\right)^2\right), & 0 < t < t_*; \\ p_0, & t > t_* \end{cases} \tag{1}$$

$$z = 0: \quad \begin{cases} p_0 + \Delta p_0 \exp\left(\left(\dfrac{t - t_*}{t_0}\right)^2\right), & 0 < t < \dfrac{t_*}{2}. \\ p_0 + \Delta p_0, & t > t_*/2 \end{cases} \tag{2}$$

Обсуждение результатов

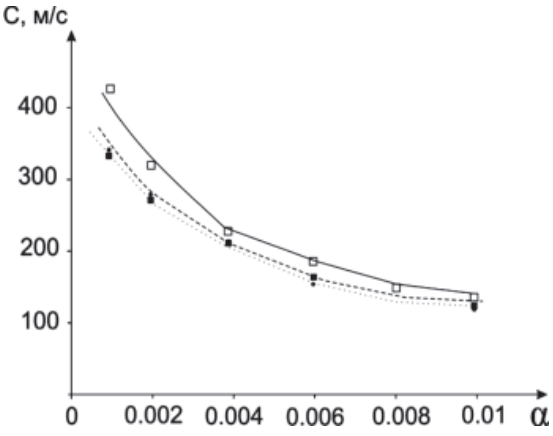
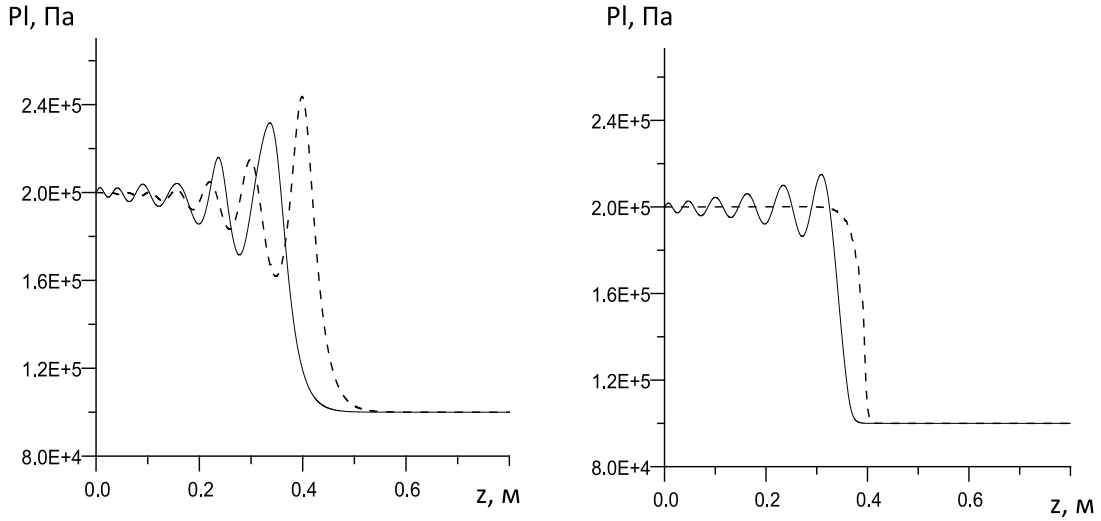


Рис 2. Зависимость скорости нелинейных волн в пузырьковой жидкости от концентрации пузырьков

На рис. 2 представлены графики, иллюстрирующие влияние концентрации пузырьков на скорость распространения нелинейных волн. Сплошная линия соответствует значениям скоростей для волн, распространяющихся в трубке с жесткими стенками, пунктирная линия – случаю распространения волн в трубке с поликарбонатными стенками с учетом радиальной инерции стенок, точечная линия – случаю распространения волн в трубке с поликарбонатными стенками без учета радиальной инерции. Из рис. 2 видно, что по мере увеличения концентрации пузырьков скорость нелинейных волн снижается, значения скоростей для волн, распространяющихся в поликарбонатных трубках с учетом и без учета инерции стенок трубки, близки друг другу, их значения по мере увеличения концентрации пузырьков.

На рис. 3 представлены эпюры давления в жидкости в момент времени 1,5 мс, графики получены при различных радиусах пузырьков: на рис. 3, а эпюры построены при a_0 = 1 мм, на рис. 3, б – при a_0 = 0,1 мм приближаются к значению скорости для волн в трубке с жесткими стенками. Сплошная линия на рис. 3 соответствует случаю распространения нелинейных волн в трубке с поликарбонатными стенками с учетом радиальной инерции стенок трубки, пунктирная линия – случаю распространения волн в трубке с жесткими стенками.

Из графиков видно, что при радиусе пузырьков a_0 = 1 мм осцилляционная структура волны характерна для нелинейных волн, распространяющихся в жесткой трубке и трубке, стенки которой обладают эластичностью и радиальной инерцией. Пульсации давления связаны здесь главным образом с изменением радиуса пузырьков жидкости во фронте распространяющейся волны.



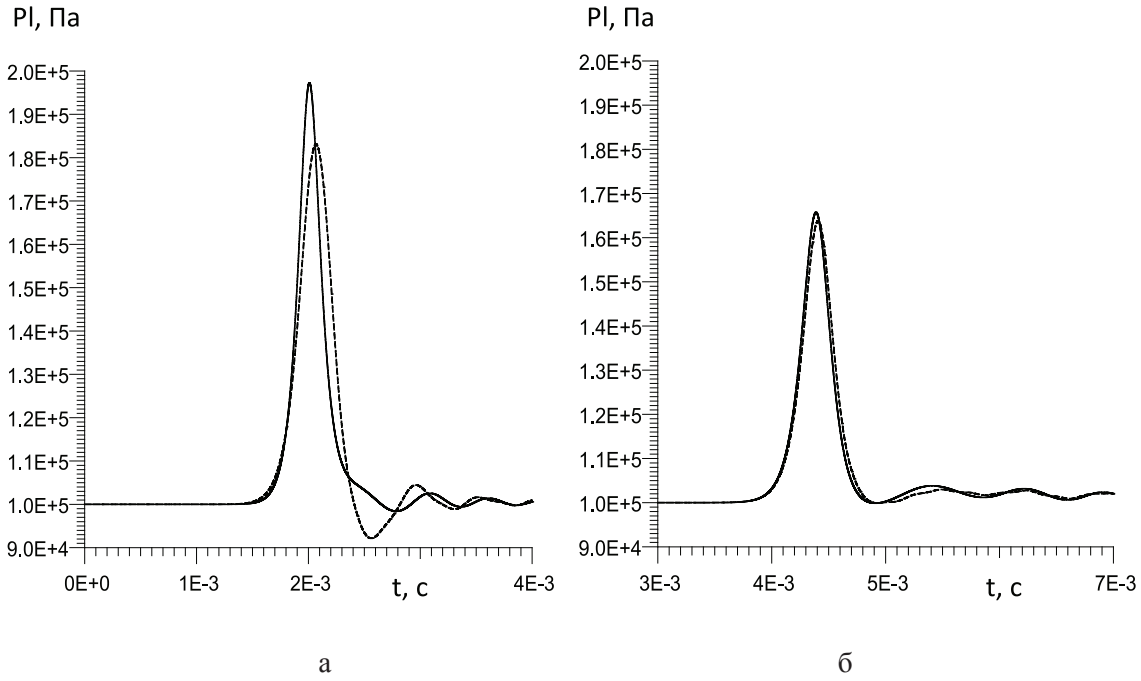
а б

Рис. 3. Зависимость давления двухфазной жидкости от координаты в момент времени 1,5 мс при различных радиусах пузырьков:
а – случай соответствует радиусу пузырьков 1 мм; б – случай – радиусу пузырьков 0,1 мм

При уменьшении радиуса пузырьков в 10 раз для волн в трубке с жесткими стенками изменение давления в жидкости вдоль трубы носит монотонный характер, а динамика волн в поликарбонатной трубке с радиальной инерцией стенок сохраняет

осцилляционную структуру. Данный эффект обусловлен тем, что более мелкие воздушные пузырьки слабее воздействуют на жидкость, передавая ей дополнительное давление, таким образом, процессы связанные с диссипацией на пузырьках, межфазным взаимодействием оказывают на динамику волны незначительное влияние. Доминирующая роль на процесс формирования и эволюции волны здесь переходит к радиальной инерции стенок трубки.

На рис. 4 представлены графики изменения давления в жидкости от времени в фиксированной точке, находящейся в 500 см от торца трубки, по которому производилось первоначальное воздействие. Графики получены при различных значениях концентраций пузырьков: на рис. 4, а графики соответствуют α = 0,001, на рис. 4,б – α = 0,01. Пунктирная линия на рис. 4 соответствует случаю распространения нелинейных волн в трубке с поликарбонатными стенками с учетом радиальной инерции стенок трубки, сплошная линия – случаю распространения волн в трубке с эластичными стенками без учета инерции стенки. Из рис. 4 видно, что амплитуды волн давления при концентрации пузырьков α = 0,001 различаются на величину 0,1 атм в случаях распространения волн по трубке с эластичными поликарбонатными стенками с учетом и без учета радиальной инерции стенок, что обусловлено различными способами описания изменения поперечных размеров трубки.



а б

Рис. 4. Зависимость давления двухфазной жидкости от времени в точке, удаленной от нижнего торца трубы на расстояние z = 500 см, при различных объемных содержаниях пузырьков: а – случай соответствует концентрации пузырьков 0,001; б – случай – концентрации пузырьков 0,01

По мере увеличения концентрации пузырьков (α = 0,01) значение амплитуд волн давления оказывается единым, что обусловлено едиными процессами, протекающими в пузырьковой жидкости, оказывающих первостепенное влияние на динамику волн, распространяющихся в трубке.

Заключение

По результатам исследования сделали следующие выводы: процессы, характерные для пузырьков при распространении волн двухфазной жидкости, оказывают влияние на динамику волн при радиусе пузырьков r = 1 мм, при уменьшении радиуса пузырьков до r = 0,1 мм диссипация на пузырьках и межфазное взаимодействие пренебрежимо малы, радиальная инерция стенок трубки сохраняет свое воздействие на динамику волны. Аналогичная тенденция наблюдается при изменении концентрации пузырьков единого радиуса: при малых концентрациях пузырьков на эволюцию волн давления оказывают большее

влияние свойства эластичности стенок трубки, при увеличении концентрации пузырьков динамика волн определяется процессами, протекающими в пузырьковой жидкости. Скорость волн двухфазной жидкости меньше скорости звука, и она убывает с увеличением концентрации пузырьков. Эта тенденция сохраняется и при учете радиальной инерции стенок трубки. Следует отметить, что скорость волн в этом случае близка к значениям данного параметра, характерного для случая отсутствия радиальной инерции у эластичных стенок трубки.

Список литературы

1. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. – М.: Наука Т1, 2, 1987. – 360 с.

2. Нигматулин Р.И., Проявление сжимаемости несушей фазы при распространении волны в пузырьковой среде / Р.И. Нигматулин, В.Ш. Шагапов, Н.К. Вахитова // Докл. РАН. – 1989. – Т. 304, № 5. – С. 1077–1088.

3. Bayazitova Ya.R. Features of the dynamics of the detonation waves in layered bubble systems / Ya.R. Bayazitova, I.K. Gimaltdinov, A.R. Bayazitova // Tyumen State University Herald. – 2013. – № 7. – P. 25–32.

4. Волобуев А.Н., Течение жидкости в трубках с эластичными стенками // УФН. – 1995. – Т. 165, № 2. – С. 177–186, доступно: http://mi.mathnet.ru/ufn1052.

5. Самарский А.А., Попов Ю.П. Разностные схемы газовой динамики. – М.: Наука, 1975. – 352 с.

References

1. Nigmatulin R.I. Dinamika mnogofaznyh sred. M.: Nauka.T1, 2, 1987. 360 p.

2. Nigmatulin R.I. Projavlenie szhimaemosti nesushej fazy pri rasprostranenii volny v puzyr'kovoj srede / Nigmatulin R.I., Shagapov V.Sh., Vahitova N.K. // Dokl. RAN, 1989. T. 304, no. 5. pp. 1077–1088.

3. Bayazitova Ya.R. Features of the dynamics of the detonation waves in layered bubble systems/ Bayazitova Ya.R., Gimaltdinov I.K., Bayazitova A.R. // Tyumen State University Herald, 2013. no. 7. pp. 25–32.

4. Volobuev A.N., Techenie zhidkosti v trubkah s jelastichnymi stenkami // UFN, 1995. T. 165, no. 2. pp. 177–186, dostupno: http://mi.mathnet.ru/ufn1052.

5. Samarskij A.A., Popov Ju.P. Raznostnye shemy gazovoj dinamiki. M.: Nauka, 1975. 352.

Рецензенты:

Гималтдинов И.К., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой «Прикладная математика и механика» Стерлитамакского филиала БашГУ, г. Стерлитамак;

Михайлов П.Н., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой «Алгебра, геометрия и методика преподавания математики» Стерлитамакского филиала БашГУ, г. Стерлитамак.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 531.3

СУЩЕСТВОВАНИЕ И ЕДИНСТВЕННОСТЬ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЭКЗОСКЕЛЕТА

Борисов А.В.

Филиал ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», Смоленск, e-mail: BorisowAndrej@yandex.ru

В статье описывается многозвенная модель экзоскелета. Она строится на основе стержневой механической системы с деформируемыми звеньями. Звенья соединяются между собой при помощи идеальных шарниров-суставов, в которых могут реализовываться необходимые управляющие вращающие моменты. Рассматривается плоская модель. Модель экзоскелета имеет весомые звенья. Все элементы структуры являются упругими. Впервые в подобных моделях длины стержней являются функциями времени. Следовательно, становится возможным задавать программируемые деформации звеньев с тем, чтобы добиться полной синхронизации движений экзоскелета и эндоскелета. При этом должны совпадать упругие свойства биологических тканей и искусственных материалов. Показано существование и единственность решения задачи Коши для полученной системы дифференциальных уравнений движения, описывающей движения экзоскелета в виде стержневой механической системы с деформируемыми звеньями. Для решения поставленной задачи использована теорема Пикара. Все это позволяет в дальнейшем проводить аналитические и численные решения данной системы.

Ключевые слова: теорема Пикара, задача Коши, дифференциальные уравнения движения, экзоскелет, стержневая механическая система с деформируемыми звеньями

THE EXISTENCE AND UNIQUENESS OF SOLUTION OF A SYSTEM OF DIFFERENTIAL EQUATIONS DESCRIBING THE MOTION OF AN EXOSKELETON

Borisov A.V.

The Smolensk branch of National Research University «MEI», Smolensk, e-mail: BorisowAndrej@yandex.ru

The article describes a multi-tier model of an exoskeleton. It is based on a framed mechanical system with deformable tiers. The tiers are linked by means of perfect joint-couplings, which may take the necessary control torques. A planar model is discussed. The model of the exoskeleton has the tires under gravity. All structural elements are elastic. For the first time in such models the length of the tiers are time-varying functions. Therefore, it becomes possible to set programmable deformations of the tiers in order to achieve full synchronization of exoskeleton and endoskeleton motions. With this the elastic properties of biological tissues and artificial materials must coincide. It is shown that the existence and uniqueness of a solution of the Cauchy problem for the resulting system of differential equations of motion that describes the motion of an exoskeleton in the form of a framed of a mechanical system with deformable links. To solve this problem the Picard theorem is used. All this allows to carry out analytical and numerical solutions of this system.

Keywords: the Picard theorem, the Cauchy problem, the differential equation of motion, exoskeleton, framed mechanical system with deformable links

В области создания роботов концепция эндоскелета находит теоретическое и практическое воплощение. Большое число степеней свободы, присущее системам с эндоскелетной структурой, имеет свои недостатки, обусловленные их же достоинствами. Большое число степеней свободы обуславливает потенциальную неустойчивость системы, которая должна уравновешиваться более сложной системой управления. В связи с этим в настоящее время все большее развитие получает идея синтеза эндоскелета с экзоскелетом, причем не панцирного, а актуаторного типа, усиливающего функции основного.

В биологических системах эндоскелетного типа структуры, передающие энергию мышц, представляют собой кинематические цепи шарнирно-стержневого типа. Основные формы силового взаимодействия стержней в шарнирах – это рычаги первого и второго рода.

Создание экзоскелетов с различными функциями для гражданских целей может со временем сделать экзоскелет даже более распространенной машиной, чем велосипед.

Во многих странах, не только обладающих большим научно-техническим потенциалом (Россия, США, Германия, Япония и др.), но и в Австралии, Новой Зеландии, ЮАР, Корее и др. проводятся серьезные исследования по созданию антропоморфных роботов и экзоскелетов [1–5, 7–10].

На основе новых технологий и материалов можно будет в перспективе рассчитать и сделать экзоскелет и антропоморфного робота, полностью адекватным движениям человека и с гораздо меньшими энергетическими затратами, чем современные роботы, созданные на основе твердого тела.

Предложим перспективное описание подобной модели.

Исследуем вопрос о существовании и единственности решения задачи Коши полученной ранее системы дифференциальных уравнений движения для механической системы типа экзоскелета с деформируемыми звеньями [1–3]. Удобно проводить анализ на простейшей модели. Поэтому составим дифференциальные уравнения движения для однозвенного механизма.

Для исследования плоского движения экзоскелета с деформируемыми звеньями в одноопорной фазе введем неподвижную правую декартову систему координат *xyz с* началом в точке *O*, рассмотрим плоскость *xy*, в которой происходит движение центра масс.

Проведем анализ одного звена с управлением в точке крепления. Подобная модель может иметь практическое применение для предотвращения разрушения звена при значительных нагрузках или в медицине при переломах костей. Система имеет одно весомое звено *AB*. Оно является упругим, и длина стержня является функцией времени: $l_1 = l_1(t)$. На рисунке схематично изображено звено и введены соответствующие обозначения.

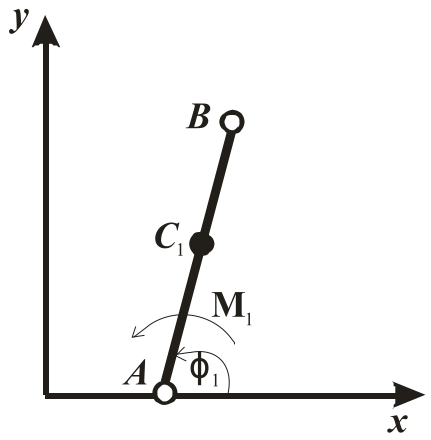


Схема кинематического звена стержневой механической системы

Пусть длина рассматриваемого звена экзоскелета $AB = l_1$. Положение однозначно определяется углом φ_1 и длиной стержня l_1. Рассматриваемая система имеет две степени свободы. Обозначим через M_1 момент, развиваемый в шарнире. Центр масс звена находится в точке C_1. Его положение будем задавать в виде отношения длины от начала звена до центра его масс ко всей длине звена, через множитель n_1, $(0 < n_1 < 1)$. Такой способ следует из того, что для человека положения центров масс конечностей определяются эмпирическим путем и задаются в виде отношения одной части звена к другой [1], кроме того, он позволяет учесть изменение положения центра масс во время движения через известные деформации звена. Масса звена – m_1. Момент инерции звена, относительно оси, проходящей через точку *A* перпендикулярно плоскости движения – I_1. При расчетах и моделировании движения экзоскелета все вышеприведенные характеристики берутся равными соответствующим экспериментальным данным человека.

Так как активных внешних сил нет, то движение происходит только под действием внутренних сил и внешних реакций. Связь в точке *A* реализуется в виде идеального шарнира и является двусторонней или удерживающей. Момент M_1, действующий в системе, изображен на рисунке.

Записав выражение элементарной работы δA для сил, приложенных к системе, получаем обобщенные силы.

$$Q_1 = M_1;$$

$$Q_2 = (l_{10} / l_1 - 1)\, E_1 l_{1_0}^2, \qquad (1)$$

где l_{1_0} – длина недеформированного звена; E_1 – модуль Юнга материала, из которого изготовлен элемент экзоскелета.

Пользуясь формализмом Лагранжа, получим систему уравнений движения рассматриваемой стержневой системы, описывающую изменение угловых координат звеньев и деформаций звеньев механизма.

$$\left(I_1 + l_1^2 m_1 n_1^2\right)\ddot{\varphi}_1 + g l_1 m_1 n_1 \cos\varphi_1 + 2 l_1 m n_1^2 \dot{l}_1 \dot{\varphi}_1 = M_1; \qquad (2)$$

$$-l_1 m_1 n_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + g m_1 n_1 \sin\varphi_1 + m_1 n_1^2 \ddot{l}_1 = \left(l_{10} / l_1 - 1\right) E_1 l_{1_0}^2. \qquad (3)$$

Общее решение системы уравнений движения зависит от 4 произвольных постоянных. Чтобы однозначно определить движение, требуется задать начальные условия. Для угловых координат формулы (4), для изменений длин звеньев – (5).

$$\varphi_1\big|_{t=0} = \varphi_{1_0}; \quad \dot{\varphi}_1\big|_{t=0} = \omega_{1_0}; \qquad (4)$$

$$l_1\big|_{t=0} = l_{1_0}; \quad \dot{l}_1\big|_{t=0} = \dot{l}_{1_0}. \qquad (5)$$

Уравнения (2), (3) – дифференциальные уравнения движения для однозвенной механической модели.

Таким образом, записана замкнутая система дифференциальных уравнений. Замкнутость системы дифференциальных уравнений означает, что количество уравнений, с учетом порядка, совпадает с количеством искомых функций, имеются все начальные условия, числовые значения всех констант

определены, все это позволяет получить численное решение задачи Коши для записанной системы уравнений.

Используем для решения поставленной задачи исследования существования и единственности сформулированной задачи Коши теорему Пикара. Приведем формулировку данной теоремы [6]:

Теорема (Пикара): Пусть правые части системы

$$\begin{cases} \dfrac{d\varphi_1}{dt} = \Phi_1(t, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n), \\ \dfrac{d\varphi_2}{dt} = \Phi_2(t, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n), \\ \ldots \\ \dfrac{d\varphi_n}{dt} = \Phi_n(t, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n) \end{cases} \quad (6)$$

удовлетворяют в замкнутой ограниченной области R вида $|t - t_0| \le a$; $|\varphi_1 - \varphi_1^{(0)}| \le b$, $|\varphi_2 - \varphi_2^{(0)}| \le b$, …, $|\varphi_n - \varphi_n^{(0)}| \le b$ (где a и b – заданные положительные числа) следующим двум условиям:

а) функции Φ_k ($k = 1, 2, \ldots, n$) непрерывны по всем своим аргументам и, следовательно, удовлетворяет в замкнутой ограниченной области R условиям

$$|\Phi_k(t, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n)| \le M \ (k = 1,2, \ldots, n), \quad (7)$$

где M – постоянное положительное число, а $(t, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n)$ – любая точка области R;

б) функции Φ_k ($k = 1,2, \ldots, n$) удовлетворяют условию Липшица относительно аргументов $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n$, то есть

$$\Phi_k\left(t, \overline{\varphi}_1, \overline{\varphi}_2, \ldots \overline{\varphi}_n\right) - \Phi_k\left(t, \overline{\overline{\varphi}}_1, \overline{\overline{\varphi}}_2, \ldots \overline{\overline{\varphi}}_n\right) \le L \sum_{l=1}^{n} \left|\overline{y}_l - \overline{\overline{y}}_l\right|, \quad (8)$$

где L – постоянное положительное число (константа Липшица), а $\left(t, \overline{\varphi}_1, \overline{\varphi}_2, \ldots, \overline{\varphi}_n\right)$ и $\left(t, \overline{\overline{\varphi}}_1, \overline{\overline{\varphi}}_2, \ldots, \overline{\overline{\varphi}}_n\right)$ – любые две точки области R.

Тогда система дифференциальных уравнений (6) имеет единственное решение:

$$\varphi_1 = \varphi_1(t); \ \varphi_2 = \varphi_2(t); \ \ldots; \ \varphi_n = \varphi_n(t), \quad (9)$$

удовлетворяющее начальным условиям:

$$\varphi_1 = \varphi_1^{(0)}; \quad \varphi_2 = \varphi_2^{(0)}; \ \ldots; \ \varphi_n = \varphi_n^{(0)}, \text{ при } t = t_0, \quad (10)$$

где t_0, $\varphi_1^{(0)}$, $\varphi_2^{(0)}$, …, $\varphi_n^{(0)}$ – некоторые заданные постоянные числа.

Это решение заведомо определено и непрерывно дифференцируемо в интервале

$$|t - t_0| \le h, \quad (11)$$

где

$$h = \min(a, b/M), \quad (12)$$

и не выходит при этих значениях t из области R, то есть

$$\left|\varphi_1(t) - \varphi_1^{(0)}\right| \le b; \quad \left|\varphi_2(t) - \varphi_2^{(0)}\right| \le b; \ \ldots; \ \left|\varphi_n(t) - \varphi_n^{(0)}\right| \le b, \text{ при } |t - t_0| \le h. \quad (13)$$

Замечание. Условие Липшица представляет собою оценку роста правых частей системы (6) по аргументам $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n$, причем из (8) следует, что эта оценка равномерна относительно t в интервале $|t - t_0| \le a$.

Условие Липшица будет, в частности, выполнено, если все функции Φ_k ($k = 1, 2, \ldots, n$) имеют ограниченные в области R частные производные по переменным $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n$, то есть

$$\left|\frac{\partial \Phi_k\left(t, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n\right)}{\partial \varphi_l}\right| \le K, \ (k,l = 1,2, \ldots, n), \quad (14)$$

где K – некоторое постоянное положительное число, $(t, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n)$ – любая точка области R.

Если имеется дифференциальное уравнение n-го порядка, разрешенное относительно старшей производной,

$$\varphi^{(n)} = \Phi(t, \varphi, \varphi', \ldots, \varphi^{(n-1)}), \quad (15)$$

с начальными условиями при $t = t_0$

$$\varphi = \varphi_0; \ \varphi' = \varphi'_0 \ \ldots, \ \varphi^{(n-1)} = \varphi_0^{(n-1)}, \quad (16)$$

то в теореме Пикара условие Липшица заменяется более сильным требованием ограниченности частных производных

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \varphi}, \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi'}, \ldots, \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi^{(n-1)}}, \qquad (17)$$

где n – порядок дифференциального уравнения.

Так как теорема Пикара выше формулировалась для системы первого порядка, то уравнение n-го порядка приводится к нормальной системе уравнений первого порядка путем введения неизвестных функций.

$$\varphi_1 = \varphi,\ \varphi_2 = \varphi',\ \ldots,\ \varphi_n = \varphi^{(n-1)}. \qquad (18)$$

Тогда уравнение (15) принимает вид

$$\begin{cases} \dfrac{d\varphi_1}{dt} = \varphi_2, \\ \ldots \\ \dfrac{d\varphi_{n-1}}{dt} = \varphi_n, \\ \dfrac{d\varphi_n}{dt} = \Phi\left(t, \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n\right). \end{cases} \qquad (19)$$

Для того, чтобы воспользоваться данной теоремой, разрешим уравнения движения однозвенного механизма (2) и (3) относительно старших производных:

$$\ddot{\varphi}_1 = \left(M_1 - gl_1m_1n_1\cos\varphi_1 - 2l_1mn_1^2\dot{l}_1\dot{\varphi}_1\right)\Big/\left(I_1 + l_1^2m_1n_1^2\right); \qquad (20)$$

$$\ddot{l}_1 = \left(l_1m_1n_1^2\dot{\varphi}_1^2 - gm_1n_1\sin\varphi_1 + \left(l_{1_0}/l_1 - 1\right)E_1l_{1_0}^2\right)\Big/\left(m_1n_1^2\right). \qquad (21)$$

Найдем частные производные первого порядка для правых сторон уравнений (20) и (21) по φ_1, l_1, $\dot{l}_1, \dot{\varphi}_1$.

$$\frac{\partial \ddot{\varphi}_1}{\partial \varphi_1} = (gl_1m_1n_1\sin\varphi_1)\Big/\left(I_1 + l_1^2m_1n_1^2\right);$$

$$\frac{\partial \ddot{\varphi}_1}{\partial l_1} = -\left(gm_1n_1\cos\varphi_1 + 2m_1n_1^2\dot{l}_1\dot{\varphi}_1\right)\Big/\left(I_1 + l_1^2m_1n_1^2\right) +$$

$$+ 2l_1^2m_1^2n_1^3\left(g\cos\varphi_1 + 2n_1\dot{l}_1\dot{\varphi}_1\right)\Big/\left(I_1 + l_1^2m_1n_1^2\right)^2;$$

$$\frac{\partial \ddot{\varphi}_1}{\partial \dot{\varphi}_1} = -\ 2l_1m_1n_1^2\dot{l}_1\Big/\left(I_1 + l_1^2m_1n_1^2\right);$$

$$\frac{\partial \ddot{\varphi}_1}{\partial \dot{l}_1} = -2l_1m_1n_1^2\dot{\varphi}_1\Big/\left(I_1 + l_1^2m_1n_1^2\right);$$

$$\frac{\partial \ddot{l}_1}{\partial \varphi_1} = -g\cos\varphi_1/n_1;\ \ \frac{\partial \ddot{l}_1}{\partial l_1} = \dot{\varphi}_1^2 - E_1l_{1_0}^3\Big/\left(l_1^2m_1n_1^2\right);\ \ \frac{\partial \ddot{l}_1}{\partial \dot{\varphi}_1} = 2l_1\dot{\varphi}_1;\ \ \frac{\partial \ddot{l}_1}{\partial \dot{l}_1} = 0. \qquad (22)$$

Очевидно, что все полученные частные производные непрерывны в некоторой области D, зависящей от параметров системы. Тогда при начальных условиях (4) и (5) данная система дифференциальных уравнений, в соответствии с теоремой Пикара, имеет единственное решение задачи Коши.

Решение существует и единственно на промежутке, который можно оценить. Проведем численную оценку области существования и единственности решения, используя реальные данные из биомеханики, измерений и эксперимента, проведенных нами [1]. При этом будем использовать максимальные значения величин. Здесь не будем рассматривать правые части исходных уравнений, а ограничимся только левой частью, то есть рассмотрим однородную систему уравнений, соответствующую уравнениям (2) и (3). Это связано с тем, что управление системой, как и учет деформаций, могут быть осуществлены различными способами. Это видно и из полученных частных производных, в которых управляющие моменты, которые задаются как функции времени, отсутствуют. Соответственно, при этом допущении

$$\frac{\partial \ddot{l}_1}{\partial l_1} = \dot{\varphi}_1^2.$$

Числовые значения констант взяты из эксперимента и соответствуют данным для конкретного человека [1]. В качестве первого звена рассматривается стопа опорной ноги. Они имеют значения: масса

$m_1 = 1{,}13$ кг, момент инерции $I_1 = 0{,}01$ кг·м^2, множитель, задающий положение центра масс $n_1 = 0{,}5585$, ускорение свободного падения $g = 9{,}81$ м/с^2. Угол φ_1 и длина звена l_1 являются переменными (функции времени), определялись экспериментально и задавались в виде интерполяционных многочленов для одной фазы движения, на промежутке времени $0 \le t \le 0{,}36$ с. В результате расчетов максимальные абсолютные значения частных производных равны: $\frac{\partial \ddot{\varphi}_1}{\partial \varphi_1} = 21{,}38$; $\frac{\partial \ddot{\varphi}_1}{\partial l_1} = 73{,}35$; $\frac{\partial \ddot{\varphi}_1}{\partial \dot{\varphi}_1} = 0{,}09$; $\frac{\partial \ddot{\varphi}_1}{\partial \dot{l}_1} = 26{,}57$; $\frac{\partial \ddot{l}_1}{\partial \varphi_1} = 17{,}57$; $\frac{\partial \ddot{l}_1}{\partial l_1} = 23{,}69$; $\frac{\partial \ddot{l}_1}{\partial \dot{\varphi}_1} = 0{,}62$; $\frac{\partial \ddot{l}_1}{\partial \dot{l}_1} = 0$.

В итоге получили ограниченные в области R частные производные по переменным φ_1, l_1, $\dot{\varphi}_1$, $\dot{l}_1$ на промежутке $0 \le t \le 0{,}36$ с. Это доказывает существование и единственность решения задачи Коши для исходной системы дифференциальных уравнений (2) и (3).

Проверяя полученный результат для двухзвенной механической системы, также получаем непрерывность и ограниченность всех частных производных. Здесь он не приводится ввиду громоздкости получаемых выражений. Ранее получены обобщения уравнений для n-звенного механизма [2, 3] и установлено, что их структура не отличается от уравнений, рассмотренных выше. Поэтому, проделывая всё по аналогии с уже рассмотренным случаем, приходим к заключению, что решение задачи Коши существует и единственно для n-звенного экзоскелета.

Таким образом, доказано существование и единственность решения задачи Коши для системы дифференциальных уравнений движения экзоскелета с деформируемыми звеньями.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-01-97512 р_центр_а).

Список литературы

1. Борисов А.В. Динамика эндо- и экзоскелета: монография. – Смоленск: Смоленская городская типография, 2012. – 296 с.

2. Борисов А.В. Разработка модели экзоскелета с пониженным расходом энергии на основе использования деформируемых звеньев: рекуррентный метод построения уравнений динамики // Естественные и технические науки. – 2013. – № 6. – С. 33–36.

3. Борисов А.В., Лётов Л.А., Завиша А.С., Кириллова Т.А. Обобщения уравнений динамики плоских моделей экзоскелета с деформируемыми звеньями // Энергетика, информатика, инновации – 2013. – ЭИИ-2013. В 2 томах. Т. 1. Секции 1, 2, 3, 4. – Смоленск: Универсум, 2013. – 490 с., С. 185–190.

4. Лавровский Э.К., Письменная Е.В. Алгоритмы управления экзоскелетоном нижних конечностей в режиме одноопорной ходьбы по ровной и ступенчатой поверхностям // Мехатроника, Автоматизация, Управление. – 2014. – № 1. – С. 44–51.

5. Иванов А.В. Исследование математической модели экзоскелетона нижних конечностей // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16–25 апреля 2012, Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова. – М.: Изд-во Московского университета, 2012. – С. 84.

6. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Высш. шк., 1967. – 564 с.

7. Письменная Е.В., Аведиков Г.Е., Кузнецов А.С. Система силомоментного управления экзоскелетоном // Ломоносовские чтения: тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16–25 апреля 2012, Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова. – М.: Изд-во Московского университета, 2012. – С. 137–138.

8. Формальский А.М. Об одном способе управления экзоскелетоном // Ломоносовские чтения. Тезисы докладов научной конференции. Секция механики. 16–25 апреля 2012, Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова. – М.: Изд-во Московского университета, 2012. – С. 151–152.

9. Briskin E.S., Chernyshev V.V., Maloletov A.V., Zhoga V.V. The Investigation of Walking Machines with Movers on the Basis Cycle Mechanisms of Walking // 2009 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2009, Changchun University of Science and Technology, Kagawa University. – Changchun, 2009. – P. 3631–3636.

10. Martynenko Y., Komarov P. Algorithms of video navigation system for wheeled mobile robot positioning // Proceedings of the 2nd Joint Symposium of Taiwan-Russia Research Cooperation on Advanced Problems of Robotics, Mechatronics and Mechanical Engineering. – Taiwan, Taipei: NTU Publishing, 2011. – P. 18–23.

References

1. Borisov A.V. Dinamika jendo- i jekzoskeleta: monografija. Smolensk: Smolenskaja gorodskaja tipografija, 2012. 296 s.

2. Borisov A.V. Razrabotka modeli jekzoskeleta s ponizhennym rashodom jenergii na osnove ispol'zovanija deformiruemyh zven'ev: rekurrentnyj metod postroenija uravnenij dinamiki // Estestvennye i tehnicheskie nauki, no. 6, 2013. pp. 33–36.

3. Borisov A.V., Ljotov L.A., Zavisha A.S., Kirillova T.A. Obobshhenija uravnenij dinamiki ploskih modelej jekzoskeleta s deformiruemymi zven'jami // Jenergetika, informatika, innovacii 2013. JeII-2013. Vol. 2 tomah. Tom 1. Sekcii 1,2,3,4. Smolensk: Universum, 2013. 490 p. pp. 185–190.

4. Lavrovskij Je.K., Pis'mennaja E.V. Algoritmy upravlenija jekzoskeletonom nizhnih konechnostej v rezhime odnoopornoj hod'by po rovnoj i stupenchatoj poverhnostjam // Mehatronika, Avtomatizacija, Upravlenie. no. 1, 2014. pp. 44–51.

5. Ivanov A.V. Issledovanie matematicheskoj modeli jekzoskeletona nizhnih konechnostej // Lomonosovskie chtenija. Tezisy dokladov nauchnoj konferencii. Sekcija mehaniki. 16–25 aprelja 2012, Moskva, MGU imeni M.V.Lomonosova. M.: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2012. pp. 84.

6. Matveev N.M. Metody integrirovanija obyknovennyh differencial'nyh uravnenij. M.: Vyssh. shk., 1967. 564 p.

7. Pis'mennaja E.V., Avedikov G.E., Kuznecov A.S. Sistema silomomentnogo upravlenija jekzoskeletonom // Lomonosovskie chtenija. Tezisy dokladov nauchnoj konferencii. Sekcija mehaniki. 16 25 aprelja 2012, Moskva, MGU imeni M.V.Lomonosova. M.: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2012. pp. 137–138.

8. Formal'skij A.M. Ob odnom sposobe upravlenija jekzoskeletonom // Lomonosovskie chtenija. Tezisy dokladov nauchnoj konferencii. Sekcija mehaniki. 16–25 aprelja 2012, Moskva, MGU imeni M.V.Lomonosova. M.: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2012. pp. 151–152.

9. Briskin E.S., Chernyshev V.V., Maloletov A.V., Zhoga V.V. The Investigation of Walking Machines with Movers on the Basis Cycle Mechanisms of Walking // 2009 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2009, Changchun University of Science and Technology, Kagawa University. Changchun, 2009. pp. 363–3636.

10. Martynenko Y., Komarov P. Algorithms of video navigation system for wheeled mobile robot positioning // Proceedings of the 2nd Joint Symposium of Taiwan-Russia Research Cooperation on Advanced Problems of Robotics, Mechatronics and Mechanical Engineering. Taiwan, Taipei: NTU Publishing, 2011. pp. 18–23.

Рецензенты:

Денисов В.Н., д.т.н., заведующий кафедрой высшей математики, филиал ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», г. Смоленск;

Мазалов М.Я., д.ф.-м.н., доцент кафедры высшей математики, филиал ФГБОУ ВПО НИУ «МЭИ», г. Смоленск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 621.396.98

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ АБОНЕНТА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ВИДИМОСТИ КОСМИЧЕСКОГО СЕГМЕНТА GPS-ГЛОНАСС АНТЕННОЙ ПРИЕМНИКА

Голикова Е.А., Малыгин И.В.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: pit_pit2@mail.ru, elenka_golikova@list.ru

Вопросы определения точности местоположения абонента с помощью спутниковых навигационных систем изучены в настоящее время довольно подробно. Однако недостаточно внимания уделяется этим вопросам в условиях плохой видимости антенной навигационного приемника участка небесной поверхности. В статье представлены результаты эксперимента по определению местоположения приемника смешанной спутниковой группировкой GPS-Глонасс в условиях значительной затененности и многолучевости. Измерения проводились с помощью специально созданного экспериментального GPS-Глонасс приемника. Результаты эксперимента исследовались статистическими методами, что позволило выявить степень влияния различных параметров взаимного расположения спутников, а также их количества на точность определения координат. Исследование позволяет обосновать более жесткие требования к геометрическим показателям потери точности при отборе спутников, участвующих в решении для случая плохой видимости антенной приемника.

Ключевые слова: GPS, Глонасс, затененность антенны, геометрические показатели потери точности

A STUDY OF THE POSITION ACCURACY OF A SUBSCRIBER IN CONDITIONS OF LIMITED VISIBILITY OF A SPACE SEGMENT BY THE GPS-GLONASS RECEIVER ANTENNA BY STATISTICAL APPROACH

Golikova E.A., Malygin I.V.

Ural Federal University, Ekaterinburg, e-mail: pit_pit2@mail.ru, elenka_golikova@list.ru

The position accuracy of the subscriber by means of satellite navigation systems is studied now quite in detail. However, not enough attention is paid to these questions in conditions of poor visibility of a navigation receiver by the antenna. The article presents the experimental results of the localization of the receiver by the GPS-GLONASS satellite constellation in conditions of considerable multipathing. The measurements were taken with a specially made experimental GPS-GLONASS receiver. These results have been analyzed by statistical methods. Such an analysis permits to explore the influence of quantity and relative position of the satellites on the positional accuracy. The study justifies stricter requirements to the indices of the geometric dilution of precision, when selecting satellites in case of reduced visibility of the receiver by the antenna.

Keywords: GPS, GLONASS, shaded area, geometric dilution of precision

Вопросы определения точности местоположения абонента с помощью спутниковых навигационных систем (СНС) изучены в настоящее время довольно подробно. Однако недостаточно внимания уделяется этим вопросам в условиях плохой видимости антенной навигационного приемника участка небесной поверхности. Подобная ситуация может возникнуть как преднамеренно, например, при скрытном определении местоположения, так и случайно, например, при аварийной посадке летательного аппарата. Как указано в [1, 4], определяемая с помощью СНС точность дается в значении «минимального возможного уровня» – то есть не хуже определенного уровня за определенный промежуток времени. Для любой точки земной поверхности точность в горизонтальной плоскости эквивалентна или лучше, чем 100 метров, исходя из среднеквадратической ошибки измерения расстояния. Это значит, что за период времени в 24 часа плановые координаты, определяемые с помощью GPS, будут находиться не дальше чем в 100 метрах от истинных координат на протяжении 95 процентов времени наблюдений. Соответствующая точность определения высот – 156 метров, а для времени – 340 наносекунд.

Эти расчётные параметры точности определены для орбитальной группировки из 24-х спутников при маске возвышения 5 градусов без препятствий и как минимум четырёх наблюдаемых спутников с геометрическим фактором потери точности позиционирования (PDOP) не более шести. Это означает, что в зависимости от местоположения или времени суток реальная точность GPS будет меняться. В глубоких каньонах городов мы можем столкнуться с тем, что в поле зрения не будет и четырех спутников или PDOP наблюдаемых спутников станет значительно больше шести.

Целью настоящего исследования является статистическая оценка влияния параметров смешанной спутниковой группировки GPS-Глонасс на точность определения координат в условиях городских

каньонов. Для оценки точности были проведены измерения с использованием экспериментального GPS-Глонасс приемника, созданного на основе интегрального модуля S3535G2F компании SkyTraq [6], внешний вид которого показан на рис. 1.

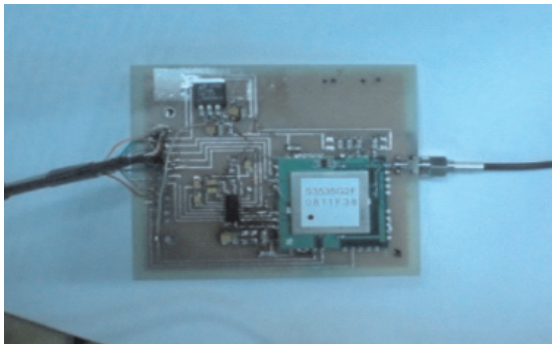


Рис. 1. Внешний вид GPS-Глонасс приемника

Кроме навигационного модуля на плате размещены источник питания LT1086 – 3.3 и драйвер COM-порта ADM3202JRN. Процесс проектирования и настройки приемника подробно описан в [2]. Плата навигационного модуля подключена к внешнему источнику питания, соединена с COM-портом компьютера соединительным кабелем, через высокочастотный разъем к ней подключена выносная Глонасс/GPS антенна 2J433GFD-500RG174-C20N фирмы 2J.

Антенна закреплена на внутренней стороне окна лаборатории. Окно лаборатории, находящейся на первом (цокольном этаже) 4-этажного здания, направлено на юго-запад.

Большая часть окна затенена стоящим в непосредственной близости (примерно 1 метр) металлическим зданием. На окне установлена металлическая решетка. Таким образом, область видимого антенной свободного пространства в азимутальной плоскости составляет примерно 70 градусов.

Результаты исследования и их обсуждение

Измерения координат производились на протяжении нескольких дней с различными временными промежутками – от 15 до 60 минут. В качестве программы, обрабатывающей и визуализирующей сообщения GPS-Глонасс приемника, была использована Geos Demo, разработчик программы – КБ «ГеоСтар навигация» [5]. Программа удобна тем, что позволяет отображать местоположение абонента на картах Google, скриншоты данного окна программы были использованы для оценки точности (рис. 2).

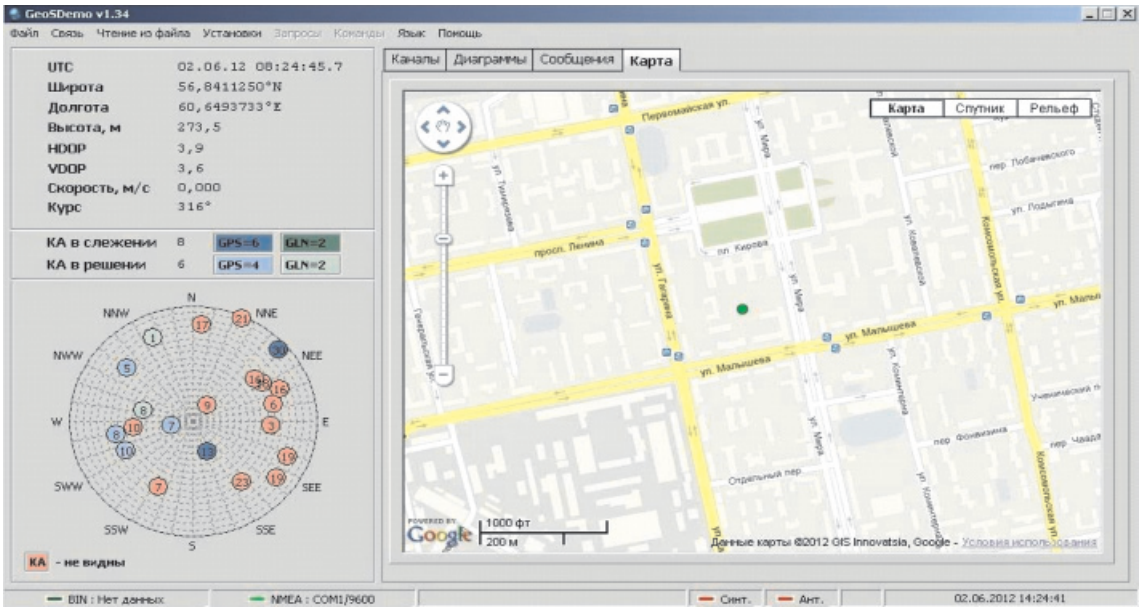


Рис. 2. Скриншот программы Geos Demo с указанием объекта на карте Google

В результате поставленных экспериментов было получено 91 измерение, в каждом из которых присутствовали следующие данные: координаты местоположения, отмеченные на карте, высота точки над уровнем моря, геометрические показатели потери точности (HDOP, VDOP), количество спутников, участвующих в решении. Поскольку эти данные получены под влиянием большого числа случайных факторов (наблюдаемое количество спутников зависит от затененности антенны приемника, геометрические показатели определяются по наблюдаемой случайной группировке

спутников, присутствие возможных помех искажает сигнал), можно считать их статистическим протоколом. Исследуем полученные результаты наблюдений статистическими методами.

При статистической обработке данных использовалась программа Statgraphics Centurion 15.2.11.0 ([3]). Статистически исследовались свойства и взаимодействие следующих случайных факторов: количество спутников, участвующих в решении; геометрические показатели потери точности: HDOP, VDOP, $PDOP = \sqrt{HDOP^2 + VDOP^2}$; расчетные координаты в горизонтальной плоскости (X, Y) местоположения антенны приемника в метрах в некоторой системе координат; отклонение $\delta = \sqrt{(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2}$ расчетного местоположения приемника (X, Y) от реального (X_0, Y_0).

Измерение координат местоположения осуществлялось по карте скриншотов программы Geos Demo в декартовой системе координат, заданной улицами Гагарина – Малышева (адрес здания, где проводился эксперимент). Учитывая масштаб, погрешность измерений составила примерно 10–15 метров. Фрагмент протокола измерений представлен в табл. 1.

Таблица 1

Фрагмент протокола измерений

№ п/п	Спутники	HDOP	VDOP	PDOP	X (м)	Y (м)	δ (м)
1	4	4,1	1,0	4,22	432,9	79,92	214,05
2	4	4,2	1,0	4,32	119,88	166,5	120,06
3	5	9,5	4,9	10,69	0	113,22	220,18
4	5	3,3	1,0	3,45	179,82	133,2	52,01
5	6	3,0	1,0	3,16	179,82	66,6	52,01

Статистическое исследование одномерных выборок

1. Количество спутников. В пакете Statgraphics Centurion 15.2.11.0 вычислено среднее значение (Average), среднее квадратическое отклонение СКО (Standard deviation), асимметрия (Stnd. skewness), эксцесс (Stnd. kurtosis) и др. Некоторые результаты показаны в табл. 2 (для остальных выборок таблицы не приводим).

Таблица 2

Суммарная статистика по числу спутников

Count	91
Average	5,93407
Standard deviation	1,50408
Minimum	3,0
Maximum	9,0
Range	6,0

Минимальное значение – 3, максимальное – 9. Среднее число спутников в решении 5,9 при СКО, равном 1,5. Гипотеза о нормальности распределения не подтвердилась.

2. Горизонтальный геометрический показатель потери точности HDOP.

Минимальное значение – 1,0, максимальное – 14,7. Среднее значение 3,4 при СКО равном 2,4. В интервале радиуса 2,4 с центром в точке 3,4 находится 93 % значений (меньших 6), за пределами этого интервала находится 6 «плохих» значений параметра HDOP. Заметим, что обычно значение HDOP находится между 1 и 2 ([4]).

В нашем случае 70 % значений больше 2 и среднее значение равно 3,4. Поэтому в горизонтальной плоскости нужно ожидать значительную потерю точности. Гипотеза о нормальном распределении не подтвердилась.

3. Вертикальный геометрический показатель потери точности VDOP.

Минимальное значение – 0,8, максимальное – 8,4. Среднее значение 1,9 при СКО, равном 1,5. Три значения больше 6, т.е. примерно 97 % – относительно хорошие показатели. Обычно потеря точности в вертикальной плоскости больше, чем в горизонтальной, т.е. VDOP больше HDOP. Но в нашем эксперименте в среднем VDOP<HDOP. Гипотеза о нормальном распределении не подтвердилась.

4. Геометрический показатель потери точности PDOP.

Минимальное значение – 1,28, максимальное – 14,73. Среднее значение 4,21 при СКО, равном 2,6, 15 значений больше 6, т.е. примерно 84 % – хорошие показатели. Однако на открытой местности показатели PDOP меньше 6 в 95 % наблюдений ([4]). Гипотеза о нормальном распределении не подтвердилась.

5. Отклонение δ. Минимальное значение отклонения составило 0 м, максимальное – 590 м. Среднее значение примерно 70 м при СКО 92,4 м. За пределами интервала радиуса 92,4 с центром 70 находится 10 значений.

Статистическое исследование двумерных выборок

Прежде всего вычислим традиционные показатели корреляции изучаемых признаков, хотя, как уже показано, в силу недостоверности гипотезы о нормальном распределении признаков, линейная регрессионная модель здесь не достаточно точна.

1. Зависимость количества спутников и PDOP. В рамках линейной модели коэффициент корреляции –0,25. Корреляция между числом спутников и значением PDOP статистически значима с доверительной вероятностью 95 %.

2. Зависимость количества спутников и отклонения δ. В рамках линейной модели коэффициент корреляции –0,38. Корреляция между числом спутников и значением отклонения статистически значима с доверительной вероятностью 95 %.

3. Зависимость PDOP и отклонения δ. При доверительной вероятности 95 % нет статистически значимой зависимости между отклонением и значением PDOP.

Поскольку полученные данные не могут быть достаточно достоверными, исследуем зависимость PDOP и отклонения δ другим способом. Сгруппируем значения PDOP по качеству. Используем стандартные критерии из табл. 3.

После обработки сгруппированных по значению PDOP данных отклонения δ получена табл. 4.

Таблица 3

Стандартные качественные критерии PDOP

Качество PDOP	Отличное	Хорошее	Среднее	Ниже среднего
значение PDOP	меньше чем 3	от 3 до 6	от 6 до 8	больше чем 8

Таблица 4

Статистика δ по стандартным качественным критериям PDOP

	Частота	Среднее	СКО	Минимум	Максимум
PDOP отл.	34	50,5403	43,1282	0,0	194,171
PDOP хор.	43	66,6126	90,7846	0,0	587,969
PDOP сред.	7	179,145	196,876	14,89	529,836
PDOP ниже сред.	7	78,1068	73,823	19,98	220,183
Общие данные	91	70,1481	92,4971	0,0	587,969

Для PDOP меньше 6 отклонение обычно не превосходит 100 метров ([4]). Но среди полученных данных для хороших (меньше 6) показателей PDOP есть даже максимальное отклонение 59 м. Применим другой способ группировки данных по значению PDOP.

Сгруппируем значения δ по новым критериям и сведем полученные результаты в табл. 6.

Таблица 5

Способы группировки по качеству PDOP

Качество PDOP	Отличное	Хорошее	Среднее	Ниже среднего
Стандартное	меньше чем 3	от 3 до 6	от 6 до 8	больше чем 8
Измененное	меньше чем 2	от 2 до 4	от 4 до 6	больше чем 6

Таблица 6

Статистика δ по новым качественным критериям PDOP

	Частота	Среднее	СКО	Минимум	Максимум
PDOP отл.	8	39,5914	18,1587	19,98	62,83
PDOP хор.	49	52,4564	39,9235	0,0	194,171
PDOP сред.	19	87,3473	135,75	0,0	587,969
PDOP ниже сред.	15	128,626	152,162	14,89	529,836
Общие данные	91	70,6877	93,9429	0,0	587,969

Таким образом, если PDOP меньше 4, то отклонение не больше 200 м и только ограничение PDOP меньше 2 приводит к точности порядка 70 м. При этом наблюдается также увеличение групповых средних наряду с увеличением групповых СКО. Подтверждается статистически значимое различие между группами.

Заключение

1. Принимая критерий ([4]) «доступны как минимум четыре спутника», можно констатировать, что в 91 % наблюдений доступность была обеспечена.

2. Число спутников и PDOP связаны слабой корреляционной зависимостью (отрицательный коэффициент корреляции –0,25), что означает в данном конкретном случае слабое влияние увеличения числа спутников в решении на уменьшение PDOP.

3. Точность измерений, задаваемая величиной СКО ошибки, имеет порядок 100–200 метров по сравнению с не более чем 100 м на открытой местности ([4]), что объясняется затененностью антенны приемника.

4. Более существенную роль для точности определения местоположения играют геометрические факторы расположения – HDOP и VDOP, количество спутников (если их три и более) существенной роли в данном случае не играет.

Таким образом, исследуя параметры спутниковой группировки, влияющие на точность определения местоположения приемника в условиях ограниченной видимости и многолучевости, можно рекомендовать повысить требования к геометрическим показателям точности для спутников, участвующих в решении. В этом случае повышаются статистические показатели точности до приемлемых, что косвенно свидетельствует о некоторой компенсации ошибки измерений, порождаемой переотражением.

Список литературы

1. Глонасс. Принципы построения и функционирования / под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.

2. Малыгин И.В., Созонов Е.И. Исследование отечественных GPS / Глонасс-приемников // Беспроводные технологии. – 2011. – № 3 (24). – С. 6–14.

3. Тюрин Ю.Н. Анализ данных на компьютере / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров; под ред. В.Э. Фигурнова. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 544 с.

4. Langley Richard B. Dilution of Precision // GPS World. – May 1999. – P. 52–59.

5. Программа GeoSDemo® [Электронный ресурс] http://geostar-navigation.com (дата обращения 17.12.2013).

6. S3535G2F High-Performance 88 Channel GLONASS/GPS Receiver. Data Sheet. [Электронный ресурс] ftp://77.234.201.131/Support/SkyTraq/S3535G2F%20%20%20%20(CH-4706)/S3535G2F_v2.pdf (дата обращения 27.01.2014).

References

1. Glonass. Principy postroenija i funkcionirovanija [Function and construction principles] Moscow, Radiotehnika Publ., 2010. 800 p.

2. Malygin I.V., Sozonov E.I., Besprovodnye tehnologii, 2011, no. 3 (24), pp. 6–14.

3. Tjurin, J.N., Makarov A.A. Analiz dannyh na komp'jutere [Data evaluation on a computer] Moscow, INFRA-M Publ., 2003. 544 p.

4. Langley Richard B. , GPS World, may 1999, pp. 52–59.

5. Programm GeosDemo. Available at: http://geostar-navigation.com (accessed 17 December 2013).

6. S3535G2F High-Performance 88 Channel GLONASS/GPS Receiver. Data Sheet. Available at: ftp://77.234.201.131/Support/SkyTraq/S3535G2F%20%20%20%20(CH-4706)/S3535G2F _v2.pdf (accessed 27 January 2014).

Рецензенты:

Иванов В.Е., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технологии и средства связи» ИРИТ-РТФ, Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург;

Леликова Е.Ф., д.ф.-м.н., профессор, ведущий научный сотрудник Института математики и механики им. Н.Н. Красовского, Уральское отделение Российской академии наук, г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 547.1, 544.17

СОПРЯЖЕННЫЕ ФЕРРОЦЕНЫ: ФОТОЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ, РАСЧЕТЫ МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ, ЭНЕРГИИ КОНА – ШЕМА И ДЕФЕКТ КУПМАНСА

Головин А.В., Крауклис И.В., Подкопаева О.Ю., Чижов Ю.В.

Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e-mail: opodkopaeva@yandex.ru

С целью разработки метода оценки вертикальных ПИ сопряженных ферроценов проведено исследование электронной структуры ферроцена и его сопряженных производных – винилферроцена, фенилферроцена и стирилферроцена – методами молекулярной HeI-фотоэлектронной спектроскопии и теории функционала плотности (ТФП) в приближении B3LYP/6-31G(d). На основании анализа экспериментальных и расчетных данных интерпретированы фотоэлектронные спектры всех исследованных π-сопряженных ферроценов. Установлено, что для них выполняется соотношение $ПИ_i = -\varepsilon_i + D_K$, где $ПИ_i$ – вертикальный потенциал ионизации, ε_i – расчетные энергии Кона – Шема, а D_K – дефект Купманса, являющийся энергетической поправкой, зависящей от вклада 3d АО железа в молекулярную орбиталь Кона – Шема. Предложенный метод оценки ПИ позволяет более обоснованно интерпретировать фотоэлектронные спектры комплексов переходных металлов.

Ключевые слова: сопряженные ферроцены, дефект Купманса, фотоэлектронные спектры, потенциалы ионизации, квантово-химические расчеты, теория функционала плотности

CONJUGATED FERROCENES: PHOTOELECTRON SPECTRA, DFT CALCULATIONS, KOHN-SHAM ENERGIES AND KOOPMANS' DEFECT

Golovin A.V., Krauklis I.V., Podkopaeva O.Y., Chizhov Y.V.

Saint Petersburg state university,
Saint Petersburg, e-mail: opodkopaeva@yandex.ru

By means of molecular HeI photoelectron spectroscopy and Density Functional Theory in B3LYP/6-31G(d) approximation, we studied the electron structure of ferrocene and the π-conjugated ferrocene derivatives (vinylferrocene, phenylferrocene, and styrilferrocene) to develop a method that can be used to estimate vertical IP-s of conjugated ferrocenes. Analyzing the experimental data and quantum-chemical calculations, we obtained a theoretical interpretation of photoelectron spectra for all the conjugated ferrocenes investigated in the experiment. For these compounds, we established that the relation $IP_i = -\varepsilon_i + D_K$ is valid. In this relation, IP_i is a vertical ionization potential, ε_i is a Kohn-Sham energy, and D_K is Koopmans' defect, which, as we discovered, depends on the contribution of Fe 3d AO into the Kohn-Sham molecular orbital. The suggested IP estimation method makes it possible to give a more cogent interpretation of the photoelectron spectra of transition metal complexes.

Keywords: conjugated ferrocenes, Koopmans' defect, photoelectron spectra, ionization potentials, quantum-chemical calculations, Density Functional Theory

Молекулярная фотоэлектронная спектроскопия и квантово-химические расчеты в приближении теории функционала плотности (ТФП) продолжают оставаться в фокусе научных исследований сложных органических и металлоорганических комплексов. Экспериментальное определение вертикальных потенциалов ионизации (ПИ) не всегда возможно из-за низкой летучести большинства таких соединений. В этих случаях расчетные методы оценки ПИ с точностью, близкой к экспериментальной, становятся особенно востребованными. Даже для органических соединений оценка вертикальных ПИ в рамках теоремы Купманса в приближении Хартри – Фока не всегда удовлетворительна, а для металлоорганических комплексов с атомами переходных металлов до сих пор не существует надежного и простого способа определения вертикальных ПИ.

Методы ТФП хорошо воспроизводят не только геометрию основного состояния, но и многие фундаментальные свойства молекул, такие как теплоты образования, энергии диссоциации связей, потенциалы ионизации [1, 3, 5, 9, 10]. Привлекательность теории функционала электронной плотности по сравнению с традиционными квантово-химическими методами заключается ещё и в том, что она непосредственно учитывает энергию корреляции и обладает низкой размерностью. Кроме того, согласно современным теоретическим воззрениям, в рамках ТФП существует аналог теоремы Купманса, что позволяет рассматривать орбитальные энергии Кона – Шема как приблизительные вертикальные ПИ [4]. Справедливость последнего утверждения была проверена рядом авторов на примере некоторых атомов, простых органических и неорганических молекул [6, 7]. Однако

систематического сравнения экспериментальных ПИ и энергий Кона – Шема для сложных молекулярных систем с атомами переходных металлов не проводилось.

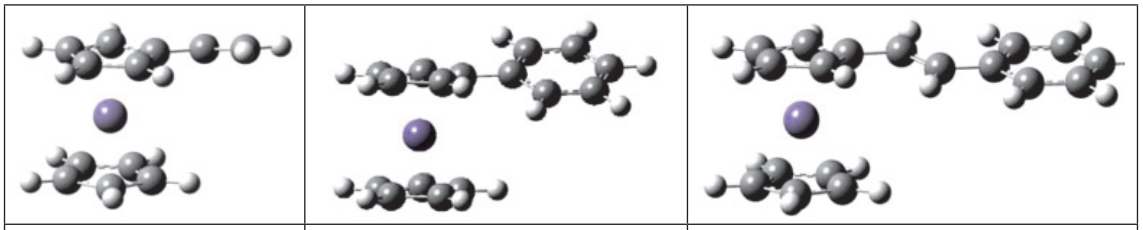
Целью работы является разработка относительно простого метода оценки вертикальных ПИ сопряженных ферроценов с помощью квантово-химических расчетов в приближении ТФП.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны несколько представителей сопряженных ферроценов (ФЦ), такие как винилферроцен (винилФЦ), фенилферроцен (фенилФЦ) и стирилферроцен (стирилФЦ). HeI-фотоэлектронные спектры этих соединений были получены на спектрометре ЭС 3201 при температурах 60–80 °С с разрешением 0,040 эВ.

Ферроцен является типичным представителем класса π-комплексов переходных металлов. Его часто называют «бензолом неорганической химии», подчеркивая схожесть электронных и физико-химических свойств ферроцена и бензола.

Для оценки вертикальных потенциалов ионизации π-сопряженных ферроценов были проведены расчеты методами ТФП в приближении B3LYP/6-31(d) с полной оптимизацией. Оптимизированная геометрия винилферроцена, фенилферроцена и стирилферроцена представлена на рис. 1.



ВинилФЦ	ФенилФЦ	СтирилФЦ
$Fc–CH = CH_2$	$Fc–C_6H_5$	$Fc–CH = CH–C_6H_5$

Рис 1. Геометрия винилферроцена, фенилферроцена и стирилферроцена согласно ТФП расчетам в приближении B3LYP/6-31g(d)

Результаты исследования и их обсуждение

Ферроцен

Электронная структура ферроцена изучена достаточно хорошо как методами ФЭ спектроскопии, так и квантово-химическими методами [8]. Согласно этим данным первая и вторая полосы ФЭ спектра отвечают ионизации молекулярных орбиталей (МО) $1e_{2g}$ и $2a_{1g}$ типа симметрии – точечная группа симметрии комплекса D_{5h}. Первая МО образована в основном d_{xy} и $d_{x^2-y^2}$ атомными орбиталями (АО) железа, лежащими в плоскости XY и на 80 % локализованными на атоме Fe. Вторая МО – практически «чистая» d_{z^2} – АО Fe. Вероятность фотоионизации двукратно вырожденной МО $1e_{2g}$ должна в два раза превосходить вероятность ионизации a_{1g} – МО, что в ФЭ спектре проявляется в соотношении площадей полос. Третья и четвертая полосы с потенциалами ионизации 8,76 и 9,27 эВ соответствуют удалению электронов из МО типа $1e_{1u}$ и $1e_{1g}$, локализованных в основном на C_5H_5 лигандах. Молекулярная орбиталь $1e_{1g}$ представляет собой связывающую комбинацию $1e_{1g}$ π МО димера $(C_5H_5)_2$ и d(yz), d(xz) АО Fe. Таким образом, электроны, занимающие эти МО, делокализованы по π – системе колец и 3d – АО Fe и обеспечивают сильную химическую связь в ферроцене.

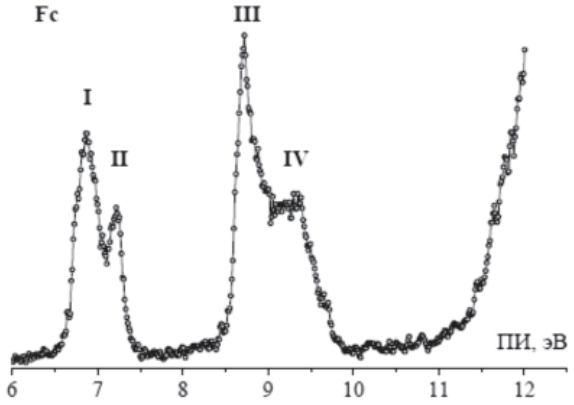


Рис. 2. HeI фотоэлектронный спектр ФЦ

На рис. 2 представлен экспериментальный ФЭ спектр ФЦ. В табл. 1 представлены ПИ, энергии МО, величина дефекта Купманса (D_K), характер МО и вклады в МО 3d-АО Fe и 2p АО С лигандов. Величина дефекта Купманса равна по определению сумме расчетных энергий МО ε_i и экспериментальных ПИ ($D_K = \varepsilon_i + ПИ_i$) и является мерой отклонения расчетных значений ε_i от экспериментальных вертикальных ПИ. Из табл. 1 видно, что D_K зависит от вклада 3d-АО Fe в МО. Так, для локализованных на органических циклопентадиенильных (ЦП) лигандах, D_K равен 2,1 эВ, и уменьшается при увеличении вклада 3d-АО Fe. Этот эффект был замечен нами и при анализе производных ферроценов.

Таблица 1

ПИ и валентные МО ферроцена в симметрии D_{5d} согласно расчетам теории функционала плотности (B3LYP/6-31G(d))

Полоса	ПИ, эВ	Энергия МО, эВ	D_K, эВ	Вклады АО в МО (%)		Характер МО
				Fe	C_p	
I	6,85	–5,149 –5,149	1,70	46,6 50,0	53,4 50,0	$3d_{x^2-y^2}(Fe) + \pi^*(C_p)$
II	7,21	–5,999	1,21	93,0	7,0	$3d_{z^2}(Fe)$
III IV	8,76 9,27	–6,669 –7,171	2,09 2,10	6,0 25,7	94,0 74,3	$a_2^+, b_1^+ - \pi(C_p)$ $a_2^-, b_1^- > - \pi(C_p) + 3d_{yz}, 3d_{xz}(Fe)$

Винилферроцен

При введении заместителя в верхнее Ср-кольцо ФЦ его локальная симметрия понижается до C_{2V} и π-МО преобразуются по неприводимым представлениям a_2^- и b_1^--типа, а электронная конфигурация ФЦ из

$$\ldots(1e_{1g})^4(1e_{1u})^4(3d_{z^2})^2(3d_{xy}, 3d_{x^2-y^2})^4$$

трансформируется в

$$\ldots(a_2^-)^2(b_1^-)^2(a_2^+)^2(b_1^+)^2(3d_{z^2})^2(3d_{xy}, 3d_{x^2-y^2})^4,$$

причем верхние индексы + и – служат для обозначения π-МО, связывающего и разрыхляющего характера относительно плоскости σ_h ферроцена. Как показывают ТФП расчеты винилФЦ и других производных ФЦ, активной для π-сопряжения с π-заместителем будет только одна b_1^+-π-МО, локализованная на верхнем Ср-кольце ферроценила. Орбитали a_2^+- и a_2^- π-типа имеют узловую плоскость, проходящую через место замещения, поэтому МО этого типа не будут взаимодействовать с π-МО заместителей, и их энергия останется такой же, как в ФЦ. Поскольку МО b_1^--типа полностью локализована на нижнем Ср-кольце, то только b_1^+-МО, имеющая максимальную электронную плотность в месте замещения, может эффективно взаимодействовать с π-МО заместителей, давая две новых π-МО, разрыхляющего $b_1^+(Cp) - \pi(C=C)$ и связывающего $b_1^+(Cp) + \pi(C=C)$ характера, приводя к появлению полос III и VI в спектре винил ФЦ (рис. 3). Полученные результаты и их интерпретация хорошо согласуются с литературными данными для винил ФЦ [2]. Для анализа перекрывающихся полос была применена методика разложения ФЭ спектра на отдельные спектральные компоненты, которые аппроксимировались гауссовскими функциями (ГФ).

В табл. 2 представлены ПИ, значения максимумов гауссовских компонент (ПИ*), энергии МО, величины дефекта Купманса, характер МО и вклады в МО 3d Fe АО и 2pC АО винильного фрагмента. Из табл. 2 видно, что D_K для локализованных на органических ЦП лигандах, равен 2,1–2,2 эВ, и при увеличении вклада 3d-АО Fe уменьшается, в полном соответствии с данными для незамещенного ФЦ.

Фенилферроцен

При введении в качестве заместителя фенильной группы число полос в ФЭ спектре фенилФЦ по сравнению с ФЦ должно увеличиться на 2 полосы, т.е. в области ПИ 8–10,5 эВ должно располагаться 6 полос. Эти полосы хорошо видны после разложения перекрывающихся полос IV–V (рис. 4). В табл. 3 представлены ПИ, значения максимумов гауссовских компонент – ПИ*, энергии МО, величины дефекта Купман-

са, характер МО и вклады в МО 3d Fe АО и 2pC АО фенильного фрагмента. Анализ табл. 3 показывает, что D_K для шести МО, локализованных на органических лигандах, равен 2,1–2,3 эВ, и при увеличении вклада 3d-АО Fe уменьшается до 1,0–1,6 эВ. Эти значения D_K согласуются с данными для незамещенного ФЦ и винилФЦ.

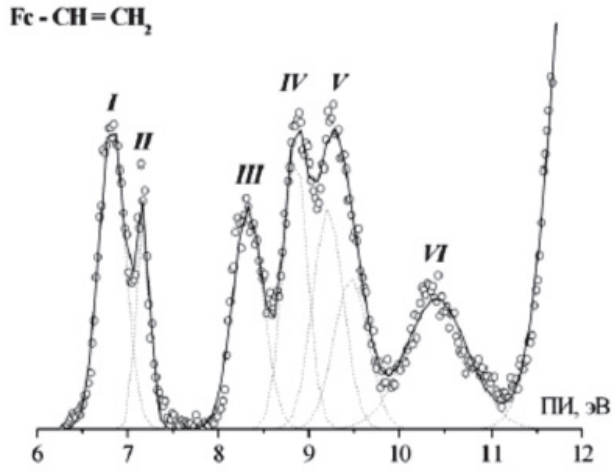


Рис. 3. HeI-фотоэлектронный спектр винил-ФЦ

Таблица 2

ПИ и валентные МО винилферроцена в симметрии C_1 по результатам расчетов методом ТФП (B3LYP/6-31G(d))

Полоса	ПИ, эВ	ПИ*, эВ	Энергия МО, эВ	D_K, эВ	Вклады АО в МО (%)		Характер МО
					Fe	R	
I	6,85	6,83 6,83	–5,15 –5,21	1,68 1,62	40,0 48,0	2,0 0,1	$3d_{x^2-y^2}(Fe)+\pi^*(C_p)$
II	7,15	7,17	–6,03	1,14	67,0	9,3	$3d_{z^2}$ (Fe)
III	8,31	8,33	–6,13	2,20	57,5	15,5	$b_1(C_p) - \pi(C = C)$
IV V	8,89 9,27	8,85 9,21 9,46	–6,72 –7,07 –7,24	2,13 2,14 2,22	5,9 23,5 26,4	0,2 4,7 0,1	a_2^+ (Fc) $b_1(C_p')$ a_2^- (Fc)
VI	10,31	10,41	–8,07	2,24	7,5	43,3	$b_1(C_p) + \pi(C = C)$

П р и м е ч а н и е . * Вертикальные потенциалы ионизации, соответствующие максимумам ГФ.

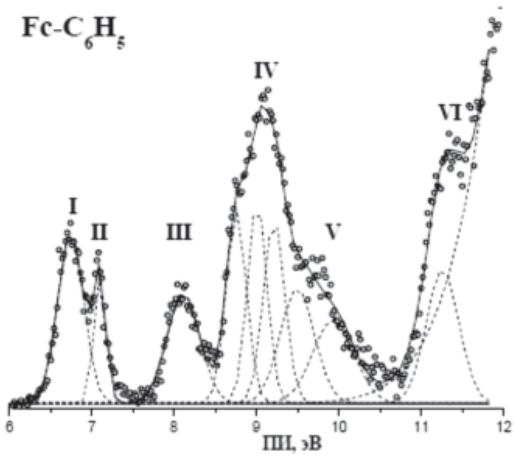


Рис. 4. HeI-фотоэлектронный спектр фенил-ФЦ

Таблица 3

ПИ и валентные МО фенилФЦ в симметрии C_1 согласно расчетам методом ТФП (B3LYP/6-31G(d))

Полоса	ПИ, эВ	ПИ*, эВ	Энергия МО, эВ	D_K, эВ	Вклады АО в МО (%)		Характер МО
					Fe	R	
I	6,74	6,74 6,74	–5,14 –5,20	1,60 1,54	42,7 44,8	2,5 0,5	$3d_{x^2-y^2}$ (Fe) $3d_{xy}$(Fe)
II	7,09	7,09	–6,11	0,98	81,9	4,8	$3d_{z^2}$ (Fe)
III	8,04	8,09	–5,96	2,13	28,5	33,1	$b_1(C_p) - b_1(Ph)$
IV	9,08	8,75 9,01 9,21 9,49	–6,67 –6,78 –7,03 –7,23	2,08 2,23 2,18 2,26	3,4 3,1 18,3 30,2	40,3 55,3 9,9 0,5	a_2^+ (Fc) – a_2(Ph) a_2(Ph) + a_2^+ (Fc) $b_1(C_p')$ a_2^- (Fc)
V	10,31	10,41	–8,07	2,24	7,5	43,3	$b_1(C_p) + b_1(Ph)$

Примечание. * Вертикальные потенциалы ионизации, соответствующие максимумам ГФ.

Стирилферроцен

Замена фенильной группы на стирильную приводит к увеличению количества π-полос в фотоэлектронном спектре до 7. Ионизация этих семи π-МО формирует центральную зону ФЭ спектра в области 7,5–11,0 эВ. Величина энергетического расщепления «активных» МО в стирилферроцене (полосы III и V) прекрасно описывается разностью расчетных энергий МО, которая равна 2,72 эВ и совпадает с экспериментальным значением (табл. 4). Ионизация 5 неактивных, т.е. практически не участвующих в π-π-взаимодействии молекулярных орбиталей формирует интенсивную центральную ФЭ полосу IV. Энергии этих пяти МО, как и в случае других сопряженных ферроценов, оказались расположенными в достаточно узком энергетическом диапазоне 6,7–7,3 эВ, соответствующем энергиям МО $1e_{1g}$ и $1e_{1u}$ – МО свободного ферроцена. HeI-фотоэлектронный спектр стирилферроцена представлен на рис. 5.

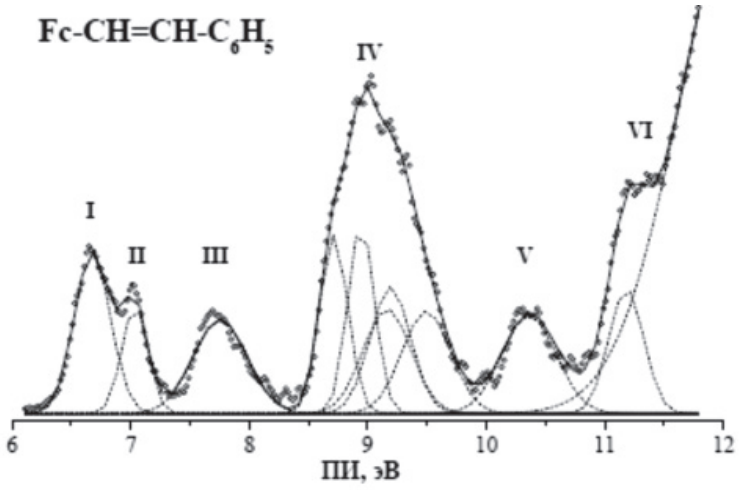


Рис. 5. HeI-фотоэлектронный спектр стирилферроцена

В табл. 4 представлены ПИ, значения максимумов гауссовских компонент – ПИ*, энергии МО, величины дефекта Купманса, характер МО и вклады в МО 3d Fe АО и 2pC АО стирильного фрагмента. Анализ табл. 4 показывает, что первые 3 МО, состоящие преимущественно из 3d-АО Fe, имеют D_K порядка 1,0–1,6 эВ. Отметим, что энергии МО всех последующих семи π-МО отличаются от экспериментальных ПИ на постоянную величину 2,1 ± 0,1 эВ независимо от вклада АО Fe. Эти значения D_K согласуются с данными для всех рассмотренных ранее производных ферроцена.

Таблица 4

Валентные МО Fc–CH = CH–C_6H_5 в симметрии C_1 согласно расчетам методом ТФП (B3LYP/6-31G(d))

Полоса	ПИ, эВ	ПИ*, эВ	Энергия МО, эВ	D_K, эВ	Вклады АО в МО (%)		Характер МО
					Fe	R	
I	6,67	6,67 6,67	–5,09 –5,23	1,58 1,44	37,6 46,8	10,1 0,4	$3d_{x^2-y^2}$ (Fe) $3d_{xy}$(Fe)
II	7,01	7,01	–6,12	0,89	91,0	1,2	$3d_{z^2}$ (Fe)
III	7,67	7,75	–5,62	2,13	21,8	36,5	$b_1(C_p) – \pi(C = C) + b_1(Ph)$
IV	9,03	8,72 8,92 9,05 9,23 9,49	–6,73 –6,74 –6,92 –7,26 –7,28	1,99 2,18 2,13 1,97 2,21	0,1 5,8 8,8 24,8 21,7	98,3 1,8 22,7 3,9 22,2	$a_2(Ph)$ a_2^+ (Fc) $b_1(C_p')$ a_2^- (Fc) b_1^- (Fc) – b_1 (Ph)
V	10,29	10,36	–8,34	2,02	4,1	65,8	$b_1(C_p) + \pi(C = C) + b_1(Ph)$

Примечание. * Вертикальные потенциалы ионизации, соответствующие максимумам ГФ.

Дефект Купманса

Данные табл. 2–6 свидетельствуют о том, что для МО с большими или доминирующими вкладами 3d АО Fe (70–90%) характерны усреднённые значения дефекта Купманса – 1,63 ± 0,10 эВ для МО $3d_{x^2-y^2,xy}$ – типа и 1,01 ± 0,08 эВ для МО $3d_{z^2}$-типа, в то время как для МО π-типа с небольшими (от 0 до 30%) вкладами 3d АО Fe дефект Купманса практически постоянен и равен 2,18 ± 0,10 эВ. На рис. 6 представлена зависимость D_K от вклада 3d-АО Fe в МО сопряженных ферроценов. Полученная зависимость хорошо аппроксимируется линейной функцией $D_K = 2{,}44 – 0{,}018 \cdot N(3d\ Fe)$, $R = 0{,}999$.

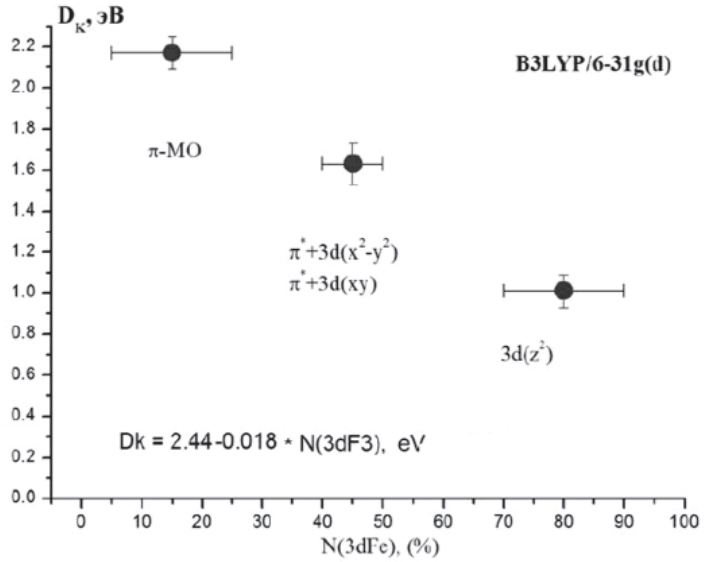


Рис. 6. Зависимость D_K от вклада 3d-АО Fe в МО сопряженных ферроценов

Характеризуя полученные результаты, можно утверждать, что установленные закономерности поведения D_K позволяют достаточно просто оценивать вертикальные ПИ в изучаемом классе соединений с экспериментальной точностью. Действитель-

но, для расчета вертикальных ПИ в соответствии с уравнением

$$ПИ_i = -\varepsilon_i + D_K$$

необходимо провести расчет одноэлектронных энергий МО (энергий Кона – Шема) методом B3LYP/6-31G(d), определить относительный вклад 3d АО Fe в каждую валентную МО КШ и выбрать соответствующее значение дефекта Купманса для каждой МО в соответствии с линейным уравнением $D_K = 2{,}44 - 0{,}018 \cdot N(3dFe)$.

Выводы

В работе было показано, что энергии МО, рассчитываемые в рамках ограниченного метода ТФП в приближении B3LYP/6-31G(d)), могут описывать экспериментальные потенциалы ионизации производных ферроцена с точностью до энергетической поправки D_K, зависящей от вклада 3d-АО железа в МО, что позволяет более обоснованно интерпретировать ФЭ спектры комплексов переходных металлов.

Список литературы/References

1. Bildstein B., Loza O., Chizhov Yu., Organometallics, 2004. Vol. 23, no.8, pp. 1825–1835.

2. Boccia A., Marrani A.G., Stranges S., Zanoni R., Alagia M., Iozzi M. F., and Cossi M., Journal of Physics: Conference Series, 2008.Vol.100, no.052069, pp. 1–4/

3. Chermette H., Coordination Chemistry Reviews, 1998. Vol. 178-180, pp. 699–721.

4. Chong D.P., Gritsenko O.V., and Baerends E.J., J. Chem. Phys., 2002. Vol. 116, no.5, pp. 1760–1772.

5. Jursic B.S., J. Mol. Struct. (Theochem), 2000. Vol. 497, pp. 65–73.

6. Jursic B.S., J. Mol. Struct. (Theochem), 1998. Vol. 452, pp. 145–152.

7. Hamel S., Duffy P., Casida M.E., Salahub D.R. J. Electron. Spectr. Relat. Phenom., 2002. Vol. 123, pp. 345–363.

8. Khvostenko V.I., Asfandiarov N.L., J. Electron. Spectr. Relat. Phenom., 1993. Vol. 63, pp. 419-429.

9. Plashkevych O., Agren H., Karlsson L., Pettersson L.G.M., J. Elec. Spectr. Relat. Phenom., 2000. Vol. 106, pp. 51–63.

10. Zhan Ch-G., Nichols J.A., and Dixon D.A., J. Phys. Chem. A., 2003. Vol.107, pp. 4184–4195.

Рецензенты:

Рябчук В.К., д.ф.-м.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург;

Барабан А.П., д.ф.-м.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 538.94;53.082

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ НИОБАТА ЛИТИЯ

Здоровцев Г.Г., Карпец Ю.М., Лебедев В.А.

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск, e-mail: tmeh@festu.kv

Экспериментально исследована температурная зависимость электропроводности легированных железом кристаллов ниобата лития. Описана автоматизированная установка для измерения вольт-амперной характеристики высокоомных кристаллов при температурах от комнатной до 120 °С (с точностью измерения температуры не ниже 0,5 °С). Устройство позволяет автоматизировать процесс измерения температурной зависимости электропроводности образцов и повысить точность измерения по сравнению с ручным способом. Показано, что для малых концентраций примеси проводимость кристаллов имеет активационный характер. Для концентраций примеси железа более 0,3 вес. % температурная зависимость электропроводности имеет более сложный характер, требующий для описания более сложную модель механизма проводимости. Полученные результаты представляют интерес с точки зрения применения сильнолегированных кристаллов ниобата лития в тепловых приемниках излучения.

Ключевые слова: автоматизированная установка, температурная зависимость электропроводности, легированный ниобат лития, тепловые приемники излучения

A TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE DOPED LITHIUM NIOBAT CRYSTALS

Zdorovtsev G.G., Karpets Y.M., Lebedev V.A.

Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, e-mail: tmeh@festu.khv.ru

A temperature dependence of the electrical conductivity of the Fe-doped lithium niobat crystals is experimentally investigated. The automatic setup for current-voltage characteristic measurement of high-resistance crystals at temperatures ranging from room temperature to 120 °C (with temperature measuring accuracy not less than 0,5 °C) is described. The device allows to automate the process of measuring the temperature dependence of the electrical conductivity For concentration of an impurity of iron more than 0,3 **%** weight temperature dependence of the electrical conductivity ‘has more difficult character demanding for the description more difficult model for the mechanism of conductivity. The received results are of interest from the point of view of application high-doped lithium niobat crystals in thermal receivers of radiation.

Keywords: the automatic setup, the temperature dependence of the electrical conductivity, high-doped lithium niobat, thermal receivers of radiation

В большинстве современных публикаций, посвященных исследованию температурной зависимости электропроводности кристаллов ниобата лития, приводятся результаты измерений, выполненных при $T > 330$ К, а температурный диапазон 270–330 К, где существенный вклад в проводимость вносит предположительно поляронный механизм, исследован мало [1–2, 6, 8–10]. Обзор данных по электропроводности слаболегированных кристаллов ниобата лития представлен в работах [1, 2]. В работе [2] отмечается, что на раннем этапе исследований слаболегированных (0,05 % Cr, 0,05 % Co, 0,05 % Fe) и беспримесных кристаллов ниобата лития было установлено, что температурная зависимость темновой проводимости при $T > 400$ К достаточно хорошо подчиняется экспоненциальному закону, а энергия активации имеет значение порядка 1,1 эВ [2]. Однако при исследовании температурной зависимости темновой проводимости в диапазоне 300–400 К были получены результаты, которые могут быть интерпретированы в рамках существования двух различных вкладов в темновую проводимость [15]. В настоящее время считается, что в кристаллах ниобата лития в общем случае имеются две компоненты, вносящие вклад в темновую проводимость: ионная, связанная с ионами H^+, которые неконтролируемо входят в структуру ниобата лития в процессе роста и монодоменизации образцов, и электронная, проявляющаяся при более низких температурах [1, 2, 10].

Экспериментальные результаты, представленные в приведенных работах, свидетельствуют о необходимости дополнительного тщательного изучения темновой проводимости кристаллов ниобата лития разного состава в области температур, близких к комнатной.

Целью данной работы является экспериментальное исследование температурной зависимости электропроводности легированных железом кристаллов ниобата лития**.**

Экспериментальная установка

Измерения проводились с помощью автоматизированной установки для измерения температурной зависимости проводимости высокоомных кристаллов при температу-

рах от комнатной до 120°С (с точностью измерения температуры не ниже 0,5°С). Автоматизированная установка позволяет нагревать исследуемый образец со скоростью 0,1–10 К/мин, измерять ток в диапазоне 10^{-6}–10^{-12} А, напряжение на исследуемом образце в диапазоне от 10 до 1000 вольт.

Структурная схема установки представлена на рис. 1. Для проведения измерений необходимо установить параметры измерения: максимальное напряжение на исследуемом образце (формируется модулем высоковольтного усилителя, сигнал на который поступает с модуля цифро-аналогового преобразователя), ширину шага выдаваемых напряжений (определяется временем нахождения образца под напряжением, задержку между временем выдачи напряжения и временем измерения тока и напряжения). Перед запуском установки в автоматическом режиме запускается программа приема данных на компьютере и устанавливается соединение с компьютером.

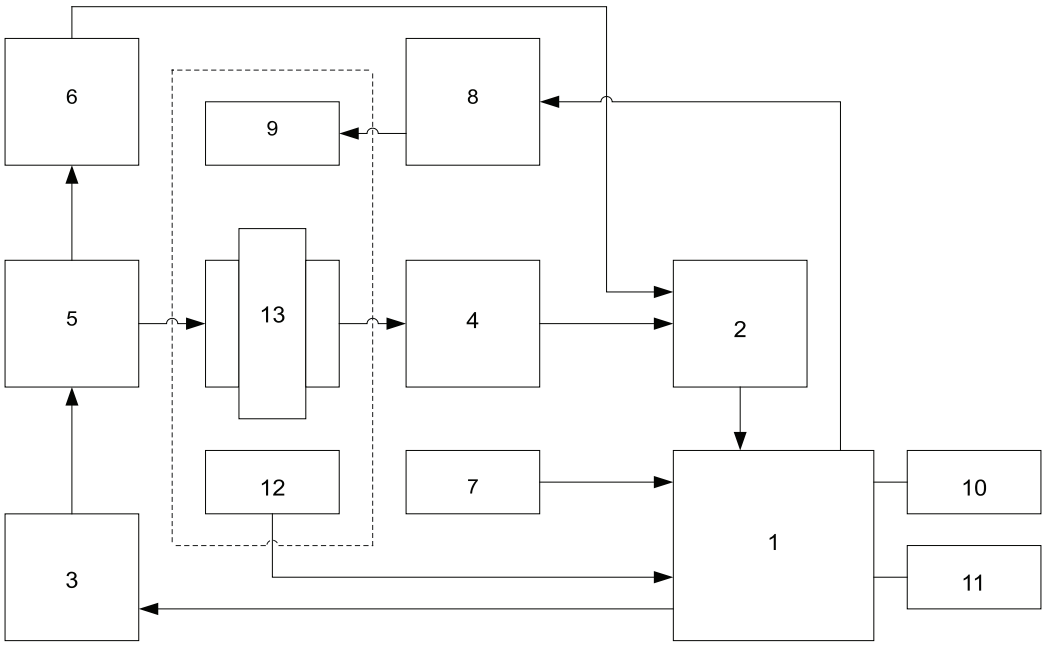


Рис. 1. Функциональная схема установки:
1 – устройство управления; 2 – аналого-цифровой преобразователь; 3 – цифро-аналоговый преобразователь; 4 – преобразователь ток-напряжение; 5 – источник напряжения; 6 – делитель напряжения; 7 – блок ввода информации; 8 – регулятор температуры; 9 – нагревательный элемент; 10 – система индикации; 11 – интерфейс цифровой связи; 12 – датчики температуры; 13 – образец

Исследуемый образец помещается между выводами высоковольтного источника постоянного напряжения. Последовательно в цепь включен измеритель тока, а параллельно измеритель напряжения. Измерители тока и напряжения представляют собой 12-разрядные АЦП с входными согласующими усилителями. Так как максимальное значение входного сигнала АЦП ограничено его техническими характеристиками, то делитель напряжения, датчик тока вместе с входными согласующими усилителями должны обеспечить изменение входного сигнала на входах АЦП в нужном диапазоне при изменении тока и напряжения от минимального до максимального значения. Делитель напряжения представляет собой цепь последовательно включенных резисторов. В данной системе для этой цели использовался уже имеющийся стандартный делитель напряжения (ДНВ). Микроконтроллер согласно алгоритму работы в определенные моменты времени выдает команды на периферийные устройства для осуществления изменения напряжения источника высокого напряжения с заданным шагом. Он также осуществляет регистрацию на каждом шаге величины напряжения и тока на исследуемом образце. Регистрация осуществляется с помощью датчиков и измерителей тока и напряжения, значение которых преобразуется в цифровые сигналы с помощью аналого-цифровых преобразователей. Результаты преобразования считываются микроконтроллером через трехпроводной интерфейс SPI. Текущие значения напряжения и тока отображаются на жидкокристаллическом дисплее.

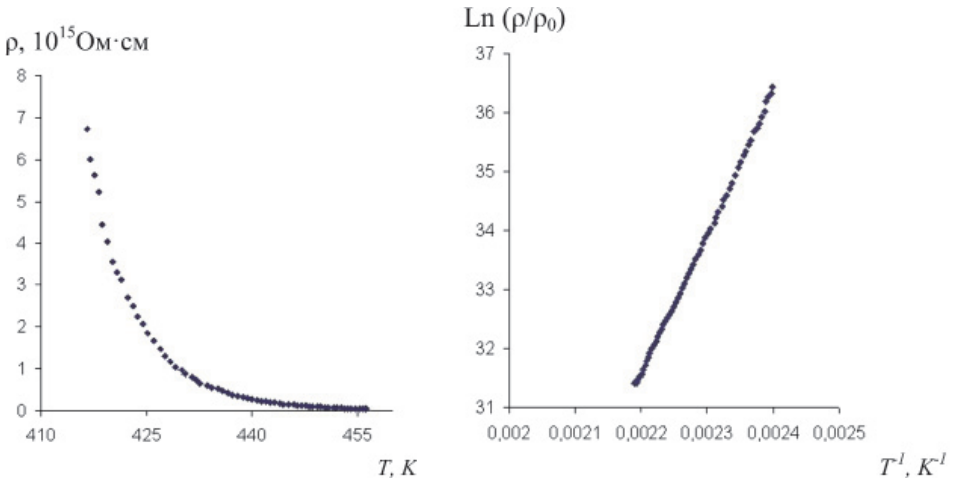
Измеренные значения тока и напряжения в заданном формате отправляются по последовательному порту на ЭВМ для дальнейшей обработки данных.

После запуска установки в автоматическом режиме происходит последовательное увеличение напряжения на опытном образце на величину шага с одновременной регистрацией тока и напряжения на каждом шаге и отправка измеренных данных по последовательному порту в компьютер в программу приема данных [7]. Программа осуществляет запись принятых данных в файл. Обработка данных осуществляется в математической среде Maple, в которой на основе этих данных можно построить графики и их обработку.

Устройство позволяет автоматизировать процесс снятия вольт-амперной характеристики и существенно повысить точность измерения по сравнению с ручным способом.

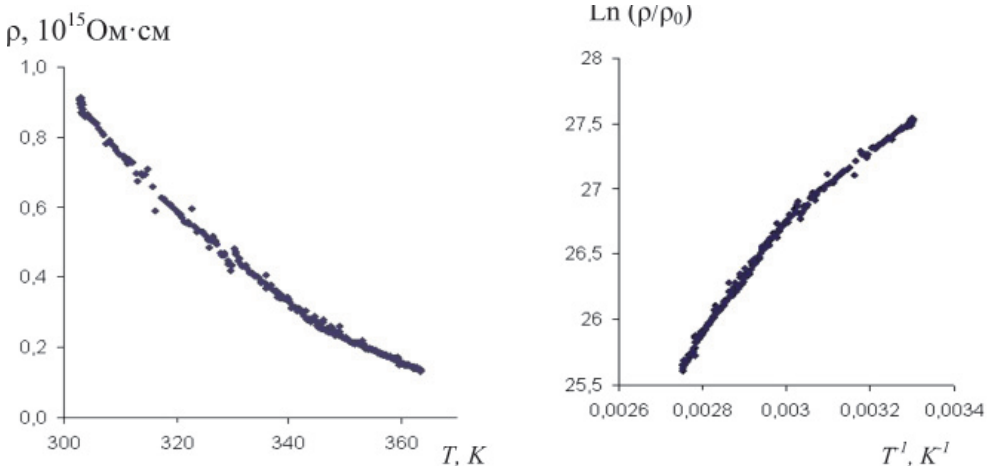
Результаты экспериментальных измерений

На рис. 2–4 (а) представлены температурные зависимости удельного сопротивления кристаллов ниобата лития с разным содержанием примеси железа, полученные на автоматизированной установке. В экспериментах использовались беспримесные и легированные железом кристаллы ниобата лития с толщиной от 0,1 до 2 мм и площадью от 1 мм^2 до 3 см^2. Металлические электроды наносились напылением в вакууме.



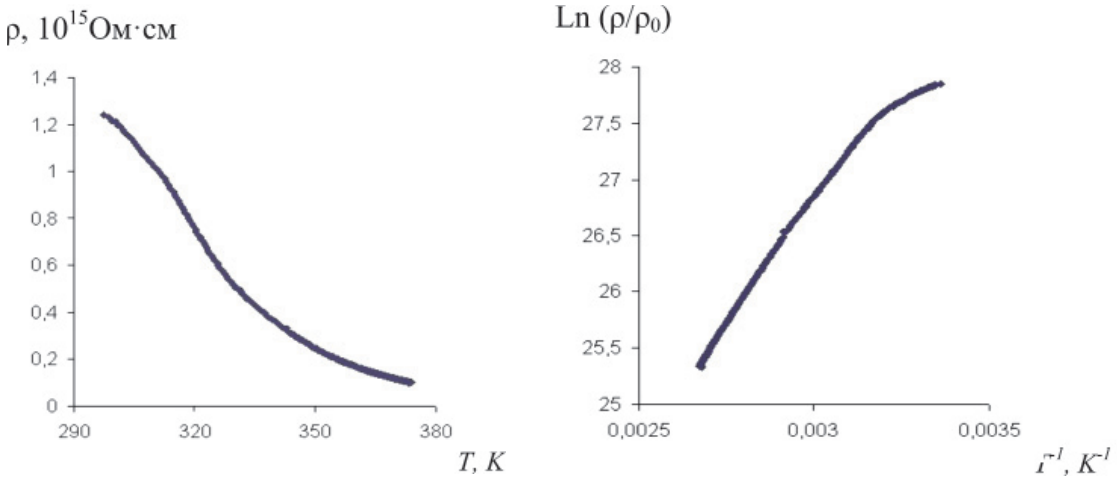
а б

Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления от температуры кристалла ($LiNbO_3$: Fe – 0,15 вес.%; Y – срез) – (а); зависимость логарифма сопротивления от обратной температуры кристалла – (б)



а б

Рис. 3. Зависимость удельного сопротивления от температуры кристалла ($LiNbO_3$: Fe – 0,3 вес.%; Y – срез) – (а); зависимость логарифма сопротивления от обратной температуры кристалла – (б)



а б

Рис. 4. Зависимость удельного сопротивления от температуры кристалла ($LiNbO_3$: Fe – 0,5 вес. %; Y – срез) – (а); зависимость логарифма сопротивления от обратной температуры кристалла – (б)

На рис. 2–4 (б) построены соответствующие им зависимости логарифма сопротивления от обратной температуры кристалла $LiNbO_3$. Видно, что зависимости не носят простой активационный характер.

Как видно из графиков, чисто активационный характер температурной зависимости электропроводности наблюдается только для слаболегированных кристаллов ниобата лития (рис. 2). Для сильнолегированных кристаллов ниобата лития (рис. 3–4) уже при комнатных температурах наблюдаются значительно более сложные зависимости, плохо описываемые моделью двух активационных механизмов [15].

Заключение

В работе описана автоматизированная установка для измерения вольт-амперной характеристики высокоомных кристаллов при температурах от комнатной до 120 °С (с точностью измерения температуры не ниже 0,5 °С), позволяющая автоматизировать процесс измерения температурной зависимости электропроводности образцов и повысить точность измерения по сравнению с ручным способом. Показано, что для малых концентраций примеси проводимость кристаллов имеет активационный характер. Для концентраций примеси железа более 0,3 вес. % температурная зависимость электропроводности отличается от активационной и требует для описания более сложную модель механизма проводимости [2]. Полученные результаты представляют интерес с точки зрения применения сильнолегированных кристаллов ниобата лития в тепловых приемниках излучения [3–6, 8–14].

Список литературы

1. Ахмадуллин И.Ш. Низкотемпературная электропроводность кристаллов ниобата лития конгруэнтного состава / И.Ш. Ахмадуллин, В.А. Голенищев-Кутузов, С.А. Мигачев, С.П. Миронов // Физика твердого тела. – 1998. – Т. 40. – № 7. – С. 1307–1309.

2. Евдокимов С.В., Яценко А.В. Особенности темновой проводимости кристаллов ниобата лития конгруэнтного состава // Физика твердого тела. – 2006. – Т.48. – вып. 2. – С. 317–320.

3. Здоровцев Г.Г. Термоэлектрические свойства несимметричной сэндвичной структуры металл-ниобат лития-металл / Г.Г. Здоровцев, В. И. Иванов, Ю.М. Карпец, С.В. Климентьев // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 2. – С. 103–105.

4. Здоровцев Г.Г. Характеристики приемника излучения на основе структуры металл-сегнетоэлектрик-металл / Г.Г. Здоровцев, В.И. Иванов, С.В. Климентьев В.В. Криштоп // Приборостроение. – 2006. – Т. 49. – № 8. – С. 45–46.

5. Здоровцев Г.Г., Иванов В.И., Климентьев С.В., Криштоп В.В. Приемник излучения // Патент на полезную модель № 54128 / Приоритет от 07.03.2006 / Опубл. – Бюллетень изобретений № 25 от 10.09.2006.

6. Здоровцев Г.Г., Иванов В. И., Марченков Н.В. Термостимулированная ЭДС в сэндвичной структуре металл – ниобат лития – металл // Информатика и системы управления. – 2005. – № 1 (09). – С. 55–60.

7. Здоровцев Г.Г., Кузин А.А. Система измерения электрофизических характеристик оксидных пленок // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2006613332. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ. 2006.

8. Иванов В.И. Термоиндуцированные механизмы записи динамических голограмм в гетерогенных средах: автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. – Хабаровск, 2006. – 36 с.

9. Иванов В.И., Карпец Ю.М., Климентьев С.В. Тепловые приемники излучения на основе тонкослойных структур металл – сегнетоэлектрик – металл: монография / Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2008. – 80 с.

10. Иванов В.И., Карпец Ю.М., Климентьев С.В. Термостимулированные токи в несимметричной сэндвичной структуре металл – сегнетоэлектрик – металл: монография. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2007. – 67 с.

11. Иванов В.И., Карпец Ю.М., Климентьев С.В. Термоэдс в легированных кристаллах ниобата лития с электродами из различных металлов // Изв. вузов, сер. физ. – 2001. – № 1. – С. 96–97.

12. Иванов В.И., Климентьев С.В., Корчевский В.В. Использование динамического пироэффекта в термовольтаическом приемнике излучения // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2010. – № 2. – С. 013–018.

13. Сюй А.В., Здоровцев Г.Г., Иванов В.И., Климентьев С.В., Криштоп В.В. Координатно-чувствительный приемник излучения // Патент России № 2006117268/28, G01J5/00, 05.19. 2006.

14. Ivanov V.I. Thermo-EMF in LiNbO3 crystals with different metal electrodes / V.I. Ivanov, Yu.M. Karpets, N.V. Marchenkov, G.G. Zdorovtsev // Fundamental problems of Optoelectronics and Microelectronics, Yuri N. Kulchin, Oleg B. Vitrik, Vladimir I. Stroganov, Editors, Proceedings of SPIE. – 2005. – Vol. 5851. – P. 415–419.

15. Pichugin V.F. Ion irradiation and reduction effect on the conductivity and optical absorption of heavily MgO-doped LiNbO3 single crystals / V.F. Pichugin, A.A. Bulycheva, V.Yu. Yakovlev, I.W. Kim // Physica status solidi (c) 2. – 2005. – № 1. – P. 208–211.

References

1. Ahmadullin I.Sh. *Nizkotemperaturnaja jelektroprovodnost' kristallov niobata litija kongrujentnogo sostava*, I.Sh. Ahmadullin, V.A. Golenishhev-Kutuzov, S.A. Migachev, S.P. Mironov, Fizika tverdogo tela, 1998, T. 40, no. 7, pp. 1307–1309.

2. Evdokimov S.V., Jacenko A.V. *Osobennosti temnovoj provodimosti kristallov niobata litija kongrujentnogo sostava*, Fizika tverdogo tela, 2006, T. 48, no. 2, pp. 317–320.

3. Zdorovtsev G.G. *Termojelektricheskie svojstva nesimmetrichnoj sjendvichnoj struktury metall-niobat litija-metall*, G.G. Zdorovcev, V.I. Ivanov, Ju.M. Karpets, S.V. Kliment'ev, Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2007, T. 311, no. 2, pp. 103–105.

4. Zdorovtsev G.G. *Harakteristiki priemnika izluchenija na osnove struktury metall-segnetojelektrik-metall*, G.G. Zdorovtsev, V.I. Ivanov, S.V. Kliment'ev V.V. Krishtop, Priborostroenie, 2006, T. 49, no. 8, pp. 45–46.

5. Zdorovtsev G.G., Ivanov V.I., Kliment'ev S.V., Krishtop V.V. *Priemnik izluchenija*//Patent na poleznuju model' no. 54128, Prioritet ot 07.03.2006, Opubl, Bjulleten' izobretenij no. 25 ot 10.09.2006.

6. Zdorovtsev G.G., Ivanov V.I., Marchenkov N.V. *Termostimulirovannaja EDS v sjendvichnoj strukture metall – niobat litija – metal,* Informatika i sistemy upravlenija, 2005, no. 1 (09), pp. 55–60.

7. Zdorovtsev G.G., Kuzin A.A. *Sistema izmerenija jelektrofizicheskih harakteristik oksidnyh plenok*, Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programm dlja JeVM no. 2006613332. Zaregistrirovano v Reestre programm dlja JeVM. 2006 g.

8. Ivanov V.I. *Termoinducirovannye mehanizmy zapisi dinamicheskih gologramm v geterogennyh sredah*: avtoref. dis. doktora fiz, mat. Nauk, Habarovsk, 2006, pp. 36.

9. Ivanov V.I., Karpets Ju.M., Kliment'ev S.V. *Teplovye priemniki izluchenija na osnove tonkoslojnyh struktur metall – segnetojelektrik – metall: monografija* Habarovsk: Izd-vo DVGUPS, 2008, pp. 80.

10. Ivanov V.I., Karpets Ju. M., Kliment'ev S.V. *Termostimulirovannye toki v nesimmetrichnoj sjendvichnoj strukture metall – segnetojelektrik – metall*: monografija, Habarovsk: Izd-vo DVGUPS, 2007, pp. 67.

11. Ivanov V. I., Karpets Ju. M., Kliment'ev S. V. *Termojeds v legirovannyh kristallah niobata litija s jelektrodami iz razlichnyh metallov*, Izv. vuzov, ser. Fiz, 2001, no. 1, pp. 96–97.

12. Ivanov V.I., Kliment'ev S.V., Korchevskij V.V. *Ispol'zovanie dinamicheskogo pirojeffekta v termovol'taicheskom priemnike izluchenija*, Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2010, no. 2, pp. 013–018.

13. Sjuj A.V., Zdorovtsev G.G., Ivanov V.I., Kliment'ev S.V., Krishtop V.V. *Koordinatno-chuvstvitel'nyj priemnik izluchenija*//Patent Rossii no. 2006117268/28, G01J5/00, 05.19. 2006, 2 c.

14. Ivanov V.I. *Thermo-EMF in $LiNbO_3$ crystals with different metal electrodes*, V.I. Ivanov, Yu.M. Karpets, N.V. Marchenkov, G.G. Zdorovtsev, Fundamental problems of Optoelectronics and Microelectronics, Yuri N. Kulchin, Oleg B. Vitrik, Vladimir I. Stroganov, Editors, Proceedings of SPIE, 2005, Vol. 5851, pp. 415–419.

15. Pichugin V.F. *Ion irradiation and reduction effect on the conductivity and optical absorption of heavily MgO-doped $LiNbO_3$ single crystals*, V.F. Pichugin, A.A. Bulycheva, V.Yu. Yakovlev, I.W. Kim, Physica status solidi (c) 2, no. 1, 2005, pp. 208–211.

Рецензенты:

Крылов В.И., д.ф.-м.н., профессор кафедры «Физика», ФГБОУ ВПО «Дальневосточный государственный гуманитарный университет», г. Хабаровск;

Жуков Е.А., д.ф.-м.н., профессор кафедры «Электроника и электротехника», ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 539.53; 669.245

СВЯЗЬ МЕЖДУ МИКРОТВЕРДОСТЬЮ СПЛАВОВ NI–CR–MO И ЭНЕРГИЕЙ ВНЕДРЕНИЯ ИНДЕНТОРА В ВЕЩЕСТВО

Никифоров А.Г., Ковалева А.А., Аникина В.И.

Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: angeli-kovaleva@yandex.ru

Исследована зависимость микротвердости HV трехкомпонентных твердых растворов системы Ni–Cr–Mo на основе никеля от состава. Установлена линейная зависимость между микротвердостью образцов и концентрацией примесей в области 0–22 ат.% для хрома и 0–16 ат.% для молибдена. Показано, что использование энергии внедрения индентора в образец позволяет оценить не только прочность кристаллической решетки вещества, но и связать ее с энергией кристаллической решетки. Предложена формула, связывающая микротвердость HV с количеством образующих его компонентов, выраженным в ат.%. Наряду с микротвердостью введена величина, названная нами работой разрушения, позволяющая оценить энергию разрыва межатомных связей при внедрении индентора в сплав. Показано, что на величину микротвердости больше влияет введение хрома и молибдена, чем взаимодействие между этими компонентами.

Ключевые слова: микротвердость, никелевые сплавы, твердые растворы

THE RELATIONSHIP BETWEEN MICROHARDNESS ALLOYS NI–CR–MO AND THE ENERGY OF THE INDENTER INTRODUCING INTO THE SUBSTANCE

Nikiforov A.G., Kovalyova A.A., Anikina V.I.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: angeli-kovaleva@yandex.ru

The dependence of the microhardness HV of ternary solid solutions of Ni–Cr–Mo based on the composition of the nickel is investigated. The formula relating the microhardness HV with the amount of its constituent components, expressed in at.%, is suggested. The linear dependence between microhardness of samples and concentration of impurities is set in the 0–22 at.% Chromium and 0–16 atm.% Molybdenum. It is shown that the using the energy of indenter's implementation into the sample allows us to estimate not only the strength of the crystal lattice of the substance, but also to link it with the energy of the crystal lattice. Along with microhardness introduced the quantity, called the work we do destruction, allowing to estimate the energy gap of the interatomic bonds in the implementation of the indenter into the alloy. Along with microhardness we introduced the quantity, that was called the work of destruction, allowing to estimate the energy of the gap of the interatomic bonds when implementing of the indenter into the alloy. It is shown that introduction of chromium and molybdenum has a greater effect on the value of microhardness, than the interaction between these components.

Keywords: microhardness, nickel alloys, solid solutions

Измерение микротвердости является одним из методов исследования, позволяющим количественно оценить прочность металлических сплавов [1, 2]. В настоящей работе приведены результаты измерения микротвердости трехкомпонентного твердого раствора на основе никеля Ni–Cr–Mo. При этом была найдена зависимость микротвердости от химического состава не только для трехкомпонентного сплава Ni–Cr–Mo, но и для бинарных систем Ni–Cr и Ni–Mo, а также оценивались результаты взаимного влияния двух примесей. В качестве растворителя был выбран никель, который часто является одним из основных компонентов жаропрочных и нержавеющих сталей. Растворимость молибдена в никеле достигает 12 ат.%, а растворимость хрома в никеле более 30 ат.% [3].

Наряду с определением микротвердости, нами была получена величина, названная работой разрушения. Смысл этой величины заключается в следующем: как известно, кристаллическую решетку можно разрушить двумя методами – термически и механически. Зная теплоту сублимации, мы, по сути, имеем энергию, затраченную на разрушение моля вещества. Определив экспериментально энергию, затраченную на внедрение индентора в образец, и пересчитав её на моль вещества, мы можем выяснить какая доля межатомных связей была разрушена механическим путем.

Материалы и методика эксперимента

Для исследований было выплавлено 77 металлических однофазных сплавов системы Ni–Cr–Mo. Концентрации компонентов были таковы, что все сплавы представляли собой твердые растворы на основе никеля. Плавка металлов производилась электрической дугой в медной водоохлаждаемой изложнице в атмосфере аргона. Перед измерениями образцы шлифовались, полировались и отжигались в вакуумной печи при температуре 800 °C в течение 8 часов. Микротвердость измеряли на микротвердомере ПМТ-3 в 10 точках по стандартной методике [4], относительная погрешность измерений составляла 1–3%.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты измерений микротвердости приведены в табл. 1.

Полученные результаты показывают, что между микротвердостью образцов и концентрацией примесей наблюдается

линейная зависимость в области 0–22 ат.% для хрома и 0–16 ат.% для молибдена. Учитывая вышесказанное, можно записать уравнение

$$HV = a + b(X_{Cr} + X_{Mo}), \quad (1)$$

где – a и b коэффициенты; X_{Cr} и X_{Mo} – концентрации хрома и молибдена соответственно, выраженные в ат.%.

Коэффициент a = 0,615 ГПа – это микротвердость чистого никеля, определенная экспериментально.

Таблица 1

Зависимость микротвердости, ГПа, для Ni–Cr–Mo от состава сплавов

Отношение $X_{Mo}/(X_{Cr} + X_{Mo})$	$X_{Cr} + X_{Mo}$, ат.%						
	4	7	10	13	16	19	22
0	0,8978	1,0035	1,0149	1,402	1,5388	1,857	2,1624
0,1	1,0751	1,1157	1,3477	1,5229	1,7048	2,1575	2,2505
0,2	1,0448	1,2098	1,3052	1,636	1,7826	2,043	2,6332
0,3	1,151	1,3703	1,4199	1,7413	1,897	2,3664	2,7449
0,4	1,1427	1,1862	1,4536	1,8388	2,0402	2,6596	2,8017
0,5	1,1548	1,4549	1,5739	1,9285	2,049	2,5281	2,8978
0,6	1,1872	1,5218	1,7131	2,0104	2,1905	2,5498	3,355
0,7	1,1823	1,5798	1,6334	2,0845	2,2655	3,1913	4,3636
0,8	1,1585	2,116	1,7862	2,1508	2,2604	2,8089	5,3433
0,9	1,2776	1,5331	1,7702	2,2093	2,4162	3,1652	4,6734
1	1,4695	1,4431	2,0535	2,26	2,6987	4,6579	5,222

В свою очередь, обработка результатов показала, что коэффициент b линейно зависит от соотношения $X_{Mo}/(X_{Cr} + X_{Mo})$ следующим образом:

$$b = 0,07035 + 0,5024X_{Mo}/(X_{Cr} + X_{Mo}). \quad (2)$$

В итоге получается соотношение

$$HV = 0,615 + 0,07035X_{Cr} + 0,1206X_{Mo}. \quad (3)$$

Таблица 2

Зависимость микротвердости, ГПа, для Ni–Cr–Mo от состава сплавов, ат.%

Отношение $X_{Mo}/(X_{Cr} + X_{Mo})$	$HV = HV_0 + b(X_{Cr} + X_{Mo})$	Достоверность
0	$HV = 0,615 + 0,068(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,958$
0,1	$HV = 0,615 + 0,073(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,974$
0,2	$HV = 0,615 + 0,082(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,959$
0,3	$HV = 0,615 + 0,085(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,968$
0,4	$HV = 0,615 + 0,1(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,973$
0,5	$HV = 0,615 + 0,096(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,982$
0,6	$HV = 0,615 + 0,096(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,984$
0,7	$HV = 0,615 + 0,101(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,969$
0,8	$HV = 0,615 + 0,102(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,869$
0,9	$HV = 0,615 + 0,122(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,974$
1,0	$HV = 0,615 + 0,123(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,959$
Среднее	$HV = 0,615 + b(X_{Cr} + X_{Mo})$	
	$b = 0,07035 + 0,5024X_{Mo}/(X_{Cr} + X_{Mo})$	$R^2 = 0,911$
Итоговое	$HV = 0,615 + 0,07035X_{Cr} + 0,1206X_{Mo}$	

Полученное соотношение показывает, что на величину микротвердости больше влияет введение хрома и молибдена, чем взаимодействие между этими компонентами.

Наряду с измерением микротвердости мы попытались определить энергию, затраченную на внедрение индентора в сплав. Использование этой величины позволяет оценить не только прочность кристаллической решетки вещества, но и связать ее с энергией кристаллической решетки. Воспользуемся классической формулой по определению работы A:

$$A = \int PdV, \qquad (4)$$

где P – давление; V – объем внедрения индентора в сплав.

Свяжем глубину внедрения пирамиды h с диагональю отпечатка d:

$$\frac{d}{2} = h \cdot \mathrm{tg}\frac{\theta}{2},$$

где θ – угол между гранями пирамиды.

Получаем:

$$h = \frac{d}{2\mathrm{tg}\theta/2}; \qquad (5)$$

$$d = 2h \cdot \mathrm{tg}\frac{\theta}{2};$$

$$S = \frac{d}{2} = 2h^2 \cdot \mathrm{tg}^2\frac{\theta}{2}, \qquad (6)$$

где S – площадь отпечатка.

Объем пирамиды:

$$V = S \cdot h/3. \qquad (7)$$

В нашем случае объем равен:

$$V = \frac{2}{3}h^3 \cdot \mathrm{tg}^2\frac{\theta}{2}; \qquad (8)$$

$$dV = 2h^2 \cdot \left(\mathrm{tg}^2\frac{\theta}{2}\right) \cdot dh. \qquad (9)$$

Работа внедрения индентора:

$$A = \int PdV = \int \frac{mg}{S} 2h^2 \left(\mathrm{tg}^2\frac{\theta}{2}\right) \cdot dh = \int_0^h mg \cdot dh = mgh. \qquad (10)$$

Свяжем работу внедрения индентора A с микротвердостью HV:

$$A = HV \cdot S \cdot h = 3HV \cdot V_p, \qquad (11)$$

где V_p – объем внедрения индентора.

Определим работу, которая придется на один моль вещества:

$$A_M = A \cdot V_M / V_p = 3HV \cdot V_M, \qquad (12)$$

где V_M – молярный объем сплава.

Величину A_M мы назвали работой разрушения. Она показывает, какая энергия затрачивается на разрушение одного моля вещества под воздействием индентора.

По результатам измеренной микротвердости и молярным объемам, взятым из статьи [6], были построены графики зависимости работы разрушения от состава сплавов. Полученные результаты приведены на рис. 1–2.

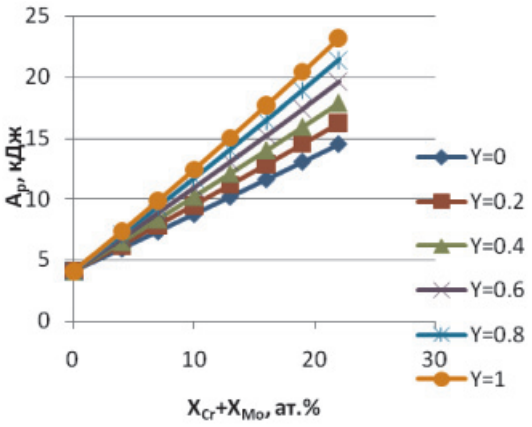


Рис. 1. Зависимость работы разрушения сплавов Ni–Cr–Mo от содержания хрома и молибдена в сплаве

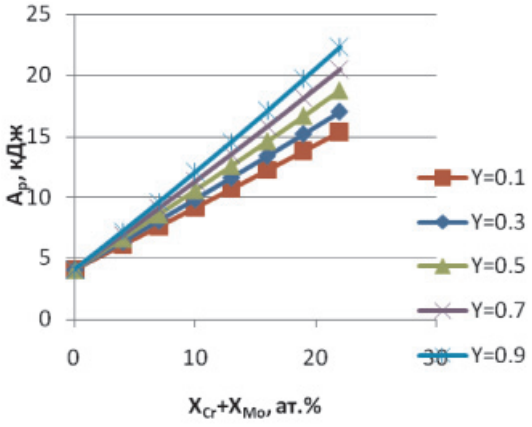


Рис. 2. Зависимость работы разрушения сплавов Ni–Cr–Mo от содержания хрома и молибдена в сплаве

Выводы

В результате проделанной работы были получены зависимости микротвердости от состава сплавов:

$$HV = (0{,}6148 + 0{,}07035X_{Cr} + 0{,}1206X_{Mo})\ \text{ГПа},$$

где X_{Cr} и X_{Mo} – содержание хрома и молибдена в сплаве, выраженное в ат. %.

Наряду с микротвердостью была определена величина работы разрушения, показывающая какая энергия затрачивается на механическое разрушение одного моля твердого вещества, и выявлена зависимость этой величины от состава сплава.

Список литературы

1. Глазов В.М. Микротвердость металлов и полупроводников / В.М. Глазов, В.Н. Вигдорович. – М.: Металлургия, 1969. – 248 с.

2. Самойлов Ю.В. Поверхностное натяжение расплава и структура никелевых сплавов / Ю.В. Самойлов, Э.И. Цвирко, В.Е. Самойлов, В.В. Кудин // ISSN 1607-6885. Нові матеріали і тенології в металлургії та машинобудуванії. – 2008. – № 1.

3. Хансен М. Структуры двойных сплавов / М. Хансен, К. Андерко. – М.: Металлургия, 1962. – 1487 с.

4. Григорович В.К. Твердость и микротвердость металлов. – М.: Наука, 1976, – 230 с.

5. Леонов В.В. Микротвердость тройных твердых растворов Ni-Cu-Nb на основе никеля // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 3. – 2009. – № 2. – С. 334–336.

6. Никифоров А.Г. Определение молярных объемов трехкомпонентных сплавов на основе никеля через молярные объемы двухкомпонентных сплавов / А.Г. Никифоров, Л.Н. Комарова // Научное пространство Европы: материалы IV научно-практической конференции. – 2008. – Т 28, Физика, Математика. – София: Бял. ГРАД-БГ, 2008.

References

1. Glazov V.M. Mikrotverdost of metals and semiconductors / V.M. Glazov, V.N. Vigdorovich. M.: Metallurgy, 1969. 248 p.

2. Samoylov Yu. V. Superficial tension of fusion and structure of nickel alloys / Yu.V. Samoylov, E.I. Tsvirko, V.E. Samoylov, V.V. Kudin // ISSN 1607-6885. Нові матеріали і тенології in металлургії that машинобудуванії no. 1, 2008.

3. Hansen M. Structures of double alloys / M Hansen, K. Anderko. M.: Metallurgy, 1962. 1487 c.

4. Grigorovich V.K. Tverdost and microhardness of metals. M.: Science, 1976, 230 p.

5. Leonov V.V. Mikrotverdost of threefold firm solutions Ni–Cu–Nb on the basis of nickel. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 3 (2009 2), pp. 334–336.

6. Nikiforov A.G. Determination of molar volumes of three-component alloys on the basis of nickel through molar volumes of two-component alloys / A.G. Nikiforov, L.N. Komarova // Materials IV scientific the practical conference «Scientific Space of Europe», 2008, T 28, Physics, Mathematics. Sofia. Byal. GRAD-BG 2008.

Рецензенты:

Прошкин А.В., д.т.н., профессор, начальник ЛУФМ департамента новых технологий ООО «РУСАЛ ИТЦ», г. Красноярск;

Миронов П.В., д.х.н., профессор, декан факультета переработки природных соединений, Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 662.75:662.732-66.097-553.96(574.1)

КИНЕТИКА И ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССА ГИДРОГЕНИЗАЦИИ УГЛЯ МАМЫТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Каирбеков Ж.К., Джелдыбаева И.М., Якупова Э.Н., Есеналиева М.З.

НИИ «Новых химических технологий и материалов»
при КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, e-mail: niinhtm@mail.ru

В данной работе методом равновесно-кинетического анализа исследованы кинетика (C_N^* = 44,1 %; $k_1 = 1{,}30 \cdot 10^{-2}$мин$^{-1}$; $k_2 = 1{,}7 \cdot 10^{-3}$мин$^{-1}$; $k_р$ = 7,54; Ea_1 = 42–55 кДж/моль; Ea_2 = –100 – (–119) кДж/моль) и термодинамика (ΔG = –11,644 кДж/моль; ΔH = –152,9 кДж/моль; ΔS = 194–230 кДж/моль) гидрогенизации угля Мамытского месторождения в присутствии катализатора боксит № 094 (SiO_2–AI_2O_3–Fe_2O_3–x). На основании группового состава (асфальтены, преасфальтены, газ, масло + вода) полученных жидких продуктов предложена схема маршрута реакций процесса гидрогенизации угля. Установлено, что самой быстрой стадией является стадия получения целевого продукта (масла). Полученная нами кинетико-термодинамическая картина процесса гидрогенизации угля Мамытского месторождения позволяет не только приблизиться к знанию механизма процесса, но и дает возможность регулировать скорость и селективность процесса.

Ключевые слова: гидрогенизация угля, константа скорости, равновесно-кинетический анализ, молекулярный водород, селективность

KINETICS AND THERMODYNAMICS OF THE HYDROGENATION PROCESS COAL MINE MAMYTSKOGO

Kairbekov Z.K., Dzheldybaeva I.M., Yakupova E.N., Esenalieva M.Z.

SRI New chemical technologies and materials in the Kazakh National University,
Al-Farabi, Almaty, e-mail: niinhtm@mail.ru

In this paper, the method of equilibrium kinetic analysis investigated the kinetics (C_N^* = 44,1 %; $k_1 = 1{,}30 \cdot 10^{-2}$ min^{-1}; $k_2 = 1{,}7 \cdot 10^{-3}$ min^{-1}, $k_р$ = 7·54, Ea_1 = 42–55 kDzh/mole, Ea_2 = –100 – (–119) kJ/mole), and thermodynamics (ΔG = –11,644 kJ/mole; ΔH = –152,9 kJ/mole; ΔS = 194–230 kDzh/mole) hydrogenation of coal deposits in Mamytskogo presence of a catalyst bauxite number 094 (SiO_2–AI_2O_3–Fe_2O_3–x). Based on the group composition (asphaltenes, preasfalteny, gas, oil + water) liquid products obtained a scheme route process coal hydrogenation reactions. It was established that the most rapid step is a step of obtaining the expected product (oil). We obtained the kinetic- thermodynamic view of the process of hydrogenation of coal deposits Mamytskogo approach allows not only to the knowledge of the mechanism of the process, but also gives you the opportunity to adjust the speed and selectivity of the process.

Keywords: hydrogenation of coal, constant speed, equilibrium-kinetic analysis, molecular hydrogen, selectivity

В настоящее время особенно актуальным является поиск новых типов катализаторов на основе природных материалов и отходов различных химических производств жидких продуктов из бурых углей Республики Казахстан. Применение таких каталитических систем позволит исключить использование дорогостоящего и дефицитного молибденового катализатора, который применяется в зарубежных технологиях, что в значительной степени позволит улучшить экологическую обстановку на производстве в целом [1, 2].

Процесс деструктивной гидрогенизации угля до последнего времени разрабатывался эмпирически. Далеко не всегда учитывались термодинамические и кинетические особенности процесса ожижения угля. Между тем научно обоснованный выбор катализаторов, условий проведения процесса гидрогенизации и переработки синтетической нефти в значительной мере может и должен исходить из учета как термодинамических характеристик исходных углей и самих реакций гидрогенизации, так и кинетических параметров процессов, реализуемых на практике. Такой подход может в принципе не только облегчить создание наиболее экономичных условий проведения процессов, но и помочь прогнозированию выбора исходных углей, катализаторов и регулированию маршрутов в зависимости от назначения целевых продуктов.

Цель исследования – установление кинетико-термодинамических характеристик процесса гидрогенизации Мамытского угля.

Материал и методы исследования

В качестве материала исследования для процесса получения синтетического жидкого продукта путем гидрогенизации был использован бурый уголь Мамытского месторождения со следующими физико-химическими характеристиками W^a – 3,03 %, A^c – 11,31 %, $V^г$ – 34,82 %, C^{daf} – 73,06 %, H^{daf} – 4,71 %, S^d – 0,34 %, $Q_в^A$ – 29,2 кДж/моль, $Q_в^P$ – 28,0 кДж/моль, $Q_н^P$ – 26,8 кДж/моль. Результаты определения элементного состава угля (C:H = 15,5; 100H:C = 6,45), согласно литературным данным свидетельствуют о том, что уголь пригоден для ожижения. В качестве пастообразователя (ПО) применялась тяжелая фракция нефти Каражанбас (ρ = 943,1 кг/м^3, $\eta_{кин}$ = 539 при

30°C, $M_{мод}$ = 384, C = 82,5%, H = 11,8%, N = 0,9%, S = 2,6%, O = 2,2%, коксуемость 7,2%), выкипающая при температуре выше 773К, а также фракция > 623К, выделенная из продуктов ожижения исходного угля.

Эксперименты по ожижению угля проводили во вращающемся автоклаве объемом 0,25 дм^3 при температуре 653–713 К, давлении до 4,0 МПа и времени изотермической выдержки 10–40 минут, а также на проточной установке высокого давления.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение кинетики и термодинамики процессов гидрогенизационной переработки угля осложняется взаимозависимостью самых разнообразных факторов, в том числе различиями составов и свойств используемого исходного сырья.

Сложность химического строения угля [3–6], многокомпонентность образующихся жидких продуктов обусловливает трудность интерпретации результатов и неопределенность расчета кинетических параметров. Число сложных реакций, происходящих в конденсированной фазе, и гетерогенных процессов таково, что описание кинетики каждой индивидуальной реакции невозможно. Поэтому при теоретическом анализе процесс гидрогенизации угля рассматривают как некоторую единую реакцию первого порядка и для ее описания используют некоторые усредненные кинетические уравнения зависимости скорости образования жидких и газообразных продуктов от температуры [7].

В работе исследована кинетика гидрогенизации угля с использованием метода равновесно-кинетического анализа (РКА).

Равновесно-кинетический анализ химических процессов является независимым аналогом известных равновесно-кинетических отображений химических систем и дополняет общий вероятностно-детерминированный подход к их рассмотрению. Можно конструировать модели РКА для самых различных процессов и представлять их в дифференциальной и интегральной формах. РКА может быть источником получения комплексной кинетико-термодинамической информации, а также единой программой обработки результатов эксперимента. Кроме того, равновесно-кинетический анализ позволяет количественно оценивать качество того или иного эксперимента.

Анализ литературных данных показывает, что сведения о кинетике гидрогенизации угля в основном представлены в среде водорода и катализаторов на основе молибдена и кобальта. Однако наши экспериментальные данные [8] показывают, что гидрирование происходит по механизму опосредованного катализа, т.е. не молекулярным водородом, а путем переноса водорода от молекул промежуточных углеводородных продуктов к ОМУ, а катализатор в основном восстанавливает утраченные Н-донорные свойства пастообразователя.

Поэтому в общей реакции процесса водород как отдельный компонент не учитывается, а схема записывается в виде

$$\text{Уголь} + \text{ПО} \leftrightarrow \text{ЖП}$$

или

$$Q_{(К)} + R_{(Р)} \leftrightarrow N_{(р)}.$$

Предположим, что фиксируемая скорость процесса лимитируется химической (кинетической) стадией и влияние обратной реакции по условиям эксперимента не исключается. Тогда суммарная скорость как разность скоростей прямой и обратной реакции при постоянной температуре, согласно закону действующих масс, будет равна

$$\frac{\partial C_N}{\partial t} = F\left\{k_1[R] - k_2[N]\right\} = Fk_2\left\{\frac{k_1}{k_2}[R] - [N]\right\}, \quad (1)$$

где F – площадь поверхности реагирования; k_1 и k_2 – константы скоростей прямой и обратной реакций; $[R]$ и $[N]$ – концентрации растворителя (пастообразователя) и продукта реакции; $\frac{\partial C_N}{\partial t}$ – суммарная скорость процесса.

Если обозначить начальную концентрацию R как C_0, а текущую концентрацию N – как C_N, то

$$[R] = C_0 - C_N,$$

а $C_N = C_0 - C_R$, где C_R – текущая концентрация ПО. Выражение концентрационной константы равновесия реакции с учетом принятых обозначений можно записать как

$$K_Р = \frac{N^*}{R^*} = \frac{C_N^*}{C_0 - C_N^*}, \quad (2)$$

где звездочка относится к величинам равновесных концентраций.

При составлении феноменологической модели указанного процесса следует указать, что конденсированная фаза Q обладает однородными свойствами по всем направлениям, а фронт реакции равномерно перемещается в глубь каждой частицы по нормали к ее поверхности. Тогда для сфе-

рической частицы радиусом r_0 поверхность реагирования будет уменьшаться в соответствии с возрастанием концентрации продукта реакции в растворе.

Общие научные концепции равновесно-кинетического анализа, основанные на разумном сочетании детерминированного с вероятностным подходом, позволяют решить задачу определения равновесной концентрации на основе рядового массива экспериментальных данных вероятностным методом с любой заданной степенью точности. Это достигается подбором такой величины C_N^*, которая соответствует максимуму коэффициента корреляции прямой с результатами эксперимента. То есть полученные расчетные данные сравниваются с экспериментальными по величине коэффициента корреляции.

После определения коэффициента корреляции и его значимости расчеты повторяются при новом, более высоком значении равновесной концентрации и т.д. вплоть до начала уменьшения коэффициента корреляции. Найденная величина C_N^* используется для дальнейших расчетов. После этого находятся k_2, $K_\text{Р}$, а k_1 вычисляют по формуле

$$K_\text{Р} = \frac{k_1}{k_2}. \qquad (3)$$

При использовании метода РКА были определены следующие кинетические и термодинамические параметры гидрогенизации угля Мамытского месторождения (табл. 1):

– Равновесная степень реагирования при различных температурах.

– Скорости прямой и обратной реакций.

– Константа равновесия каталитической гидрогенизации угля.

– Энергия активации прямой и обратной реакций.

– Свободная энергия Гиббса реакции.

– Тепловой эффект и энтропия процесса гидрогенизации Мамытского угля.

Таблица 1

Кинетические и термодинамические параметры процесса гидрогенизации угля Мамытского месторождения

Характеристики	Значения характеристик при различных температурах			
	653 К	673 К	693 К	713 К
C_N^*, %	27,8	37,3	44,1	46,8
k_1, мин$^{-1}$	$9{,}8\cdot10^{-3}$	$1{,}07\cdot10^{-2}$	$1{,}30\cdot10^{-2}$	$1{,}38\cdot10^{-2}$
k_2, мин$^{-1}$	$7{,}8\cdot10^{-3}$	$3{,}6\cdot10^{-3}$	$1{,}7\cdot10^{-3}$	$1{,}08\cdot10^{-3}$
$K_\text{р}$	1,26	2,94	7,54	12,74
E_{a_1}, кДж/моль	42–55			
E_{a_2}, кДж/моль	(–100)–(–119)			
ΔG, кДж/моль	–1,255	–6,036	–11,644	–15,090
ΔH, кДж/моль	–152,9			
ΔS, Дж/мольК	194–230			

Как видно из табл. 1, скорость прямой реакции с увеличением температуры растет, тогда как скорость обратной реакции с повышением температуры уменьшается.

Известно, что при низких температурах процесс деструктивной гидрогенизации лимитируется диффузией угольного вещества через границу раздела фаз. Сокольским Д.В. с сотрудниками было доказано, что процессы присоединения водорода в определенных условиях могут протекать в кинетической области. Экспериментально подобраны условия, при которых процесс протекает в кинетической области. Все кинетические измерения проводились при скорости перемешивания ≈ 420–430 кач./мин.

Таким образом, методом равновесно-кинетического анализа можно получить более подробную кинетико-термодинамическую информацию по сравнению с известными методами.

Основным недостатком равновесно-кинетического анализа является условная схема реакции. Конечно, в процессе каталитической гидрогенизации образуется несколько сотен индивидуальных соединений. Как уже говорилось выше, в этом и заключается сложность расчетов. Для полноты кинетической информации нами на основании исследований группового состава жидких продуктов (табл. 2) предложена следующая схема маршрута ожижения угля:

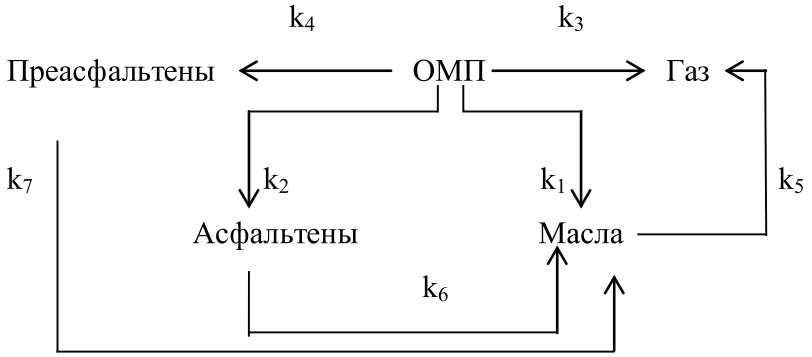


Таблица 2

Групповой состав продуктов, полученных при гидрогенизации угля Мамытского месторождения

T, К	*t*, мин	ОМП, %	Продукты, %			
			Асфальтены	Преасфальтены	Газ	Масло + вода
653	5	60,8	0,94	1,02	3,92	33,32
	10	58,6	0,99	1,08	4,35	34,98
	15	55,0	1,08	1,22	5,35	37,35
	30	50,6	1,23	1,43	6,18	40,56
	45	49,2	1,47	1,57	6,86	40,90
	60	48,8	1,39	1,46	7,15	41,20
	90	48,0	1,25	1,35	8,04	41,36
673	5	52,9	1,41	1,55	6,50	37,64
	10	46,6	1,71	1,87	8,06	41,76
	15	35,7	2,18	2,38	9,64	50,10
	30	31,8	2,45	2,66	11,05	52,04
	45	27,9	2,74	3,03	11,82	54,51
	60	27,0	2,64	2,95	12,07	55,34
	90	24,3	2,48	2,76	14,30	56,16
693	5	47,7	1,94	2,25	7,53	40,58
	10	36,6	2,68	3,25	9,87	47,90
	15	30,1	3,15	4,40	11,74	50,61
	30	23,5	3,83	5,66	13,46	53,55
	45	13,7	4,49	6,90	16,05	58,86
	60	13,4	4,47	6,86	16,51	58,76
	90	12,3	4,29	5,97	19,45	57,99
713	5	33,8	2,71	3,38	10,66	49,45
	10	25,9	3,85	5,11	13,56	51,58
	15	18,6	4,80	6,92	16,44	53,24
	30	13,5	5,54	8,39	19,46	53,11
	45	8,3	6,51	12,10	22,19	50,90
	60	7,0	6,45	12,04	25,33	49,18
	90	6,5	5,89	11,72	28,20	47,69

Из прямолинейной зависимости в координатах lg C – t можно сделать вывод, что реакция гидрогенизации описывается уравнением первого порядка. Тогда, согласно предложенной схеме, процесс можно описать следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial C_1}{\partial t} = -\left(k_1 + k_2 + k_3 + k_4\right) C_1; \\ \dfrac{\partial C_2}{\partial t} = k_2 C_1 - k_6 C_2; \\ \dfrac{\partial C_3}{\partial t} = k_4 C_4 - k_5 C_3; \\ \dfrac{\partial C_4}{\partial t} = k_3 C_1 + k_7 C_5; \\ \dfrac{\partial C_5}{\partial t} = k_1 C_1 + k_6 C_2 + k_5 C_5 - k_7 C_5, \end{cases} \quad (4)$$

где C_1 – концентрация ОМП; C_2 – концентрация асфальтенов в жидком продукте; C_3 – концентрация преасфальтенов в жидком продукте, C_4 – концентрация газообразных продуктов; C_5 – концентрация масел в жидком продукте; k_1 – константа скорости реакции превращения ОМП в масла; k_2 – константа скорости реакции превращения ОМП в асфальтены; k_3 – константа скорости реакции превращения ОМП в газообразные продукты; k_4 – константа скорости реакции превращения ОМП в преасфальтены; k_5 – константа скорости реакции превращения масел в газообразные продукты; k_6 – константа скорости реакции превращения асфальтенов в масла; k_7 – константа скорости реакции превращения преасфальтенов в масла.

Используя программу «Поиск», по уравнениям на ЭВМ были рассчитаны все константы скорости по данной схеме. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Разработанная программа для расчетов констант скоростей позволяет рассчитывать кинетические зависимости при заданных начальных условиях и проводить автоматизированный подбор методом градиента оптимальных значений констант скоростей k_1–k_7. Оптимизация констант скоростей осуществлялась из условия минимума квадратов отклонений между экспериментальными и расчетными значениями массовых долей продуктов гидрогенизации угля.

Из анализа результатов констант скоростей, представленных в табл. 3, можно сделать вывод о том, что взаимосвязь констант скоростей и выхода продуктов гидрогенизации угля неоднозначна. Так, выход масел в основном обусловлен величиной константы скорости k_1, а также k_6 и k_5, причем вероятность последних с увеличением температуры резко уменьшается. Из табл. 3 видно, что реакция крекинга жидкого продукта до газообразных резко увеличивается при температуре 713 К. Величины констант первых четырех стадий схемы с увеличением температуры повышаются. Самой быстрой стадией является стадия получения целевого продукта (k_1). Суммарная константа процесса гидрогенизации угля k_Σ увеличивается с повышением температуры.

Таблица 3

Кинетика процесса гидрогенизации Мамытского угля

Константа скорости, мин$^{-1}$	Стадия процесса	Температура гидрогенизации, К			
		653	673	693	713
k_1	ОМП → масла	1,556	2,501	3,049	4,600
k_2	ОМП → асфальтены	0,0691	0,1620	0,2370	0,4150
k_3	ОМП → газ	0,229	0,531	0,766	1,354
k_4	ОМП → преасфальтены	0,0779	0,1770	0,2910	0,5860
k_5	масла → газ	$0{,}339\cdot10^{-4}$	$0{,}507\cdot10^{-4}$	$0{,}504\cdot10^{-4}$	0,107
k_6	асфальтены → масла	1,3870	1,2350	0,4200	0,0012
k_7	преасфальтены → масла	1,424	1,231	$0{,}635\cdot10^{-3}$	$0{,}721\cdot10^{-3}$
k_Σ		1,932	3,371	4,343	6,955
F		2,55	1,88	1,63	1,39

F – критерий минимизации:

$$F = \sum_{j=1}^{N}\sum_{i=1}^{N}\left[\frac{V_{\text{эксп}} - V_{\text{расч}}}{V_{\text{эксп}}}\right]^2, \quad (5)$$

где N – число замеров в опытах; $V_{\text{эксп}}$, $V_{\text{расч}}$ – экспериментальные и расчетные значения содержания компонентов в гидрогенизате.

Таким образом, полученная нами кинетико-термодинамическая картина процесса

гидрогенизации угля Мамытского месторождения позволяет не только приблизиться к знанию механизма процесса, но и дает возможность регулировать скорость и селективность процесса.

Выводы

Определенные в работе кинетические и термодинамические параметры гидрогенизации угля Мамытского месторождения (равновесная степень реагирования при различных температурах, скорости прямой и обратной реакций, константа равновесия каталитической гидрогенизации угля, свободная энергия Гиббса реакции, тепловой эффект и энтропия) использованы в технологических расчетах на углехимическом комплексе.

На основании группового состава полученных жидких продуктов предложена схема маршрута реакций процесса гидрогенизации угля Мамытского месторождения. Установлено, что самой быстрой стадией является стадия получения целевого продукта (масла).

Список литературы

1. Каирбеков Ж.К., Байкенов М.И., Якупова Э.Н., Каирбеков А.Ж., Ахметтаев К.Д., Абылайхан А. Кинетика процесса гидрогенизации угля // «Поиск». – Алматы, 2001. – № 1. – С. 17–21.

2. Каирбеков Ж.К., Емельянова В.С., Жубанов К.А., Мылтыкбаева Ж.К., Байжомартов Б.Б. Теория и практика переработки угля. – Алматы: Изд-во Білім, 2013. – С. 496

3. Гюльмалиев А.М., Головин Г.С., Гладун Т.Г. Теоретические основы химии угля – М.: МГГУ, 2003. – С. 556.

4. Рябикин Ю.А., Каирбеков Ж.К., Зашквара О.В., Ешова Ж.Т. Парамагнитные свойства бурого угля Кияктинского месторождения до и после его механообработки и облучения электронами // Химия твердого топлива. – 2011. – № 2. – С. 53–59.

5. Каирбеков Ж.К., Мылтыкбаева Ж.К., Каирбеков А.Ж., Шакиева Т.В. Новые катализаторы облагораживания «синтетической нефти» и ее дистиллятов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11 (часть 1). – С. 140–142.

6. Каирбеков Ж.К., Емельянова В.С., Мылтыкбаева Ж.К., Байжомартов Б.Б. Термокаталитическая переработка бурого угля и горючего сланца месторождения кендерлык // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9 (часть 4). – С. 924–926.

7. Каирбеков Ж.К., Ешова Ж.Т., Мылтыкбаева Ж.К. Исследование влияния механохимической обработки на процесс гидрогенизации угля // Прикладные и фундаментальные исследования. – 2012. – № 8. – С. 45–48.

8. Kairbekov Zh.K., Emelyanova V.S., Myltykbaeva Zh.K., Gyulmaliev A.M., Maloletnev A.S. Thermodinamic Analysis of the Gasification of Oil Shale from the Kenderlyk Deposit // ISSN0361-5219. Solid Fuel Chemistry. – 2013. – Vol. 47. – № 6. – P. 360–364.

References

1. Kairbekov Zh.K., Baykenov M.I., Yakupova E.N., Kairbekov A.Zh., Achmettaev K.D., Abylaychan A. Kinetika protsessa gidrogenizatsii uglya. Poisk, Almaty, 2001, no.1, pp. 17–21.

2. Kairbekov Zh.K., Emelyanova V.S., Zhubanov K.A., Myltykbaeva Zh.K., Baizhomartov B.B. Teoriya i praktika pererabotki uglya [The theory and practice of processing of coal]. Almaty Bilim, 2013, pp. 496.

3. Gyulmaliev A.M., Golovin G.S., Gladun T.G. Teoreticheskie osnovy khimii uglya. M.: MGGU, 2003, pp. 556.

4. Ryabikin Yu.A., Kairbekov Zh.K., Zashkvara O,V., Eshova Zh.T. Paramagnie svoystva burogo uglya Kiyaktinskogo mestorozhdeniya do i posle ego mechanoobrabotki i oblucheniya elektronami. Chimiya tverdogo topliva, 2011, no.2, pp. 53–59.

5. Kairbekov Zh.K., Myltykbaeva Zh.K., Kairbekov A.Zh., Shakieva T.V. Novye katalizatory oblagorazhivaniya sinteticheskoy nefti i ee distillyatov. Fundamentalnye issledovaniya, 2012, no. 9 (ch.1), pp. 140–142.

6. Kairbekov Zh.K., Emelyanova V.S., Myltykbaeva Zh.K., Baizhomartov B.B. Termokataliticheskaya pererabotka burogo uglya i goryuchego slantsa mestorozhdeniya kenderlyk. Fundamentalnye issledovaniya, 2012, no. 9 (ch.4), pp. 924–926.

7. Kairbekov Zh.K., Eshova Zh.T., Myltykbaeva Zh.K. Issledovanie vliyaniya mechanochimicheskoi obrabotki na protses gidrogenizatsii uglya. Prikladnye i Fundamentalnye issledovaniya, 2012, no. 8, pp. 45–48.

8. Kairbekov Zh.K., Emelyanova V.S., Myltykbaeva Zh.K., Gyulmaliev A.M., Maloletnev A.S. Thermodinamic Analysis of the Gasification of Oil Shale from the Kenderlyk Deposit // ISSN0361-5219. Solid Fuel Chemistry, 2013, Vol. 47, no. 6, pp. 360–364.

Рецензенты:

Акбаева Д.Н., д.х.н., доцент, профессор кафедры физической химии, катализа и нефтехимии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби Министерства образования и науки РК, г. Алматы;

Абилдин Т.С., д.х.н., профессор кафедры физической химии, катализа и нефтехимии, Казахский национальный университет имени аль-Фараби Министерства образования и науки РК, г. Алматы.

Работа поступила в редакцию 14.07.2014.

УДК 581.5 : 582.4

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАСТЕНИЯМИ И ЛИШАЙНИКАМИ В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАННОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Анищенко Л.Н., Шапурко В.Н., Сафранкова Е.А.

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени акад. И.Г. Петровского», Брянск, e-mail: eco_egf@mail.ru

Работа по анализу аккумулятивной способности растений и лишайников по отношению к тяжелым металлам в условиях урбоэкосистем выполнялась в рамках международной программы использования растительных биоиндикаторов для диагностики состояния сред обитания. На основе результатов анализа 311 образцов фитомассы, а также коры деревьев, почвы рассчитывались коэффициенты накопления (Кн), позволяющие выделить виды-накопители (индикаторы, чувствительные). Среди зеленых мхов индикаторы (Кн > 2) по отношению к стронцию все эпигейные виды *Bryum argenteum*, *Dicranum scoparium*, *Abietinella abietina*, к цинку – *Bryum argenteum,* марганцу – *Amblystegium serpens, Bryum argenteum, Abietinella abietina,* железу – *Orthotrichum obtusifolium* и *Abietinella abietina*. Чувствительный вид (биоиндикатор) с наибольшими Кн – *Chelidonium majus* – по отношению к свинцу, цинку и меди, *Tanacetum vulgare* – по отношению к цинку, *Plantago major* – по отношению к свинцу. Лихеноиндикаторы (Кн > 2) по отношению к стронцию – *Parmeliopsis ambigua, Parmelia sulcata,* к свинцу – *Parmelia sulcata,* меди – *Hypogymnia physodes, Parmelia sulcata*, железу и марганцу – все виды лихенобиоты. Установлены признаки для ведения аналитико-химических исследований биоиндикаторов – зеленых мхов: сочетание в паре элементов «цинк – медь». Подтверждено использование сочетанной концентрации «железо – марганец» в биомассе фоновых эпифитных видов как диагностических для атмосферного загрязнения.

Ключевые слова: тяжелые металлы, коэффициент накопления, растения, лишайники, Брянская область

THE PECULIARITIES OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS BY PLANTS AND LICHENS IN THE CONDITIONS OF COMBINED ANTHROPOGENIC LOAD

Anischenko L.N., Shapurko V.N., Safrankova E.A.

Bryansk State Academician I.G. Petrovsky University, Bryansk, e-mail: eco_egf@mail.ru

Work on the analysis of accumulative capacity of plants and lichens in relation to heavy metals in conditions of urban ecosystems was carried out in the framework of the international program for the use of plant bioindicators to diagnose the condition of habitats. Based on the results of the analysis 311 samples of phytomass and bark of trees, the soil was calculated coefficients of accumulation (Kn) that allows you to select the types of drives (indicators that are sensitive). Among the green mosses indicators (Kn > 2) in relation to the strontium all epiphanie types *Bryum argenteum*, *Dicranum scoparium*, *Abietinella abietina*, zinc – *Bryum argenteum*, manganese – *Amblystegium serpens, Bryum argenteum, Abietinella abietina*, iron – *Orthotrichum obtusifolium* and *Abietinella abietina*. Sensitive species (bioindicator) with the largest Kn – *Chelidonium majus* – in relation to that of lead, zinc and copper, *Tanacetum vulgare* – in relation to zinc, *Plantago major* – vis the lead. Lichenoindication (Kn > 2) in relation to the strontium – *Parmeliopsis ambigua,* also *Parmelia sulcata*, lead – *Parmelia sulcata* copper – *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, iron and manganese – all species of lichen biota. Installed signs for conducting analytical-chemical studies of bio-indicators – green moss: a combination of a couple of items «zinc-copper». Confirmed using the combined concentration of «iron-manganese» in biomass background epiphytic species as a diagnostic for atmospheric pollution.

Keywords: heavy metals, the accumulation rate, plants, lichens, Bryansk region

Аккумуляционные свойства фитомассы видов в урбоэкосистемах по отношению к элементам группы тяжелых металлов (ТМ) – перспективное направление прикладных экологических изысканий, позволяющее установить индивидуальную поглотительную способность растений, лишайников [1, 4, 5]. В рамках Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния реализуется международная система мониторинга ТМ как трансграничных загрязнителей сред обитания, осуществляемой на 65 станциях [13]. Оценка степени загрязнения сред ТМ эффективно проводится и согласно международной совместной программе по воздействию загрязнения воздуха на естественную растительность и сельскохозяйственные культуры – ICP-Vegetation, в том числе и с использованием различных субстратных групп лишайников, мохообразных, сосудистых растений [15]. Представленные результаты исследования накопительной способности растений и лишайников по отношению к ТМ позволят в дальнейшем во временном разрезе оценить уровень загрязнения трансграничными поллютантами, а в настоящее время выявить чувствительные (индикаторные) виды.

Цель работы – выявить накопительные возможности растений и лишайников по отношению к элементам группы тяжелых

металлов на основе коэффициентов накопления в условиях урбоэкосистем южного Нечерноземья России.

Материалы и методы исследований

Полевые исследования проводились на территории крупных городов Брянска и Орла, в условиях промышленного, транспортного и рекреационного воздействия на биосистемы. Для анализа собирались фоновые виды эпифитных и эпигейных мхов и лишайников, лекарственных растений в рудеральных и селитебных местообитаниях, кора деревьев-форофитов, почва корневой сферы и субстрата для мхов. При отборе проб придерживались рекомендаций Руководства ЕМЕП [9], анализируя содержание ТМ в биомассе фоновых (наиболее распространенных) эпифитных лишайников: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav., *Parmeliopsis ambigua (*Wulf.) Nyl., *Xanthoria parietina* (L.) Belt., *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Melanohalea olivacea* (L.) O. Blanco et al., *Parmelia sulcata Taylor;* зеленых мхов: *Amblystegium serpens* (Hedw.) G. Roth B.S.G., *Orthotrichum speciosum* Nees. in Sturm., *Orthotrichum obtusifolium* Brid., *Pylaisia polyantha* (Hedw.) B.S.G. (эпифитные виды), *Bryum argenteum* Hedw., *Dicranum scoparium* Hedw., *Abietinella abietina* (Hedw.) M. Fleisch. (эпигейные виды); лекарственных сосудистых растений: *Achillea millefolium* L., *Artemisia absinthium* L., *Urtica dioica* L., *Cichorium intybus* L., *Plantago major* L., *Tanacetum vulgare* L., *Tussilago farfara* L., *Chelidonium majus* L., *Rumex confertus* Willd. (многолетние), *Matricaria recutita* L. (однолетний). Все эпифитные виды лишайников и мхов отбирались на *Tilia cordata* Mill. с субнейтральной корой.

Образцы почв (коры и субстратов) отбирались в момент сбора растительного материала в соответствии с методическими документами [2, 3] с глубины 2–20 см от поверхности. Отбор почвы производился с пробных площадок в 1 м^2 методом конверта, затем готовилась смешанная проба, число точечных проб соответствовало ГОСТ 17.4.3.01-83 [2]. Воздушно-сухие пробы хранили в стеклянной таре.

Собранные образцы подвергались общепринятой камеральной обработке для пробоподготовки к работе на спектрометре «Спектроскан-Макс» фирмы Spectron [7]. Подготовку проб к анализу валового содержания ТМ осуществляли в соответствии с ОСТ 10259–2000, высушивание проб до сухого состояния проводили при температуре 105°С. Проанализировано 311 образцов биомассы и столько же субстратов: коры, почвы.

Рассчитывались коэффициенты накопления (Кн) – как отношение концентрации элемента (ТМ) в биомассе растений (лишайников) к концентрации его в почве (в коре форофита) [6]. Видовые названия растений указаны по С.К. Черепанову (1995), мхов – по *M.S. Ignatov et all*. (2006), лишайников – по Списку лихенофлоры России [10, 11, 14].

Результаты исследований и их обсуждение

Данные о коэффициентах накопления (Кн) эпифитных лишайников представлены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты накопления ТМ фитомассой лекарственных растений в условиях урбоэкосистем

Элемент	Пробы и коэффициенты накопления*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sr	1,01	1,04	1,84	1,36	1,84	0,77	1,89	1,09	1,08	1,04
Pb	1,04	1,22	0,64	0,79	2,11	1,59	1,18	2,79	1,68	1,98
As	1,34	1,39	1,41	1,22	1,81	1,62	1,25	1,03	1,19	1,46
Zn	1,73	1,92	0,77	1,75	1,89	2,24	1,82	2,77	1,55	1,43
Cu	1,54	1,28	1,98	1,65	1,75	1,99	2,04	2,53	1,22	1,40
Ni	0,33	1,44	0,87	0,68	0,45	0,94	1,02	1,05	0,85	0,57
Co	0	0	1,22	1,41	0	0	0	0	0	0
Fe	0,94	0,63	0,87	0,53	0,58	1,02	1,01	1,69	0,69	0,99
Mn	0,87	1,02	0,94	0,65	0,84	0,68	0,72	0,56	0,47	1,37
Cr	0,48	0,67	0,75	0,57	0,29	0,48	0,55	1,01	0,57	1,03
V	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. *Коэффициенты накопления для сосудистых растений (лекарственные виды): 1. *Achillea millefolium*. 2. *Artemisia absinthium*. 3. *Urtica dioica*. 4. *Cichorium intybus*. 5. *Plantago major*. 6. *Tanacetum vulgare*. 7. *Tussilago farfara*. 8. *Chelidonium majus*. 9. *Rumex confertus*. 10. *Matricaria recutita.*

Экологические ряды максимального накопления ТМ (по Кн) для сосудистых растений представлены: *Urtica dioica*: Cu > Sr > As > Co; *Chelidonium majus:* Pb > Zn > Cu > Fe; *Tussilago farfara*: Cu > Sr > Zn > As > Pb; *Tanacetum vulgare*: Zn > Cu > As > Pb; *Plantago major*: Pb > Zn > Sr > As > Cu; *Artemisia absinthium*: Zn > As > Cu > Pb; *Matricaria recutita*: Pb > As > Zn > Cu > Mn; *Achillea millefolium*: Zn > Cu > As; *Cichorium intybus*: Zn > Cu > Co > Sr > As; *Rumex confertus*: Pb > Zn > Cu > As.

Максимальные значения коэффициентов накопления ТМ у лекарственных растений

в урбэкосистемах выше, чем рассчитанные для адвентивных растений синантропных сообществ и луговых растений [1, 4, 8]. Практически не аккумулируются исследованными видами растений хром, марганец, никель, не накапливаются – ванадий и титан, что совпадает с имеющимися данными [3, 6, 7, 8]. Чувствительный вид (биоиндикатор) с наибольшими Кн – *Chelidonium majus* – по отношению к свинцу, цинку и меди, *Tanacetum vulgare* – по отношению к цинку, *Plantago major* – по отношению к свинцу. Кн характеризует сходное накопление ТМ многолетними и однолетними (*Matricaria recutita*) видами лекарственных растений. Что касается рекомендаций по сбору лекарственных видов растений, то ввиду их хорошей аккумулирующей способности ТМ, необходимо воздержаться от заготовки растительной фитомассы в неблагоприятных для произрастания местообитаниях.

Накопительные возможности эпифитных лишайников по Кн описаны в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты накопления ТМ эпифитными лишайниками

ТМ	Пробы и коэффициенты накопления*						
	1	2	3	4	5	6	7
Sr	1,99	1,64	3,44	1,36	1,22	1,76	2,74
Pb	1,20	1,86	0,81	0,82	0,91	0,83	1,98
As	0,42	0,41	0,35	0,37	0,42	0,31	0,22
Zn	0,89	0,88	1,12	0,92	0,99	1,22	1,24
Cu	2,14	1,48	2,33	1,19	1,85	1,12	2,41
Ni	0,55	0,72	0,68	0,55	0,63	0,71	0,82
Co	0	0	0	0	0	0	0
Fe	3,43	2,71	2,31	2,14	2,47	2,15	2,31
Mn	2,66	2,43	2,13	2,25	2,48	2,18	2,36
Cr	0,88	0,55	0,76	0,78	0,71	0,42	0,26

Примечание. *Коэффициенты накопления для лишайников: 1 – *Hypogymnia physodes*. 2 – *Hypogymnia tubulosa*. 3 – *Parmeliopsis ambigua*. 4 – *Xanthoria parietina*. 5 – *Phaeophyscia orbicularis*. 6 – *Melanohalea olivacea*. 7 – *Parmelia sulcata*.

Виды лихенобиоты интенсивно накапливают стронций (Кн от 1,22 до 3,44), железо (Кн от 2,15 до 3,43), марганец (Кн от 2,13 до 2,66), медь (Кн от 1,19 до 2,41). Значения коэффициентов накопления для этих ТМ у эпифитной лихенофлоры выше зарегистрированной для сосудистых растений. Лишайники практически не аккумулируют никель, хром, мышьяк, не накапливают кобальт. В отличие от сосудистых растений ни один из видов лишайников не накапливает мышьяк. Для всех исследованных проб рассчитаны высокие коэффициенты накопления (Кн > 2) для железа и марганца, что подтверждает предположение о диагностическом значении антропогенного загрязнения концентрации двух элементов [12].

Таблица 3

Коэффициенты накопления ТМ листостебельными мхами

ТМ	Пробы и коэффициенты накопления *						
	1	2	3	4	5	6	7
Sr	1,03	1,31	1,55	1,29	2,55	2,43	2,75
Pb	0,54	0,98	0,57	0,72	0,62	0,25	0,74
As	0,87	0,72	0,65	0,58	0,64	0,75	0,48
Zn	1,93	1,78	1,82	1,94	2,36	1,76	1,59
Cu	1,66	1,74	1,78	1,72	1,35	1,82	1,81
Ni	0,83	0,75	1,02	1,0	0,80	0,54	0,67
Co	0	0	0	0	0,09	0,04	0,10
Fe	1,18	1,22	2,22	1,75	1,33	1,87	2,70
Mn	2,17	1,66	1,74	1,47	2,31	1,84	2,41
Cr	0,61	0,98	0,32	0,47	0,90	0,74	0,63

Примечание. *Коэффициенты накопления для мхов: 1 – *Amblystegium serpens*. 2 – *Orthotrichum speciosum*. 3 – *Orthotrichum obtusifolium*. 4 – *Pylaisia polyantha*. 5 – *Bryum argenteum*. 6 – *Dicranum scoparium*. 7 – *Abietinella abietina*.

Экологические ряды по аккумуляции ТМ для эпифитной лихенобиоты следующие. Для *Hypogymnia physodes* Fe > Mn > Sr, *Hypogymnia tubulosa* Fe > Mn > Pb, *Parmeliopsis ambigua* Sr > Fe > Mn, *Xanthoria parietina* Mn > Fe, *Phaeophyscia orbicularis* Fe > Mn > Cu, *Melanohalea olivacea* Mn > Fe, *Parmelia sulcata* Sr > Cu > Mn > Fe. Индикаторные (чувствительные) виды (Кн > 2) по отношению к стронцию – *Parmeliopsis ambigua, Parmelia sulcata,* к свинцу – *Parmelia sulcata,* меди – *Hypogymnia physodes, Parmelia sulcata*, железу и марганцу – все виды лихенобиоты. Для листостебельных эпифитных мхов при вычислении Кн учитывалось поступление ТМ только через субстрат – кору форофита (аналогично эпифитным лишайникам), у эпигейных видов – через почву (табл. 3).

Экологические ряды по аккумулирующей способности зеленых мхов (на основе Кн) к ТМ следующие: *Amblystegium serpens* Mn > Zn > Cu, *Orthotrichum speciosum* Zn > Cu > Mn, *Orthotrichum obtusifolium* Fe > Zn > Cu > Mn, *Pylaisia polyantha* Fe > Zn > Cu > Mn, *Bryum argenteum* Sr > Zn > Mn, *Dicranum scoparium* Sr > Fe > Mn > Cu, *Abietinella abietina* Sr > Fe > Mn > Cu. Зеленые мхи, в отличие от сосудистых растений, не накапливают свинец, мышьяк, так же, как и сосудистые растения не аккумулируют никель, титан, ванадий, хром. Отмечена сопряженная аккумуляция всеми исследованными видами ТМ в парах: железо – марганец, цинк – медь. Индикаторные (чувствительные) виды (Кн > 2) по отношению к стронцию все эпигейные виды *Bryum argenteum*, *Dicranum scoparium*, *Abietinella abietina*, к цинку – *Bryum argenteum,* марганцу – *Amblystegium serpens, Bryum argenteum, Abietinella abietina,* железу – *Orthotrichum obtusifolium* и *Abietinella abietina*.

Выводы

Таким образом, в условиях крупных урбоэкосистем южного Нечерноземья России, аккумуляция растениями и лишайниками ТМ видоспецифична. Рассчитанные коэффициенты накопления подтвердили эффективную аккумуляцию легкоподвижных ТМ стронция (эпигейные зеленые мхи), меди, марганца (эпифитные лишайники), мышьяка (сосудистые растения), а также малоподвижного цинка (в основном эпифитные лишайники, сосудистые растения). Ряд видов накапливает малоподвижный свинец (в основном сосудистые растения), железо (все виды эпифитных лишайников, зеленых мхов), все исследованные виды исключают, не накапливая, легкоподвижный хром. По отношению к эссенциальным элементам – железу, марганцу, меди, цинку – их накопление фитомассой объясняется значительной ролью этих ТМ в биохимических процессах клетки. Валовое содержание железа тесно связано с концентрацией марганца (в образцах эпифитных лишайников, зеленых мхов), что подтвердило выбор в качестве индикаторного признака в химико-аналитических исследованиях сочетания этих элементов. Рекомендуем использовать признак сочетания в паре ТМ «цинк – медь» в фитомассе зеленых мхов для ведения мониторинга трансграничных загрязнителей.

Вероятно, многие ТМ поступают как из локальных источников загрязнения, так и в результате локального переноса. Выявлены чувствительные виды-индикаторы (лишайники, мхи, сосудистые растения) по отношению к различным ТМ, которые в дальнейшем будут использованы для экоаналитического мониторинга ТМ как трансграничных загрязнителей в Нечерноземье России.

Работа частично поддержана грантом РФФИ № 13-04-90350 РБУ_а «Состояние и оценка техногенного загрязнения естественных и сеяных лугов, их рациональное использование и охрана на приграничных территориях Брянской (Россия), Гомельской (Республика Беларусь) и Черниговской (Украина) областей в постчернобыльский период».

Список литературы

1. Булохов А.Д., Анищенко Л.Н., Панасенко Н.Н. и др. Тяжелые металлы компонентов луговых ценозов в условиях техногенной нагрузки (на примере Брянской области) // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3; URL: http://www.science-education.ru/117-13337 (дата обращения: 02.06.2014).

2. ГОСТ 28168-89. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М., 1989. – 5 с.

3. ГОСТ 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. – М., 2001. – 3 с.

4. Егорова И.Н. Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в сырьевых лекарственных растениях Кемеровской области: автореф. дис. … канд. биол. наук. – Томск, 2010. – 21 с.

5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

6. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / В.А. Ипатьев, В.Ф. Багинский, И.М. Булавик и др.; под ред. В.А. Ипатьева. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 1999. – 396 с.

7. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М 049-П/04. – СПб.: ООО НПО «Спектрон», 2004. – 20 с.

8. Поцепай Ю.Г., Анищенко Л.Н. Накопление тяжелых металлов адвентивными растениями синантропных сооб-

ществ // Проблемы экологии и агрохимии. – 2013. – № 1. – С. 35–40.

9. Руководство ЕМЕП по отбору проб и химическому анализу / пер. с англ.; под ред. А.Г. Рябошапко. Kjeller, 2001: [site of NILU]. URL: http://tarantula.nilu.no/projects/ccc/manual/index.html (дата обращения: 22.06.2013).

10. Список лихенофлоры России. – СПб, 2010. – 194 с.

11. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств – СПб., 1995. – 992 с.

12. Шарунова И.П. Межвидовая и внутривидовая изменчивость накопления тяжёлых металлов эпифитными лишайниками в градиенте токсической нагрузки: дис. ... канд. биол. наук. – Екатеринбург, 2008. – 119 с.

13. Ilyin I., Rozovskaya O., Travnikov O. Heavy metals: transboundary pollution of the environment EMEP status report 2/2008: [сайт МСЦ-Восток]. URL: http://www.msceast.org/publications.html (дата обращения: 02.06.2014).

14. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. and others. The check-list of mosses of East Europe and North Asia. Arctoa. – T. 15. – 2006. 1-130 p.

15. Harmens H., Mills G., Hayes F. et. al. Air pollution and vegetation ICP Vegetation: annual report – 2009/10. Bangor, 2010: [site ICP Vegetation]. URL: http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/annual.html (дата обращения: 11.07.2014).

References

1. Bulokhov A.D., Anishchenko L.N., Panasenko N.N. and other. Heavy metals components of meadow communities in the conditions of technogenic load (Bryansk region) // Modern problems of science and education, 2014, no. 3; URL: http://www.science-education.ru/117-13337 (date of access: 02.06.2014).

2. GOST 28168-89. The nature conservancy. The soil. General requirements for sampling. M, 1989. 5 p.

3. GOST 17.4.3.07-2001. The nature conservancy. The soil. Requirements to the properties of sediments of sewage water when used as fertilizer. M/, 2001. 3 p.

4. Egorova I. N.. The content of heavy metals and radionuclides in commodities medicinal plants in Kemerovo region: Avtoref. dis. ... cand. biol. of sciences. Tomsk, 2010. 21 p.

5. Kabata-Pendias A., Pendias X. Agricultural trace elements in soils and plants. M/: Mir, 1989. 439 p.

6. Forest. People. Chernobyl. Forest ecosystems after the Chernobyl accident: status, Outlook, the reaction of the population, road rehabilitation / Century A. the Ipatiev, V.F. Baginsky, I.M. Bulavik, A.M. Janitor, V.E. Fedorov, F.T. Goncharenko and others, Ed. by C.A. Ipatiev. Gomel: Institute of forest of national Academy of Sciences of Belarus, 1999. 396 p.

7. The method of measurement of the mass share of metals and metal oxides in the powdery soil samples by x-ray fluorescence analysis. M 049-P/04.-S-Pb.: NPO «Spectron», 2004. 20 p.

8. Potcepay Y.G., Anishchenko L. Accumulation of heavy metals adventive plants synanthropic communities // Problems of ecology and Agrochemistry, 2013, no. 1, pp. 35–40.

9. The EMEP manual for sampling and chemical analysis / Per. s angl.; Ed. by A.G. Ryaboshapko. Kjeller, 2001: [site of NILU]. URL: http://tarantula.nilu.no/projects/ccc/manual/index.html (date of access: 22.06.2013).

10. The list of lichens of Russia. SPb, 2010. 194 p.

11. Cherepanov S.K. Vascular plants of Russia and neighboring countries. SPb., 1995. 992 p.

12. Sharunova I.P. Interspecific and intraspecific variability of heavy metals accumulation of epiphytic lichens in the gradient toxic load / I.P. Sharunova: dis. ... cand. biol. of sciences. Yekaterinburg, 2008. 119 p.

13. Ilyin I., Rozovskaya O., Travnikov O. Heavy metals: transboundary pollution of the environment EMEP status report 2/2008. URL: http://www.msceast.org/publications.html (date of accessed: 02.06.2014).

14. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. and others. The check-list of mosses of East Europe and North Asia. Arctoa. T. 15. 2006. pp. 1–130.

15. Harmens H., Mills G., Hayes F. et. al. Air pollution and vegetation ICP Vegetation: annual report 2009/10. Bangor, 2010: [site ICP Vegetation]. URL: http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/annual.html (date of accessed: 11.07.2014).

Рецензенты:

Булохов А.Д., д.б.н., профессор, зав. кафедрой ботаники, ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского», г. Брянск;

Ториков В.Е., д.с.-х.н., профессор кафедры общего земледелия, технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства, ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия», с. Кокино, Брянская область, Выгоничский район.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 159.944

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ УСЛОВИЯМИ ТРУДА СПЕЦИАЛИСТОВ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ

Антипова Е.И., Шибкова Д.З.

ФГБОУ ВПО «Челябинский государственный педагогический университет», Челябинск, e-mail: antipova_evgeniy@mail.ru

Статья посвящена психофизиологическим рискам, обусловленным условиями и особенностями деятельности специалистов по социальной работе. Возрастание требований к профессионализму и влияние стресс-факторов на физическое и психическое здоровье специалистов приводят к изменению их функциональных состояний. Психофизиологические методы позволяют определить уровень работоспособности и оценить их состояние здоровья во взаимосвязи с условиями деятельности. Проведено психофизиологическое обследование функционального состояния центральной нервной системы и уровня работоспособности специалистов. На основании анализа полученных результатов установлено, что содержание их труда характеризуется высокой степенью интенсивности использования собственных ресурсов. Степень психофизиологических рисков в большей степени зависит от особенностей деятельности, нежели от занимаемых должностей внутри профессии. На уровень работоспособности специалистов влияют режим работы, содержание профессиональных функций и риски, обусловленные условиями их труда.

Ключевые слова: психофизиологический риск, специалист по социальной работе, функциональное состояние, работоспособность, простая зрительно-моторная реакция

PSYCHOPHYSIOLOGICAL RISKS CAUSED BY WORKING CONDITIONS OF SOCIAL WORK SPECIALISTS

Antipova E.I., Shibkova D.Z.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Chelyabinsk state pedagogigal university», Chelyabinsk, e-mail: antipova_evgeniy@mail.ru

The article is related to the psychophysiological risks caused by working conditions and peculiarities of working activities of social work specialists. The growth of demands to competence and the impact of stress-factors on physical and psychological condition of specialists leads to changes of their functional status. Psychophysiological methods let determine the level of working efficiency and estimate their health condition in connection with the working conditions. Psychophysiological survey of functional status of central nervous system and the level of working efficiency was conducted. Due to the results of the analysis it was stated that the content of their working activities is characterised by a high level of intensive usage of their own resources. The degree of psychophysiological risks depends mostly on the peculiarities of activity rather than on working positions. Working conditions, professional activities and their risks affect the working efficiency of the specialists.

Keywords: psychophysiological risk, social work specialist, functional status, working efficiency, simple hand-eye reaction

Значение труда в современном социуме общепризнанно. Однако наряду с его положительным эффектом, выражающимся в обеспечении благосостояния и повышении качества жизни трудящихся, профессиональная деятельность сопряжена с определенными опасностями. К таковым относятся психофизиологические риски. Они обусловлены особенностями профессиональной деятельности. Одним из видов такой деятельности является практика в области социальной сферы, в том числе социальная работа.

Основное назначение социальной работы заключается в оказании помощи людям, находящимся в трудных жизненных ситуациях. Объектом помощи являются лица, имеющие физические и психические отклонения, подвергшиеся воздействию различных стресс-факторов. Жизненные обстоятельства клиентов социальной работы характеризуются «высокой эмоциональной насыщенностью и когнитивной сложностью межличностного общения» [1, с. 42]. Систематическое соприкосновение с подобными ситуациями напрягает эмоциональную сферу личности специалиста. Его труд характеризуется значительной интеллектуальной нагрузкой, требует большого объема памяти, внимания, выносливости и физических усилий. Кроме того, форсированные преобразования в области социальной защиты также приводят к изменениям в поведении, мышлении специалистов по социальной работе.

Специфика взаимодействия с клиентами, многообразие «ситуаций социальной работы» накладывают определенный отпечаток на психофизиологическое состояние специалиста. Н.Б. Шмелевой среди качеств и свойств личности, отражающих «противопоказания» к социальной работе, определено психическое и физическое нездоровье [9, с. 42].

Повышение требований к профессиональным знаниям, навыкам специалистов и возрастающее влияние на организм человека разнообразных факторов приводят к изменениям функционального состояния, а соответственно, к снижению работоспособности. Поэтому изучение природы психофизиологических рисков и определение способов прогнозирования работоспособности с помощью психофизиологических методов приобретают особую актуальность и важное практическое значение.

Психофизиологический риск – вероятность возникновения у работника негативных психофизиологических состояний, которые появляются вследствие воздействия на него факторов профессиональной деятельности и влияют на его работоспособность и производительность труда.

Определяя группы психофизиологических рисков труда специалистов по социальной работе и влияние их на личность работников, мы придерживаемся классификации профессиональных рисков, предложенной авторским коллективом под руководством А.Я. Кибанова [4, с. 5]. Выделим три группы психофизиологических рисков:

1) риски, связанные с особенностями выполняемой работы;

2) организационные риски;

3) личностные риски.

Зачастую специалисты одновременно подвергаются всем вышеуказанным рискам.

Риски первой группы обусловлены эмоциональным окрасом деятельности, частотой межличностных контактов при общении с клиентами, их родственниками, коллегами, высокой степенью умственного напряжения, постоянным переключением с одного типа интенсивного труда на другой и в то же время монотонностью при заполнении однотипных документов клиентов.

Серьезное влияние на качество выполняемой работы оказывают организационные риски. Нередко специалисты осуществляют трудовые функции, выходящие за рамки их компетенций. Наряду с этим их рабочее напряжение возрастает из-за увеличения сверх установленной законом продолжительности рабочего времени.

Профессиональная социально-обеспечительная деятельность требует постоянного подключения резервных возможностей личности специалиста. Большинство работников отмечают психоэмоциональное напряжение. Степень его выраженности и продолжительности оценивается как длительное, практически постоянное и средней степени интенсивности [6; 8].

За последнее время появились работы, свидетельствующие о необходимости оценки здоровья специалистов по социальной работе во взаимосвязи с условиями их профессиональной деятельности [1; 2; 6] Однако систематизирующих данных по этому вопросу нет. Как правило, внимание исследователей сосредоточено на особенностях труда социальных работников и производственных факторах, влияющих на их здоровье. Исходя из этого, **цель нашей работы** – определить функциональное состояние ЦНС, уровень работоспособности специалистов по социальной работе и обосновать необходимость учета данных показателей для эффективного выполнения ими трудовых функций.

Материалы и методы исследования

В качестве базы для проведения обследования были выбраны районные управлениями социальной защиты населения г. Челябинска (всего – 7). Они являются структурными подразделения администраций районов города. В обследовании приняли участие 154 специалиста по социальной работе, из них 34 «руководителя» разного иерархического уровня (начальники управлений, заместители начальников управлений, начальники отделов управлений, заместители начальников отделов управлений) и 120 «специалистов» разных отделов управлений. Численный состав работников представлен в основном женщинами – 94 %. Средний возраст обследованных составил 38,03 ± 0,96 лет.

Оценку функционального состояния ЦНС у специалистов социальной работы проводили по методу Т.Д. Лоскутовой [3], реализованной в вариационной хронорефлексометрии в модификации М.П. Мороз – «Экспресс-диагностика работоспособности и функционального состояния человека» [5]. Методика основана на статистическом анализе латентных периодов простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР), отражающей вероятностно-статистический принцип работы мозга.

Анализировались показатели латентного периода сенсомоторной реакции (ЛП СМР, усл. ед.), функционального уровня нервной системы (ФУС, усл. ед.), устойчивости нервной реакции (УР, усл. ед.), уровня функциональных возможностей сформированной функциональной системы (УФВ, усл. ед.).

Математическая обработка результатов обследования проводилась при помощи программного обеспечения Microsoft Excel 2010 с использованием общепринятых методов вариационной статистики. Уровень достоверности различий изучаемых показателей определяли с помощью критерия Стьюдента. Результаты считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Обобщенные результаты обследования функционального состояния ЦНС специалистов по социальной работе представлены в табл. 1.

Среднестатистические характеристики показателей ПЗМР (ФУС, УР, УФВ) специалистов были сопоставимы с рекомендуемыми нормативными значениями.

Таблица 1

Статистические характеристики показателей ПЗМР специалистов по социальной работе

Выборка	*n*	Возраст	ЛП СМР, мс	ФУС, усл. ед.	УР, усл. ед.	УФВ, усл. ед.
Общая выборка	154	38,03 ± 0,96	328 ± 3,07	2,33 ± 0,02	1,21 ± 0,06	2,34 ± 0,06
«Специалисты»	120	35,68 ± 1,05	330 ± 3,59	2,32 ± 0,02	1,22 ± 0,06	2,35 ± 0,07
«Руководители»	34	46,35 ± 1,60	319 ± 5,58	2,35 ± 0,04	1,15 ± 0,12	2,28 ± 0,13

Сопоставление средних величин расчетных критериев оценки функционального состояния ЦНС с уровнями работоспособности позволило определить (табл. 1), что функциональное состояние ЦНС специалистов по социальной работе находилось на уровне «незначительно сниженной» работоспособности по показателям УР и УФВ, а по показателю ФУС – на уровне «сниженной» работоспособности.

В качестве интегрального показателя функционального состояния ЦНС, а следовательно, и уровня работоспособности, был использован критерий УР. Данный критерий отражает ранние изменения устойчивости нервных процессов и является наиболее чувствительным показателем деятельности мозга.

Обобщенные результаты распределения специалистов по социальной работе по уровню работоспособности (показатель УР) представлены в табл. 2.

Анализ результатов уровня работоспособности всей выборки специалистов показал, что «нормальный» уровень работоспособности, отражающий оптимальное функционирование структур ЦНС, выявлен у 19% обследованных. У 45,5% обследованных выявлена «незначительно сниженная» работоспособность, возникающая на начальных стадиях развития утомления и характеризующаяся ослаблением внимания, увеличением числа ошибок и времени выполнения работы. У 31% обследованных обнаружена «сниженная» работоспособность, возникающая при состоянии переутомления или на начальных стадиях заболевания, характеризующаяся преобладанием тормозных процессов в ЦНС. «Существенно сниженная» работоспособность зарегистрирована у 4,5% обследованных, которая регистрируется при повышенном возбуждении ЦНС или преобладании глубокого торможения.

Таблица 2

Распределение специалистов по социальной работе по уровню работоспособности (n)

Работоспособность	Общее количество опрошенных (*n* = 154)	«Специалисты» (*n* = 120)	«Руководители» (*n* = 34)
Нормальная	29	23*	6
Незначительно сниженная	70	55	15
Сниженная	48	37*	11
Существенно сниженная	7	5**	2

Примечания: * – достоверность различий при $p \leq 0,05$ между группами с незначительно сниженной и нормальной работоспособностью; со сниженной и существенно сниженной работоспособностью; ** – при $p \leq 0,001$ между группой с незначительно сниженной и существенно сниженной работоспособностью.

Полученные данные объясняются тем, что содержание труда специалистов по социальной работе характеризуется высокой степенью интенсивности использования собственных ресурсов. Затраты индивидуальных резервов охватывают большую часть рабочего дня. Напряженный график труда, скрытое рабочее время и другие особенности деятельности влияют на уровень работоспособности специалистов. Они осуществляют профессиональную деятельность, декомпенсируя свои трудовые затраты. Данные условия труда могут выступать факторами возникновения психофизиологических рисков.

Далее нами был проведен анализ данных уровня работоспособности «руководителей» и «специалистов».

Анализ данных уровня работоспособности «руководителей» (рис. 1) и «специалистов» (рис. 2) свидетельствует, что показатели, отражающие функциональные возможности ЦНС и уровень работоспособности специалистов по социальной работе вне зависимости от занимаемых ими должностей, не выявили значимых различий.

Степень профессионального риска зависит не только от вида профессиональной деятельности, но и от должности внутри

профессии. [7, с. 76] Результаты нашего обследования свидетельствуют о том, что степень психофизиологических рисков в большей степени зависит от особенностей деятельности, нежели от занимаемых должностей внутри профессии.

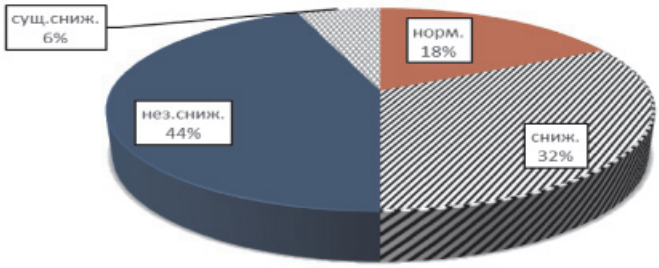


Рис. 1. Процентное распределение «руководителей» по уровню работоспособности (n = 34)

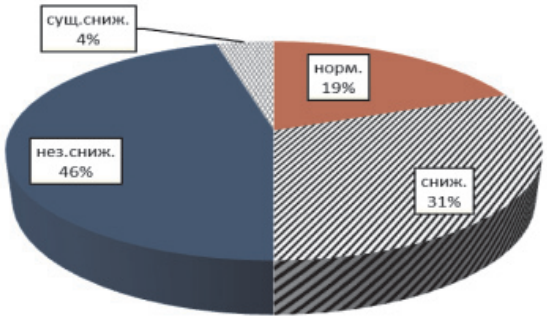


Рис. 2. Процентное распределение «специалистов» по уровню работоспособности (n = 120)

Этот вывод подтверждается и проведенным анализом данных уровня работоспособности внутри группы «специалистов» по признаку осуществления ими деятельности в различных отделах управлений социальной защиты населения.

Анализ полученных данных показал, что наибольшее число обследованных составили «специалисты» отделов опеки, попечительства и правового обеспечения – 36 человек (23 %), семьи и назначения детских пособий – 23 человека (15 %), льгот и социальных гарантий – 21 человек (14 %), выплат, учета и контроля за предоставлением льгот – 16 человек (10 %).

Для представления обобщенных результатов процентного распределения специалистов по социальной работе по уровню работоспособности внутри группы «специалистов» (табл. 3) отделы управлений, за которыми функционально закреплены работники, были условно поделены на пять групп.

Таблица 3

Процентное распределение специалистов разных отделов управлений социальной защиты населения по уровню работоспособности (n = 120)

Работоспособность	Выборка (в %)				
	1 группа отделов[1] (n = 16)	2 группа отделов[2] (n = 31)	3 группа отделов[3] (n = 20)	4 группа отделов[4] (n = 21)	5 группа отделов[5] (n = 32)
Нормальная	12	22	30	19	12,5
Незначительно сниженная	50	39	60	52	37,5
Сниженная	32	29	5	29	50
Существенно сниженная	6	10	5	–	–

Примечания: [1] – административный отдел, общий отдел, отдел бухгалтерского учета и отчетности, отдел автоматизации и создания баз данных; [2] – отдел опеки, попечительства и правового обеспечения; [3] – отдел семьи и назначения детских пособий; [4] – отделы субсидий, отдел реализации муниципальных программ, отдел программно-технического обеспечения мер социальной поддержки; [5] – отдел льгот и социальных гарантий, отдел выплат, учета и контроля за предоставлением льгот.

Первая группа – это структурные подразделения, задачей которых является координация деятельности управления. Вторая и третья группы представлены каждая одним отделом, отнесенным к ведущим в структуре управлений, специалисты которых приняли большее участие в обследовании. Четвертая группа объединяет те отделы, которые занимаются вопросами планирования и организационно-экономического, технического обеспечения мероприятий по предоставлению помощи различным категориям населения. Пятая группа объединяет те отделы, которые занимаются вопросами организации и предоставления натуральной, материальной помощи различным категориям населения.

Целью деятельности специалистов второй, третьей и пятой групп является обеспечение благополучия различных категорий населения через оказание помощи, содействие личностному развитию клиентов. В своей работе специалисты придерживаются терапевтического подхода, ежедневно устанавливают взаимодействие с клиентами, осуществляют благоприятное воздействие, оказывают помощь им и их семье. В таких условиях труда у специалистов возникают состояния утомления, напряжения. Так, у 60 % специалистов третьей группы обнаружена «незначительно сниженная» работоспособность.

Работники четвертой группы в своей деятельности придерживаются технологического подхода, при котором взаимодействие с клиентом носит иерархический характер, специалисты дают компетентное заключение по проблемному вопросу. «Незначительно сниженная» работоспособность зарегистрирована у 52 % специалистов данной группы.

Специалисты первой группы в меньшей степени взаимодействуют с клиентами, но обеспечивают стабильность процесса предоставления социальных услуг, повышение их качества, применяя в работе подход поддержания стабильности. У 50 % обследованных данной группы обнаружена «незначительно сниженная» работоспособность.

Наибольшее число специалистов, имеющих «сниженный» уровень работоспособности, выявлено в отделах, отнесенных к пятой группе (50 %). Специалисты данной группы контактируют с гражданами пожилого возраста, инвалидами, с теми категориями населения, которые требуют к себе повышенного внимания и деликатности.

Прием граждан, как запланированный, так и осуществляемый в течение рабочего дня вне графика, проводится специалистами по социальной работе практически всех отделов, но если, например, в отделе жилищных субсидий количество клиентов, обращающихся за консультацией, определяется временем года (сезоном), то в отделе льгот и социальных гарантий (пятая группа) прием граждан проводится ежедневно с сохранением постоянного потока клиентов. В частности, по вопросам применения социального законодательства граждане обращаются к специалистам данного отдела, которые, в свою очередь, учитывая сложный контингент, должны четко формулировать свои мысли и доходчиво их излагать. Данные обстоятельства накладывают серьезный отпечаток на физическое и психическое здоровье специалистов.

Анализ данных уровня работоспособности специалистов разных отделов управлений социальной защиты населения показал, что они выполняют свои профессиональные обязанности на фоне изменяющегося функционального состояния. Работоспособность специалистов, призванных решать проблемы клиентов на основе различных подходов, зависит от внешних условий деятельности и психофизиологических резервов.

Заключение

Интегративными показателями, позволяющими своевременно диагностировать утомление специалистов по социальной работе, ранние нарушения здоровья и определять критические моменты их трудового процесса, являются функциональное состояние ЦНС и уровень их работоспособности. Результаты проведенного обследования показали, что на уровень работоспособности специалистов влияют режим работы, содержание профессиональных функций и риски, обусловленные условиями их труда. Психофизиологическая методика, с помощью которой были получены результаты по вышеуказанным показателям, является важнейшим инструментом динамического контроля и последующей коррекции уровня работоспособности специалистов по социальной работе на разных этапах профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Бессонова Л.А. Формирование профессионально-личностной компетенции социального работника как условие преодоления профессиональной деформации личности: дис. … канд. псих. наук. – Тверь, 2012.

2. Гостева Л.З., Гонторук Ю.С., Панфилова С.С. Анализ факторов, влияющих на здоровье работников (на примере труда социальных работников) // Сборники конференций НИЦ Социосфера. – 2013. – № 51. – С. 54–57.

3. Лоскутова Т.Д. Оценка функционального состояния центральной нервной системы человека по параметрам

простой двигательной реакции // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1975. – № 1. – С. 3–11.

4. Управление персоналом: теория и практика. Психофизиология профессиональной деятельности и безопасность труда персонала / под ред. А.Я. Кибанова. – М.: Проспект, 2012. – 72 с.

5. Мороз М.П. Экспресс-диагностика работоспособности и функционального состояния человека: методическое руководство. – СПб.: ИМАТОН, 2007. – 40 с.

6. Сагдеева Г.М. Обоснование организационно-профилактических мероприятий по оптимизации трудового процесса и укреплению здоровья социальных работников (при обслуживании пациентов в специализированных центрах на дому): дис. … канд. мед. наук. – СПб., 2010.

7. Соколова Н.А. Профессиональный риск медицинских работников и его компенсация средствами трудового права // Современное право. – 2010. – № 2. – С. 75–79.

8. Таутиева И. Сохранение профессионального долголетия и социально-психологической устойчивости социальных работников // Социальная работа. – 2006. – № 2. – С. 46–48.

9. Шмелева Н.Б. Личность в профессии «социальная работа» // Отечественный журнал социальной работы. – 2013. – № 3. – С. 36–44.

References

1. Bessonova L.A. Formirovanie professional'no-lichnostnoj kompetencii social'nogo rabotnika kak uslovie preodolenija professional'noj deformacii lichnosti: dis. … kand. psih. nauk. Tver', 2012.

2. Gosteva L.Z., Gontoruk Ju.S., Panfilova S.S. Analiz faktorov, vlijajushhih na zdorov'e rabotnikov (na primere truda social'nyh rabotnikov) // Sborniki konferencij NIC Sociosfera. 2013. no. 51. pp. 54–57.

3. Loskutova T.D. Ocenka funkcional'nogo sostojanija central'noj nervnoj sistemy cheloveka po paramet-ram prostoj dvigatel'noj reakcii // Fiziologicheskij zhurnal SSSR im. I.M. Sechenova. 1975. no. 1. pp. 3–11.

4. Upravlenie personalom: teorija i praktika. Psihofiziologija professional'noj dejatel'nosti i bezopasnost' truda personala / pod red. A.Ja. Kibanova. M.: Prospekt, 2012. 72 p.

5. Moroz M.P. Jekspress-diagnostika rabotosposobnosti i funkcional'nogo sostojanija cheloveka: metodicheskoe rukovodstvo. SPb: IMATON, 2007. 40 p.

6. Sagdeeva G.M. Obosnovanie organizacionno-profilakticheskih meroprijatij po optimizacii trudovogo processa i ukrepleniju zdorov'ja social'nyh rabotnikov (pri obsluzhivanii pacientov v specializirovannyh centrah na domu): dis. … kand. med. nauk. SPb, 2010.

7. Sokolova N.A. Professional'nyj risk medicinskih rabotnikov i ego kompensacija sredstvami trudovogo prava // Sovremennoe pravo. 2010. no. 2. pp. 75–79.

8. Tautieva I. Sohranenie professional'nogo dolgoletija i social'no-psihologicheskoj ustojchivosti social'nyh rabotnikov // Social'naja rabota. 2006. no. 2. pp. 46–48.

9. Shmeleva N.B. Lichnost' v professii «social'naja rabota» // Otechestvennyj zhurnal social'noj raboty. 2013. no. 3. pp. 36–44.

Рецензенты:

Гизингер О.А., д.б.н., профессор кафедры микробиологии, вирусологии, иммунологии и клинической лабораторной диагностики, ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Челябинск;

Цейликман В.Э., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой биологической химии, ГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Челябинск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 631.461:57.083.223:31

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ

[1]Бекенова У.С., [1]Жакеева М.Б., [1]Жумадилова Ж.Ш., [1]Шорабаев Е.Ж., [2]Саданов А.К.

[1]Филиал «Прикладная микробиология» Института микробиологии и вирусологии, Кызылорда, e-mail: imv_pm@mail.ru;

[2]Институт микробиологии и вирусологии, Алматы, e-mail: imv_rk@list.ru

Инокуляция семян люцерны в Кызылординской области оказала положительное влияние на микробиологический состав почвы. Установлено значительное изменение в количественном составе физиологических и функциональных групп микроорганизмов после инокуляции семян люцерны штаммами клубеньковых бактерий. Численность физиологических групп микроорганизмов в среднем увеличилась на два порядка после обработки клубеньковыми бактериями в осенний вегетационный период. Наибольшее количество актиномицетов в почве выявлено при использовании варианта № 4Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* ИМВ Л5-1). Среди функциональных групп микроорганизмов наибольшее количество аммонификаторов и азотфиксирующих микроорганизмов установлено в вариантах с клубеньковыми и целлюлозолитическими бактериями. Численность функциональных групп микроорганизмов увеличилась на один и на два порядка по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшее количество азотфиксирующих микроорганизмов отмечено при использовании варианта № 4Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* ИМВ Л 5-1) – $0,5 \pm 0,6 \cdot 10^6$ КОЕ/г почвы.

Ключевые слова: люцерна, микроорганизмы, почва, штамм, инокуляция, мелко-деляночный участок, клубеньковые бактерии

STUDY OF MICROBIOLOGICAL REGIME OF SOILS WHEN INOCULATED ALFALFA SEEDS

[1]Bekenova U.S., [1]Zhakeeva M.B., [1]Zhumadilova Z.S., [1]Shorabaev E.Z., [2]Sadanov A.K.

[1]Branch «Applied microbiology» of Institute of Microbiology and Virology, Kyzylorda, e-mail: imv_pm@mail.ru;

[2]Institute of Microbiology and Virology, Almaty, e-mail: imv_rk@list.ru

Inoculation of alfalfa seeds in Kyzylorda region has had a positive impact on the microbiological compotsiion of the soil. Considerable variation in the quantitative composition of physiological and functional groups of microorganisms after inoculation of alfalfa seeds strains of nodule bacteria. Number of physiological groups of microorganisms increased on average by two orders of magnitude after treatment with rhizobia in the autumn growing season. The greatest number of actinomycetes in soils revealed using option number 4 A (Fitobatsirin IMV + Sinorhizobium meliloti L5-1). Among the functional groups of microorganisms and the greatest number of nitrogen-fixing microorganisms ammonificators installed in nodule options and cellulolytic bacteria. Number of functional groups of microorganisms increased by one and two order of magnitude higher compared to the control. The greatest number of nitrogen-fixing microorganisms observed when using version number 4L (Fitobatsirin + Sinorhizobium meliloti IMV L 5-1) – $0,5 \pm 0,6 \cdot 10^6$ CFU/g of soil.

Keywords: alfalfa, microorganisms, soil, strain, inoculation, small plot of land, nodule bacteria

Микрофлора почвы находится в стабильном состоянии, ее численность меняется в зависимости от попадания и распределения в почве источников органического вещества, от агротехнических приемов и от возделываемых сельскохозяйственных культур. Для характеристики плодородия почвы рекомендуются показатели биологической активности: количество, состав и биомасса микроорганизмов.

Как известно, растение является основным фактором, определяющим развитие микроорганизмов в почве. В период вегетации растения оказывают влияние на микрофлору почвы своими корневыми выделениями, после окончания вегетационного периода – через отмершие корни и пожнивные остатки [3].

Проблема «биологического» азота – важнейшая в области биологических исследований, не случайно в экономически развитых странах приоритетной является не химизация, а биологизация земледелия, важнейшим элементом которой считается использование микробиологических процессов азотфиксации. Основные причины этого – как экологические, так и экономические. Энергозатраты на производство, транспортировку, хранение и внесение удобрений растут быстрее, чем рост урожаев, соотношение составляет 5:1. Экологическая сторона проблемы заключается в том, что коэффициент использования азотных удобрений низок и в окружающую среду поступает большое количество легкорастворимых азотнокислых и аммонийных солей.

«Биологический» азот, напротив, полностью безвреден для человека и окружающей его среды, он полностью используется растениями, а энергетические затраты на активизацию азотфиксаторов относительно невелики [5].

Фиксация молекулярного азота из атмосферы – одно из самых мощных средств пополнения азотного фонда почвы и питания растений, превосходящее по своему объему и значению индустрию азотных удобрений. В современном земледелии неуклонно возрастает значение «биологического» азота [4].

Цель исследования. В мировой практике наблюдается тенденция снижения доз применяемых минеральных удобрений и возрастает роль их использования с агротехническими приемами (по экономическим и экологическим соображениям направленными на поддержание естественного плодородия почв мероприятиями по повышению биоразнообразия полезной почвенной микрофлоры). Без принятия срочных мер по сохранению и повышению плодородия почв, оно уже в ближайшем будущем может быть необратимо утрачено на обширных земледельческих территориях. Наиболее эффективное и экологически безопасное применение минеральных удобрений возможно только при удовлетворении потребности растений в широком спектре других компонентов, обеспечивающих развитие растений без ущерба для плодородия почв. Одним из них является инокуляция («заражение») комплексом полезных почвенных микроорганизмов [2].

В этой связи целью данной работы явилось изучение и влияние применения активных штаммов клубеньковых и целлюлолитических бактерий люцерны на почвенные микроорганизмы в условиях Кызылординской области.

Материалы и методы исследования

Мелко-деляночные эксперименты проводили на опытном участке Университета «Болашак» (г. Кызылорда). Были составлены варианты, в которых использовали штаммы клубеньковых бактерий люцерны и их сочетания с целлюлозолитическими бактериями. Для предпосевной обработки семян в мелко-деляночных опытах использовали штаммы клубеньковых бактерий люцерны: *Sinorhizobium meliloti* ИМВ Л5, *Sinorhizobium meliloti* 24, *Sinorhizobium meliloti* Л5-1 и минеральное удобрение нитроаммофос. В контрольном варианте использовали семена люцерны без обработки клубеньковыми бактериями. Для посева бобовых культур в мелко-деляночных опытах использовали сорт люцерны – «Семиреченская местная».

Изучение количественного состава микробиоценозов почвенных образцов проводили методом титрования [1]. Определение численности целлюлозолитических бактерий и аммонифицирующих микроорганизмов проводили с использованием таблицы Мак-Креди.

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из показателей состояния почвы является ее микрофлора. Микробиологическое исследование дает возможность увидеть состояние происходящих процессов в почве. Изучен микробиологический состав почвы опытных мелко-деляночных участков Университета «Болашак» под люцерной в весенний и осенний вегетационные периоды. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1

Численность физиологических групп микроорганизмов почв мелко-деляночных участков под люцерной

Варианты опыта		Количество микроорганизмов, КОЕ/г почвы				
		ОМЧ	Спорообразующие	Актиномицеты	Мицелиальные грибы	Олиготрофные
№ 1Л (контроль)	Весна	$1{,}1 \pm 0{,}4 \cdot 10^6$	$0{,}3 \pm 0{,}2 \cdot 10^6$	$0{,}1 \pm 0{,}1 \cdot 10^5$	$1{,}6 \pm 1{,}4 \cdot 10^4$	$1{,}6 \pm 1{,}4 \cdot 10^5$
	Осень	$3{,}7 \pm 0{,}7 \cdot 10^6$	$0{,}5 \pm 0{,}2 \cdot 10^6$	$2{,}9 \pm 0{,}6 \cdot 10^6$	$0{,}6 \pm 0{,}9 \cdot 10^5$	$1{,}9 \pm 0{,}5 \cdot 10^6$
№ 2Л (Фитобактерин + нитроаммофос)	Весна	$4{,}7 \pm 0{,}8 \cdot 10^5$	$3{,}6 \pm 2{,}2 \cdot 10^5$	$0{,}6 \pm 0{,}3 \cdot 10^5$	$0{,}1 \pm 0{,}1 \cdot 10^5$	$1{,}3 \pm 1{,}3 \cdot 10^5$
	Осень	$2{,}3 \pm 0{,}5 \cdot 10^6$	$0{,}5 \pm 0{,}2 \cdot 10^6$	$2{,}2 \pm 0{,}5 \cdot 10^6$	$0{,}3 \pm 0{,}6 \cdot 10^5$	$9{,}3 \pm 0{,}3 \cdot 10^6$
№ 3Л (Фитобактерин + *Sinorhizobium meliloti* ИМВ-Л5)	Весна	$2{,}8 \pm 0{,}8 \cdot 10^5$	$1{,}4 \pm 0{,}4 \cdot 10^6$	$0{,}3 \pm 0{,}6 \cdot 10^4$	$0{,}6 \pm 0{,}9 \cdot 10^4$	$9{,}3 \pm 3{,}5 \cdot 10^5$
	Осень	$5{,}8 \pm 0{,}9 \cdot 10^6$	$1{,}0 \pm 0{,}4 \cdot 10^6$	$1{,}6 \pm 0{,}5 \cdot 10^6$	$0{,}3 \pm 0{,}6 \cdot 10^5$	$1{,}9 \pm 0{,}5 \cdot 10^6$
№ 4Л (Фитобактерин + *Sinorhizobium meliloti* ИМВ Л5-1)	Весна	$1{,}8 \pm 0{,}5 \cdot 10^6$	$1{,}0 \pm 0{,}3 \cdot 10^6$	$4{,}6 \pm 2{,}4 \cdot 10^4$	$1{,}3 \pm 1{,}3 \cdot 10^4$	$0{,}3 \pm 0{,}2 \cdot 10^6$
	Осень	$1{,}9 \pm 0{,}7 \cdot 10^6$	$0{,}7 \pm 0{,}3 \cdot 10^6$	$8{,}3 \pm 0{,}4 \cdot 10^6$	$0{,}6 \pm 0{,}9 \cdot 10^5$	$1{,}2 \pm 0{,}4 \cdot 10^6$
№ 5Л (Фитобактерин + *Sinorhizobium meliloti* 24)	Весна	$2{,}9 \pm 0{,}6 \cdot 10^6$	$2{,}2 \pm 0{,}5 \cdot 10^6$	$0{,}2 \pm 0{,}2 \cdot 10^5$	$0{,}3 \pm 0{,}6 \cdot 10^4$	$2{,}6 \pm 1{,}8 \cdot 10^5$
	Осень	$2{,}1 \pm 0{,}5 \cdot 10^6$	$2{,}3 \pm 0{,}5 \cdot 10^6$	$8{,}6 \pm 0{,}3 \cdot 10^6$	$0{,}6 \pm 0{,}9 \cdot 10^5$	$0{,}5 \pm 0{,}2 \cdot 10^6$

Из табл. 1 видно, что наибольшее количество актиномицетов в почве выявлено при использовании варианта № 4Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* ИМВ Л5-1). Актиномицеты представляют собой группу микроорганизмов, участвующих на конечных этапах разложения органических веществ. Численность микроорганизмов увеличилась на два порядка. Олиготрофные микроорганизмы одинаково богато представлены во всех анализируемых образцах и участвуют на разных этапах переработки органических соединений. Количественный состав олиготрофных микроорганизмов при использовании варианта № 2Л (Фитобацирин + нитроаммофос) составил $9,3 \pm 0,3 \cdot 10^6$ КОЕ/г почвы. Численность микроорганизмов после обработки клубеньковыми и целлюлозолитическими бактериями увеличилась в среднем в 2 раза.

Среди функциональных групп микроорганизмов особое значение имеют микроорганизмы, участвующие в превращениях соединений азота – основного элемента, необходимого для развития растений: аммонификаторы, азотфиксаторы и соединения углерода – целлюлозолитические микроорганизмы. Результаты по численности функциональных групп микроорганизмов в почвах под люцерной представлены в табл. 2.

Таблица 2

Численность функциональных групп микроорганизмов почв мелко-деляночных участков под люцерной

Варианты опыта		Количество микроорганизмов, КОЕ/г почвы		
		Азотфиксаторы	Целлюлозолитические бактерии	Аммонификаторы
№ 1Л (контроль)	Весна	$0,3 \pm 0,2 \cdot 10^6$	$7,5 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^3$
	Осень	$0,3 \pm 0,2 \cdot 10^6$	$4,0 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^4$
№ 2Л (Фитобацирин + нитроаммофос)	Весна	$0,1 \pm 0,1 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$
	Осень	$0,1 \pm 0,1 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^3$
№ 3Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* ИМВ Л5)	Весна	$0,3 \pm 0,2 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^3$
	Осень	$0,3 \pm 0,2 \cdot 10^6$	$1,65 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^3$
№ 4Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* ИМВ Л5-1)	Весна	$0,5 \pm 0,6 \cdot 10^6$	$4,0 \cdot 10^2$	$4,0 \cdot 10^2$
	Осень	$0,5 \pm 0,6 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$
№ 5Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* 24)	Весна	$0,4 \pm 0,2 \cdot 10^6$	$3,0 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^3$
	Осень	$0,4 \pm 0,2 \cdot 10^6$	$3,0 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^5$

Аммонификаторы – микроорганизмы, вызывающие процессы разложения белка и других органических соединений азота с образованием аммиака. Численность аммонифицирующих микроорганизмов в почвах под люцерной колеблется от 10^2 до 10^5 клеток/г почвы. Наиболее важную роль в обогащении почвы азотом и повышении ее плодородия играют азотфиксирующие микроорганизмы. Установлено, что наибольшее количество азотфиксирующих микроорганизмов отмечено при использовании варианта № 4Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* ИМВ Л 5-1) – $0,5 \pm 0,6 \cdot 10^6$ КОЕ/г почвы, аммонификаторов при использовании варианта № 5Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* 24, $1,1 \cdot 10^5$ клеток/г почвы). Численность целлюлозолитических микроорганизмов изменяется в пределах от 10^3 (контроль) до 10^4 (опытные варианты). Наибольшее количество наблюдалось при использовании варианта № 5Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* 24) – $3,0 \cdot 10^4$ – в осенний вегетационный период.

Выводы

Таким образом, инокуляция семян люцерны в Кызылординской области оказала положительное влияние на микробиологический состав почвы и на их урожайность. Установлены изменения в количественном составе функциональных групп микробиоценозов после инокуляции семян люцерны клубеньковыми бактериями. Особенно значительно возрастает численность аммонификаторов при использовании варианта № 5Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* 24, $1,1 \cdot 10^5$ клеток/г почвы) и целлюлозолитических микроорганизмов № 5Л

(Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* 24) – $3{,}0 \cdot 10^4$ – в осенний вегетационный период. Наибольшее количество азотфиксирующих микроорганизмов отмечено при использовании варианта № 4Л (Фитобацирин + *Sinorhizobium meliloti* ИМВ Л 5-1) – $0{,}5 \pm 0{,}6 \cdot 10^6$ КОЕ/г почвы. Результаты могут найти применение для улучшения плодородия почв для сельскохозяйственных угодий.

Список литературы

1. Егорова Н.С. Практикум по микробиологии. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 307 с.

2. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 126 с.

3. Мишустин Е.Н., Черепков Н.И. Значение биологического азота в азотном балансе и повышении плодородие почв //Биологический азот в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1989. – С. 2–7.

4. Саданов А.К., Курманбаев А.А. Экологическая технология в биологизации земледелия. – Алматы: Агроуниверситет, 1999. – 180 с.

5. Саданов А.К. Роль микроорганизмов в повышении урожайности бобовых культур и улучшение качества кормов. – Алматы: Ғылым, 2006. – 60 с.

References

1. Egorova N.S. Praktikum po mikrobiologii. M.: Izd-vo MGU. 1976. pp. 307.

2. Zvjagincev D. G., Bab'eva I. P., Zenova G. M. Biologija pochv. M.: Izd-vo MGU. 2005. pp. 126.

3. Mishustin E.N., Cherepkov N.I. Znachenie biologicheskogo azota v azotnym balanse i povyshenii plodorodie pochv/biologicheskij azot v sel'skom hozjajstve. M.: Nauka, 1989. pp. 2–7.

4. Sadanov A.K., Kurmanbaev A.A. Jekologicheskaja tehnologija v biologizacii zemledelija. Almaty: «Agrouniversitet»,1999. pp. 180.

5. Sadanov A.K. Rol' mikroorganizmov v povyshenii urozhajnosti bobovyh kul'tur i uluchshenie kachestva kormov. Almaty: Ғylym. 2006. pp. 60.

Рецензенты:

Нургызарынов А.М., д.с.-х.н., профессор кафедры «Химия и экология», Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, г. Кызылорда;

Ибадуллаева С.Ж., д.б.н., профессор кафедры «Биология и география», Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, г. Кызылорда.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 573.4

СИФАЦИОЗ ГРЫЗУНОВ И ЕГО ЭКОЛОГО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

[1]Масленникова О.В., [2]Ерофеева В.В., [2]Пухлянко В.П.

[1]ФГБОУ ВПО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Киров;
[2]Российский университет дружбы народов, Москва, e-mail: erofeeva-viktori@mail.ru

В работе проведено гельминтологическое исследование грызунов в синантропных биоценозах Кировской области. Сведения о гельминтах грызунов недостаточны. Эта группа паразитов заслуживает особого внимания. Сифации грызунов внешне, по строению и по образу жизни похожи на человеческую острицу – *Enterobius vermicularis* (Linnaeus, 1758; Leach, 1853), вызывающую заболевание энтеробиоз. Острицы могут быть причинами аппендицита, эндометритов и других тяжёлых воспалительных заболеваний. Человек может заразиться при проглатывании яиц гельминта с загрязненной пищей, через грязные руки. Объектом исследования явились группировки грызунов в городе Кирове и его окрестностях и других синантропных очагах Вятско-Камского междуречья. Было подвергнуто биологическому анализу и полному гельминтологическому вскрытию по методике А.К. Скрябина 146 тушек грызунов. Выявлены виды сифаций грызунов, которые могут участвовать в заражении человека. В синантропных биоценозах Вятско-Камского междуречья у мышевидных грызунов зарегистрировано пять видов сифаций: *S. obvelata, S. nigeriana, S. petrusewiczi, S. frederici, S. muris* – и *Aspiculuris tetraptera* у лабораторных мышей, представляющих опасность для человека. Заражение человека возможно всеми видами сифаций. Эти паразиты имеют большое эколого-эпидемиологическое значение.

Ключевые слова: грызуны, гельминты, сифации, энтеробиоз

RODENT OF SYPHACIOSIS AND ITS ECOLOGICAL EPIDEMIOLOGICAL MEANING

[1]Maslennikova O.V., [2]Erofeeva V.V., [2]Pukhlyanko V.P.

[1]Vyatka State Agricultural Academy, Kirov;
[2]Peoples' Friendship University, Moscow, e-mail: erofeeva-viktori@mail.ru

Parasitological research rodents at synanthropic biocenosis in Kirov region. The information of helmints rodents is lack. This group of parasites in noteworthy. Syphaciosis of rodents of their look constructions and life style looks like *Enterobius vermicularis* (Linnaeus, 1758; Leach, 1853), to cause of enterobiosis. Enterobius cam be course of apenditsit and others hard infection. The man can infected by swallowing eggs of helmints with polluted foods, through dirty hands. Objects of research is rodents in Kirov and its vicinity and other synanthropic centre of Vyatsko-Kama rivers. It was biological test and full parasitological autopsy by method Scriabin 146 of rodents. It finds kind of syphacia rodents which can take part of infection man. In synanthropic biocenosis in Kirov region in rodents is registered 5 tipe of syphacias: *S. obvelata, S. nigeriana, S. petrusewiczi, S. frederici, S. muris, Aspiculuris tetraptera* at lab mice is represented dangers for man. Infection of man can be by all type of syphacias. These pests have got an ecological epidemiological meaning.

Keywords: rodents, helmints, syphacia, enterobiosis

Грызуны – самая многочисленная группа наземных позвоночных животных. Они заняли свою экологическую нишу, поселившись рядом с человеком. Несмотря на свои малые размеры иблагодаря высокой плодовитости биомасса грызунов в биоценозах, как синантропных, так и ксенантропных, очень велика. По расчетам М.Г. Дворникова биомасса рыжей полёвки составляет 26–70 кг/м², медведя 8 кг/м², волка 0,1 кг/м² [2].

Сведения о гельминтах грызунов недостаточны. Эта группа паразитов заслуживает особого внимания. Грызуны, занимая близкие и одинаковые биотопы с другими животными и человеком, резервируют и передают возбудителей ряда общих гельминтозов. Поселяясь в жилых помещениях человека и загрязняя своими выделениями предметы обихода и продукты питания, грызуны передают ряд гельминтов человеку, поэтому они участвуют в зоонозах. Одними из таких гельминтов являются различные виды сифаций. Человек может заразиться при проглатывании яиц гельминта с загрязненной пищей, через грязные руки.

Сифации грызунов внешне, по строению и по образу жизни похожи на человеческую острицу – *Enterobius vermicularis* (Linnaeus, 1758; Leach, 1853), вызывающую заболевание энтеробиоз. Это заболевание относится к числу самых распространённых инвазионных болезней населения земного шара. Заражённость острицами населения в любых обитаемых зонах бывает выше 30%. Нередко она превышает 50%. Детские коллективы почти поголовно страдают энтеробиозом. Между тем эта инвазия далеко не безобидна: непрерывный перианальный

зуд, расчёсы, неврастенические симптомы лишают инвазированных нормального труда и отдыха, нарушают сон. Острицы могут быть причинами аппендицита, эндометритов и других тяжёлых воспалительных заболеваний. В течение многих десятилетий это заболевание не имеет даже тенденции к снижению [8].

Помимо нарушения функции желудочно-кишечного тракта, острицы способны вызывать воспаления органов мочеполовой системы: чаще у девочек, вследствие проникновения паразита в половые пути и присоединения вторичной инфекции. Заболевание энтеробиозом у детей может привести к отставанию в психофизическом развитии, стать причиной нервных расстройств.

По оценкам Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) более 4,5 млрд человек в мире заражены гельминтами, причем эти цифры включают в себя не только население развивающихся стран, но и благополучные страны европейского региона. По данным ВОЗ в 2006 году по сравнению с 2005 годом заболеваемость энтеробиозом возросла на 7,6 %, частота заболеваемости аскаридозом – в 5,6 раза. В России ежегодно регистрируется до 1,5 млн случаев этих заболеваний. Общее количество больных гельминтозами достигает почти 20 млн человек, 70 % из них – дети [1].

Цель исследования – изучить видовой состав сифаций грызунов и выявить виды грызунов, зараженных сифациями в синантропных биоценозах на территории Вятско-Камского междуречья.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования явились группировки грызунов в городе Кирове и его окрестностях и других синантропных очагах Вятско-Камского междуречья. Исследования проводили в 2007–2012 гг. Было подвергнуто биологическому анализу и полному гельминтологическому вскрытию по методике А.К. Скрябина [9] 146 тушек грызунов: 30 домовых мышей (*Mus muskulus*) и 7 лабораторных мышей; 7 серых крыс *(Rattus norvegicus)* и 1 лабораторная крыса; 30 рыжих полевок *(Clethrionomys glareolus);* 4 красных полевки *(Clethrionomys rutilus);* 25 обыкновенных полевок *(Microtus arvalis)*; 2 водяные крысы (*Arvicola terrestris*); 8 лесных мышей *(Apodemus sylvaticus);* 3 полевые мыши (*Apodemus agrarius)*; 4 белки *(Sciurus vulgaris)*; 25 ондатр *(Ondatra zibeticus)* .

Всех грызунов исследовали на трихинеллез методом трихинеллоскопии при помощи компрессория. Гельминтов выбирали, проводили количественный учёт, фиксировали: нематод – в жидкости Барбогала; трематод и цестод в 70 % этаноле. Рассчитывали экстенсивность и интенсивность инвазии. Определение гельминтов проводили с помощью определителей [5, 6]. Все цифровые материалы, полученные нами, были статистически обработаны [7].

Результаты исследований и их обсуждение

Наши исследования показали, что в синантропных биоценозах доминирующими видами грызунов являются: мышь домовая, серая крыса, полевка обыкновенная, полевка рыжая. Территория Кировской области является северной границей распространения обыкновенной полевки. В городе Кирове и его окрестностях это самый обычный вид [3]. Рыжую полевку отлавливали в деревенских домах, жилых строениях, расположенных недалеко от леса. В садах, на огородах часто можно встретить такие виды грызунов, как водяная полевка, лесная и полевая мыши. Ондатра заселила водоемы, находящиеся в черте городов и в зеленой зоне, а в парках обычна белка.

Изучив гельминтофауну грызунов, мы зарегистрировали у них 5 видов сифаций. Определение сифаций осложнено тем, что очень часто не удается выявить самца (по ним легче определить вид), так как после оплодотворения они погибают. Поэтому приходится вести определение по самкам, что затрудняет правильное диагностирование обнаруженных видов гельминтов. В связи с этим многие исследователи считали *Syphacia obvelata* облигатным паразитом грызунов самых различных видов и групп. *S. obvelata* зарегистрирована у человека [1]. Л.Д. Шарпило (1973, 1975) и иностранные ученые разработали определение данного рода нематод по самкам. Причем Л.Д. Шарпило (1973) выявила четкую приуроченность отдельных видов сифаций к определенным видам хозяев или группе родственных форм, что подтверждается и нашими исследованиями [10, 11].

Сифациозы выявлены нами у многих видов грызунов, исключая дикую серую крысу, водяную полевку, полевую мышь, белку, ондатру. У обыкновенной полевки (6 из 25) нами обнаружены *Syphacia nigeriana* с интенсивностью инвазии (ИИ) 12 ± 8,1 экз. Рыжая полевка (6 из 30) заражена *Syphacia petrusewiczi* – ИИ 57,2 ± 21,1 экз. Лесные мыши (3 из 8) заражены третьим видом сифаций – *Syphacia frederici* – ИИ 51,0 ± 45,0 экз. (таблица). У одной домовой мыши из 30 мы зарегистрировали *Syphacia obvelata*.

У диких серых крыс сифаций мы не обнаружили, но у лабораторной они присутствовали – *Syphacia muris* с ИИ-34 экз.

У трех из семи лабораторных мышей выявлен другой вид нематод – *Aspiculuris tetraptera* с очень высокой ИИ – 457 ± 278,7 экз. *Aspiculuris tetraptera* – широко распространенный паразит грызунов, в Японии обнаружен у человека [4].

Видовой состав нематод грызунов в синантропных очагах Вятско-Камского междуречья

Вид гельминта	Вид хозяина	Экстенсивн. инвазии, %	Интенсивность инвазии, экз.		
			M ± m	max	min
Syphacia obvelata (Rudolphi,1802)	Мышь домовая	3,3	4,0 ± 0	4	4
Syphacia nigeriana (Baylis,1928)	Полевка обыкновенная	24	12,0 ± 8,1	44	1
*Syphacia petrusewicz*i (Bernard,1966)	Рыжая полевка	20	57,2 ± 21,1	138	1
Syphacia frederici (Roman,1945)	Лесная мышь	37,5	51,0 ± 45,0	141	5
Syphacia muris (Yamaguti,1935)	Крыса лабораторная	100	34,0 ± 0	34	34
Aspiculuris tetraptera (Nitzsch,1821)	Мышь лабораторная	42,9	457,0 ± 278,7	1001	76

Таким образом, в синантропных биоценозах Вятско-Камского междуречья у мышевидных грызунов зарегистрировано пять видов сифаций: *S. obvelata, S. nigeriana, S. petrusewiczi, S. frederici, S. muris* – и *Aspiculuris tetraptera* у лабораторных мышей, представляющих опасность для человека. Заражение человека возможно всеми видами сифаций. Эти паразиты имеют большое эколого-эпидемиологическое значение. В современной экологической обстановке, когда ареал многих диких и синантропных видов грызунов расширяется, необходим мониторинг за паразитофауной грызунов и контроль их численности (дератизация).

Список литературы

1. ВОЗ статистика — URL: http://www.who.int/en/ (дата обращения: 07.07.2011).

2. Дворников М.Г. Млекопитающие бассейна реки Вятка (на примере особо охраняемых и освоенных территорий). – Киров, 2007. – С. 50–51.

3. Ерофеева В.В., Масленникова О.В. Обыкновенная полевка (Microtus arvalis) и ее роль в поддержании зоонозов на урбанизированных территориях в Вятско-Камском междуречье // Современные научные исследования. – Вып. 1. – Концепт. – 2013. – ART 53464. – URL: http://e-koncept.ru/article/837/ – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X/(дата обращения: 20.08.2013).

4. Рыжиков К.М., Гвоздев Е.В., Токобаев М.М., Шалдыбин Л.С., Мацаберидзе Г.В., Меркушева И.В., Надточий Е.В., Хохлова И.Г., Шарпило Л.Д. Определитель гельминтов грызунов фауны СССР. Нематоды и акантоцефалы. – М: Наука, 1979. – 272 с.

5. Определитель гельминтов грызунов фауны СССР. Нематоды и акантоцефалы; под ред. К.М. Рыжикова. – М.: Наука, 1979. – 278 с.

6. Определитель гельминтов грызунов фауны СССР. Цестоды и трематоды; под ред. К.М. Рыжикова. – М.: Наука,1978. – 232 с.

7. Плохинский Н.А. Дисперсионный анализ силы влияния // Новое в биометрии. – М.: МГУ, 1970. – С. 31–67.

8. Сайдалиев Таштемир. Биология, экология, Enterobius vermicularis (Linnaeus, 1758; Leach, 1853) и разработка комплекса эффективных мер борьбы с учётом биологических особенностей паразита: автореф. дис. … – Самарканд, 1993. – 52 с.

9. Скрябин К.И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. – М.: МГУ, 1928. – 45 с.

10. Шарпило Л.Д. Гельминты грызунов фауны Украинской ССР: автореф. дис. … канд. биол. наук. – Киев, 1973. – 22 с.

11. Шарпило Л.Д. Общая характеристика гельминтофауны грызунов Украины и ее экологический анализ // Паразиты и паразитозы животных и человека. – Киев, 1975. – С. 62–70.

References

1. VOZ statistika – URL: http://www.who.int/en/ (data obrashhenija: 07.07.2011).

2. Dvornikov M.G. Mammals Vyatka River basin (for example, protected areas and reclaimed). Kirov, 2007.: 50–51.

3. Erofeeva V.V., Maslennikova O.V. Microtus arvalis and its role in the maintenance of zoonoses in urban areas in the Vyatka and Kama rivers //Sovremennye nauchnye issledovanija. Vypusk 1. Koncept. 2013. ART 53464. URL: http://e-koncept.ru/article/837/ Gos. reg. Jel № FS 77- 49965. ISSN 2304-120X/ (data obrashhenija: 20.08.2013).

4. Ryzhikov K.M., Gvozdev E.V., Tokobaev M.M., Shaldybin L.S., Macaberidze G.V., Merkusheva I.V., Nadtochij E.V., Hohlova I.G., Sharpilo L.D. The determinant of rodent helminth fauna of the USSR. Nematodes and acanthocephalans. M: Nauka, 1979. 272 p.

5. The determinant of rodent helminth fauna of the USSR. Nematodes and acanthocephalans. Pod redakciej Ryzhikova K.M.-M: Nauka,1979. 278 p.

6. The determinant of rodent helminth fauna of the USSR. Cestodes and trematodes. Pod redakciej Ryzhikova K.M. M: Nauka, 1978. 232 p.

7. Plohinskij H.A. Analysis of variance of the influence of the forces // Novoe v biometrii. M.: MGU, 1970. pp. 31–67.

8. Sajdaliev Tashtemir. Biology, ecology, Enterobius vermicularis (Linnaeus, 1758; Leach, 1853) and to develop a set of effective control measures, taking into account the biological characteristics of the parasite. Avtoreferat … Samarkand, 1993. 52 p.

9. Skrjabin K.I. The method of complete autopsies helminthological vertebrates, including humans. M.: MGU, 1928. 45 p.

10. Sharpilo L.D. Helminths rodent fauna of the Ukrainian SSR. Avtoreferat … kand.biol.nauk. Kiev, 1973. 22 p.

11. Sharpilo L.D. General characteristics of helminth fauna of rodents of Ukraine and its environmental analysis // Parasites and parasitosis animals and humans Kiev,1975. pp. 62–70.

Рецензенты:

Орлова В.С., д.б.н., профессор, Российский университет дружбы народов, г. Москва;

Заболотских Ю.С., д.б.н., профессор кафедры охотоведения и биологии диких животных, ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, г. Киров.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 579.64

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЫБОВОДНЫХ ПРУДАХ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Пежева М.Х., Казанчева Л.А., Жантеголов Д.В., Казанчев С.Ч.

ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова», Нальчик, e-mail: murat-ul@yandex.ru

Изучена деятельность микроорганизмов иловых отложений в рыбоводных прудах Кабардино-Балкарской республики. Определены скорость размножения и продукция микроорганизмов в зависимости от морфологии водоёма. Исследованы особенности вертикального распределения микроорганизмов в период весенне-летнего усиления процессов обновления прудовых вод. Показано, что медленное заполнение рыбоводных прудов водой создает условия для значительного увеличения численности микроорганизмов, подвергающих деструкции органические вещества и минерализующих белок и органические соединения азота и фосфора в иловых отложениях. Изучено содержание разных форм азота в поверхностных слоях ила. Анализы показали, что в водную вытяжку из ила переходят лишь аммиачные соли, азот оснований. Установлено, что белковый азот находится в иловых отложениях в виде моноаминокислот, имеющих большое значение для жизнедеятельности микроорганизмов.

Ключевые слова: иловые отложения, биогенные элементы, донные отложения, прудовые экосистемы, рыбоводные пруды, спиртобензольная вытяжка, гемицеллюлоза, клетчатка, мальтоза, глюкоза, сахароза, эфтрофные пруды, дистрофные пруды, лигнино-гумусный комплекс, органические вещества

MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SLUDGE DEPOSITS IN FISHPONDS OF KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC

Pezheva M.K., Kazancheva L.A., Zhantegolov D.V., Kazanchev S.C.

FGBOU VPO «Kabardino-Balkaria State Agrarian Universitey name V.M. Kokova», Nalchik, e-mail: murat-ul@yandex.ru

Studied the activity of microorganisms silt deposits in fishponds Kabardino-Balkarian Republic. Determind the rate of reproduction and production of microorganisms depending on the morphology of the water body. The features of the vertical distribution of microorganisms in the period of spring-summer renovation of renewal of pond water. Shown that slow filling fish ponds water creates conditions for a significant increase in the number of microorganisms that put destruction of the organic matter and mineralize protein and organic netrogen of nitrogen compounds and phosphorus compounds in the silt sediments. Studied the content of different forms of nitrogen in the surface layers of silt. Analysis of indicators that the aqueous extract of sludge transferred only ammonium salts, nitrogen base. Found that protein nitrogen is in the silt sediments in the form of monoaminoxidase of great importance for microbial life.

Keywords: silt sediments, nutrients, sediments, pond ecosystems, fish ponds, alcohol-benzol extractor hood, hemicellulose, cellulose, maltose, glucose, sucrose, eftorofny ponds, distrofic ponds, Lignin-humus complex, organic substances

Одну из неотъемлемых частей водоемов прудового типа составляют их иловые отложения. В зависимости от морфологии водоема, богатства биогенными элементами, условий стока и географического положения иловые отложения могут иметь весьма различную мощность, и зачастую их толщина определяет продуктивность различных участков водоёма. Это явление связано с тем, что физико-химические условия окружающей среды распределены неравномерно. Поскольку они являются экологическим фактором, то они обуславливают неравномерное распределение микроорганизмов. Последние, в свою очередь, изменяют градацию вертикального распределения отдельных элементов в результате своей жизнедеятельности. Микробиологические процессы илообразования, естественно, располагаются по вертикали в закономерные ряды, которые можно рассматривать как последовательно сменяющиеся фазы образования ила. Формирование его идет в тончайших слоях измеряемых нередко в долях миллиметра. Эти тончайшие слои, свидетельствующие о смене микробиологических процессов, особенно резко выделяются в поверхностных слоях ила, как бы образуя микрозоны – горизонты ила, характеризуемые комплексом биологических и физико-химических факторов, находящихся в более или менее длительном и определенном сочетании, поддерживаемом в состоянии подвижного равновесия.

Таким образом, необходимо кратко охарактеризовать химические и физические свойства иловых отложений.

Целью данной работы было получение первых микробиологических характеристик донных отложений в водоёмах Кабардино-Балкарской Республики, которые могли бы стать фоновым материалом для организации мониторинга по прудовой экосистеме.

В доступной нам литературе каких-либо данных по микробиологии иловых отложений в рыбоводных прудах Кабардино-Балкарской республики найти не удалось. Некоторые фрагменты общей численности, продукционных процессов и времени генерации бактерий представлены в наших работах [1, 5].

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили почвенные колонки, отобранные в 2008–2010 гг. на залитых водой прудах: V эколого-фенологическая рыбоводная зона колхоза им. Петровых Прохладненского района и IV – рыбоводная зона колхоза Ленинцы Майского района. Всего обследованы 8 рыбоводных прудов, в которых применялись азотно-фосфорные минеральные удобрения, известкование и кормление рыбой.

Пруды залегают на средних крупнопылеватых или песчаных суглинках разной степени заиленности.

Пробы отбирали весной, летом и осенью у водоспуска в середине пруда и у водовыпуска с глубиной 0–25 см трубчатым дночерпателем, соблюдая правила стерильности. В каждом участке пруда отбирали 10–12 колонок, из которых составляли среднюю для горизонта пробу. В ней определяли состав органического и минеральных веществ.

Химический анализ иловых отложений проводили стандартными методами [2, 3, 4], учитывая следующие показатели: воска, битума, водорастворимых веществ и сахаров; гемицеллюлозы и уроновых кислот; клетчатки и лигнино-гумусовых комплексов.

Результаты исследования и их обсуждение

Прудовые иловые отложения, накапливаясь на дне водоёма, продолжают в дальнейшем в известной мере участвовать в круговороте вещества в водоёме. Минерализуясь, они, с одной стороны, составляют постоянный источник пополнения водной массы биогенными и зольными элементами, а с другой – служат местом деятельности микроорганизмов – минерализаторов. Таким образом, химический состав иловых отложений во многом определяет экологические условия места обитания донной микрофлоры. Наиболее важна с этой точки зрения характеристика органического вещества ила.

Для жизнедеятельности микроорганизмов имеет значение качество и количество органического вещества. В табл. 1 приводится для ряда прудов различного типа содержание в илах отдельных компонентов в пересчете на органическое вещество.

Таблица 1

Состав органического вещества поверхностных иловых прудовых отложений

Вещество	В % от суммы органических веществ			
	Минимум	Максимум	Среднее для прудов	
			V зона	IV зона
Воск и битумы	1,82	23,3	8,4	6,3
Гемицеллюлоза	4,1	22,9	14,9	10,2
Клетчатка	3,74	12,23	7,8	7,1
Лигнино-гумусовый комплекс	34,1	80,1	59,8	53,1
Углерод общий	32,5	60,4	27,9	25,6
Экстрактивные вещества, не восстанавливающие Фелингову жидкость (по разности)	6,9	24,6	6,1	23,3
Общий азот	2,1	6,2	4,61	4,4

Из табл. 1 видно, что, несмотря на большие колебания в содержании отдельных компонентов органического вещества в различных илах, в среднем даже для весьма различных прудов состав самого органического вещества весьма сходен (см. последние две графы табл. 1). Заметные отклонения наблюдаются в прудах, расположенных в V эколого-фенологической зоне (Прохладненский район).

Послойный анализ состава органического вещества в иловых отложениях дает возможность судить о быстроте его распада, генезисе отложений и мощности слоя, где биологические процессы идут интенсивно. Приводим ряд данных его состава в связи с глубиной заложения иловых отложений (табл. 2).

Данные табл. 2 показывают, что с течением времени илы уплотняются, и влажность их становится меньше. Зольность их теоретически должна была бы возрастать с глубиной в связи с тем, что органическое вещество ила разлагается до газообразных продуктов. Однако в IV эколого-фенологической рыбоводной зоне на глубине 25 см зольность меньше, чем на поверхности. Это указывает на то, что условия образования ила были иными, чем в настоящее время и по зольности ила нельзя судить о степени минерализации его органического вещества.

Таблица 2

Анализ илов различных глубин в IV–V эколого-фенологических рыбоводных зонах

Эколого-фенологические рыбоводные зоны	Глубина от поверхности ила, слои	В % на сухую навеску							В % на органическое вещество					
		Влажность, %	Зольность	Спиртобензольная вытяжка	Гемицеллюлоза	Клетчатка	Лигнино-гумусовый комплекс	Азот общий	Спиртобензольная вытяжка	Сахара и гемицеллюлоза	Клетчатка	Лигниногумусовый комплекс	Азот общий	Углерод общий
IV	0–5	97,6	54,2	6,1	8,7	5,7	22,1	2,7	12,16	18,8	12,2	47,1	5,9	44,1
	5–10	96,3	58,4	4,2	6,1	4,1	20,4	2,4	9,10	14,2	9,4	47,8	5,7	45,0
	10–15	90,3	63,1	2,7	4,8	3,9	20,1	2,4	5,87	12,6	8,5	53,5	6,5	45,9
	15–25	90,7	44,8	4,6	9,8	2,9	28,7	3,1	7,2	16,7	3,8	47,9	5,4	45,5
V	0–5	97,7	55,7	6,4	8,9	5,9	31,5	2,8	12,9	19,1	12,4	62,1	6,1	55,8
	5-10	95,9	59,1	4,8	6,8	4,3	31,7	3,3	9,6	14,8	9,8	62,0	6,4	46,4
	10–15	94,5	65,2	2,9	5,1	4,1	35,2	2,8	6,4	12,9	8,9	66,8	6,7	45,9
	15–25	90,9	45,1	4,7	10,2	3,1	35,6	2,9	7,8	17,1	12,7	68,8	5,8	46,4

Количество веществ, переходящих в спиртобензольную вытяжку, обычно достигает максимума лишь в самом поверхностном слое ила, а с глубиной уменьшается. При переходе от поверхностного слоя ила к 6 см резко снижается количество гемицеллюлозы и клетчатки; однако запас этих веществ остается достаточно большим, чтобы микробиологические разложения этих продуктов могли иметь место, но уже на глубине 25 см они становятся практически недоступными для микроорганизмов. В качестве причины задержки дальнейшего распада органического вещества могло быть или накопление продуктов обмена микроорганизмов, которые задерживают их дальнейшую жизнедеятельность [2] или просто недостаток органических веществ, которые были бы способны к дальнейшему распаду. Таким образом, можно предположить, что усвояемые микроорганизмами углеводы и легкоусвояемые белковые вещества содержатся в илу, только до глубины 25 см. Очевидно, глубже этого горизонта весь запас углеводов и легкоусвояемых белковых веществ уже подвергается сбраживанию и это задерживает дальнейший распад ила. Общее количество сахаров составило от 10 до 250 мг на 1 кг сухого органического вещества. В наибольших количествах встречались мальтоза, глюкоза и сахароза. Пентозы были обнаружены только в виде следов. При извлечении холодным эфиром, а не водой, в экстракт переходило значительно большее количество сахаров. Это указывает, что сахара находятся в оформленных частичках иловых отложений.

Следует отметить, что наибольшее количество сахаров находилось в самом поверхностном слое и сходило на нет на глубине 25–30 см.

Таблица 3

Форма азота в прудовых отложениях, % от общего азота

Эколого-фенологические рыбоводные зоны	Тип водоемов (трофность)	Аммиачный		Амидный	Диаминокислотный	Фракция моноаминокислот	Негидролизуемый
		Всего	Летучий				
IV	Эфтрофный	15,2	4,8	14,8	15,6	47,6	17,6
	Мезотрофный	2,6	0,01	12,8	14,7	42,6	15,1
	Дистрофный	0,62	–	12,1	13,5	40,3	18,2
V	Эфтрофный	16,1	5,5	17,8	18,2	60,3	18,3
	Мезотрофный	4,3	0,01	15,2	17,4	53,2	18,7
	Дистрофный	0,78	–	14,1	15,7	51,2	19,5

Азот – это один из основных органогенов, необходимых для развития микроорганизмов. В связи с этим представляют большой интерес данные о содержании разных форм азота в поверхностных слоях ила. Анализы показали, что в водную вытяжку

из ила переходят лишь аммиачные соли, азот основания, а пептоны в такой вытяжке отсутствуют. Содержание летучего аммиака наиболее высоко в эфтрофных прудах, и он полностью отсутствует в дистрофных, его количество уменьшается по мере возрастания в иле отношения углерода к азоту. Остальной азот входит в белковые соединения и в лигнино-гумусный комплекс. После гидролиза крепкой соляной кислотой белковые соединения распадаются до более простых составных компонентов, соотношение которых для прудовых вод различной степени трофи представлено в табл. 3.

В основной массе белковый азот находится в виде моноаминокислот. Количество негидролизуемого азота гуминовых наименьшее в типичном эфтрофном водоме IV и V – рыбоводных зон, в тех же рыбоводных зонах возрастает по мере дистрофности водоема. В основу разделения было положено содержание легко гидролизуемого азота и общего углерода, так как для жизнедеятельности микроорганизмов основное значение имеет содержание именно этих компонентов.

Выводы

1. Чтобы определить роль микроорганизмов в круговороте отдельных веществ, нужно не только установить распространение или отсутствие данного вида в биотопе, но оценить, насколько благоприятны условия внешней среды для их развития.

2. Для оценки действительного участия микроорганизмов в круговороте нужно сопоставить их деятельность с изменением данного вещества в водоёме в годовом цикле.

3. Вопросы о скорости протекания отдельных этапов круговорота веществ могут решаться не только обычными химическими методами, но также путем применения радиоактивных или стабильных изотопов.

Список литературы

1. Кожаева, Дж.К. Флуктуация лимнофилов в донных отложениях ихтических водоемов / Дж.К. Кожаева, С.Ч. Казанчев, А.А. Мирзоева и др. // Вестник Красноярского ГАУ. – 2012. – № 4. – С. 116–120.

2. Кузнецов, С.И. Микрофлора озер и ее геохимичекая деятельность. – Л.: Наука, 1970. – 440 с.

3. Кузнецов, С.И. Методы изучения водных микроорганизмов / С.И. Кузнецов, Г.А. Дубинина. – М.; Наука, 1989. – 286 с.

4. Родина, А.Г. Методы водной микробиологии. – М.: Наука, 1986. – 362 с.

5. Улимбашев, М.Б. Биологическая оценка исходной популяции карповых рыб на начальном этапе формирования бикультурного рыбоводства / М.Б. Улимбашев, С.Ч. Казанчев, Ф.А. Халилова, Д.В. Жантеголов, Е.А. Казанчева // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 5 (часть 6). – С. 1221–1224.

References

1. Kozhaeva, Dzh.K. Fluktuacija limnofilov v donnyh otlozhenijah ihticheskih vodoemov / Dzh.K. Kozhaeva, S.Ch. Kazanchev, A.A. Mirzoeva i dr. // Vestnik Krasnojarskogo GAU. 2012. no. 4. pp. 116–120.

2. Kuznecov, S.I. Mikroflora ozer i ee geohimichekaja dejatel'nost' / S.I. Kuznecov. L.: Nauka, 1970. 440 p.

3. Kuznecov, S.I. Metody izuchenija vodnyh mikroorganizmov / S.I. Kuznecov, G.A. Dubinina. M.; Nauka, 1989. 286 p.

4. Rodina, A.G. Metody vodnoj mikrobiologii / A.G. Rodina. M.: Nauka, 1986. 362 p.

5. Ulimbashev, M.B. Biologicheskaja ocenka ishodnoj populjacii karpovyh ryb na nachal'nom jetape formirovanija bikul'turnogo rybovodstva / M.B. Ulimbashev, S.Ch. Kazanchev, F.A. Halilova, D.V. Zhantegolov, E.A. Kazancheva // Fundamental'nye issledovanija. 2014. no. 5 (chast' 6). pp. 1221–1224.

Рецензенты:

Пилов А.Х., д.б.н., профессор кафедры ветеринарной медицины, КБГАУ им. В.М. Кокова, г. Нальчик;

Карашаев М.Ф., д.б.н., профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, КБГАУ им. В.М. Кокова, г. Нальчик.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 630.43(571.62)

ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРООПАСНЫХ СЕЗОНОВ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ И ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ

Коган Р.М., Глаголев В.А.

ФГБУН «Институт комплексного анализа региональных проблем» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Биробиджан, e-mail: koganrm@mail.ru

Исследовано влияние природных и антропогенных факторов на формирование пожароопасных сезонов на территории Хабаровского края и Еврейской автономной области. Показано, что продолжительность и напряженность сезонов и периодов зависит от климатических условий, пирологических свойств растительности и соответствующих ей горючих материалов, концентрации природных и антропогенных источников огня. Низкая напряженность сезонов характерна для северных районов Хабаровского края, высокая наблюдается в центральной его части и в Еврейской автономной области. Проведен анализ изменения напряженности во второй половине 20 – начале 21 веков, определены районы с повышающейся, понижающейся и стабильной напряженностью; показано, что она зависит от изменения количества дней с высокими классами пожарной опасности по условиям погоды вследствие роста температуры или уменьшения количества осадков.

Ключевые слова*:* пожары, растительность, Дальний Восток России, пожароопасный сезон

FEATURES FIRE SEASON IN THE KHABAROVSK TERRITORY AND THE JEWISH AUTONOMOUS REGION

Kogan R.M., Glagolev V.A.

Federal state budgetary establishment of science – Institute for complex analysis of regional Problem of the Russian Akademy of Sciences, Far Fastern branch, Birobidzhan, e-mail: koganrm@mail.ru

The influence of natural and anthropogenic factors on the fire seasons in Khabarovsk region and the Jewish autonomous Region. There is shown that the duration and tensions the seasons and periods depends on the climatic conditions and pyrological properties of vegetation and respective combustible materials, the concentration of natural and anthropogenic sources of ignition. Low intensity values are characterized seasons for the northern regions of Khabarovsk region, high intensity observed in the central part and the Jewish autonomous Region. The analysis of the variation of the tensions in the second half of 20 – beginning 21 centuries was carried out and areas with increasing tension are defined. This is associated with reducing the amount days with high fire danger classes in consequence of the temperature increase or decrease the amount of precipitation.

Keywords: fires, vegetation, Russian Far East, fire season

На Дальнем Востоке России растительность отличается ежегодной высокой плотностью пожаров, что оказывает значительное воздействие на возобновление, формирование и продуктивность лесов, смену древесных и кустарниковых пород, и во многом определяет общую динамику экосистем на данной территории. Большая площадь и лесистость, вытянутость с юго-запада на северо-восток, сложная орография, различия в климатических, лесорастительных, социально-экономических условиях северных, центральных и южных районов сложным образом сказываются на процессах формирования пожароопасных сезонов, от которых зависит частота, интенсивность и распространенность лесных пожаров, степень разрушения биогеоценозов и послепожарная динамика их восстановления. Среди многочисленных работ по изучению закономерностей возникновения пожаров растительности, следует выделить те, в которых предложена классификация сезонов, характерных для данной территории, на основе их продолжительности, уровня и периода возникновения максимальной опасности, а также фактической горимости [9]. Эти исследования имеют большое значение для разработки долгосрочных программ противопожарного мониторинга, своевременного перераспределения наземных и авиационных средств ликвидации возгораний. Поэтому в данной работе проведен анализ природно-антропогенных факторов, определяющих особенности формирования сезонов и внутрисезонных периодов возникновения пожаров растительности на примере Хабаровского края и Еврейской автономной области (ЕАО).

Материалы и методы исследования

В базе данных о пожарах по материалам КГУ «ДВ авиабаза», ОГБУ «Лесничество ЕАО» и спутниковым снимкам с сайтов NASA [http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov] и ФАЛХ «Авиалесоохрана» [http://aviales.ru] за 1960–2012 гг. размещены сведения о каждом очаге горения: расположение в квартальной сети лесничеств, географические координаты центра, время обнаружения и ликвидации, причина возникновения, площадь. Метеорологические данные 27 ГМС содержат сведения о температуре воздуха

и точке росы в 13–15 ч местного времени, суточном объеме осадков с 9 ч утра предыдущего дня до 9 ч утра текущего дня, датах перехода через пороговые температуры, появления и схода снежного покрова.

Способность лесных горючих материалов (ЛГМ) к воспламенению зависит от температурно-влажностных характеристик нижних слоев атмосферы, пирологических свойств растительности и наличием источников огня, поэтому в качестве показателей использованы: продолжительность сезонов или периодов (дни); количество дней с грозами; плотность населения (человек/км^2) и фактическая горимость – относительное число (пож./100 тыс. га) и площадь (га/100 тыс. га) пожаров.

Продолжительность сезонов рассматривается как интервал между появлением – сходом устойчивого снежного покрова (природная), или по датам ***возникновения первого и последнего пожара*** (фактическая). Она устанавливается по эмпирическим рядам лесных пожаров по датам их обнаружения и нахождением 2,5 % квантилей этих распределений [7]. Границы и длительность внутрисезонных периодов определены по Е. Петрову [8] или рассчитаны по массивам среднесуточных температур воздуха.

Для анализа горимости растительности внутри сезона использованы продолжительность вегетационного периода и определенных временных интервалов перед его началом и после окончания (предвегетационного и поствегетационного); в них основные проводники горения находятся в различном пирологическом состоянии, определяемом особенностями вегетации и погодными условиями. Кроме того, изменяется плотность источников возгорания, как природных (сухие грозы), так и антропогенных, которые связаны с периодами сбора дикоросов, сезонами охоты, рекреацией и сельхозпалами.

Под вегетационным периодом понимается время, когда при устойчивой положительной температуре воздуха происходит активное функционирование лесной растительности. Он определялся как часть календарного года с устойчивой среднесуточной температурой воздуха выше 5 °С, а его продолжительность – по датам перехода температуры через это пороговое значение. Пред- и поствегетационные периоды рассматривались как временные интервалы между 0 и +5 °С и +5 и 0 °С весной и осенью. Выбор интервалов произведен в соответствии с теми климатическими особенностями региона, которые влияют на влажность почвы и высыхание растительности. Первый интервал характеризует наступление весны, за начало которого принято устойчивое повышение температуры выше 0 °С, поскольку оно совпадает с наступлением интенсивного снеготаяния, уменьшением безморозных погод (до 20 %). Интервал относится к первому фенопериоду, так называемой «голой весне» – до появления листвы на деревьях. Следующий интервал определяет условия высыхания ЛГМ осенью, когда на фоне снижения температуры может наблюдаться уменьшение количества осадков, листопад, увядание травостоя и превращение его в ветошь.

Комплексный показатель пожарной опасности по условиям погоды (КП) рассчитан по методике В. Нестерова [4]; ежедневные классы пожарной опасности (КПО) определены по шкалам, предложенным для Хабаровского края и ЕАО [3]. Критическое значение комплексного показателя ($КП_{кр}$), при котором возможно возгорание ЛГМ, определено по [9].

Результаты исследования и их обсуждение

По климатическому районированию север Хабаровского края относится к Тихоокеанской лесной (Охотский муниципальный район) и континентальной лесной Восточно-сибирской климатической областям (большая часть Аяно-Майского района), остальная территория, в том числе и ЕАО – к различным провинциям муссонной лесной климатической области. Регионы отличаются суммой температур выше 10 °С, количеством осадков и их внутригодовым распределением, длительностью безморозных периодов [2] и, следовательно, продолжительностью пожароопасных сезонов, определяемых датами появления – схода устойчивого снежного покрова. Средняя многолетняя продолжительность по этому показателю составляет 207 день; она варьируется от 186 на севере до 211 и 214 дней в центральных и южных районах.

Средняя многолетняя продолжительность предвегетационных периодов составляет 21 день, наблюдается ее уменьшение с севера на юг от 32 (Охотский район Хабаровского края) до 13–15 дней (Хабаровский район Хабаровского края и ЕАО). Вегетационные периоды увеличиваются в том же направлении от 110 до 178 дней. Длительность поствегетационных периодов остается сравнительно постоянной (12–17 дней).

Формирование пожарной зрелости растительности происходит при сочетаниях температуры, влажность воздуха и осадков, обусловленных ее расположением в различных провинциях Тихоокеанской лесной, континентальной лесной Восточно-Сибирской и муссонной лесной климатических областях. В них под влиянием общих условий атмосферной циркуляции и однотипных воздействий подстилающей поверхности создаются близкие к однородным температурно-влажностные режимы, определяющие пирологические особенности климата и режима погоды территории [2, 8].

В северных районах предвегетационный период (весна) прохладный с недостаточным увлажнением. Например, в апреле морозные погоды составляют 40–60 % от общего количества дней, среднемесячная температура колеблется от –0,9 до 0,6 °С при относительной влажности воздуха 58–64 % и количестве осадков 49–86 мм. Период вегетации характеризуется увеличением среднемесячных температур до 16–17 °С при относительной влажности воздуха 66 %. Осень холодная и влажная. При температуре воздуха от 15 до 0,9 °С и наступлении заморозков на почве количество осадков

увеличивается до 143–207 мм (август – октябрь, Нелькан, 99% обеспеченность).

В центральных районах перечисленные выше закономерности в общих чертах сохраняются: весной преобладает невысокая положительная температура (3,3–11,2°С) при 84–120 мм осадков, летом температура и количество осадков возрастают до 18,8–21,6°С и 148–235 мм соответственно (им. П. Осипенко, 99% обеспеченность). Осенью при переходе через 5°С наступление устойчивых отрицательных температур и умеренное или избыточное увлажнение приводят к увеличению влагоемкости ветоши.

В южных районах весна сухая и теплая: средняя дневная влажность равна 40-50%, а в продолжительные периоды без дождя воздух становится еще суше. В апреле-мае насчитывается в среднем 10-15 суток, когда влажность воздуха оказывается ниже 30%. Кроме того, ветер вместе с солнечной инсоляцией вызывает испарение незначительного снежного покрова, в результате чего большая его часть исчезает до начала оттаивания почвы, это способствует быстрому высыханию почв и наземных горючих материалов. Летом на фоне значительных положительных температур в июле и августе выпадает максимальное количество осадков и относительная влажность в долине р. Амур находится в пределах 65-70%. Сильные и очень сильные дожди в Приамурье обусловлены полярно-фронтальными циклонами, на активизацию которых часто оказывают влияние тайфуны, выходящие на восточные и центральные районы Китая. Осенью одновременно с понижением температуры относительная влажность уменьшается и приближается к весеннему минимуму (40–50%) .

Следовательно, на севере и в центральных районах Хабаровского края температурно-влажностные характеристики способствуют возникновению одного, летнего максимума пожарной опасности. Для Среднего Приамурья характерны большие временные периоды, в которых на фоне высоких температур наблюдается низкая влажность почв и воздуха в сочетании с сухими ветрами, что способствует более интенсивному высыханию источников горения по сравнению с другими районами и возникновению нескольких максимумов пожароопасности по метеорологическим условиям.

Фактическая продолжительность сезонов зависит от плотности населения как источника антропогенных пожаров. Период возникновения пожаров в малоосвоенных северных районах уменьшается на 40–60 дней, в центральных, со средней освоенностью, на 22–25 дня, в южных – с большой плотностью населения – только на 1–7 дней. Следовательно, определение длительности пожароопасных сезонов следует проводить с учетом освоенности территорий. Для малоосвоенных районов продолжительность следует считать по датам первого и последнего пожара, для освоенных – по датам установления – схода снежного покрова.

Среди источников огня доминируют антропогенные, поэтому минимальные показатели фактической горимости характерны для малоосвоенных районов севера Хабаровского края, где плотность населения крайне мала. Средняя частота и высокая площадь пожаров наблюдается в южных районах; максимальные значения зафиксированы в центральной части Хабаровского края – 14,3 пожаров/100 тыс. га и 16005,5 га/100 тыс. га.

Природными источниками возникновения пожаров могут быть «сухие грозы». Такие пожары наиболее часты на севере и в центре Хабаровского края, где засушливый период совпадает с максимумом грозовой активности (0,03–0,05 случаев на млн га в сезон). На юге количество гроз во время весенних и осенних пиков пожарной опасности минимально и плотность пожаров снижается до 0,02–0,03 случаев на млн га.

Вероятность возникновения пожаров зависит от пирологических свойств растительности. По лесорастительному районированию северная часть исследуемой территории относится к Дальневосточному таежному району таежной зоны, центральная и южная – к Приамурско-Приморскому хвойно-широколиственному району зоны хвойно-широколиственных лесов. По геоботанической классификации выделены северная, средняя и южная подзоны тайги и хвойно-широколиственные леса. Последовательная смена зон нарушается вертикальной поясностью и влиянием морей, что вызывает смещение границ зон к югу и изменение широтного направления на меридиональное [6].

Природная предрасположенность территории к возникновению пожаров обусловлена большим количеством открытых участков и наличием растительности с высокой природной пожарной опасностью. Например, в ЕАО высокоопасные растительные формации (1 класс опасности) – редкостойные ивняки с зарослями вейника и разнотравно-вейниковые луга – занимают свыше 20% территории, кедрово-широколиственные и производные смешанные широколиственные леса, дубовые леса и редколесья (2 класс опасности) произрастают на 24% ее площади. В лесном фонде Хабаровского края около 25% территории заняты растительностью с очень высокой и высокой природной пожарной опасностью [9].

В лесорастительных зонах основными видами ЛГМ являются злаково-разнотравная растительность и ее опад (ветошь), опад листвы с деревьев и кустарников, кустистые лишайники и кустарнички, зеленые и сфагновые мхи, древесный ярус и лесные подстилки, хвоя в кронах и ее опад; за исключением кустистых лишайников и опада листвы с широколиственных пород, которые характерны только для средней подзоны тайги и зоны хвойно-широколиственных лесов [9]. Максимальная вероятность возникновения пожара в каждом виде ЛГМ возможна, если ежедневный комплексный показатель метеорологической пожарной опасности (КП) равен или превышает его критическое значение ($КП_{кр}$) [5]. В зависимости от зонально-географических характеристик территории для каждого вида ЛГМ существует определенное количество дней в сезоне, в течение которых они (ЛГМ) находятся в состоянии «пожарной зрелости», достаточном для возгорания. Такие ЛГМ являются ресурсом для возникновения «первичных» пожаров, следствием которых может быть изменение влажностных характеристик других видов горючих материалов и перевод их в пожароопасное состояние (возникновение «вторичных» пожаров). Проведенные нами расчеты показали, что такое количество дней для наиболее опасных ЛГМ ($КП_{кр} \geq 300$) составляет 100–110 для северной и средней подзон тайги (Охотский, Аяно-Майский, Тугуро-Чумиканский районы). Этот период повышается до 115–130 для южной подзоны тайги (Ванинский район) и до 120–130 для зоны хвойно-широколиственных лесов (например, в Хабаровском районе Хабаровского края и в ЕАО). Для всех остальных видов ЛГМ количество пожароопасных дней примерно в 10 раз меньше (таблица).

Средняя многолетняя продолжительность возможного возгорания различных видов лесных горючих материалов в зависимости от погодных условий

Муниципальные районы Хабаровского края и Еврейской автономной области	Виды растительных горючих материалов (критическое значение комплексного показателя)				
	Опад злаковый, разнотравный, кустистые лишайники (> 300)	Опад листвы с деревьев и кустарников (750–1400)	Зеленые мхи (1500–2500)	Хвоя в пологе древостоя, сфагнум (1800–3000)	Лесная подстилка, дернина (вейниковая) (2100–3600)
	Количество дней				
Хабаровский край					
Охотский	112	26	21	20	20
Аяно-Майский	113	27	20	19	19
Тугуро-Чумиканский	101	27	19	16	15
Николаевский	101	28	15	13	13
Ульчский	107	26	16	14	13
им. Полины Осипенко	127	31	23	21	19
Солнечный	129	33	24	22	21
Верхнебуреинский	118	33	17	14	12
Советско-Гаванский	116	33	18	16	14
Ванинский	129	33	22	20	19
Комсомольский	119	32	22	19	16
Амурский	129	34	23	20	17
Хабаровский	131	35	21	19	17
Нанайский	120	31	20	17	5
им. Лазо	123	33	19	16	15
Бикинский	123	33	19	16	15
Вяземский	123	33	19	16	15
Еврейская автономная область					
Биробиджанский	131	35	23	21	18
Ленинский	146	34	28	26	24
Смидовичский	142	34	28	26	25
Октябрьский	147	33	27	24	22
Облученский	136	32	24	21	19

Примечание. Критическое значение комплексного показателя приведено по работе [9].

Возгорание ЛГМ на участках, занятых редкостойными насаждениями, нелесными территориями с травяным и лишайниковым покровом, горельниками, зарослями кедрового стланика, может происходить на протяжении 60–80 % дней от всего пожароопасного сезона. Эти участки могут применяться в качестве индикаторов для определения предрасположенности территории к возникновению пожаров растительности.

Таким образом, формирование пожароопасных сезонов зависит от комплекса факторов природного и антропогенного происхождения. Для интегральной оценки сезонов нами предложено использовать индекс напряженности $I_{\text{нпс}}$, рассчитанный на основе функции желательности Харрингтона [1]:

$$I_{\text{нпс}} = \sqrt[n]{\prod_{z=1}^{n} d_{z,j}} = \sqrt[n]{\prod_{z=1}^{n} \left(2X_{z,j} \cdot X'_{z,j}\right) \Big/ \left(X_{z,j}^2 + X_{z,j}'^2\right)},$$

где $d_{z,j}$ – частная функция желательности показателя; z – номер показателя; j – номер операционно-территориальной единицы (ОТЕ); $X_{z,j}$ – значение z-го показателя; X'_{zj} – пороговое значение z-го показателя; n – количество показателей.

Низкие значения напряженности характерны для северных районов Хабаровского края, высокие наблюдаются в центральной части (Верхнебуреинский, им. Лазо, Бикинский, Вяземский районы) и в ЕАО. Возрастание напряженности в период 1960–2010 гг. происходило в Ульчском, Ванинском и Комсомольском районах Хабаровского края и ЕАО, что связано в основном с увеличением количества дней с высокими классами пожарной опасности по условиям погоды вследствие роста температуры или уменьшения количества осадков.

Выводы

Пожароопасные сезоны формируются под влиянием особенностей температурно-влажностных характеристик нижних слоев атмосферы и пирологических свойств лесных горючих материалов. Эти факторы определяет их продолжительность, напряженность и внутрисезонное распределение максимумов горимости.

Список литературы

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 270 с.

2. Витвицкий Г.Н. Климат: Южная часть Дальнего Востока. – М.: Изд-во АН СССР, 1969. – 422 с.

3. Глаголев В.А., Коган Р.М. Шкала классов пожарной опасности по метеоусловиям климата средних широт // Лесное хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 44–46.

4. Кац А.Л., Гусев В.Л., Шабунина Т.А. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесах по условиям погоды. – М.: Гидрометеоиздат, 1975. – 16 с.

5. Коган Р.М., Глаголев В.А. Пространственный прогноз возникновения пожаров на юге Дальнего Востока России по погодным и лесорастительным условиям // Вестник ТОГУ. – 2014. – № 1(32). – С. 107–116.

6. Колесников Б.П. Очерк растительности Дальнего Востока. – Хабаровск: Кн. изд-во, 1995. – 102 с.

7. Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Влияние климатических изменений на лесные пожары в России // Климатические изменения: взгляд из России / под ред. В.И. Данилова-Данильяна. – М.: ТЕИС, 2003. – С. 69–98.

8. Петров Е.С., Новороцкий П.В., Леншин В.Т. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток – Хабаровск: Дальнаука, 2000. – 172 с.

9. Современное состояние лесов Российского Дальнего Востока и перспективы их использования. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2009. – 470 с.

References

1. Adler Ju.P., Markova E.V., Granovskij Ju.V. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij. [Planning an experiment in finding optimal conditions.] Moscow. Nauka, 1976. 270 p.

2. Vitvickij G.N. Klimat: Juzhnaja chast' Dal'nego Vostoka [Climate: The southern part of the Far East]. Moscow. Izd-vo AN SSSR, 1969. 422 p.

3. Glagolev V.A., Kogan R.M., Lesnoe hozjajstvo. 2012. no. 1. pp. 44–46.

4. Kats A.L., Gusev V.L., Shabunina T.A. Metodicheskie ukazanija po prognozirovaniju pozharnoj opasnosti v lesah po uslovijam pogody [Methodological guidelines for predicting fire danger in forests due to weather conditions]. Moscow. Gidrometeoizdat, 1975. 16 p.

5. Kogan R.M., Glagolev V.A., Vestnik TOGU. 2014. no. 1(32). pp. 107–116.

6. Kolesnikov B.P. Ocherk rastitel'nosti Dal'nego Vostoka [An essay vegetation Far East]. Habarovsk: Kn. izd-vo, 1995. 102 p.

7. Korovin G.N., Zukert N.V. Vlijanie klimaticheskih izmenenij na lesnye pozhary v Rossii , Klimaticheskie izmenenija: vzgljad iz Rossii / pod red. V.I. Danilova-Danil'jana.[Impact of climate change on forest fires in Russia. Climate change: a view from Russia. Ed. V.I. Danilov-Danilyan]. Moscow. TEIS, 2003. pp. 69–98.

8. Petrov E.S., Novorockij P.V., Lenshin V.T. Klimat Habarovskogo kraja i Evrejskoj avtonomnoj oblasti. [Climate Khabarovsk Krai and the Jewish Autonomous Region] Vladivostok – Habarovsk: Dal'nauka, 2000. 172 p.

9. Sovremennoe sostojanie lesov Rossijskogo Dal'nego Vostoka i perspektivy ih ispol'zovanija. [Current state forests of the Russian Far East and the prospects for their use] Habarovsk: Dal'NIILH, 2009. 470 p.

Рецензенты:

Христофорова Н.К., д.б.н., профессор, зав. кафедрой экологии и биологии, Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема, г. Биробиджан;

Мирзеханова З.Г., д.г.н., профессор, зав. лабораторией оптимизации регионального природопользования, ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 615.326:549.456.1

ИННОВАЦИОННЫЕ ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ПРЕПАРАТЫ НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛА БИШОФИТ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ

[1]Митрофанова И.Ю.,[1,2] Сысуев Б.Б.,[1,2]Озеров А.А., [1]Самошина Е.А., [1]Ахмедов Н.М.

[1]ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, Волгоград, e-mail: I.U.Mitrofanova@yandex.ru;

[2]ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», Волгоград, e-mail: bsb500@yandex.ru

В течение нескольких последних десятилетий наблюдается интенсивный рост научных исследований, направленных на разработку новых и усовершенствование многих существующих лекарственных средств. При этом особое внимание уделяется созданию так называемых инновационных препаратов. Магнийсодержащий минерал бишофит, уникальные по мощности и чистоте залежи которого находятся на западном и северо-западном обрамлении Прикаспийской впадины, обладает многоплановым биологическим действием. Было показано, что бишофит проявляет противовоспалительную, гиполипидемическую активность, повышает содержание ионов магния в организме при гипомагнезимиях различной этиологии, стимулирует перистальтику кишечника, оказывает ранозаживляющее действие в экспериментальной и клинической патологии. Доказана более высокая фармакологическая активность бишофита по отношению к Поморийской рапе и рассолу Мертвого моря. Это позволяет рассматривать его как перспективный и экономичный, доступный и экологически чистый сырьевой источник для создания высокоэффективных лекарственных препаратов бишофита в новых, технологически совершенных лекарственных формах, а также разработка объективных методик оценки качества и эффективности предлагаемых форм *in vitro* и *in vivo.*

Ключевые слова: минерал бишофит, инновационные лекарственные препараты, технология получения лекарств

INNOVATIVE DRUGS ON THE HIGH PURIFICATION MINERAL BISCHOFITE: PROSPECTS AND PROBLEMS OF ADMINISTRATION

[1]Mitrofanova I.Y., [1,2]Sysuev B.B., [1,2] Ozerov A.A., [1]Samoshina E.A., [1]Akhmedov N.M.

[1]The Volgograd state medical university, Volgograd, e-mail: I.U. Mitrofanova@yandex.ru;

[2]The Volgograd scientific medical center, Volgograd, Re-mail: bsb500@yandex.ru

During the last few decades, has been pointed rapid growth of scientific research aimed at developing new and improved many existing drugs. Magnesium mineral bishofite has many-sided biological activity. In addition to the above special focus has been on the development of so-called innovative drugs. There are unique deposits (from the point of view of capacity and cleanliness) on the western and northwest frames of the Caspian cavity. It was shown that bishofite exhibits anti-inflammatory, hypolipidemic activity, increases the content of magnesium in the body when hypomagnesemia various etiologies, stimulates peristalsis, has wound-healing effect in experimental and clinical pathology. It has been proved higher pharmacological activity bishofite towards Pomoriiska pickle brine and the Dead Sea. So, it may be considered as perspective and economic, accessible and ecologically pure raw material source for developing high effective drugs in new technologically perfect pharmaceutical forms, and also development of objective evaluation methods of quality and efficiency of the proposed forms of in vitro and in vivo.

Keywords: mineral bischofite, innovative drugs

В течение нескольких последних десятилетий наблюдается интенсивный рост научных исследований, направленных на разработку новых и совершенствование многих существующих лекарственных средств. При этом особое внимание уделяется созданию так называемых инновационных препаратов. Они имеют большую социальную значимость: именно за счет применения инновационных препаратов произошли разительные изменения в лечении артериальной гипертензии, ишемической болезни сердца и цереброваскулярных заболеваний, что в 1970–2000 годах привело к снижению смертности больных на 45% [1]. 97% разработок инновационных лекарственных препаратов ориентированы на совершенствование способов лечения тяжелых заболеваний, из которых большинство проектов связаны с онкологией (135 или 31%), и лишь 3% – с относительно более легкими состояниями [1, 11].

В настоящее время терминологическое поле «Инновационный лекарственный препарат» дискретно и противоречиво, унифицированной дефиниции этого термина не существует.

В странах ЕС и США под инновационным препаратом понимают новую активную субстанцию или уже известную субстанцию, применяемую по новым показаниям, в другой дозе либо иным путем введения [12].

В Российской Федерации определения инновационного средства нет. Согласно новой редакции Федерального закона «Об обращении лекарственных средств» (2010 г.), есть понятие оригинальный препарат – это

лекарственный препарат, который отличается от всех, ранее зарегистрированных, действующим веществом или комбинацией действующих веществ, эффективность и безопасность которого подтверждены результатами доклинических и клинических исследований [9].

Таким образом, под инновационным, или оригинальным, препаратом (брендом) в мировой практике понимают новое активное вещество (химическую субстанцию), ранее не используемое, или уже известное лекарственное вещество, которое применяется в другой дозе либо иным способом поступает в организм [2, 9].

Разработка инновационного лекарственного препарата представляет собой трудоемкий многолетний процесс и сопровождается значительными материальными затратами, отражающимися на стоимости препарата. Его создание начинается с компьютерного моделирования молекулы, в процессе которого может быть выявлено до нескольких тысяч потенциально активных структур, только одна из которых в конечном счете может стать полноценным лекарственным средством.

В недалеком прошлом основным методом изыскания новых лекарственных средств был элементарный эмпирический скрининг уже имеющихся или вновь синтезированных химических соединений. Ярким историческим примером такого скрининга является поиск противосифилитических средств, проведенный П. Эрлихом среди 10 тысяч соединений мышьяка и закончившийся созданием препарата сальварсан [1, 2, 3].

Современные высокотехнологические подходы подразумевают использование HTS-метода (High Through-put Screening). На первом этапе с помощью высокоскоростной компьютерной технологии сотни тысяч веществ проверяются на активность относительно исследуемой молекулы (чаще всего под этим подразумевается молекулярная структура рецептора). На втором этапе происходит непосредственное моделирование структурной активности с помощью специальных программ типа QSAR (Quantitative Structure Activity Relationship) [1, 2, 3]. Моделирование может протекать по двум направлениям. Первое – конструирование идеального «ключа» (т.е. медиатора), подходящего под естественный природный «замок» (т.е. рецептор). Второе – конструирование «замка» под имеющийся естественный «ключ». Научные подходы, применяющиеся для этих целей, базируются на разнообразных технологиях, начиная с методов молекулярной генетики и ЯМР и заканчивая непосредственным компьютерным моделированием активной молекулы в трехмерном пространстве с помощью программ типа CAD (Computer Assisted Design) [1, 2, 3].

Способ получения молекулы патентуется на 15–20 лет, однако наличие патента не является гарантией того, что препарат появится в медицинской практике.

Этому предшествуют обширные доклинические исследования, соответствующие современным требованиям Надлежащей лабораторной практики (Good Laboratory Practice/GLP), с целью определения токсичности, тератогенности, мутагенности и др. Затем должно быть организовано производство субстанции (в соответствии с требованиям Надлежащей производственной практики (Good Manufacturing Practice/GMP) [1, 2, 3].

Далее следуют три фазы продолжительных клинических испытаний, которые проводят согласно требованиям Надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice/GCP, с целью определения эффективности и безопасности нового препарата. Получение положительных результатов клинических исследований позволяет организации-разработчику перейти на следующий этап – государственной регистрации лекарственного средства, в случае успешного завершения которой инновационный препарат с гарантированным качеством, эффективностью и безопасностью может быть выпущен в обращение [1, 2, 3].

После выведения препарата на рынок продолжаются постмаркетинговые клинические исследования, уточняющие и дополняющие свойства лекарственного средства (клинические испытания IV фазы). Организация-разработчик постоянно контролирует качество, эффективность и безопасность препарата, отслеживая и регистрируя все возникающие проблемы и побочные эффекты при его использовании [1, 2, 3].

В настоящее время создание инновационных лекарственных средств включает получение новых химических продуктов; синтез фармакологически активных метаболитов или их изомеров; разработку современных лекарственных форм с улучшенными фармакокинетическими свойствами и новых средств доставки лекарственных веществ; создание многокомпонентных препаратов и лекарственных средств биотехнологического и биоинженерного происхождения [5].

В настоящее время в качестве перспективных источников лекарственных средств привлекают внимание природные минеральные комплексы, среди которых особое значение имеют магнийсодержащие минералы. В первую очередь определенный

интерес представляют такие минералы как карналит, кизерит, бишофит, входящие в состав воды Мертвого моря, Поморийской рапы, Крымской рапы и континентальных солевых озер (типа озера Эльтон). И хотя солевой состав этих рассолов сложен, общим объединяющим фактором является высокое содержание магния [4, 6].

Основными источниками соединений магния до настоящего времени служат залежи доломитов и магнезитов, морская вода, соляные месторождения с карналлитом и рассолы соляных озёр.

Соли магния для местного применения (25 % раствор сульфата магния в глицерине, полиминерол, вульназан) оказывают противовоспалительное, антимикробное и фунгистатическое действия, стимулируют репаративные процессы, нормализуют микроциркуляцию и обмен веществ [4, 6]. Они используются в медицине для лечения артритов, артрозов, гнойных ран, офтальмологических заболеваний, применяются в стоматологической практике для лечения стоматитов, пародонтоза и гингивитов [4, 6].

Одним из перспективных магнийсодержащих минералов является бишофит. Он получил своё название в честь немецкого химика и геолога Г. Бишофа, который впервые обнаружил его в цехштейновых соленосных месторождениях Германии. Скопления бишофита невелики и долгое время он считался редким минералом [4]. В этой связи особое внимание привлекают уникальные по мощности и чистоте залежи минерала бишофит, находящиеся на западном и северо-западном обрамлении Прикаспийской впадины (Волгоградская область). Данный факт позволяет рассматривать его как перспективный и экономичный, доступный и экологически чистый сырьевой источник для создания лекарственных и бальнеологических средств [4, 6].

Первоначально рассол бишофита использовался в качестве «народного» средства при артритах. В последующем сотрудниками Волгоградского государственного медицинского университета было показано, что бишофит проявляет противовоспалительную, гиполипидемическую активность, повышает содержание ионов магния в организме при гипомагнезимиях различной этиологии, стимулирует перистальтику кишечника, оказывает ранозаживляющее действие в экспериментальной и клинической патологии [4, 6]. Были изучены механизмы его противовоспалительного действия, выявлены иммуномодулирующие и антибактериальные свойства. Доказана более высокая фармакологическая активность бишофита по отношению к Поморийской рапе и рассолу Мертвого моря [4, 6].

В результате проведенных исследований было выявлено позитивное действие бишофита на ожоговые язвы слизистой полости носа и рта, а также доказано, что бишофит оказывает более выраженное некролитическое и ранозаживляющее действие на инфицированные раны в эксперименте [8, 7]. Установлено, что бишофит стимулирует процесс рубцевания роговицы, которое проявилось в образовании более тонкого слоя ультраструктурно зрелых эпителиальных клеток, заполняющих дефект роговицы, значительной активации клеток фибробластической природы, расположенных в зоне дефекта стромы [4, 6].

В настоящее время при содействии Волгоградского государственного медицинского университета разработаны технологии получения нативного бальнеологического бишофита из технического рассола бишофита путем удаления техногенных и токсических примесей [4, 6, 9]. Выявленные фармакологические эффекты, а также способность используемых солей магния (сульфата и др. органических солей) вызывать гипохлоремический алкалоз и снижение содержания калия в тканях послужили серьезными основаниями для разработки и внедрения в клиническую практику хлоридмагниевой соли, которая является основным компонентом минерала бишофит [4, 6, 6].

Проведенный краткий обзор современных достижений в разработке и применении инновационных лекарственных средств позволяет сделать вывод, что научные исследования в этой области носят достаточно разнообразный и динамичный характер. Многоплановое биологическое действие бишофита делает его применение одним из перспективных в медицине. Вследствие широкого спектра биологической активности бишофита остается актуальным поиск новых лекарственных форм на его основе, создание гигиенических и косметических средств на основе бишофитного сырья. Не вызывает сомнения тот факт, что последующий прогресс в лечении целого ряда заболеваний, в том числе и в первую очередь тяжелых патологий, будет связан с применением инновационных препаратов как лекарственных средств с доказанной эффективностью и безопасностью, улучшенными фармакокинетическими характеристиками, способностью направленного транспорта действующих веществ [4, 6]. Вместе с тем актуальной задачей современной фармации остает-

ся создание и изучение высокоэффективных лекарственных препаратов бишофита в новых, технологически совершенных лекарственных формах, а также разработка объективных методик оценки качества и эффективности предлагаемых форм *in vitro* и *in vivo*.

Список литературы

1. Ишмухаметов А. Инновационные лекарственные препараты: перспективы терапии тяжелых заболеваний // Ремедиум. – 2011. – № 5. – С. 7–12.

2. Колбин А.С. Инновационные лекарственные средства и их место в системе лекарственного обеспечения / А.С. Колбин, А.Б. Иванюк // Политика и управление в здравоохранении. – 2011. – № 1. – С. 57–62.

3. Кукес В.Г. Клинико-фармакологические подходы к повышению качества доклинических и клинических исследований новых лекарственных средств / Ведомости НЦ ЭСМП. – 2006. – № 1. – С. 7–10.

4. Местная терапия бишофитом: монография / под ред. А.А. Спасова. – Волгоград: ФГУП «ИПК «Царицын», 2003. – 160 с.

5. Сампиев А.М. Современные достижения в разработке и применении инновационных лекарственных средств / А.М. Сампиев и [др.] // Новые технологии. – 2012. – Вып. 2. – С. 247–254.

6. Спасов А.А. Магний (значение, дефицит, лекарственные средства и биологически активные добавки к пище). / А.А. Спасов и [др.]. 1-й Съезд российского общества медицинской элементологии (РОСМЭМ), 9–10 декабря 2004 г., Москва // Микроэлементы в медицине. – 2004. – № 5. – С. 133.

7. Спасов А.А. Влияние гидрофильной мази минерала бишофит на процессы регенерации инфицированной кожной раны / А.А. Спасов и [др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2010. – № 9. – С. 26–29.

8. Сысуев Б.Б. Перспективы и проблемы создания на основе минерала бишофит эффективных лекарственных форм / Б.Б. Сысуев, И.Ю.Митрофанова, Э.Ф. Степанова // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 6. – С. 218–221.

9. Сысуев Б.Б. Изучение морфологических особенностей процессов репарации кожных ран под влиянием глазных капель бишофита [Электронный ресурс] / Б.Б. Сысуев И.Ю.Митрофанова, А.В. Смирнов. – Электрон. дан. – Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 5. URL: http://www.science-education.ru/99-4787 (дата обращения: 18.06.2014).

10. Сысуев Б.Б. Технологические и фармакологические исследования минерала бишофит как источника магний-содержащих лекарственных средств: дис. ... д-ра фарм. наук. – Волгоград, 2012. – 333 с.

11. Федеральный закон Российской Федерации от 12 апреля 2010 г. № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств». URL: http://www.rg.ru/2010/04/14/lekarstva-dok.html (дата обращения: 21.06.2014).

12. Шилов Г.Н. Основы разработки новых лекарственных средств / Г.Н. Шилов и [др.]// Медицинские новости. – 2009. – № 2. – С. 23–28.

13. Innovative drug development approaches. Final report from the EMEA/CHMP-Think-Tank group on innovative drug development. EMEA, 2007.

References

1. Ishmuksametov A. Innovatsionnye lekarstvennye preparaty: perspektivy terapii tyazhelykh zabolevaniy // Remedium. 2011. no. 5. pp. 7–12.

2. Kolbin A.S. Innovatsionnye lekarstvennye sredstva i ikh mesto v sisteme lekarstvennogo obespecheniya / A.S. Kolbin, A.B. Ivanyuk // Politika i upravlenie v zdravookhranenii. 2011. no. 1. pp. 57–62.

3. Kukes V.G. Kliniko-farmalogicheskie podkhody k povysheniyu kachestva doklinicheskikh i klinicheskikh issledovaniy novykh lekarstvennykh sredstv/ V.G. Kukes // Vedomosti NTS ESMP. 2006. no. 1. pp. 7–10.

4. Mestnaya terapiya bishofitom: monographiya / pod red. A.A. Spasova. Volgograd: FGUP «IPK «Tsaritsyn», 2003. 160 p.

5. Sampiev A.M. Sovremennye dostizheniya v razrabotke i primenenii innovatsionnykh lekarstvennykh sredstv / A.M. Sampiev i [dr.] // Novye tekhnologii. 2012. Vyp. 2. pp. 247–254.

6. Spasov A.A. Magnii (znachenie, defitsit, lekarstvennye sredstva i biologicheski aktivnye dobavki k pische). / A.A. Spasov i [dr.]. 1-i Sezd rossiiskogo obschestva meditsinskoi elementologii (ROSMEM), 9–10 dekabrya 2004 r., Moskva // Mikroelementy v meditsine. 2004. no. 5. pp. 133.

7. Spasov A.A. Vliyanie gidrofilnoy mazi minerala bishofit na protsessy regeneratsii infitsirovannoi kozhnoi rany / A.A. Spasov i [dr.] // Voprosy biologicheskoi, meditsinskoi i farmastevticheskoi khimii. 2010. no. 9. pp. 26–29.

8. Sysuev B.B. Perspektivy i problemy sozdaniya na osnove minerala bishofit effektivnykh lekarstvennykh form / B.B. Sysuev, I.Yu. Mitrofanova, E.F. Stepanova // Fundamentalnye issledovaniya. 2011. no. 6. pp. 218–221.

9. Sysuev B.B. Izuchenie morfologicheskikh osobennostei reparatsii kozhnikh ran pod vliyaniem glaznykh kapel bishofita [Elektronnyi resurs] / B.B. Sysuev, I.Yu. Mitrofanova, A.V. Smirnov. Электрон. дан. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2011. no. 5. URL: http://www.science-education.ru/99-4787 (data obrascheniya: 18.06.2014).

10. Sysuev B.B. Tekhnologicheskie i farmakologicheskie issledovaniya minerala bishofit kak istochnika magnii-soderzhaschikh lekarstvennykh sredstv: dis. ... d-ra farm. nauk. Volgograd, 2012. 333 p.

11. Federalnyi zakon Rossiiskoi Federatsii ot 12 aprelya 2010 g. no. 61-FZ «Ob obraschenii lekarstvennykh sredstv». URL: http://www.rg.ru/2010/04/14/lekarstva-dok.html (дата обращения: 21.06.2014).

12. Shilov G.N. Osnovy razrabotki novykh lekarstvennykh sredstv / G.N. Shilov i [dr.] // Meditsinskie novosti. 2009. no. 2. pp. 23–28.

13. Innovative drug development approaches. Final report from the EMEA/CHMP-Think-Tank group on innovative drug development. EMEA, 2007.

Рецензенты:

Петров А.Ю., д.фарм.н., профессор, заведующий кафедрой фармации, ГБОУ ВПО «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения России, г. Екатеринбург;

Чучалин В.С., д.фарм.н., доцент, заведующий кафедрой фармацевтической технологии, ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения России, г. Томск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 617.7, 316.43, 008.2

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ БИОСЕНСОРОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

[1]Балякин А.А., [1]Малышев А.С., [2,3]Мамонов М.В., [1]Тараненко С.Б.

[1]Некоммерческое партнерство содействия развитию научной экспертизы и консалтинга «АНЭК», Москва, e-mail: byzantium@bk.ru;

[2]Всероссийский центр изучения общественного мнения, Москва;

[3]Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва

Представлены результаты изучения существующих технических решений в области биосенсорных технологий, доступных к практическому внедрению на территории Российской Федерации. Составлен список из 176 устройств, проведен анализ рынка биосенсоров. Обсуждаются проблемы отбора технологий и возможные риски и вызовы, связанные с внедрением биосенсоров. С использованием данных социологических опросов рассмотрены социальные аспекты развития дистантной медицины. Показано, что основным препятствием на пути развития и внедрения биосенсоров выступают институциональные особенности. Представлены результаты опроса экспертов, позволившие сформулировать идею «биосенсора мечты» – универсального пассивного беспроводного устройства из биоразлагаемых полимеров, имплантируемое в результате простой амбулаторной процедуры и осуществляющее мониторинг основных показателей жизнедеятельности человека, передаваемых затем для удаленного анализа. На основе собранных данных сформулированы предложения и прогнозы по развитию рынка медицинских биосенсоров в России.

Ключевые слова: биосенсоры, высокотехнологичная медицина, прогноз, социально-экономическое развитие

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION PECULIARITIES OF MEDICAL BIOSENSORS IN RUSSIAN FEDERATION

[1]Balyakin A.A., [1]Malyshev A.S., [2,3]Mamonov M.V., [1]Taranenko S.B.

[1]Non-for-profit partnership «Agency of scientific expertise and consulting», Moscow, e-mail: byzantium@bk.ru;

[2]Russian Public Opinion Research Center, Moscow;

[3]Finance University under the Government of the Russian Federation, Moscow

The results of the study of existing solutions in the field of biosensor technology available to the practical implementation of the Russian Federation are presented. We formed the list of 176 devices ready to implement in Russian market. The problems of technologies selection and the possible risks and challenges associated with the introduction of biosensors are discussed. Based on Gallup polls social aspects of distant medicine are studied. We argue that the main difficulties in biosensor development and implementation are connected with institutional aspects. Using experts' surveys the idea of so-called "dream biosensor" was formulated – universal passive wireless device made of biodegradable polymers which has no direct impact on the patient body. It should be implanted as a result of a simple outpatient procedure, and after monitor the vital personal characteristics. Collected information about physiological condition is transferred to a remote server for further analysis. As a result we formulate suggestions and forecast of medical biosensor market development in Russia.

Keywords: biosensors, high-tech medicine, prognosis, social-economic development

По данным государственной статистики в России фиксируются повышенные показатели смертности от ряда болезней [3]. Среди значимых факторов такого положения дел – неоперативное, эпизодическое медицинское освидетельствование и, как следствие, позднее выявление заболеваний, лечение которых на данной стадии малорезультативно и требует больших финансовых затрат. Развитие и внедрение биосенсорных технологий – перспективный путь, позволяющий кардинально переломить ситуацию и как следствие, обеспечить значимое снижение смертности в группе социально значимых заболеваний.

Для принятия эффективных управленческих решений по внедрению биосенсорных технологий в медицинскую практику необходимо провести как поиск существующих устройств, так и осуществить разработку научно обоснованных подходов к их отбору с привлечением широкого круга специалистов. Данная задача решается в ходе выполнения специализированного проекта, поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований. В ходе его выполнения были проведены 2 круглых стола по перспективам внедрения биосенсорных технологий, проводится опрос экспертов, выпущено 2 сборника с материалами работ. Изложению некоторых результатов исследования и посвящена настоящая работа.

Авторами был проведен анализ возможности развития в России дистанционной медицины. Основное внимание уделялось устройствам и подходам, используемым для лечения и непрерывной диагностики социально значимых заболеваний: заболевания

сердечно-сосудистой системы, контроль уровня содержания сахара в крови и своевременное медикаментозное воздействие на пациента, заболевания желудочно-кишечного тракта (см. подробнее [5, 6]). В ходе работ отбирались биосенсорные системы, либо уже представленные на рынке, либо же готовые к внедрению в самой ближайшей перспективе. К настоящему времени составленный перечень инвазивных биосенсорных систем содержит 176 позиций, подразделяющихся на 7 групп, такие как кардиологические; кохлеарные; контроль содержания сахара в крови; желудочно-кишечные; нейростимуляторы; спорт и прочее; иное.

Риски и вызовы, связанные с медицинскими биосенсорами

При отборе тех или иных биосенсорных решений необходимо учитывать не только сугубо медико-биологические и технологические факторы, но и систему рисков, с этим связанных, возможно, делающих те или иные решения неэффективными, нецелесообразными, либо приводящими к результатам, отличным от ожидаемых. Риски и угрозы применения имплантируемых устройств, регистрирующих жизненно важные параметры органов человека (сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, нервной системы) имеют принципиально комплексный характер, выраженный в сочетании различных аспектов: предметных (медицинских и технологических), институциональных (структурных, правовых и пр.), экономических (бюджетное ограничение, конкуренция приоритетов, конъюнктура) [7].

Данные риски возможно классифицировать как общие (характерные для всей таргетной группы имплантируемых устройств), групповые (характерные для датчиков регистрации параметров конкретного органа (системы)) и индивидуальные (присущие в силу тех или иных особенностей конкретному типу датчиков). К общим рискам следует отнести:

Институциональный риск, который можно условно назвать «риск заказчика». Данный риск связан с институциональным разрывом «запрос пациента» – «предложение рынка». Принципиально неустранимое наличие посредника между пациентом и рынком в лице «заказчика услуги» (государство, страховая компания и пр.), например выраженное в формировании перечня оказываемых медицинских услуг экспертным и/или административным путем, является важнейшим фактором искажения.

Структурный риск – риск зависимости, выраженный в существенной, возможно принципиальной зависимости носителя имплантата от наличия, а равно отсутствия инфраструктуры, обеспечивающей работоспособность имплантата. В этом риске следует различать географический, зональный (город – деревня) и временной аспекты.

Структурно-экономический риск замещения и бюджетного ограничения. В силу бюджетного ограничения существует возможность вымывания возможной общедоступной медицинской помощи дорогостоящей медицинской услугой необщего применения. Реализация данного риска приводит к тому, что рост затрат и усилий не приводит к росту эффективности медицинской помощи в целом, а возможно, имеет и противоположный эффект.

Для Российской Федерации, к сожалению, характерен и т.н. системный и конъюнктурный риск технологической зависимости. В силу существенной зависимости развития технологий от технологически развитых стран и связанного с этим несамостоятельного процесса формирования приоритетов возможно существенное искажение национальных потребностей на базе предложенных извне приоритетов.

Вместе с тем риски влияния этим не ограничиваются. Следует иметь в виду и т.н. «этико-правовой» риск, а именно риск влияния внешне индуцируемых и внутренних этических установок и вновь возникающих норм на правовое поле, регулирующее применение имплантируемых устройств. С учетом фрагментарности национальной правовой базы, ее ненаправленности на приоритетное развитие применения имплантируемых устройств в национальном здравоохранении данный риск следует рассматривать и как институционально-юридический. Имеет место и социальный риск, который можно условно назвать «риск моды», связанный с применением имплантируемых устройств вне связи с медицинскими показаниями. Данный риск имеет «маркетинговую» составляющую, заключающуюся в предложении или вменении ненужных услуг, и «профессиональную» составляющую, а именно применение устройств для «улучшения» профессиональных качеств человека.

Последняя группа рисков (условно называемая морально-этические проблемы) часто не рассматривается. Считается, что при наличии достаточного финансирования и технической базы вопрос производства и внедрения биосенсоров в Российской Федерации может быть решен в кратчайшие сроки (так, в планах Технологической платформы «Медицина будущего» предполагается, что уже в 2014–2015 гг. будут проведены поисковые работы и создан задел к внедрению в 2015–2016 гг. первых

медицинских биосенсоров). Однако, как показали исследования, именно эта группа рисков может стать решающим препятствием на пути внедрения биосенсоров: нежелание населения принимать услугу может в конечном итоге замедлить темпы развития и массового внедрения биосенсорных технологий.

В ходе исследовательских работ было выявлено два типа социальных рисков: риски поведенческого характера и риски когнитивного характера.

К числу наиболее значимых относятся риски поведенческого характера, вызванные неготовностью к использованию достижений высокотехнологичной медицины. Этому есть ряд объяснений, в том числе и устоявшееся мнение о недоступности данного вида услуг (ценовая недоступность, невозможность получения по месту жительства) и неочевидность эффективности. Однако есть и иная, возможно более значимая, причина: часто встречающееся нежелание и неготовность россиян обращаться в медицинские учреждения для получения медпомощи. Именно поэтому обращение за специализированной помощью происходит на той стадии заболевания, когда медицинская помощь уже неэффективна. Модель поведения значительной части россиян исключает постоянное внимание к своему здоровью и предполагает минимизацию усилий и расходов по его поддержанию. Даже в условиях очевидной медицинской необходимости, на уровне деклараций лишь 60% готовы обратиться к врачам, и только 6% – в негосударственные медицинские учреждения. Последний показатель важен как свидетельство степени готовности инвестировать в свое здоровье: он иллюстрирует крайне малую распространённость модели поведения, предполагающую заблаговременную или хотя бы своевременную сфокусированность внимания на своем здоровье.

Внимание к здоровью, по мнению большинства россиян, это прежде всего всевозможные ограничения и лишь во вторую очередь – постоянный контроль за его состоянием. Так, в ходе общероссийского опроса, проведенного в апреле 2014 года, лишь 18% заявили о том, что они регулярно проверяют свое здоровье, проходят диспансеризацию. Подчеркнем, что речь идет о декларируемом, а не реальном поведении [1].

Таким образом, важным ограничением внедрения биосенсоров в повседневную практику является нежелание и неготовность граждан уделять достаточное внимание текущему состоянию своего здоровью.

Вторая группа социальных рисков имеет когнитивную природу. К числу таковых следует отнести проблему отношения населения к инновации и инновационным продуктам. Социальные аспекты внедрения и распространения инновации изучены в рамках диффузной теории [9, 11], в рамках которой было показано, что население можно разделить на 5 групп, демонстрирующих различное поведение в части принятия инноваций. Так, большая часть графиков принятия инноваций членами общества, представленных в указанных работах, напоминает стандартную колоколообразную кривую (нормальное распределение), разделенную на 5 частей (условно названных новаторы – 2,5% населения; ранние последователи – 13,5% населения; раннее большинство – 34% населения; позднее большинство – 34% населения; отстающие – 16% населения).

Для успешности внедрения инновации, обеспечения ее коммерческой состоятельности необходимо формирование ядра потребителей, которое состоит из представителей первых двух групп. В противном случае высок риск отторжения инновационного продукта – даже при очевидной его результативности. Как показывают оценки, основанные на предложенной методике, в Российской Федерации к первым двум группам можно отнести исключительно жителей мегаполисов с высоким уровнем дохода, что серьезно сужает возможности внедрения высокотехнологичной медицины по запросу «снизу» (а не посредством принятия управленческих решений).

Выбор оптимального устройства. Биосенсор мечты

Проблема выбора имплантируемого медицинского устройства из набора возможных (при установленных медицинских показаниях) – уникальна. Подбор устройства весьма индивидуален по ряду показателей пациента, как связанных с его личными характеристиками (такими как возраст, рост, вес, раса и пр.), со спецификой диагностированного заболевания, а также рыночными факторами: доступностью устройств на рынке (в том числе и с учетом наличия сертификатов и пр. разрешительных документов на применение устройств), стоимостью (доступность для пациента) и др. [1].

В случае показаний к использованию какого-либо имплантируемого устройства врач (специалист, ответственный за принятие решения) будет выбирать из минимального количества – на практике речь идет о 2–3 устройствах. Однако, когда необходимо оснастить высокотехнологичным медицинским оборудованием организацию или принять решение о преимуществах одного устройства перед другим, ситуация может

быть принципиально иной, более сложной и многофакторной, что требует развития соответствующего аппарата анализа.

Анализ данных, полученных по итогам опроса специалистов и учета мнения населения, отраженного в социологических опросах ВЦИОМ, свидетельствует, что в целях решения задач повышения уровня медицинского обслуживания населения за счет внедрения дистанционной медицины логичнее разработать не модель выбора (оценки) медицинского устройства, а модель оценки предоставляемой медицинской услуги в целом.

Данный подход тем не менее имеет свои недостатки, связанные, прежде всего, с необходимостью производства большого числа специализированных устройств с одновременной организацией различных схем финансирования услуги и сложностью обучения персонала. Такая модель возможна лишь в развитых экономиках (как в части производства, так и в части рынков, включая рынок труда). В российских условиях, в качестве разумной альтернативы, как представляется, могла бы послужить бизнес-модель создания и технической реализации имплантируемого медицинского устройства (т.н. «Биосенсор мечты»), предназначенного для персонального использования пациентом при лечении тех или иных заболеваний, который бы позволял снимать максимум необходимой информации одновременно (т.е. не был бы узкоспециализированным), будучи при этом доступным по цене и простым в использовании.

По итогам обработки опросов экспертов (97 анкет на 1 августа 2014 г.) и анализа доступной научной и технической литературы были сформулированы следующие требования к характеристикам устройства:

это универсальное пассивное беспроводное устройство из биоразлагаемых полимеров, не оказывающее непосредственного воздействия на организм. Оно должно имплантироваться в результате простой амбулаторной процедуры (например, специальным шприцем) и осуществлять мониторинг основных показателей жизнедеятельности человека: температура тела; артериальное давление; анализ крови: уровень глюкозы, содержание кислорода, белков и ферментов; ЭКГ. Предполагаемый срок службы такого устройства от 1 до 6 месяцев. Сбор информации, то есть активная фаза работы устройства, не должна оказывать существенного влияния на образ жизни пациента. Информация о физиологическом состоянии организма, в режиме реального времени и с заданной периодичностью, будет передаваться на персональный компьютер пациента и/или на удаленный сервер, собирающий данную информацию.

Отметим, что предлагаемое устройство не должно быть долговечным и предполагает лишь помощь пациенту, наблюдение за ним в периоды обострения болезней. В случае серьезных проблем со здоровьем потребуется применение более дорогостоящих и специализированных устройств. Предлагаемый же нами подход ориентирован, прежде всего, на профилактику заболеваний, сбор информации, необходимой для организации медицинской помощи и предполагает массовое дешевое производство.

Перспективы развития отрасли

По проведенным оценкам, на сегодня российский рынок биосенсоров является нишевым рынком без значительных экспортных перспектив (за исключением стран СНГ). Российский рынок мобильных биосенсоров к 2015 г. составит около 1,5–2% от мирового (с перспективой до 3%). Ожидаемый рост рынка биосенсоров в России будет наиболее заметным в ближайшие годы (порядка 10%), после чего произойдет снижение роста (до 5% после 2017 года). В этом случае, исходя из размеров рынка в $300 млн на настоящее время, к 2015 ожидаемый объем – 585 млн, к 2020 – 845 млн (18 и 26 млрд руб. соответственно) [7, 10].

В рамках работы были проведены оценки структуры цены услуги, связанной с использованием медицинских биосенсоров в России. Исходя из данных социологических опросов пациентов, воспользовавшихся услугами высокотехнологичной медицинской помощи, установлено, что наиболее оптимальной ценой для потребителя, обеспечивающей соотношение «цена – качество», является приблизительно $3000 за услугу в год (с учетом стоимости прибора).

Для выявления наиболее эффективного способа внедрения биосенсоров была предложена 2-компонентная модель народонаселения, предполагающая различную динамику двух социальных групп, условно названных «город» (производство услуг) и «село» (производство ресурсов). Практически речь идет о т.н. «бинарных» структурах, стратифицирующих социально-экономическое пространство. Проведено численное моделирование данной системы, рассмотрены характерные режимы. Изучена возможность управления системой путем резкого изменения динамических параметров (смены институтов). Показано, что в ряде случаев предлагаемые изменения могут вести к потере устойчивости системой [8].

Полученные результаты в применении к медицинским биосенсорам можно трактовать следующим образом. Во-первых, внедрение инноваций в рамках условного

«города» не только экономически оправдано, но и дает положительный эффект для системы в целом. Ввиду прочной связи «города» и «деревни» повышение уровня и качества жизни в первом неизбежно приводит к улучшениям и во втором – в проведенных модельных расчетах на двухпроцентный рост в «городе» приходится однопроцентный рост в «деревне». Вторым важным выводом стало заключение о том, что изменения в образе жизни можно компенсировать надлежащими управленческими решениями, связанными с регуляцией перетока населения из города в деревню, причем их глубина может быть сравнительно невелика.

Заключение

Таким образом, показано, что развитие рынка медицинских биосенсоров в России возможно только как сочетание развития целого ряда направлений: собственно технологий создания и применения имплантируемых устройств, а также связанных с их установкой и использованием сопутствующих и обеспечивающих услуг. Серьезные усилия по внедрению медицинских биосенсоров предполагают не столько крупные финансовые вливания, но, прежде всего, принятие оптимальных управленческих решений и формирование позитивного образа биосенсоров среди населения.

Одним из значимых инструментов развития биосенсорных технологий могут стать инновационные кластеры наноиндустрии, специализирующиеся на высоких медицинских технологиях [1]. Производство устройств должно быть ориентировано на недорогие, доступные устройства, простые в использовании.

Работы выполнены при поддержке гранта РФФИ 13-02-12111.

Список литературы

1. Всероссийский репрезентативный опрос ВЦИОМ. Дата проведения: апрель 2014 г. Объем выборки – 1600 человек. Опрос проводится в 130 населенных пунктах в 42 субъектах РФ. Статистическая погрешность не превышает 3,4%. http://wciom.ru/zh/print_q.php?s_id=958&q_id=65765&date=20.04.2014.

2. Балякин А.А., Мун Д.В. Направление прорыва – биосенсоры завоевывают мир // Объединение инженеров. – 2013. – № 6 (18). – С. 41–44.

3. Здравоохранение в России. Статистический сборник Росстата. – М., 2011.

4. Инновационные кластеры наноиндустрии / Г.Л. Азоев и др.; под ред. Г.Л. Азоева. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011.

5. Проблемы создания в России биосенсорных систем, используемых для лечения и непрерывной диагностики социально-значимых заболеваний, вып. 1 / под ред. А.А. Балякина. – М.: Два капитана, 2013.

6. Проблемы создания в России биосенсорных систем, используемых для лечения и непрерывной диагностики социально-значимых заболеваний, вып. 2 / под ред. А.А. Балякина. – М.: Два капитана, 2013.

7. Balyakin A.A., Blokhina E.V., Kunina G.E., Taranenko S.B. Biosensors as Emerging Market: Obstacles to Implement. Russian Case // Proceedings of the International Conference on Biomedical Electronics and Devices (BIODEVICES 2014) 03-06 March 2014 ESEO, Angers, Loire Valley – France. – P. 102–106.

8. Balyakin A.A., Zhulego V.G. 2-Phase model for population growth (to be published).

9. Center A.H., Jackson P. Public relations practices. Managerial case studies and problems. – Englewood cliffs, 1990.

10. Implantable Medical Devices Industry Study #2852. 2012 (http://www.freedoniagroup.com).

11. Williamson J. Decoding advertisements. Ideology and meaning in advertising. – London. 1978.

References

1. All-Russia representative VCIOM survey. April 2014. 1600 respondents, 130 towns in 42 regions of Russian Federation. Statistical error less than 3,4%. http://wciom.ru/zh/print_q.php?s_id=958&q_id=65765&date=20.04.2014.

2. Balyakin A.A., Mun D.V. Breakout direction – biosensors conquer the world // Combining engineers (Ob'edinenie ingenerov) no. 6 (18), 2013. pp. 41–44.

3. Healthcare in Russia. Statistical Rostat compilation. M., 2011.

4. Innovation nanoindustry clusters (Innovatsionnye klastery nanoindustrii) M., 2011, G.L. Azoev et al., ed. G.L. Azoev.

5. Problems to create biosensors systems in Russia aimed at continuous treatment and diagnosis of social diseases (Problemy sozdania v Rossii biosensornykh system ispol'zuemykh dlya lechenia i nepreryvnoy diagnostiki sotsialno znachimykh zabolevaniy), issue 1 / ed. A.A. Balyakin, M., 2013.

6. Problems to create biosensors systems in Russia aimed at continuous treatment and diagnosis of social diseases (Problemy sozdania v Rossii biosensornykh system ispol'zuemykh dlya lechenia i nepreryvnoy diagnostiki sotsialno znachimykh zabolevaniy), issue 2 / ed. A.A. Balyakin, M., 2013.

7. Balyakin A.A., Blokhina E.V., Kunina G.E., Taranenko S.B. Biosensors as Emerging Market: Obstacles to Implement. Russian Case // Proceedings of the International Conference on Biomedical Electronics and Devices (BIODEVICES 2014) 03-06 March 2014 ESEO, Angers, Loire Valley – France. pp. 102–106.

8. Balyakin A.A., Zhulego V.G. 2-Phase model for population growth (to be published).

9. Center A.H., Jackson P. Public relations practices. Managerial case studies and problems. – Englewood cliffs, 1990.

10. Implantable Medical Devices Industry Study #2852. 2012 (http://www.freedoniagroup.com).

11. Williamson J. Decoding advertisements. Ideology and meaning in advertising. London. 1978.

Рецензенты:

Цыганов Д.И., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Медицинская техника» РМА ПО, г. Москва;

Азоев Г.Л., д.э.н., профессор, зав. кафедрой маркетинга, директор института маркетинга Государственного университета управления, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 339.187.44

УПРАВЛЕНИЕ ФУНКЦИЕЙ ПЛАНИРОВАНИЯ ВО ФРАНЧАЙЗИНГОВЫХ ОТНОШЕНИЯХ

Ганебных Е.В., Эль-Сибаи Н.М.

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: Ganebnykh@mail.ru

Управление планированием франчайзинговых отношений сконцентрировано вокруг формирования франшизного пакета. Франшизный пакет представляет собой зеркальное отражение бизнеса франчайзера, выраженное в формулировке конкретной технологии работы, рецептуры, уникальных ноу-хау, используемых в работе. В статье рассмотрены этапы формирования франшизного пакета, представлена матрица управления планированием франчайзинга, описаны формы конкурентной стратегии франчайзера, связанные с формированием франшизы, приведен анализ современного состояния сервисов, поддерживающих развитие франчайзинга в России, а также представлена структура франчайзингового предложения. Развитие франчайзинга в России имеет большой потенциал. В последние годы многие эксперты обратили свои взоры на данный формат бизнеса. Продвижение франчайзинга в регионах набирает свои обороты: проводятся выставки, семинары и различные мероприятия по его популяризации. Одновременно с этим растет число мошеннических франшиз, направленных не на мультипликацию успешного бизнеса, а на продажу франшизы в качестве товара. В целях минимизации рисков вложения финансовых средств в неподходящие предложения необходимо проведение исследований, направленных на оценку факторов, определяющих эффективность франшизных предложений.

Ключевые слова: франчайзинг, франшиза, франчайзер, франчайзинговое предложение

MANAGEMENT OF PLANNING FUNCTION IN FRANCHISING RELATIONS

Ganebnykh E.V., Elsebaie N.M.

Vyatka State University, Kirov, e-mail: Ganebnykh@mail.ru

Management of planning a franchising relation is concentrated around composing of a franchise package. Franchise package represents a specular reflection of franchiser's business that expressed in the exact technology of work, the compounding, the unique know-how used in work. Stages of a franchise package are explained in the article, the management of planning matrix is offered, forms of franchiser's competitive strategy that linked with franchise composing is described, the analysis of a current condition in the franchising development services of Russia is provided, and also the structure of franchising offer is offered. Development of franchising in Russia has high potential. Last years many experts turned their gaze towards this business format. The franchising's progress in the regions is gaining values: exhibitions, seminars and other different events of its popularization are taking place. At the same time grows the quantity of fraud franchises, which target is not to multiply successful business, but to sell the franchise as a product itself. In target to minimize risks of investments in bad offers it is necessary to run researches in field of appreciation of key factors that indicate the level of franchise's effectiveness.

Keywords: franchising, franchise, franchiser, franchising offer

Управление планированием франчайзинговых отношений сконцентрировано вокруг формирования франшизного пакета. Франшизный пакет представляет собой зеркальное отражение бизнеса франчайзера, выраженное в формулировке конкретной технологии работы, рецептуры, уникальных ноу-хау, используемых в работе. Также франшизный пакет в обязательном порядке содержит в себе финансовые условия предоставления возможности франчайзи работать по предложенной схеме: паушальный взнос, роялти, маркетинговые сборы, различные формы вознаграждений, бонусов, компенсаций и прочее. Формируя франшизу, франчайзер анализирует не только свои затраты на формирование пакета, но и затраты будущих периодов, связанные с сопровождением деятельности своих франчайзи (или координацией их деятельности), а также предполагаемую прибыль от внедрения системы франчайзинга в свои бизнес-процессы.

Основная прибыль франчайзера складывается из:

– паушального взноса;

– роялти;

– товарной маржи (в товарном франчайзинге) или оплаты услуг (в сервисном франчайзинге).

Очевидно, что франчайзер заинтересован в максимизации собственной прибыли, стремясь заложить высокую доходность от продажи франшизы. Однако рыночные механизмы ценовой конкуренции заставляют его снижать издержки и норму прибыли, а неценовая конкуренция вынуждает повышать качественный состав не только реализуемых товаров и услуг и их потребительских свойств, но и состав франшизного пакета в целом, включая в него дополнительные «крючки», выделяющие франчайзера среди массы аналогов.

В таким «крючкам» можно отнести улучшенные условия поставок и послепродажного обслуживания, маркетинговые

мероприятия, помощь в кредитовании, аренде помещений, совместное использование уникальных ресурсов (высококвалифицированных специалистов, научно-исследовательских центров) и прочее.

Технология управления планированием франшизных отношений представляет собой порядок формирования франшизного пакета и состоит из информационных, вычислительных, организационных и логических операций, выполняемых руководителями и специалистами различного профиля, направленных на достижение целей управления.

Матрица управления планированием франчайзинга представлена на рис. 1. Управление планированием франчайзинга тесно связано с анализом конкурентной среды и формированием конкурентной стратегии франчайзера.

Конкурентным анализом занимались такие известные зарубежные ученые, как И. Ансофф, Ф. Котлер, Ж.-Ж. Ламбен, Р. Моборн, М. Портер, У. Чан Ким, а также ряд отечественных экономистов: Г.Л. Азоев, Г.Л. Багиев, Т.А. Бурцева, Е.П. Голубков, Р.А. Фатхутдинов и другие.

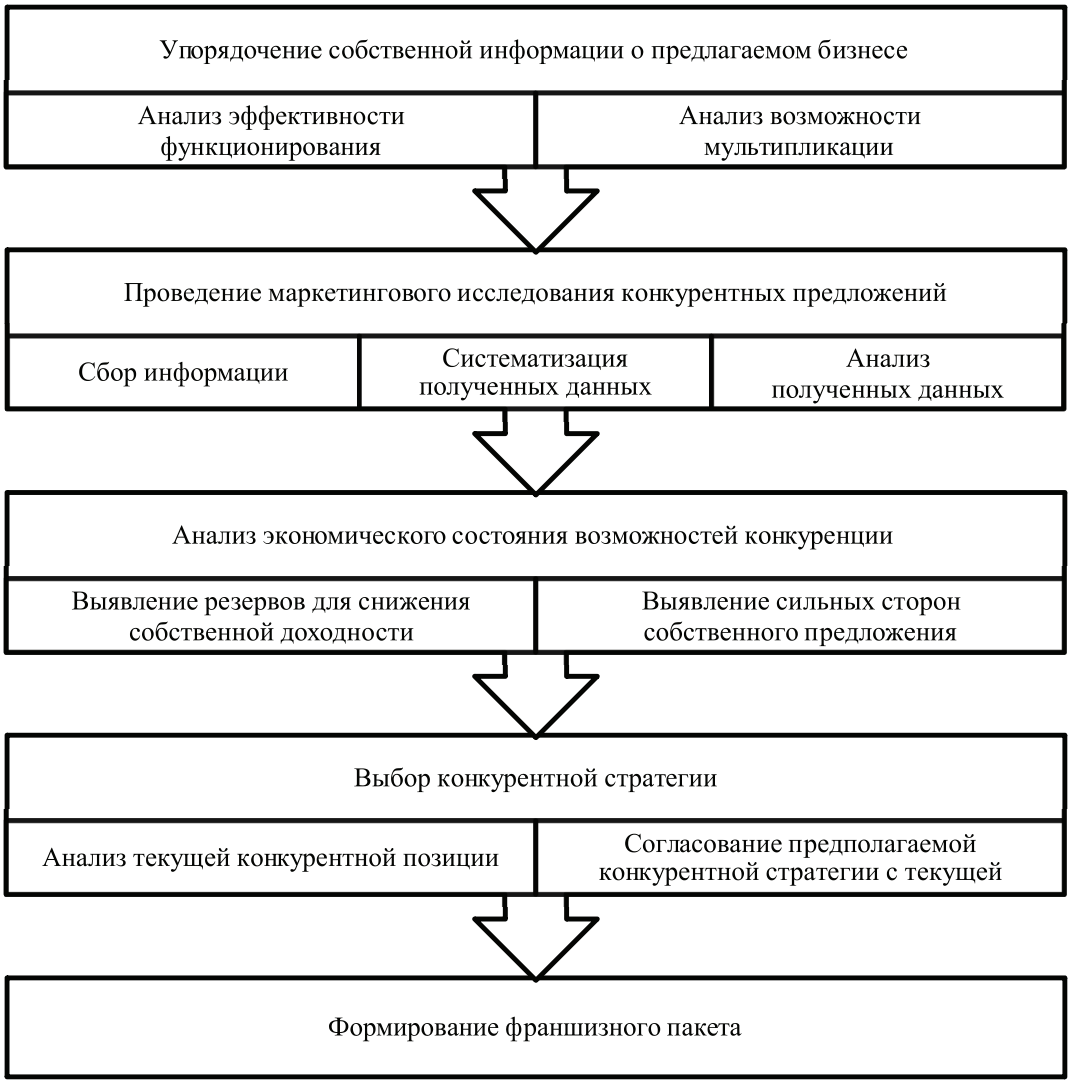


Рис. 1. Матрица управления планированием франчайзинга

Одним из основоположников конкурентного анализа является профессор гарвардской школы бизнеса М. Портер. Он указывает, что компании могут обладать только двумя видами конкурентных преимуществ: низкими издержками или дифференциацией продукта (товара и (или) услуги). Эти два типа конкурентных преимуществ в сочетании с той сферой деятельности, в которой компания пытается добиться этих

преимуществ, позволяют ей выработать три наиболее общие (базовые) конкурентные стратегии, с помощью которых можно добиться уровня эффективности, превышающего средние показатели в индустрии [5] (рис. 2).

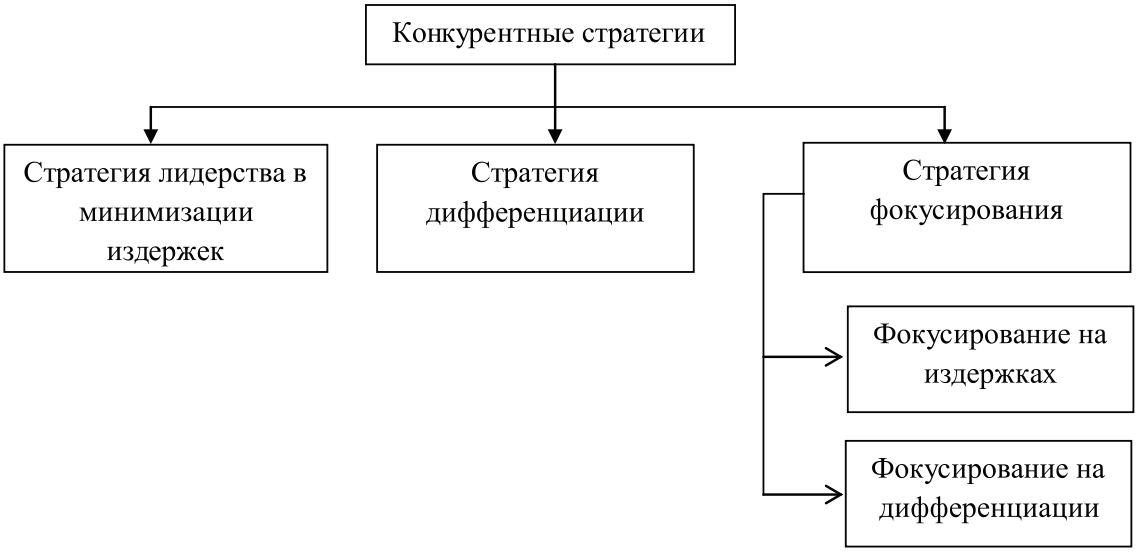


Рис. 2. Виды конкурентных стратегий

Как видно из названия, стратегия минимизации издержек подразумевает уменьшение издержек на производство товаров и услуг, а также на их реализацию. Целью работы в формате данной стратегии становится поиск путей снижения этих показателей, не прибегая к ухудшению качества продукции. Минимизация издержек повышает уровень доходности франчайзера, что позволяет увеличить затраты на разработку или покупку новых технологий, оборудования, проведение маркетинговых и научных исследований, что, в свою очередь, ведет к улучшению качества предлагаемого продукта.

Конкурентная стратегия дифференциации подразумевает наличие позитивных качественных отличий предлагаемого продукта от продуктов конкурентов. В рамках данной стратегии минимизация затрат на производство не является первоочередной задачей. Выбирая данную стратегию, франчайзер должен стремиться к созданию уникального продукта в своей отрасли рынка и, соответственно, должен быть готов инвестировать больше в разработку новых технологий.

Стратегия фокусирования подразумевает концентрацию франчайзера на определенном сегменте рынка, при этом используя стратегии минимизации издержек и дифференциации продукта как одновременно, так и по отдельности. Главное отличие от предыдущих конкурентных стратегий заключается в том, что франчайзер будет конкурировать на узком сегменте рынка. Его франшизный пакет вместо того, чтобы заманивать франчайзи низкой ценой или уникальностью, станет лидером отрасли или вообще вытеснит всех конкурентов.

Очевидно, что понятия «лучшая конкурентная стратегия» или «универсальная конкурентная стратегия» не существует. Франчайзер в состоянии управлять планированием франшизного предложения только согласовав условия его определенной отрасли с имеющимся капиталом и потенциалом развития.

Необходимо отметить, что существует возможность аутсорсинга этапа управления планированием франчайзинга. Сегодня даже на российском рынке существуют компании, которые предлагают проведение исследований, создание концепции франшизы и подготовку франчайзингового пакета. Дополнительными услугами таких компаний является переработка уже существующих франшиз на основе анализа слабых сторон франшизного предложения, а также влияние на рост продаж франшиз, путем их продвижения как в СМИ, так и другими различными способами вплоть до осуществления брокерских услуг по поиску потенциальных франчайзи.

Результатом управления планированием франчайзинга является конечный продукт – франчайзинговый пакет. Пример франчайзингового пакета приведен в таблице.

Структура франчайзингового пакета

№ п/п	Раздел
1.	Презентация франшизы. Концепция франшизы
2.	Фирменный стиль, дизайн объектов и мерчендайзинг (подробнее)
2.1.	Руководство по фирменному стилю
2.2.	Руководство по оформлению розничной точки работы с клиентами
2.3.	Руководство по мерчендайзингу
3.	Управление персоналом
3.1.	Организационная структура
3.2.	Штатное расписание и должностные инструкции
3.3.	Подбор персонала
3.4.	Адаптация и развитие персонала
3.5.	Мотивационная программа для персонала
3.6.	Правила внутреннего трудового распорядка
4.	Бизнес-процессы
4.1.	Товарные группы и ассортиментная политика
4.2.	Ценовая политика
4.3.	Организация поставок (закупок), логистика
4.4.	Организация хранения и перемещения продукции на торговой точке
4.5.	Обслуживание клиентов
4.6.	Блок-схемы бизнес-процессов
5.	Инструкция запуска
5.1.	Этапы запуска
5.2.	Требования к партнерам (франчайзи)
5.3.	Требования к местоположению розничной точки работы с клиентами
5.4.	Требования к розничной точке
5.5.	Перечень необходимых документов
5.6.	Оборудование, мебель, инвентарь
6.	Финансовая модель франшизы
7.	Стандарты контроля и отчетности во франчайзинговой сети
8.	Стандарты маркетинговой деятельности
9.	Юридические документы

После формирования франчайзингового предложения франчайзер выставляет свое предложение на продажу. Существует масса специализированных Интернет-ресурсов: franch.biz, moya-franshiza.ru, franshiza.ru, openbusiness.ru, franchisee.su, coolidea.ru, beboss.ru, buybrand.ru, bizbroker.ru, biznet.ru, franch-pro.ru, rfranch.ru, franshiza-info.ru, myfranch.ru, 1000ideas.ru и множество других. Исследование, проведенное нами в ноябре 2013 года среди действующих франчайзи Кировской области, показало, что подавляющее большинство (96,3 %) предпринимателей нашли «свою» франшизу именно в сети Интернет [3]. В последние годы на фоне колоссального роста спроса на франшизы регулярно стали организовываться различного формата выставки и ярмарки франшиз, такие как Международная выставка бизнеса по франчайзингу BUYBRAND EXPO в г. Москва, которая входит в ТОП-5 мировых выставок бизнеса по франчайзингу и является крупнейшей в Восточной Европе и на всем постсоветском пространстве; Форум-выставка «Франчайзинг. Регионы» в г. Тюмень, крупнейшее деловое мероприятие Уральского федерального округа в сфере франчайзинга; региональная конференция-выставка «Франчайзинг: новые возможности бизнеса» в г. Ростов-на-Дону, крупнейшая выставка такого рода в Южном федеральном округе; и даже Виртуальная выставка «Франчайзинг и лицензирование», организованная на базе площадки «Топ 100 Франчайзинг» franchisetop.ru.

Обычно подобные мероприятия сопровождаются различными финансовыми институтами, заинтересованными в финансировании будущих проектов. На сегодняшний день финансирование франшизных бизнес-проектов осуществляют ОАО «Сбербанк России», ОАО «Россельхозбанк», UniCredit Bank, большое количество банков финансировали франчайзинговые проекты до кризиса 2008 года, однако после

не возобновили данный вид деятельности (Собинбанк, ВТБ, Европакредитбанк, Уралсиб). Кредитуя франчайзинговый проект на уровне старт-апа, банки используют механизмы венчурного инвестирования, ведь рост капитализации франшиз происходит гораздо быстрее по сравнению с независимыми фирмами. Очевидным минусом кредитования франчайзинга банками является высокий процент, в который банки закладывают собственные риски невозврата старт-апа. Сегодня банковский кредитный процент составляет от 17,5 до 24%, причем все приобретаемое оборудование идет в залог.

Также существуют финансовые институты, использующие другие механизмы финансирования франчайзинга. Они вступают в бизнес в качестве инвесторов наравне с франчайзи, а затем постепенно продают ему свою долю, закладывая в ее цену собственную прибыль. В данном случае инвестор рискует наравне с франчайзи, на которого не возлагаются обязанности по выкупу доли партнера при негативном варианте развития бизнеса. Однако еще более высокие риски инвестора по сравнению с банковским кредитованием, конечно же закладываются в проценты, на которые удорожает их доля при дальнейшем выкупе франчайзи. На сегодняшний день доходность инвесторов составляет 23–30%.

Если еще 5 лет назад на российском рынке преобладали франшизы зарубежных торговых марок, то сегодня количество российских франшизных предложений составляет уже более 800. Однако с ростом популярности франчайзинга и объемов предложения франшиз растет и число «псевдофраншиз», когда предложение создается не как способ мультипликации успешного бизнеса или бренда, а как собственно товар для продажи. Псевдофранчайзеры не имеют опыта собственной работы, штампуют франшизу по шаблону известных брендов, не занимаются сопровождением дальнейшей деятельности франчайзи и, как правило, исчезают с рынка после продажи небольшого количества пакетов. По мнению экспертов, сегодня количество таких псевдофраншиз составляет около 65% от общего числа отечественных франшиз [1].

Среди отечественных франшизных предложений активно развивается товарный франчайзинг: TBOE, PROVOКАЦИЯ, MILAVITSA, Orby, SAVAGE, SELA, Carlo Pazolini, TJ Collection, Chester, Carnaby, Gloria Jeans, OGGI, Tervolina, Camelot, O'STIN, Baon, INCITY, Paolo Conte, Мария, Столплит и другие; сервисный франчайзинг: Tez Tour, CORAL, Pegas Touristic, 1001 тур, WELL, Сеть магазинов горящих путевок, МТС, Билайн, Мегафон и другие; производственный франчайзинг: Шоколадница, Елки-Палки, Пельмешки да вареники, Суши-сан, Sushilka, КофеТун-СушиТун и другие; франчайзинг бизнес-формата: Пятерочка, Эксперт, Позитроника.

Суммируя, можно сказать, что развитие франчайзинга в России имеет большой потенциал. В последние годы многие эксперты обратили свои взоры на данный формат бизнеса. Продвижение франчайзинга в регионах набирает свои обороты: проводятся выставки, семинары и различные мероприятия по его популяризации. Одновременно с этим растет число мошеннических франшиз, направленных не на мультипликацию успешного бизнеса, а на продажу франшизы в качестве товара. В целях минимизации рисков вложения финансовых средств в неподходящие предложения необходимо проведение исследований, направленных на оценку факторов, определяющих эффективность франшизных предложений.

Список литературы

1. Богушевская Ю. Как заработать на франшизе: самые выгодные бренды в России // Навигатор-Киров. – 2013г. – № 20(177).

2. Бурцева Т.А., Кузнецова А.В., Миронова Н.А. Методологические основы оценки стоимости бренда // Маркетинг. – 2009. – № 1(104).

3. Ганебных Е.В. Классификация форм франчайзинговых отношений // Сборник материалов VII межвузовской студенческой научно-практической конференции; под ред. Л.К. Прокопенко – Киров: Изд-во ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2014.

4. Ганебных Е.В. Оценка факторов, определяющих эффективность франшизных предложений // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 3.

5. Портер М. Указ. соч.; Международная конкуренция: пер. с англ. – М.: Международные отношения, 1993.

References

1. Bogushevskaya Yu. Kak zarabotat na franshize: samye vygodnye brendy v Rossii [How to earn over franchise: the most profitable brand in Russia] // Navigator-Kirov. 2013. no. 20(177).

2. Burtseva T.A. Kuznetsova A.V., Mironova N.A. Metodologicheskie osnovy otsenki stoimosti Brenda [Methodological principles of brand's cost appreciation] // Marketing. 2009. no. 1(104).

3. Ganebnykh E.V. Klassifikatsiya form franchaizingovyh otnosheniy [Classification of franchising relations' shapes] // Sbornik materialov VII mezhvuzovskoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Collection of materials of VII inter-university student's scientific-practical conference]. Editor Prokopenko L.K. Kirov: Izdatelstvo FGEI HPE «VyatSU», 2014.

4. Ganebnykh E.V. Otsenka faktorov, opredelyayuschih effektivnost franshiznyh predlozheniy [Assessment of the factors defining efficiency of franchise offers] // Fundamentalnye issledovaniya [Fundamental researches]. 2014. no. 3.

5. Porter M. International competition / Translated from English. M.: International relations, 1993.

Рецензенты:

Бурцева Т.А., д.э.н., профессор кафедры менеджмента и маркетинга, и.о. декана факультета экономики и менеджмента, ФГБОУ ВПО «ВятГУ», г. Киров;

Каранина Е.В., д.э.н., профессор кафедры финансов и экономической безопасности, заведующая кафедрой финансов и экономической безопасности, ФГБОУ ВПО «ВятГУ», г. Киров.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 65.011.12:330.142.211.4

ОПТИМИЗАЦИЯ АМОРТИЗАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ

[1]Данилова Н.Н., [1]Зданович М.Ю., [2]Васильева Н.О.

[1]ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» Министерства науки и образования Российской Федерации, Красноярск, e-mail: Danilova240@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет» Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Красноярск, e-mail: natasha.krasnoyarsk@gmail.com

Амортизационная политика как составная часть экономической политики предприятия оказывает влияние на состояние основных средств, степень их физического и морального износа; величину налоговых платежей и другие показатели, а в совокупности на финансовые результаты работы. Определенная «свобода выбора», предоставленная государством, дает возможность предприятию проводить амортизационную политику, способствующую минимизации налоговых платежей, увеличению прибыли и улучшающую его финансовое положение. Оптимизация амортизационной политики возможна путем выбора способов начисления амортизации и вариантов их применения, которые дают наилучший результат в условиях ограничений, наложенных нормативными требованиями и стратегической (краткосрочной) целью предприятия. Предложен алгоритм оптимизации амортизационной политики и формализованный расчет экономии. Результирующим показателем является общая дисконтированная экономия по налогу на прибыль и на имущество предприятия.

Ключевые слова: амортизационная политика, линейный способ начисления амортизации, нелинейные способы начисления амортизации, налоговый щит

OPTIMIZATION OF THE DEPRECIATION POLICY OF THE ENTERPRISE

[1]Danilova N.N., [1]Zdanovich M.Y., [2]Vasileva N.O.

[1]Fedeal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: danilova240@mail.ru;

[2]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Krasnoyarsk State Agrarian University» Ministries of Agriculture of the Russian Federation, Krasnoyarsk, e-mail: natasha.krasnoyarsk@gmail.com

Depreciation policy as an integral part of economic policy of the enterprise influences the condition of fixed assets, the degree of their moral and physical obsolescence; the amount of tax payments and other indicators, and in the aggregate, the financial results of the work. A certain «freedom of choice»provided by the state, allows the company to carry out depreciation policies that promote minimization of tax payments, increase profits and improve its financial position. Optimization of depreciation policy is possible by choosing the way of depreciation and variants of their use, which gives the best results in terms of restrictions imposed by regulatory requirements and strategic (short-term) objective of the enterprise. The algorithm of optimization of depreciation policy and formalized the savings. The resulting figure is the total discounted cost savings from the tax on income and property of the enterprise.

Keywords: depreciation policy, linear method of charging of depreciation, nonlinear method of charging of depreciation, tax board

Предметом настоящего исследования является амортизационная политика и комплекс мер по ее оптимизации.

В условиях недостаточности чистой прибыли, отсутствия возможности кредитования, внешних инвестиций именно амортизационные отчисления являются базовым и наиболее устойчивым источником финансовых ресурсов организации, а их максимизация без каких-либо дополнительных затрат – одна из задач предприятия. В то же время практически все исследователи едины во мнении, что вопрос о механизме реализации амортизационной политики, дающем наибольший эффект от ее применения в конкретных условиях институциональной внешней и внутренней среды предприятия, однозначно не решен.

Дерина О.В., Залогов Н.А. [3] отмечают, что независимо от экономической, финансовой или налоговой концепции существующая амортизационная политика как инструмент воспроизводства основного капитала не стала эффективным инструментом инвестиционной активности и важнейшей ее задачей является восстановление воспроизводственной функции амортизации. В работе Девятаевой Н.В. [2] указано на разночтения в нормативных документах, а также высказаны предложения о целесообразности «материализации» амортизационных отчислений, необходимости выработки единых подходов к урегулированию «амортизации имущества организаций» в налоговом и бухгалтерском учетах, сокращении сроков амортизации и др. На возможности обоснованной амортизационной политики в оптимизации налогообложения и выявлении свободных инвестиционных ресурсов указывается также в работе Даниловой Н.Н., Зданович М.Ю., Васильевой Н.О. [1]. Наиболее полезными и близки-

ми в аспекте проводимой работы являются исследования, в которых авторы делают акцент на эффективности применения того или иного метода начисления амортизации. В работах последних лет (Бреусов Ю.Г., Безуглов Н.Н., Копаева В.В., 2000; Ивашковский Н.С., 2011; Кутер М.И., 2010; Петрикова Е.М., 2011; Толкун И. и других) рассматриваются отдельные аспекты совершенствования амортизационной политики.

Пьянов А.С. [7] показывает, что возможности оптимизации амортизационной политики могли быть шире, если адаптировать к российской практике применяемые за рубежом методы амортизации. Основными из них являются: линейный (пропорциональный), регрессивный, предусматривающий регрессивное начисление «амортизации» не равными долями, а ежегодно уменьшающимися на определенный процент, и кумулятивный метод, предусматривающий списание балансовой стоимости с ежегодным уменьшением, как при регрессивном. Нелинейные методы позволяют за первую половину нормативного срока службы списывать более 70 % первоначальной балансовой стоимости.

Применяются также методы: дополнительный, когда сумма амортизационных отчислений превосходит первоначальную стоимость списываемого объекта; особый, предусматривающий временное увеличение нормы амортизационных отчислений; предварительный – амортизационное списание осуществляется до начала функционирования оборудования; дегрессивный (списание с уменьшающегося остатка), когда отчисления производятся не от первоначальной, а от балансовой стоимости основных фондов.

Такой интерес и незавершенность работ свидетельствует о необходимости дальнейших научно-практических работ в этом направлении.

Цель исследования – обобщить комплекс научных предложений, сформулировать алгоритм оптимизации амортизационной политики и показать, что обоснованная амортизационная политика позволит предприятию увеличить размер собственных финансовых ресурсов.

Результаты исследования и их обсуждение

Оптимизацию амортизационной политики следует рассматривать как неотъемлемую часть бизнеса, вид финансово-управленческой деятельности, базирующийся не только на грамотном следовании положениям законов и нормативных документов, но и предварительном многокритериальном точном математическом расчете выбора варианта из числа имеющихся альтернатив.

Предпосылки к необходимости и возможности оптимизации механизма амортизационных отчислений содержатся в различных нормативно-правовых актах, имеющих достаточный арсенал приемов для амортизации основных средств с максимальной выгодой для организации.

Оптимизацию можно определить как выбор оптимального сочетания внутриорганизационных элементов амортизационной политики и возможных вариантов их интерпретации в рамках утвержденной учетной политики в условиях ограничений и свобод внешней среды (уровневая система нормативных документов, уровень инфляции и др.).

Предприятие, исходя из экономической стратегии (краткосрочная или долгосрочная), приоритетных задач, состава основных фондов оптимизирует основные элементы: способ и методы начисления амортизации, срок полезного использования объекта основных средств момент внесения изменений в Учетную политику.

В соответствии с Положением по бухгалтерскому учету ПБУ 6/01 [6] начисление амортизации по объектам основных средств, производится одним из следующих способов:

1) линейным;

2) способом уменьшаемого остатка;

3) способом списания стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования;

4) способом списания стоимости пропорционально объему продукции.

Определение способа начисления амортизации является также элементом в системе налогового планирования предпринимательской деятельности, поскольку амортизационные отчисления учитываются как расход, подлежащий к вычету из дохода при налогообложении прибыли. От выбранного способа начисления амортизации, но уже в бухгалтерском учете зависят также платежи и по налогу на имущество, так как объектом налогообложения по данному налогу является остаточная стоимость имущества. Чем выше амортизационные отчисления предприятия, тем ниже прибыль. Полученную экономию по налогу на прибыль называют «налоговым щитом». При этом налог на имущество оказывает влияние на размер налога на прибыль. Изменение одного из показателей вызывает цепочку последующих колебаний, оказывающих влияние на финансовые результаты деятельности предприятия.

Действующее налоговое законодательство [5] предоставляет возможность формирования амортизационных отчислений

линейным и нелинейным (ускоренным) способами. Хозяйствующие субъекты либо не используют ускоренные методы расчета амортизации, либо действуют без предварительных расчетов, что приводит к ошибкам.

Первый этап механизма формирования эффекта налоговой защиты предполагает анализ сравнительного экономического эффекта, достигаемого при использовании различных способов амортизации.

Показателем такого эффекта, на наш взгляд, может выступать сумма прироста дисконтированного амортизационного потока (ΔДАП), достигаемая при использовании нелинейных способов амортизации основных средств в сравнении с линейным.

Сумма прироста в этом случае может быть рассчитана по формуле

$$\Delta\text{ДАП} = \sum_{n=1}^{T} \frac{A_{\text{н}} - A_{\text{л}}}{(1+E)^n}, \qquad (1)$$

где ΔДАП – прирост дисконтированного амортизационного потока в результате использования метода списания стоимости по сумме чисел лет; $A_{\text{н}}$ – амортизационные отчисления, начисленные нелинейным методом в соответствующем периоде (n); $A_{\text{л}}$ – амортизационные отчисления, начисленные линейным методом в соответствующем периоде (n); E – дисконтный множитель, используемый для расчета настоящей стоимости денежных средств.

На следующем этапе рассчитывается «эффект налогового щита», полученный за весь период эксплуатации основных производственных фондов, по формуле

$$\text{ЭНП} = \sum_{n=1}^{T} \frac{A_{\text{н}} - A_{\text{л}}}{(1+E)^n} \cdot C_{\text{нп}}, \qquad (2)$$

где ЭНП – экономия по налогу на прибыль за весь период использования актива; $C_{\text{нп}}$ – ставка налога на прибыль.

С учетом дисконтирования формализованный расчет экономии на имущество можно представить в следующем виде:

$$\text{ЭНИ} = \sum_{n=1}^{T} \frac{C_{\text{л}} - C_{\text{у}}}{(1+E)^n} \cdot C_{\text{ни}}, \qquad (3)$$

где ЭНИ – экономия по налогу на имущество предприятия от использования ускоренного способа начисления амортизационных отчислений; $C_{\text{у}}$ – среднегодовая остаточная стоимость основных средств в соответствующем периоде (n) при ускоренной амортизации; $C_{\text{ни}}$ – ставка налога на имущество, доли единицы; $C_{\text{л}}$ – среднегодовая остаточная стоимость основных средств в соответствующем периоде (n) при линейной амортизации.

На последнем этапе определяется общая налоговая выгода, которую можно представить следующим образом:

$$\text{ЭНО} = \sum_{n=1}^{T} \left(\frac{A_{\text{н}} - A_{\text{л}}}{(1+0{,}15)^n} \cdot C_{\text{нп}} + \frac{C_{\text{л}} - C_{\text{у}}}{(1+0{,}15)^n} \cdot C_{\text{ни}} \right), \qquad (4)$$

где ЭНО – общая дисконтированная экономия по налогу на прибыль и по налогу на имущество предприятия.

Учитывая, что снижение налога на имущество предприятия увеличивает налогооблагаемую базу по налогу на прибыль, скорректируем формулу:

$$\text{ЭНО}_{\text{скор}} = \sum_{n=1}^{T} \left(\frac{A_{\text{н}} - A_{\text{л}}}{(1+0{,}15)^n} \cdot C_{\text{нп}} + (1 - C_{\text{нп}}) \cdot \frac{C_{\text{л}} - C_{\text{у}}}{(1+0{,}15)^n} \cdot C_{\text{ни}} \right). \qquad (5)$$

Полученное выражение может выступать в качестве принципиальной основополагающей формулы для определения экономии по налоговым платежам в результате использования способа ускоренной амортизации.

На величину налоговых платежей и финансовые результаты деятельности предприятия оказывают влияние и другие факторы, которые необходимо учитывать при расчете общего эффекта. К таким факторам можно отнести: сокращение времени полезного использования основных средств в пределах сроков, предусмотренных амортизационными группами; своевременное списание физически и морально изношенных основных средств; продажа излишнего имущества (внеоборотных активов) и др.

Рассмотрим изменение величины амортизационных отчислений при использовании способов начисления амортизации по ПБУ 6/01. Примем стоимость объекта основных средств – 15275641 рублей. Объект относится к четвертой амортизационной группе [4]. Предприятием установлен максимальный срок его использования – 7 лет.

В табл. 1 представлены суммы амортизационных отчислений, начисленные ускоренным способом (списание стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования) и линейным.

Таблица 1

Суммы амортизационных отчислений, рассчитанные линейным и нелинейным способами

Год	Первоначальная (текущая) восстановительная) стоимость, руб.	Нелинейный способ		Линейный способ
		Отношение числа лет до конца эксплуатации к сумме чисел лет	Годовая сумма амортизационных отчислений, руб.	Годовая сумма амортизационных отчислений, руб.
1	15275641	0,25	3818910	2182234,4
2	15275641	0,21	3273352	2182234,4
3	15275641	0,18	2727793	2182234,4
4	15275641	0,14	2182234	2182234,4
5	15275641	0,11	1636676	2182234,4
6	15275641	0,07	1091117	2182234,4
7	15275641	0,04	545559	2182234,4
Итого	×	×	15275641	15275641,0

Применение нелинейного способа дает возможность предприятию в первые три года получить существенную налоговую защиту, которая составит 1636675,9 руб. Реальный результат (выигрыш) может быть рассчитан лишь на основе дисконтирования амортизационных потоков, что отражает табл. 2.

Таблица 2

Дисконтированные суммы амортизационных отчислений амортизации для максимального срока

Год	Дисконтированная сумма амортизации, руб.		Результат сравнения дисконтированной суммы амортизации (+) (–), руб.
	Линейный метод	Нелинейный метод (списание стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования)	
1	1897595,0	3320791,0	1423196,2
2	1650083,0	2475124,0	825041,7
3	1434855,0	1793568,0	358713,6
4	1247700,0	1247699,0	0,0
5	1084956,0	813717,0	–271238,9
6	943440,0	471720,0	–471720,2
7	820383,0	205096,0	–615286,9
Итого	9079011,0	10327716,0	1248705,0

Прирост дисконтированного амортизационного потока (ΔДАП) при ставке дисконтирования 15,0% за счет ускоренной амортизации составит 1248705,0 руб.

Экономия по налогу на прибыль (ЭНП) за полный 7-летний период использования основных производственных средств с учетом размера ставки налога на прибыль (20%) в соответствии с формулой (2) составляет 249741,0 руб.

Механизм ускоренной амортизации оказывает влияние и на налог на имущество предприятия, поскольку остаточная стоимость основных производственных фондов уменьшается более быстрыми темпами по сравнению с аналогичными показателями, полученными линейным способом. Результаты расчета суммы налога на имущество представлены в табл. 3. Норма амортизации в год составляет 14,29% ($K = \frac{1}{7} \cdot 100\%$).

Расчет показывает, что экономия составляет 336064 руб. (1176224 руб. – 840160 руб.). Экономия по налогу на имущество предприятия от использования ускоренного способа начисления амортизационных отчислений (формула (3)) получена 196879,2 руб.

Заключительный этап позволяет установить, что общая дисконтированная экономия по налогу на прибыль и по налогу на имущество предприятия (формула (5)) составляет

$$ЭНО_{скорр} = 249741,0 + (1,0 - 0,2) \cdot 196879,2 = 407244,4 \text{ руб.}$$

Таблица 3

Налог на имущество, рассчитанный линейным и нелинейным способами

Год	Стоимость на начало года, руб.	Норма амортизационных отчислений, %	Сумма амортизационных отчислений, руб.	Стоимость на конец года, руб.	Среднегодовая стоимость, руб.	Ставка налога на имущество, %	Сумма налога на имущество, руб.
Линейный метод							
1	15275641	14,29	2182234,4	13093407	14184524	2,20	312060
2	13093407		2182234,4	10911172	12002289		264050
3	10911172		2182234,4	8728938	9820055		216041
4	8728938		2182234,4	6546703	7637821		168032
5	6546703		2182234,4	4364469	5455586		120023
6	4364469		2182234,4	2182235	3273352		72014
7	2182235		2182234,4	0	1091117		24005
Итого	×	×	15275641,0	×	×	×	1176224
Нелинейный метод (списание стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования)							
1	15275641	0,25	3818910	11456731	13366186	2,20	294056
2	11456731	0,21	3273352	8183379	9820055		216041
3	8183379	0,18	2727793	5455586	6819483		150029
4	5455586	0,14	2182234	3273352	4364469		96018
5	3273352	0,11	1636676	1636676	2455014		54010
6	1636676	0,07	1091117	545559	1091118		24005
7	545559	0,04	545559	0	272780		6001
Итого	×	×	15275641	×	×	×	840160

Таким образом, проводя эффективную амортизационную политику, предприятие в данном примере за счет применения нелинейного метода начисления амортизационных отчислений может получить экономию в сумме 407244,2 руб., что составит 2,7% первоначальной стоимости актива. Именно на эту величину увеличивается размер собственных финансовых ресурсов предприятия, т.е. величина чистая прибыль плюс амортизационные отчисления.

Предприятие, устанавливая срок полезного использования основных средств для целей налогообложения, исходит из продолжительности этого срока, определенного в десяти амортизационных группах [4]. Таким образом, уже при установлении этого срока использования организация предопределяет получение наибольших или меньших выгод от эксплуатации соответствующего актива.

Рассмотрим, как отразится на финансовом результате деятельности предприятия минимизация срока полезного использования актива четвертой амортизационной группы со сроком полезного использования от 5 до 7 лет включительно до 5 лет по сравнению с его максимальной величиной. Для сопоставимости результатов стоимость основных средств сохраняем 15275641 рублей, ставку дисконтирования – 15,0%.

Таблица 4

Дисконтированные суммы амортизационных отчислений для минимального срока амортизации

Год	Линейный метод	Нелинейный метод			Результат сравнения дисконтированных сумм амортизации, (+) (–), руб.
	Начисленная сумма амортизации, руб.	Начисленная сумма амортизации, руб.	Начисленная сумма амортизации, руб.	Дисконтированная сумма амортизации, руб.	
1	3055128,20	2656633,0	5086788,3	4423293,9	1766660,9
2	3055128,20	2310116,0	4063320,2	3072453,8	762337,8
3	3055128,20	2008796,0	3061239,0	2012814,2	4018,2
4	3055128,20	1746779,0	2040826,0	1166848,7	–579930,3
5	3055128,20	1518939,0	1023467,5	508844,2	–1010094,8
Итого	15275641,00	10241263,0	15275641,0	11184254,8	942991,8

Прирост дисконтированного амортизационного потока (ΔДАП) за счет ускоренной амортизации составит 942991,8 руб. Экономия по налогу на прибыль за весь период полезного использования объекта основных средств составит:

$$ЭНП = 942991,8 \cdot 0,20 = 188598,4 \text{ руб.}$$

По аналогии с предыдущим примером сравним результаты, полученные линейным и нелинейным способами начисления амортизационных отчислений при расчете налога на имущество (табл. 5).

За 5-летний период сумма налога на имущество при нелинейном способе составила 616879,0 руб., а при линейном – 840160 руб., т.е. получена экономия в сумме 223281,0 руб.

С учетом дисконтирования (ЭНИ) – 148678,5 руб.

Таблица 5

Налог на имущество, рассчитанный линейным и нелинейным способами

Год	Стоимость на начало года, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.	Стоимость на конец года, руб.	Среднегодовая стоимость, руб.	Ставка налога на имущество, %	Сумма налога на имущество, руб.
Линейный метод						
1	15275641,0	3055128,2	12220513,0	13748077,0	2,20	302458,0
2	12220513,0	3055128,2	9165385,0	10692949,0		235245,0
3	9165385,0	3055128,2	6110256,0	7637821,0		168032,0
4	6110256,0	3055128,2	3055128,0	4582692,0		100819,0
5	3055128,0	3055128,2	0,0	1527564,0		33606,0
Итого	×	15275641,0	×	×	×	840160,0
Нелинейный метод						
1	15275641,0	5086788,3	10188853,0	12732247,0	2,20	280110,0
2	10188853,0	4063320,2	6125533,0	8157193,0		179458,0
3	6125533,0	3061239,0	3064294,0	4594913,5		101088,0
4	3064294,0	2040826,0	1023467,5	2043880,7		44965,0
5	1023467,5	1023467,5	0,0	511733,8		11258,0
Итого	×	15275641,0	×	×	×	616879,0

Исходя из ранее выведенной формулы, общая экономия (дисконтированная) по налогу на прибыль и налогу на имущество при варианте срока амортизации 5 лет составляет 2,01% первоначальной стоимости актива, что в стоимостном выражении с использованием введенных обозначений соответствует сумме

$$ЭНО_{скорр} = 188598,4 \text{ руб.} + 0,8 \cdot 148678,5 \text{ руб.} = 307541,2 \text{ руб.}$$

Сравнение двух частных вариантов, где варьируют только два фактора оптимизации – способ начисления амортизации и срок полезного использования основных средств показало эффективность нелинейного способа начисления амортизации при максимальном сроке использования актива.

Заключение

Предложенный алгоритм оптимизации амортизационной политики достаточно прост, универсален и применим в практической деятельности. Алгоритм позволяет проводить сравнения результирующего и промежуточных финансовых показателей, полученных линейным и иными способами начисления амортизации. Он предполагает введение других факторов, учитывающих специфику организации и влияющих на сумму начисляемой амортизации. Каждое предприятие выбирает для себя оптимальный вариант сочетания факторов – элементов амортизационной политики, исходя из стратегических задач развития.

Достоинством алгоритма является возможность использования для расчетов общедоступных программных продуктов, например Microsoft Office Excel.

Введение вышеназванного механизма позволит обеспечить соответствие объемов начисляемой и включаемой в затраты на производство и реализацию товаров (работ, услуг) амортизации и предполагаемой структуры поступления будущих доходов

к определенному сроку от использования каждого конкретного объекта основных средств, а также будет способствовать стабилизации финансово-экономического положения организаций.

Список литературы

1. Данилова Н.Н., Зданович М.Ю., Васильева Н.О. Амортизационная политика как инструмент стимулирования инвестиционной активности предприятия // Вестник КрасГАУ, 2014. – № 4. – С. 24–28.

2. Девятаева И.В., Кручинкина М.В. Амортизационная политика: проблемы и пути совершенствования // Экономическое развитие современной России: проблемы и перспективы: материалы 40-х юбилейных огаревских чтенийи IV Республиканского конкурса студенческих научных работ 6–8 декабря 2011 года, г. Саранск // URL: http://sisupr.mrsu.ru/2012-1/PDF/4_bua/Kruchinkina.pdf (дата обращения 10.12.2013).

3. Дерина О.В., Залогов Н.А. Амортизационная политика как инструмент стимулирования инвестиционной активности в российских регионах // Сборник докладов по итогам Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 22–29 марта 2010 г. // URL: http://www.creativeconomy.ru/articles/21679/ (дата обращения 07.06.2014).

4. Налоговый кодекс Российской Федерации // URL: http://www.zakonrf.info/nk/258/(дата обращения 10.12.2013).

5. О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы (с изменениями и дополнениями) // URL: http://base.garant.ru/12125271/#ixzz34Qpr9PqN (дата обращения 10.12.2013).

6. Положение по бухгалтерскому учету «Учет основных средств» ПБУ 6/01 от 30.03.2001 № 26н (с изменениями и дополнениями) // URL: http://base.garant.ru/12122835 /#block _ 1000 # ixzz 34L rtBnZK / (дата обращения 10.12.2013).

7. Пьянов А.С. Амортизационная политика развитых стран // URL: http://www. pandia. ru / text / 77/301/93646.php / (дата обращения 12.05.2014).

References

1. Danilova N.N., Zdanovich M.Ju., Vasil›eva N.O. Amortizacionnaja politika kak instrument stimulirovanija investicionnoj aktivnosti predprijatija // Vestnik KrasGAU. 2014. no. 4.

2. Devjataeva I.V., Kruchinkina M.V. Amortizacionnaja politika: problemy i puti sovershenstvovanija // Materialy 40-h jubilejnyh ogarevskih chteniji IV Respublikanskogo konkursa studencheskih nauchnyh rabot «Jekonomicheskoe razvitie sovremennoj Rossii: problemy i perspektivy» 6-8 dekabrja 2011 goda, g. Saransk // URL: http://sisupr.mrsu.ru/2012-1/PDF/4_bua/Kruchinkina.pdf (data obrashhenija 10.12.2013).

3. Derina O.V., Zalogov N.A. Amortizacionnaja politika kak instrument stimulirovanija investicionnoj aktivnosti v rossijskih regionah // Sbornik dokladov po itogam Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Moskva, 22–29 marta 2010 g. // URL: http://www.creativeconomy.ru/articles/21679/ (data obrashhenija 07.06.2014).

4. Nalogovyj kodeks Rossijskoj Federacii // URL: http://www.zakonrf.info/nk/258/(data obrashhenija 10.12.2013).

5. Klassifikacii osnovnyh sredstv, vkljuchaemyh v amortizacionnye gruppy (s izmenenijami i dopolnenijami) // URL: http://base.garant.ru/12125271/#ixzz34Qpr9PqN (data obrashhenija 10.12.2013).

6. Polozhenie po buhgalterskomu uchetu «Uchet osnovnyh sredstv» PBU 6/01 ot 30.03.2001 N 26n (s izmenenijami i dopolnenijami) // URL: http://base.garant.ru/ 12122835 /#block _ 1000 # ixzz 34L rtBnZK / (data obrashhenija 10.12.2013).

7. P›janov A. S. Amortizacionnaja politika razvityh stran // URL: http://www. pandia. ru / text / 77/301/93646.php / (data obrashhenija 12.05.2014).

Рецензенты:

Пыжикова Н.И., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой бухгалтерского учета и статистики, ФГБОУ ВПО КрасГА, г. Красноярск;

Колесняк А.А., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой государственного и муниципального управления, ФГБОУ ВПО КрасГАУ, г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 338.2

ОСНОВЫ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

[1]Зиядин С.Т., [2]Ибраева А.К., [1]Зиядина С.Т., [3]Даулетханова Ж.Д., [1]Зиядина Ж.Т.

[1]Казахский гуманитарно-юридический инновационный университет, Семей, e-mail: ertis_economika@mail.ru, salta_1967_01@mail.ru, ziyadina17@mail.ru;

[2]ГУ им. Шакарима, Семей, e-mail: zeretay@mail.ru;

[3]АО «Финансовая академия», Астана, e-mail: zhanar021@mail.ru

В статье рассмотрены основы планирования регионального промышленного комплекса. Раскрывают необходимость формирования теоретико-методологических основ планирования регионального промышленного комплекса, организационно-экономический механизм комплексного стратегического управления промышленным комплексом региона, классификацию планирования, принципы планирования. Промышленность – одна из главных и ведущих отраслей материального производства, которая оказывает одно из решающих воздействий на развитие производительных сил и производственных отношений. Без развития адекватной современной экономики системы планирования качественное управление промышленностью невозможно. Планирование в управлении промышленным комплексом региона имеет огромное значение. Планирование – один из способов достижения цели на основе сбалансированности и последовательности выполнения определенных операций, которое является одной из форм предвидения. Планирование промышленного производства строится на базе ряда научных принципов, на основе которых развиваются и формируются в практической деятельности и действующие общенаучные методы планирования. От степени конкретности и характера воздействия на исследуемые процессы различают три формы планирования: гипотезу, прогноз, план. Современная ситуация требует при создании новой системы планирования использовать отечественный и зарубежный опыт, а также особое внимание обращать на обоснованность указанных в плане управленческих решений, а значит пересмотреть подходы к прогнозированию.

Ключевые слова: планирование, промышленный комплекс, промышленность, управление, прогноз

BASES OF PLANNING OF REGIONAL INDUSTRIAL COMPLEX

[1]Ziyadin S.T., [2]Ibraeva A.K., [1]Ziyadina S.T., [3]Dauletkhanova Z.D., [1]Ziyadina Z.T.

[1]Kazakh Humanitarian-Juridical Innovative University, Kazakhstan, Semey, e-mail: ertis_economika@mail.ru, salta_1967_01@mail.ru, ziyadina17@mail.ru;

[2]University Shakarim, Semey, e-mail: zeretay@mail.ru;

[3]Joint-Stock Company «Financial Academy», Astana, zhanar021@mail.ru

The article describes the basics of planning a regional industrial complex. Discloses the need to form a theoretical and methodological foundations of planning a regional industrial complex organizational and economic mechanism of a strategic integrated management of industrial complex in the region, the classification of planning, planning principles. Industry and one of the main leading branches of material production, which has one of the decisive influences on the development of the productive forces and production relations. Without adequate development of the modern economy system planning quality management industry is not possible. Planning in the management of industrial complex in the region is of great importance. Planning is one of the ways to achieve the target based on balance and consistency perform certain operations, which is a form of foresight. Planning of industrial production based on the basis of some of the scientific principles on which developing and emerging in the practical activities and the existing scientific methods of planning. The degree of specificity and nature of the impact on the processes under study, there are three forms of planning: a hypothesis prediction plan. The current situation requires creating a new system of planning to use domestic and foreign experience, and pay special attention to the validity of these in terms of management decisions, and hence to reconsider approaches to forecasting.

Keywords: planning, industrial complex, industry, management, forecast

В управлении промышленным комплексом региона планирование играет огромную роль.

Для любого региона залогом процветания и достойной жизни граждан является промышленность. Платформа для функционирования всех других отраслей хозяйства, которая является главным источником наполнения регионального бюджета, и есть промышленный комплекс.

В последнее время наблюдается положительная динамика промышленного производства, хотя положение важнейшей сферы региональной экономики Казахстана остается тяжелым. Поэтому вопрос управления промышленным комплексом является актуальным.

Цель исследования состоит в раскрытии основ планирования регионального промышленного комплекса на примере промышленного потенциала Восточно-Казахстанской области.

Методы – монографический, теоретический анализ, сравнения.

Результаты исследования и их обсуждение

Сегодня является бесспорным вопрос о том, что без развития адекватной

современной экономики системы планирования качественное управление промышленностью невозможно. В своем последнем послании народу Казахстана Президент подчеркнул необходимость планирования промышленности.

С переходом на рыночную экономику произошёл отход от планового управления промышленным комплексом с разрушением всей системы народнохозяйственного планирования в результате либерализации экономики. Как следствие, государство перестало воздействовать на промышленный комплекс и лишилось механизма реализации первостепенных задач. Также необходимость планирования возникает по причине того, что на сегодня региональная промышленность находится в структурном кризисе, так как планирование в управлении промышленным комплексом региона имеет огромное значение.

Совокупность действующих на определенной территории промышленных предприятий и есть промышленный комплекс. По сути, «комплекс» это комплекс предприятий, которые имеют общие цели социального и экономического развития. Промышленный комплекс – это часть народнохозяйственного комплекса, который связан с другими структурными элементами этой системы.

Промышленность это главная отрасль материального производства, которая оказывает одно из решающих воздействий на развитие производительных сил и производственных отношений.

Основа расширенного воспроизводства в экономике это тяжелая индустрия. Тяжелая индустрия вооружает передовой техникой все отрасли промышленного производства, сельского хозяйства, транспорта, связи, строительства, торговли, обеспечивая технический прогресс во всем народном хозяйстве. Развитие тяжелой индустрии является важной предпосылкой возрождения экономического потенциала Казахстана, а также обеспечения социально-экономического и политического развития.

Промышленность путем переработки сельскохозяйственной продукции производит основную долю товаров народного потребления, тем самым удовлетворяет потребности общества и повышает материальное благосостояние. Не последнее место промышленность занимает в государственном накоплении. Промышленность способствует всестороннему развитию экономики регионов страны и целесообразному использованию природных ресурсов.

Промышленность является основой укрепления обороноспособности страны путем производства современной военной техники.

В целом промышленность, являясь отраслью народнохозяйственного комплекса, составляет основу экономического и оборонного потенциала страны. На сегодня региональная промышленность находится в структурном кризисе, что вызывает необходимость внимания со стороны государства. Поэтому промышленный комплекс объективно нуждается в развитой и хорошо скоординированной системе государственного планирования.

По мнению большинства экономистов, планирование является функцией управления, а также одной из форм предвидения.

Планирование – один из способов достижения цели на основе сбалансированности и последовательности выполнения определенных операций. От степени конкретности и характера воздействия на исследуемые процессы различают три формы планирования: гипотезу, прогноз, план.

Гипотеза – это научное предвидение на уровне общей теории, раскрывает закономерности и причинно-следственные связи.

Прогноз основывается не только на количественных, но и на качественных параметрах и носит вероятностный характер.

План – это постановка точно определенных целей и предвидений конкретных, детальных событий, в нем фиксируются пути и средства достижения целей, в итоге получая наибольшую конкретность и определенность.

Надо отметить, что данная классификация видов и систем планирования характеризует основное содержание плановой деятельности на всех уровнях управления.

Планирование промышленного производства строится на базе ряда научных принципов, на основе которых развиваются и формируются в практической деятельности и действующие общенаучные методы планирования. Принципы планирования – это основные теоретические положения, которыми руководствуются органы исполнительной власти, руководство промышленных предприятий в процессе планирования промышленного производства.

Методы представляют процесс поиска, обоснования и выбора необходимых плановых показателей и результатов.

Основным приоритетом экономического развития Восточно-Казахстанской области на перспективу станет активизация промышленного производства путем более полного использования имеющихся сырьевых ресурсов с обеспечением их комплексной переработки, модернизации основных отраслей специализации области с ориентацией на выпуск высокотехнологичных и конкурентоспособных видов продукции с высокой степенью готовности, внедрением инновационных производств и новых технологий.

Восточно-Казахстанская область станет центром добычи и глубокой переработки цветных металлов, разработки и опытной проработки технологий в сфере металлургии, динамично развитой обрабатывающей промышленностью.

Одной из основных задач системообразующих предприятий цветной металлургии станет создание новых инновационных и конкурентоспособных производств с целью увеличения добавленной стоимости.

Одной из конкурентоспособных специализаций области станет производство топлива для атомной энергетики и ядерные исследования.

Меры государственной поддержки намечается направить на развитие сел с высоким и средним потенциалом социально-экономического развития, обеспечивающим необходимый уровень жизнеобеспечения села.

Для решения поставленных задач основной упор будет сделан на реализацию развития реального сектора экономики, инженерной инфраструктуры и благоустройство села.

Так, по программе развития территории Восточно-Казахстанской области к 2015 году ключевые индикаторы по направлению «Ускоренное развитие экономики региона на основе внедрения высокопроизводительных инновационных технологий в промышленности, агропромышленном комплексе, в инвестициях, малом и среднем предпринимательстве, торговле и окружающей среде» достигнут:

1) индекс физического объема валового регионального продукта до 107%;

2) индекс физического объема промышленной продукции 109,6%;

3) индекс физического объема выпуска продукции обрабатывающей промышленности 109,6%;

4) объем выработки электрической энергии до 105,2%;

5) рост индекса физического объема производства продукции сельского хозяйства к 2015 году до 103,5%;

6) индекс физического объема выпуска продукции субъектами малого и среднего предпринимательства до 101%;

7) индекс физического объема розничной торговли – 106%;

8) индекс физического объема инвестиций в основной капитал – 106,2%;

9) рост уровня активности предприятий и организаций в области инноваций – 17,7%;

10) увеличение доли местного содержания в общем объеме закупок товаров, работ и услуг – 51,8%.

Основными направлениями промышленного комплекса по программе развития территории Восточно-Казахстанской области являются:

1) для развития приоритетных секторов промышленности, которые обеспечивают их диверсификацию и рост конкурентоспособности:

– будут реализованы инвестиционные проекты, включенные в Карту индустриализации, а также кроме строительства, реконструкции и модернизации действующих производств будут осуществлены дополнительные меры, нацеленные на повышение качества и расширение ассортимента выпускаемой продукции на действующих предприятиях, а также поэтапное достижение предусмотренных значений по целевым индикаторам;

– будут реализованы 6 инвестиционных проектов: «Строительство Актогайского ГОКа», «Строительство Таскаринской золотоизвлекательной фабрики», «Строительство промышленной установки по обжигу руды в кипящем слое», «Развитие рудных тел на нижних горизонтах Тишинского рудника», «Строительство завода по производству титановых слябов и слитков на территорий АО "УК Титаномагниевый комбинат"», «Проект промышленной разработки Карачигинского месторождения медных руд ВКО с. Курчум ВКО»;

– будут реализованы 2 проекта: «Реконструкция чугунолитейного цеха № 10 под производство стального вагонного литья», «Строительство автозавода полного цикла и технопарка по производству автокомпонентов в г. Усть-Каменогорске ВКО», введен в проектную мощность проект «Производство тормозных колодок для подвижного ж\д состава»;

– будут реализованы 2 проекта: «Строительство завода по производству бентонитовых порошков из бентонитовых глин», «Строительство цементного завода в Жарминском районе ВКО»;

– введен в проектную мощность проект «Утилизация и переработка изношенных транспортных шин в резиновую крошку различных фракций с использованием передовых технологий», инициатор проекта ТОО «КХ «Игеру»;

– будет реализован один проект по «Реконструкции завода медицинских препаратов ТОО «Фармацевтическая компания «Ромат»;

– будут приняты меры, нацеленные на улучшение качества и расширение ассортимента выпускаемой продукции на предприятиях подотрасли. Введен в эксплуатацию проект «Запуск комбината по производству кожевенно-меховой продукций мощностью 125 тыс. $дм^2$ в год»;

2) для бесперебойного и качественного обеспечения электроэнергией, введения новых мощностей для покрытия существую-

щего дефицита электроэнергии в области, проведения модернизации и реконструкции существующего энергетического оборудования, электрических сетей:

– проведение необходимых реконструкционных и монтажных работ на существующих ТЭЦ в целях ввода дополнительных энергетических мощностей;

– монтаж турбогенератора на Усть-Каменогорской ТЭЦ 80 МВт;

– замена турбины на Согринской ТЭЦ с увеличением мощности до 50 МВт;

– модернизация существующего оборудования на ТЭЦ-1 города Семей с установкой турбины на 12 мВт;

– выполнение Инвестиционных обязательств по модернизации и техперевооружению энергоисточников согласно подписанным Соглашениям с отраслевым Министерством, взятым под предельные уровни тарифов на электроэнергию;

– реализация проектов по вводу новых мощностей: строительство Булакской ГЭС мощностью 68 МВт; модернизация существующего оборудования на РК-1 г. Семей с установкой турбины на 12 МВт;

– выполнение Инвестиционных программ по реконструкции и модернизации существующего энергетического оборудования на предприятиях энергетики.

Восточно-Казахстанская область остается энергодефицитной до 2015 года. Энергодефицит предусматривается покрыть за счет энергоисточников Северной энергетической зоны, которая является энергоизбыточной и даст возможность полностью покрыть потребности области. Пропускная способность линий, связывающих ВКО с ЕЭС Казахстана, даже в аварийных режимах обеспечивает транзит электроэнергии в требуемом объеме для покрытия дефицита электроэнергии.

В случае отсутствия ввода новых генерирующих мощностей, даже с использованием всей располагаемой мощности существующих электростанций области (1270 МВт), дефицит может составить на уровне 2015 г. – 320 МВт, 2020 г. – 510 МВт, 2025 г. – 770 МВт, что превышает пропускную способность существующих линий в аварийных режимах, связывающих энергосистему области с ЕЭС Казахстана – 250 МВт.

С целью повышения надежности электроснабжения потребителей энергодефицитной Восточно-Казахстанской области в нормальных и послеаварийных режимах решение вопроса зависимости электроснабжения области от транзита по электрическим сетям ЕЭС России путем усиления связи Восточной зоны с ЕЭС Казахстана с Министерством индустрии и новых технологий планируется выполнение проекта «Строительство ВЛ 500 кВ Экибастуз-Шульбинская ГЭС – Усть-Каменогорск»:

1) строительство ВЛ 500 кВ Экибастуз-Шульбинская ГЭС (550 км);

2) строительство ВЛ 500 кВ Шульбинская ГЭС – Усть-Каменогорск (150 км);

3) строительство ОРУ 500 кВ ШГЭС;

4) расширение ОРУ 500 ПС 1150 кВ Экибастузская;

5) расширение ОРУ 500 ПС 500 кВ Усть-Каменогорск.

В перспективе данный проект обеспечит выдачу полной мощности Шульбинской ГЭС при вводе контррегулятора – Булакской ГЭС.

Выводы

Анализируя сложившуюся ситуацию и тенденции развития промышленного комплекса, надо отметить, что необходимо при создании новой системы планирования использовать отечественный и зарубежный опыт, а также особое внимание обращать на обоснованность указанных в плане управленческих решений, а значит пересмотреть подходы к прогнозированию.

Список литературы

1. Акофф Р. Планирование будущего корпорации: пер. с англ. – М.: Прогресс, 1985.

2. Бассовский Л.Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2001.

3. Государственное регулирование рыночной экономики / под общ. ред. В.И. Кушлина, Н.А. Волгина. – М.: ЗАО Изд-во «Экономика»», 2001.

4. Ермишин П.Г. Основы экономической теории: курс лекций. – 2005.

5. Морозовой М.А., Пикулькина А.В. Прогнозирование и планирование в условиях рынка. Под ред. – М., 2000.

6. Программа развития территории Восточно-Казахстанской области на 2011–2015 годы. – Усть-Каменогорск 2013.

7. Экономика предприятия: учебник / под ред. проф. О.И. Волкова. – М.: ИНФРА-М, 1997.

References

1. Akoff R. Planirovanie budushhego korporacii. / Per. s angl. M.: Progress. 1985.

2. Bassovskij L.E. Prognozirovanie i planirovanie v uslovijah rynka. Uchebnoe posobie. M.: INFRA-M, 2001.

3. Gosudarstvennoe regulirovanie rynochnoj jekonomiki / pod obshh. red. Kushlina V.I., Volgina N.A. M.: ZAO «Izdatel'stvo «Jekonomika»», 2001.

4. Ermishin P.G. Osnovy jekonomicheskoj teorii. Kurs lekcij. 2005 g.

5. Morozovoj M.A., Pikul'kina A.V. Prognozirovanie i planirovanie v uslovijah rynka. Pod red. M., 2000.

6. Programma razvitija territorii Vostochno-Kazahstanskoj oblasti na 2011-2015 gody. Ust'-Kamenogorsk 2013.

7. Jekonomika predprijatija: Uch-k / Pod red. prof. O.I. Volkova. M.: INFRA-M, 1997.

Рецензенты:

Курманбаев С.К., д.с.-х.н., профессор экономики, заведующий кафедрой «Экономика и менеджмент», КазГЮИУ, г. Семей;

Медиева Г.А., д.э.н., профессор кафедры «Финансы и учет» КазГЮИУ, г. Семей.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 336.717

РОЛЬ ПЛАТЕЖНО-РАСЧЕТНЫХ СИСТЕМ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СТАБИЛЬНОСТИ И РАЗВИТИЯ РЫНКА ФИНАНСОВЫХ УСЛУГ

Ольховский В.А., Галимова Г.А.

ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», Уфа, e-mail: 450024@mail.ru

В современном мире вследствие активного развития финансовых услуг особое значение приобретают платежные системы. В настоящей статье рассматривается глобальный характер возросшей значимости платежных систем в обеспечении финансовой стабильности. Сделан вывод о том, что платежные системы могут быть усиливающим фактором в развитии негативного влияния на все финансовые процессы. Глобализация мирового финансового рынка диктует необходимость взаимодействия национальных платежных систем, вследствие чего возникает требование интегрируемости финансовой инфраструктуры рынка как внутри стран, так и при взаимодействии с аналогичными системами других стран. Проанализирована взаимозависимая природа различных платежных систем. Усиливающиеся взаимосвязи платежных систем приобретают противоположный характер. С одной стороны, техническая стандартизация и интеграция между системами способствует автоматизации процессов, что позволяет снизить операционные риски. С другой стороны, взаимозависимости систем могут привести к распространению сбоев на всю финансовую инфраструктуру рынка.

Ключевые слова: платежная система, финансовая стабильность, платежный кризис

ROLE OF PAYMENT AND SETTLEMENT SYSTEMS IN ENSURING STABILITY AND MARKET DEVELOPMENT OF FINANCIAL SERVICES

Olkhovskiy V.A., Galimova G.A.

The Bashkir State University, Ufa, e-mail: 450024@mail.ru

In the world today the payment systems are particularly important due to the active development of the financial services. We can say that they have an impact on the functioning of financial markets and affect the management of economy. The global increased importance of payment systems and financial stability are considered in this article. In conclusion that payment systems are able to have a negative impact an all financial processes. Globalization of the world financial market dictates need of interaction of national payment systems. So there is a requirement of integrability of a financial infrastructure of the market both in the countries, and in case of interaction with payment systems of other countries. The analysis of the interdependent nature of various payment systems is carried out. Amplifying interrelations of payment systems have opposite nature. On the one hand, technical standardization and integration promotes automation of processes, reduces operational risks. On the other hand, interdependence can lead to distribution of failures on all financial infrastructure of the market.

Keywords: payment system, financial stability, payment crisis

В настоящее время в России предоставление кредита, мобилизация капитала, размещение финансовых средств в производстве всё более зависят от уровня развития рынка финансовых услуг. Вследствие всё большей обеспеченности экономики финансовыми услугами наблюдается усиление ее зависимости от уровня стабильности и развития в финансовой сфере. Системные сбои в работе банков и других финансовых агентов способны сильно повлиять на ситуацию в экономике. Существует много примеров того, как финансовый кризис становился причиной стагнации в производственной сфере.

Изменения в экономике, растущая взаимосвязь и интеграция финансовой и банковской сфер экономики не только провоцируют известные риски, но и порождают новые. Усиливающаяся роль финансово-банковской системы в экономике требует формирования комплексной системы управления рисками и эффективных организационных решений.

Одним из важнейших качеств финансово-банковской системы является её способность обеспечивать движение свободных денежных ресурсов между секторами экономики, перераспределять риски между субъектами рынка и обслуживать потоки платежей на уровнях рискованности, приемлемых для всех участников бизнес-процессов. Это означает, что в качестве критерия финансовой нестабильности можно рассматривать негативное влияние событий в финансовой сфере на уровень деловой активности.[1]

Развитие современных национальных экономических систем привело к возникновению различных инструментов влияния на финансовый рынок. Эффективность финансовой сферы на сегодняшний день зависит от надлежащей организации платежно-расчетных операций, что выражается в формировании хорошо отлаженной национальной платежной системы (НПС).

Национальная платежная система оказывает серьезное влияние на эффективность

экономики, которая не может быть более эффективной, чем это позволяет НПС. Отсюда следует, что НПС не должна ограничивать возможности развития эффективной экономики, способной конкурировать с экономиками других стран. Являясь элементом фундамента экономики, развитие НПС должно опережать развитие других составляющих экономики.

В последние годы глобальная инфраструктура платежей и расчетов приобрела значительное развитие. Различные платежно-расчетные системы и финансовые рынки, которые они обслуживают, получают все более широкий спектр комплексных взаимосвязей. Вследствие таких взаимосвязей сегодня бесперебойное функционирование одной системы всё более начинает зависеть от деятельности других, связанных с ней систем.

Глобальный характер расчетов на основе взаимных обязательств оказывает воздействие на все микро- и макроэкономические процессы, делая взаимозависимыми всех участников бизнес-процессов. Вследствие этого неэффективность деятельности системно значимых платежных систем может быть причиной развития инфляционных процессов и платежных кризисов, что в итоге может вызвать мировой финансовый кризис.

Глобализация мирового финансового рынка диктует необходимость взаимодействия национальных платежных систем, вследствие чего возникает требование интегрируемости финансовой инфраструктуры рынка как внутри стран, так и при взаимодействии с аналогичными системами других стран и наднациональными платежными системами. [7]

В настоящее время происходит повышение степени операционного взаимодействия при сокращении многих источников издержек и рисков, но в то же время уменьшается устойчивость бизнеса к системным сбоям, вследствие взаимозависимости всех сторон.

Повышение взаимозависимости всех систем меняет характер рисков, свойственных платежной инфраструктуре, что вызывает новые проблемы в области эффективного управления рисками.

Как показывает мировая практика, к рискам, способным породить системный кризис неплатежей, прежде всего, относятся финансовые риски, которые включают в себя: кредитный риск и риск ликвидности.

Кредитный риск состоит в том, что участник платежной системы неспособен выполнить свои финансовые обязательства ни в настоящий момент времени, ни в будущем. Такой тип риска обычно связан с дефолтом (или преддефолтным состоянием) участника системы. Примером наступления данного вида риска можно считать фактический дефолт двух крупнейших банков Республики Кипр в марте 2013 года: Bank of Cyprus («Банк Кипра») и Cyprus Popular Bank («Кипрский народный банк»).

Риск ликвидности создает такую ситуацию, когда участник расчетов не может выполнить свои обязательства в назначенный срок, но в состоянии рассчитаться в будущем периоде.

Два этих риска можно объединить под одним понятием – расчетый риск, который означает, что расчеты по некоторым операциям не будут проведены как ожидалось, вследствие невозможности одного или нескольких участников системы выполнять свои обязательства.

Развитие расчетных рисков может быть обусловлено влиянием других видов рисков. Так, операционный риск, концентрируя в себе возможные технические сбои или мошеннические схемы, так или иначе усугубляет кредитный риск или риск ликвидности. Правовой риск в силу несовершенства и неясности правовой базы работы платежной системы также способен повлечь за собой серьезные финансовые последствия, усугубляя совокупный расчетный риск.

Глобальный финансовый кризис 2008 года отчетливо продемонстрировал взаимозависимость современных финансовых систем, а также представил финансовые связи как канал распространения финансовых потрясений.

Стоит отметить, что в настоящее время солидный потенциал вызвать экономическую нестабильность имеет политический кризис на Украине и напряжение экономических отношений со странами Западной Европы и США. Напомним, 21 марта 2014 г. международные розничные платежные системы Visa и MasterCard без каких-либо уведомлений прекратили на время оказывать услуги по обслуживанию платежных карт, эмитированных несколькими российскими банками, что говорит о подверженности этих компаний политическим влияниям.

Основными причинами развития и распространения негативного влияния на современные финансовые системы являются:

1) совершенствование прямых отношений между платежными системами;

2) широкое применение общих финансово-коммуникационных структур.

При развитии НПС важно понимать всю полноту сложности структуры взаимосвязей в НПС, ключевых элементов НПС, а также основных факторов, влияющих на ее развитие.

Надо отметить, различные факторы могут влиять на платежную систему прямо

или косвенно. Прямой эффект заключается в открытом воздействии посредством прямых отношений между системами на способность платежной системы успешно проводить расчеты и платежи. Косвенный эффект заключается в общем воздействии на финансовое положение данной системы. Например, использование ненадежного оператора услуг платежной инфраструктуры может не приводить к прямым убыткам для платежной системы, но может вызвать косвенные потери в виде упущенной выгоды из-за ухудшения репутации системы.

Учитывая комплексный характер НПС, её следует рассматривать, не ограничиваясь технологическими аспектами, а принимая во внимание всю совокупность инструментов, сетей, стандартов, процедур и учреждений, которые обеспечивают денежное обращение. Ключевыми компонентами здесь являются платежные инфраструктуры, обеспечивающие проведение операций с использованием платежных инструментов, и институциональные механизмы, включая нормативное регулирование и рыночные соглашения [5].

Эволюция развития национальной платежной системы предусматривает расширение и улучшение рыночного взаимодействия. Финансовые организации постоянно стремятся к минимизации операционных издержек и рисков ликвидности с помощью модернизации механизмов и рынков платежных услуг. Достигается это зачастую с помощью:

1) нормативного регулирования финансовой инфраструктуры рынка;

2) увеличения сетевых операций с целью понижения операционного риска;

3) интеграции платежно-расчетных систем [4].

Стоит отметить, что Комитет по платежным и расчетным системам Банка международных расчетов (КПРС БМР) активно выступает за развитие совместимости платежных систем и других межсистемных связей между элементами финансовой инфраструктуры рынка. В докладах комитета не раз подчеркивается, что интеграция клиринговых и расчетных систем, принятие единых регламентов, а также применение общих телекоммуникационных провайдеров является способом увеличения предложения на рынке платежных услуг.

Сегодня национальная платежная система включает в себя множество платежных инструментов и услуг, а также большой круг провайдеров и пользователей этих инструментов и услуг. С развитием НПС структура рыночного взаимодействия становится все более и более разнообразной и сложной, как в организационном, так и функциональном плане.

Многочисленные связи двух и более систем между собой, а также отношения между системой и ее участниками, поставщиками сторонних услуг и финансовыми рынками формируют разнообразные формы взаимозависимостей. Некоторые из них достаточно легко поддаются выявлению, в то время как другие достаточно сложно идентифицировать, вследствие их возникновения из многочисленных косвенных отношений, в которых может принимать участие большое количество систем, учреждений и третьих сторон. Вследствие этого труднее проанализировать возможные последствия таких взаимодействий.

Рынок платежных услуг можно разделить на два вида:

– оптовый рынок платежных услуг (пользователи – провайдеры платежных услуг);

– розничный рынок платежных услуг (пользователи – конечные пользователи) [2].

В то же время данные виды рынков взаимосвязаны в том смысле, что финансовые институты одновременно могут являться пользователями услуг на одном рынке и провайдерами на другом. К примеру, существует взаимосвязь платежных систем для крупных сумм (ПСКС) с системами расчета по ценным бумагам, которая проявляется в следующем:

1) для проведения платежей по сделкам с ценными бумагами часто используется ПСКС;

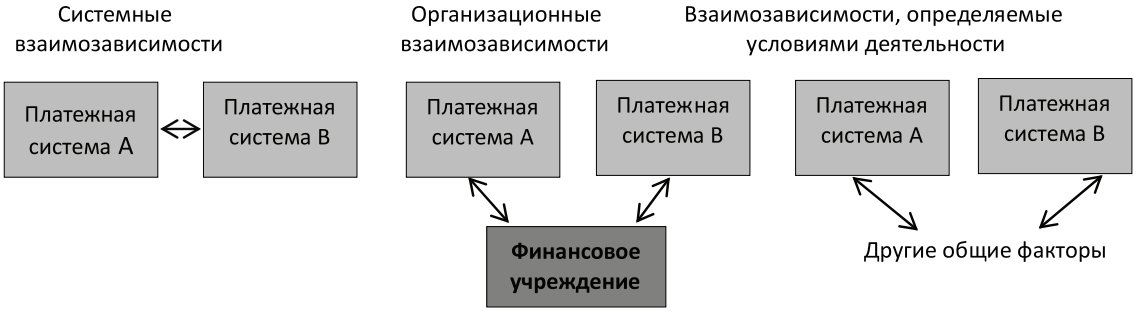
2) ценные бумаги могут использоваться в качестве гаранта ликвидности финансовых институтов при проведении платежей в ПСКС.

Усиливающиеся взаимосвязи платежно-расчетных систем приобретают противоположный характер. С одной стороны, техническая стандартизация и интеграция между системами способствует автоматизации процессов, что позволяет снизить операционные риски. С другой стороны, взаимозависимости систем могут привести к быстрому распространению сбоев на всю финансовую инфраструктуру рынка. Такой сценарий развития событий может произойти вследствие действия трех факторов. Во-первых, взаимозависимость систем может содействовать прямой передаче сбоев от одной системы в другую. К примеру, если у одного участника платежной системы для крупных сумм (ПСКС) возникают трудности с ликвидностью, то он может оказаться не в состоянии провести платежи в адрес своих контрагентов. Так, его контрагенты не смогут получить запланированные и необходимые им денежные средства, в результате чего дефицит ликвидности может

помешать данным контрагентам осуществлять операции с ценными бумагами в соответствующем депозитарии ценных бумаг. Таким образом, сбои в платежных системах могут резко отрицательно повлиять на деятельность центральных депозитариев ценных бумаг, то есть имеют место финансовые риски. Возможна и обратная ситуация. Возможность получения участником ПСКС внутридневного кредита центрального банка зачастую будет зависеть от его возможности предоставить обеспечение через ЦДЦБ.

Во-вторых, взаимозависимости могут стать источником сбоев сразу нескольких систем. Такая ситуация может возникнуть, если несколько систем зависят от одной системно значимой системы или являются пользователями какой-либо ключевой системы. В плоскости международных связей многие системы зависят от телекоммуникационной системы SWIFT, сбои в которой могут вызвать целую волну сбоев на взаимосвязанные с ней системы. В рамках отдельного государства системно значимым звеном обычно является ПСКС, сбои которой могут подорвать функционирование всей национальной платежной системы.

В-третьих, взаимозависимости платежно-расчетных систем способны становиться каналом распространения негативных шоковых импульсов за пределы таких систем на целые финансовые рынки. К примеру, неликвидное или неработоспособное состояние рынка государственных ценных бумаг может уменьшить доступность обеспечения, используемого для получения внутридневного кредита от центрального банка, что в свою очередь повлияет на потоки расчетных операций в ПСКС. Вследствие развития таких событий могут пострадать и необеспеченные денежные рынки [3].



Формы взаимозависимостей.
Источник: Платежные и расчетные системы. Международный опыт. Выпуск № 14. ЦБ РФ. – 2008 г.

Таким образом, взаимосвязь деятельности платежных систем различного типа, а также их взаимозависимости с другими элементами финансовой инфраструктуры рынка, с одной стороны, позволяют преодолевать операционные риски, при этом одновременно, с другой стороны, становятся потенциальным каналом распределения финансовых рисков.

Расчетный риск автоматически приводит контрагентов к трем негативным последствиям:

– риск потери денежной суммы;

– риск нереализации выгоды вследствие невыполнения контрактов;

– риск возможных расходов замещающих цен по операциям.

На наш взгляд, техническая интеграция платежных систем, унификация мировых правил и стандартов являются на сегодняшний день необратимыми процессами, позволяющими многократно увеличивать эффективность экономической деятельности. Однако при этом необходимо четко осознавать величину потенциального системного риска, который могут нести в себе взаимосвязи деятельности платежных систем. Для предотвращения распространения сбоев между системами необходимо учитывать следующие моменты:

Во-первых, управление рисками не должно сводиться к разрозненным действиям отдельных систем, а должно носить комплексный характер. Контрагенты должны учитывать разнообразие потенциальных сбоев, которые могут затронуть их вследствие взаимозависимостей. Для этого необходимо, чтобы контрагенты осознавали свою роль в расширенной глобальной инфраструктуре и создаваемых ими взаимозависимостях.

Во-вторых, существенное значение всегда будут иметь системно значимые платежные системы, являющиеся центральными участниками основных взаимозависимостей. Такие системы должны обеспечивать

непрерывность бизнес-процессов. Здесь основным моментом является способность системы оказывать минимальный уровень услуг даже в проблемных ситуациях. Реализация заданных показателей потребует наличия альтернативных процедур расчета, немаловажную роль приобретают способы управления риском ликвидности.

Если системно значимая платежная система не в состоянии завершить расчеты, это ставит под угрозу эффективность функционирования всего финансового рынка. Такие негативные последствия могут образоваться по причине аннулирования платежей, несвоевременных расчетов, ликвидации гарантированных сделок или срочной ликвидации залогового обеспечения. В такой ситуации участники платежной системы резко сталкиваются с непредвиденными расчетными рисками, которые в такой момент с трудом поддаются эффективному управлению. Это, в свою очередь, может стать причиной дальнейших сбоев в финансовой системе и способно подорвать общественное доверие к безопасности, устойчивости и надежности всей финансовой инфраструктуры [6].

По мнению автора, следует уделять должное внимание косвенным факторам, способным повлиять на деятельность системно-значимых платежных систем. Сама по себе платежная система при должном уровне управления рисками будет эффективно функционировать и способствовать развитию всей экономики, однако в результате финансовых потрясений платежные системы могут оказаться инструментом, многократно усиливающим негативные процессы в глобальной экономике, в которую вовлечена и экономика современной России.

Для эффективного управления рисками в условиях постоянно усиливающихся взаимосвязей всех элементов финансовой инфраструктуры рынка, по нашему мнению, необходимо устанавливать такие понятия, как инициатор риска и владелец риска. Инициатор риска – элемент финансовой инфраструктуры рынка, прямо или косвенно инициирующий своей деятельностью возникновение и распространение рисков. Также необходимо устанавливать причину развития рисков. Владелец риска – участник финансовых отношений, непосредственно испытывающий последствия реализации риска. При этом надо отметить, что один и тот же субъект рынка может одновременно являться и инициатором и владельцем одного риска.

План мероприятий по управлению рисками должен включать:

1. Перечень конкретных мероприятий по устранению рисков или их снижению до приемлемого уровня.
2. Ответственный контрагент.
3. Срок проведения таких мероприятий.
4. Объем необходимых средств для устранения рисков.
5. Возможные последствия различных сценариев реализации рисков.

Возможная модель оценки уровня рисков, а также различные сценарии их развития представлены в таблице.

Оценка текущего риска				
Сценарий реализации риска			Уровень принятия решений	Оценка
Описание сценария	Вероятность, %	Степень воздействия, $		
1.				
2.				
3.				

Итак, надо отметить, что увеличение взаимозависимостей меняет профили рисков платежных и расчетных систем. С одной стороны, взаимозависимости уменьшают расчетные риски, а также помогают снизить операционный риск с помощью увеличения эффективности обработки документов. Однако следует помнить, что интеграция всегда предполагает риски системного характера. Речь идет лишь о снижении финансового и операционного риска, но не их устранении, так как с другой стороны, те же взаимозависимости могут стать причиной распространения и финансового и операционного рисков. Как следствие, это приводит к возникновению новых, межсистемных источников финансового и операционного рисков. Таким образом, в процессе деятельности платежно-расчетных систем необходимо находить компромисс между предполагаемой эффективностью и допустимым уровнем рисков.

Развитость платежно-расчетных систем, их эффективная интеграция, а также необходимый контроль, анализ и наблюдение за ними – все это позволит обеспечить доступ финансовых контрагентов к кредитным ресурсам, соблюсти единство финансового

рынка и обеспечить высокий уровень развития рынка финансовых услуг.

Список литературы

1. Бикмаев Ш.Р. Национальная платежная система: проблемы и перспективы развития // Финансы и кредит. – 2012. – № 16. – С. 68.

2. Воронин А.С. Национальная платежная система. Бизнес-энциклопедия. – М.: КНОРУС: ЦИПСиР. – 2013. – 424 с.

3. Платежные и расчетные системы. Международный опыт. Вып. 14. ЦБ РФ. – 2008. – 72 с.

4. Платежные и расчетные системы. Международный опыт. Вып. 3. ЦБ РФ. – 2008. – 76 с.

5. Ушанов П.В. Межбанковские платежные системы в условиях развивающейся глобальной экономики // Финансы и кредит. – 2012. – № 24 – С. 60.

6. Recovery and resolution of financial market infrastructures. Consultative report. Bank for International Settlements. – 2012. – 40 с.

7. Seth W. Feaster, Nelson D. Schwartz, Tom Kuntz. It's all connected: A spectators guide to the euro crisis. – URL: http://nytimes.com/imagepages/2011/10/22/opinion/20111023_DATAPOINTS.html (дата обращения 20.05.2014).

References

1. Bikmayev Sh.R. National payment system: problems and development prospects // Finance and credit. 2012. no. 16 pp. 68.

2. Voronin A.S. National payment system. Business encyclopedia. M.: KNORUS. 2013. 424 p.

3. Payment and settlement systems. International experience. Release 14. Central Bank of the Russian Federation. 2008 72 p.

4. Payment and settlement systems. International experience. Release 3. Central Bank of the Russian Federation. 2008 76 p.

5. Ushanov P. V. Interbank payment systems in the conditions of developing global economy//Finance and the credit. 2012 . no. 24 pp. 60.

6. Recovery and resolution of financial market infrastructures. Consultative report. Bank for International Settlements. 2012 40 p.

7. Seth W. Feaster, Nelson D. Schwartz, Tom Kuntz. *It's all connected: A spectators guide to the euro crisis.* Available at: http://nytimes.com/imagepages/2011/10/22/opinion/20111023_DATAPOINTS.html (accessed 20 May 2014).

Рецензенты:

Биглова Г.Ф., д.э.н., доцент, зав. кафедрой макроэкономического развития и государственного регулирования, ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», Институт экономики, финансов и бизнеса, г. Уфа;

Зулькарнай И.У., д.э.н., профессор, зав. лабораторией исследования социально-экономических проблем регионов, ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет», Институт экономики, финансов и бизнеса, г. Уфа.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 330.837.061

КЛАСТЕРНО-СЕТЕВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТРАНСАКЦИОННОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

Перский Ю.К., Фрейман Е.Н.

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, e-mail: enfreyman@mail.ru

В статье определена сущность и значимость трансакционного сектора как объекта исследования в современных условиях хозяйствования. На основе анализа существующих исследований сделан вывод о том, что определенный количественный рост трансакционного сектора экономики не сопровождается его качественным развитием. Представлены особенности развития современной экономики. Определена необходимость исследования взаимовлияния трансакционного сектора и обслуживаемого им трансформационного сектора в контексте сетевого взаимодействия и сетевой организации экономики. Представлено обоснование кластера как формы организации сети. В целях анализа влияния трансакционного сектора на развитие экономики определен состав субъектов кластерно-сетевой модели трансакционного сектора экономики региона, а также перечень подлежащих анализу взаимосвязей в рассматриваемой модели. Сформулированы гипотеза и задачи последующего исследования.

Ключевые слова: трансакционный сектор, трансакции, сеть, кластер

CLUSTER-NETWORK PRESENTATION OF TRANSACTION SECTOR OF ECONOMY

Perskiy Y.K., Freyman E.N.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: enfreyman@mail.ru

The article defines the essence and significance of transaction sector as a research subject in the current economic conditions. Based on the analysis of existing studies concluded that certain quantitative growth of transactional sector is not accompanied by its qualitative development. The paper presents the features of modern economic development. Identified the need to study mutual transaction sector and it serves the transformation sector in the context of networking and network organization of the economy. The substantiation of the cluster as a form of networking. Presented subjects cluster-network model transaction sector of the regional economy. Formulated the hypothesis and further investigation of the problem.

Keywords: transaction sector, transaction, network, cluster

Осознание важности и особого значения знаний и информации как доминантных ресурсов общества и экономики XX–XXI веков стало насущным фактором мирового развития. В таком контексте пристального анализа требуют изменения в самой конструкции экономики, выявление закономерностей функционирования и взаимодействия ее различных секторов. Поскольку основные виды экономической деятельности организуются в глобальных масштабах, неотъемлемым, определяющим условием поведения экономических агентов становится использование эффектов сетевого взаимодействия.

В условиях высокой динамики изменения окружающей среды и усложнения процессов взаимодействия актуализируются вопросы изучения трансакционного сектора как составляющей экономической системы на разных иерархических уровнях.

Понятие трансакционного сектора экономики было введено в оборот экономических терминов Д. Нортом и Дж. Уоллисом в 1986 г. при определении размера трансакционных издержек в американской экономике [13].

В настоящее время имеются различные суждения по поводу сущностного содержания трансакционного сектора и его состава. Ряд исследователей приходят к мнению о том, что к трансакционному сектору относятся институты-организации, деятельность которых способствует совершению трансакций [3, 7, 12].

Например, деятельность банка как института направлена на облегчение процесса поиска агента с целью заключения договора займа, что позволяет снизить трансакционные издержки заемщика по поиску информации о заимодавце, риски и издержки оппортунистического поведения заимодавца. Тогда банк или банковскую сферу в целом можно рассматривать как составляющую трансакционного сектора экономики.

О необходимости развития отраслей, обслуживающих производственные процессы для создания нормальных экономических условий функционирования рынка и формирования рыночной среды, рассуждали многие ученые-экономисты. Развитие трансакционного сектора сокращает издержки обращения, приводит к росту внешней торговли и экспортных отраслей,

созданию капитала для развития промышленности. И именно поэтому целесообразно и необходимо государственное регулирование развития этого сектора экономики.

Трансакционный сектор экономики служит одним из регуляторов национальной экономики, представляя производителям информацию об общественных потребностях и способствуя переливу производственных ресурсов из одного сектора трансформационной экономики в другой и внутри отдельных секторов. Поэтому трансакционный сектор объективно может рассматриваться как необходимый элемент воспроизводства валового общественного продукта, как форма реализации движения составных его частей [5].

По мнению И.Ш. Хасанова, «трансакционная методология изучения общественного воспроизводства предполагает рассмотрение функционирования экономической системы с точки зрения взаимодействия в определенной последовательности разнообразных трансакций в воспроизводственном процессе, а также выделения ведущих трансакций, прежде всего тех, которые обеспечивают взаимосвязь экономических секторов в общественном воспроизводстве» [9]. Значимость изучения трансакционного сектора экономики обусловлена тем, что экономический рост возможен только в условиях нормальных пропорций между трансакционным и трансформационным секторами экономики.

М.Б. Ерзнкян делает вывод о том, что существуют веские причины сосредоточения внимания именно на трансакционном секторе, поскольку его динамика «является в определенной мере индикатором происходящих в экономике и обществе институциональных изменений», а также определяющей для динамики развития государств и социально-экономической системы в целом [2].

В последнее время внимание исследователей уделяется вопросу оценки, определения уровня развития трансакционного сектора региона.

В своем исследовании Ю.А. Карпов отмечает, что «неравномерность развития трансакционного сектора в регионах Российской Федерации и отсутствие необходимых институтов для его полноценного функционирования… делают актуальной прикладную задачу по измерению объемов, выявлению динамики и факторов роста трансакционного сектора (ТС), а также выработке целевых программ по оптимизации его структуры в российских регионах» [3].

Е.В. Попов и М.А. Гембий рассматривают данные об объеме, структуре и динамике трансакционного сектора в качестве элемента оценки уровня экономического развития региона.

Проводимые в настоящее время исследования, связанные с проблематикой трансакционного сектора на макро- и мезоуровнях, в основном, касаются общих вопросов его состояния и развития (тенденции роста, структурные изменения, возникающие кризисные явления и т.д.). Вывод, который можно было бы сделать по результатам существующих исследований, состоит в том, что определенный количественный рост трансакционного сектора экономики не сопровождается его качественным развитием. С одной стороны, трансакционный сектор признается в качестве значимого фактора развития экономики, в то же время не уделяется достаточно внимания вопросу соотношения развития трансакционного сектора и трансформационного сектора, а также степени влияния развития трансакционного сектора на экономику в целом. Одной из главных причин, тормозящих развитие исследований в данном направлении, является отсутствие подходов к решению вышеуказанных задач и инструментов анализа взаимосвязей в рассматриваемой экономической системе.

Принимая во внимание современные тенденции развития мирового хозяйства (активное использование информационных технологий, превращение инновационного процесса в постоянно действующий фактор развития, высокие скорости изменений, обостряющаяся конкуренция), инициирующие формирование нового типа хозяйствования на основе сетевой концепции, представляется необходимым исследовать особенности взаимовлияния трансакционного сектора и обслуживаемого им трансформационного сектора в контексте сетевого взаимодействия и сетевой организации экономики.

По М. Кастельсу сеть представляет собою «организующее коммуникационное средство в экономике» [4], оказывающее решающее влияние на социально-экономическую активность путем трансформации организационных форм в бизнесе и других сферах деятельности. Традиционные организации, компании, корпорации трансформируются в сетевые структуры – «самопрограммирующиеся, самоуправляющиеся, основой для которых служат принципы децентрализации, участия и координации» [4]. Развитие информационных технологий приводит к эволюции современных экономических систем, развитию нерыночных механизмов регулирования и сетевых организационных структур. Таким образом, возникает своего рода безотраслевая, сетевая экономика, основанная преимущественно

на горизонтальных связях [10]. Возрастающая роль сетевых отношений требует более пристального рассмотрения сетевой экономики с позиций ее влияния на структуру экономического пространства [6]. Поэтому трансакционный сектор (его составляющие) необходимо рассматривать не в отрыве от других секторов (как это было сделано в ряде исследований при расчете доли данного сектора в структуре экономики, анализе его динамики), а в составе структур в экономике, основанных на горизонтальных связях. Более того, примечательная особенность сети как одного из механизмов координации воздействий экономических агентов состоит в ее влиянии на экономические процессы посредством механизма синергии, инициируя возникновение мультипликативных синергетических результатов, основанных, прежде всего, на сотрудничестве и взаимодействии.

Поскольку сетевая природа современной экономики задает определенные условия функционирования предприятий и отраслей, для целей оценки степени влияния трансакционного сектора на экономическое развитие необходимо представить «иное видение» трансакционного сектора в составе экономики региона, позволяющее учитывать сетевые взаимосвязи. И здесь основным вопросом является вопрос идентификации сетевых взаимосвязей трансакционного сектора с другими составляющими экономики региона.

В качестве формы организации сети в решении поставленной задачи целесообразно рассмотреть кластер. М. Портер, один из первых разработчиков кластерной модели в связи с исследованиями в области конкурентоспособности стран и регионов, определил кластер как группу «географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере и характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга» [8].

Ряд исследователей с убежденностью отмечают, что кластеру присущи черты сети [6, 11]. К ним относятся: открытые границы для сотрудничества и взаимодействия и привлечения новых участников; подвижная внутренняя структура; способность к быстрой реконфигурации; интеграция в общий контекст совместной идеи. Как для сети, так и для кластера характерен эффект экономии на трансакционных издержках. Сетевая природа кластера определяется наличием множественности различных (внешних и внутренних) социально-экономических взаимоотношений. Реальный кластер есть группа предприятий, которые не просто соседствуют территориально, но объединяются в сеть, нацеленную на достижение определенного общего результата, причем, как правило, в этой сети необходимо присутствие компаний, представляющих разные отрасли (не случайным образом, а по принципу комплементарности ресурсов и компетенций) [11].

Исследование кластеров является на сегодняшний день весьма актуальным как с точки зрения теории, так и практики, поскольку функционирование кластеров является одним из локомотивов развития региональной экономики. Опыт США показывает, что ни отраслевая структура, ни наличие новых высокотехнологичных отраслей не определяют в полной мере экономический рост региона. Наиболее динамичное развитие получают те регионы, где сформировались промышленные или инновационные кластеры [1]. Вхождение в состав кластера привносит конкурентные преимущества компании. Присутствуя в составе кластера, организация получает ряд преимуществ от использования развитой сети социально-экономических связей: простота привлечения инвестиций, организация и участие в научных разработках, привлечение к сотрудничеству надежных партнеров и др. В таком контексте кластер выступает в качестве инструментария исследования влияния трансакционного сектора на развитие региона.

Для построения модели «трансакционный сектор – экономика региона» необходимо определить, каким образом трансакционный сектор может быть представлен в составе кластеров региона.

В структуре любого кластера можно выделить ключевую отрасль, определяющую его специализацию, и дополнительные, обслуживающие отрасли. Для того, чтобы территориально близкие предприятия, специализированные в рамках одной отрасли, могли функционировать в качестве единого кластера, необходимо наличие хорошо развитого сервиса (включая услуги маркетинговых, консалтинговых, юридических компаний) и постоянное участие научного сообщества, результатом которого являются новые разработки и инновации [11]. Отмеченные сервисные услуги наряду с другими (финансовые, торговые) в составе кластера представляют собою не что иное, как ключевые элементы составляющих трансакционного сектора. По сути, трансакционный сектор «растворяется» в структуре кластера, принимающего на себя функцию обслуживающего характера.

Конечно, возможен вариант регионального кластера, ключевой отраслью которого будет представлена отрасль, являющаяся составляющей трансакционного сектора.

Однако не все виды деятельности, относящиеся к трансакционному сектору, могут войти в состав того или иного кластера. Тем не менее не следует исключать влияния данной составляющей на экономику региона, что должно быть учтено в модели «Трансакционный сектор – экономика региона».

Обслуживающий характер трансакционного сектора региона предполагает его органичную интеграцию в кластерно-сетевую структуру экономики.

На рисунке представлена кластерно-сетевая модель трансакционного сектора экономики региона, включающая в себя:

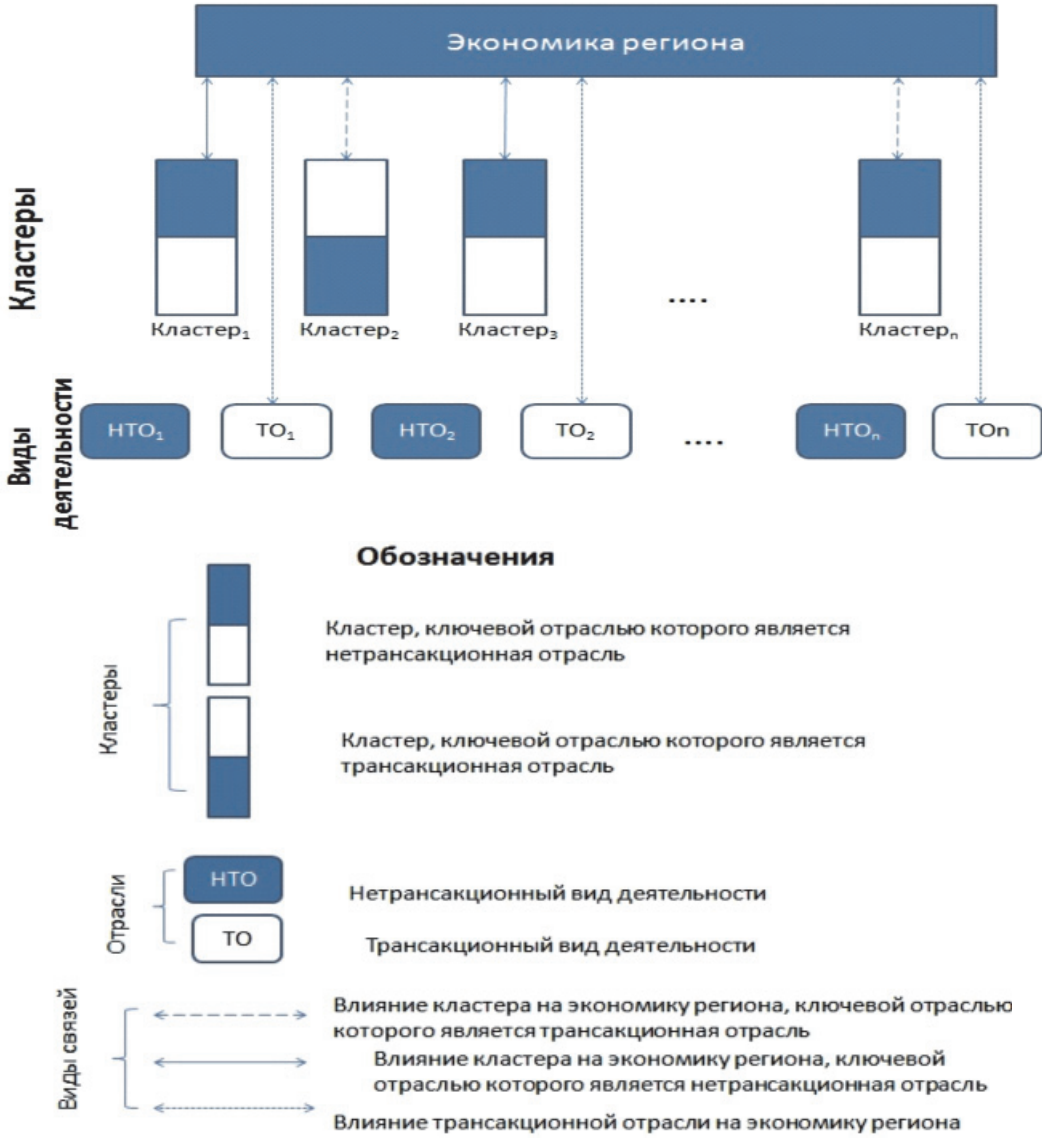
а) обслуживающие отрасли в составе кластера;

б) ключевые отрасли в составе кластера;

в) отрасли, не включенные в состав какого-либо кластера региона.

Для каждого из этих вариантов необходимо определить характер их влияния и получить оценки степени такого влияния. Представляется возможным воспользоваться математическим аппаратом, позволяющим идентифицировать и исследовать связи в кластере. Применительно к объекту исследования потребуется адаптация выбранного метода анализа кластерных взаимосвязей.

Вышеизложенное позволяет сформулировать следующую гипотезу нашего исследования: трансакционный сектор как социально-экономическая подсистема экономики региона вызывает импульсы ее развития, распространяя их на другие подсистемы посредством мультипликативного эффекта и на основе иерархических и кластерно-сетевых взаимосвязей под влиянием эффективно функционирующей институциональной структуры.



Субъекты кластерно-сетевой модели трансакционного сектора экономики региона

Последовательное подтверждение гипотезы предполагает реализацию следующего алгоритма исследования:

- построение модели, отражающей сетевые взаимосвязи в системе «Трансакционный сектор – экономика региона» и описание характера взаимосвязей;
- определение состава параметров (состав переменных) трансакционного сектора, оказывающих влияние на параметры (показатели) развития экономики региона;
- идентификация региональных кластеров;
- построение математической модели, характеризующей выявляемые связи;
- определение состава синергетических импульсов развития региона, исходящих от трансакционного сектора;
- оценка интегрального результата влияния трансакционного сектора на экономику региона в рамках кластерно-сетевого подхода.

При этом ключевым звеном алгоритма является построение модели, отражающей сетевые взаимосвязи в системе «Трансакционный сектор – экономика региона» и описание характера взаимосвязей.

Список литературы

1. Волкова Н.Н., Сахно Т.В. Индустриальные кластеры США // США. Канада: экономика, политика, культура. – 2007. – № 1. – С. 51–68.

2. Ерзнкян М.Б. Трансакционные факторы динамики промышленного производства.: дис. … канд. экон. наук. – М., 2010. – 159 с.

3. Карпов Ю.А. Развитие трансакционного сектора российской экономики: дис. … канд. экон. наук. – Волгоград, 2008. – 165 с.

4. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество, культура) / пер. с англ. под науч. ред. О.И. Шкаратана. М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 607 с.

5. Кастосов М.А. Роль трансакционного сектора в экономии ресурсов // Российское предпринимательство. – 2012. – № 3 (201). – С. 30–33.

6. Лаврикова Ю.Г. Кластеры как рыночный институт пространственного развития экономики региона: дис. … д-ра экон. наук. – Екатеринбург, 2009. – 358 с.

7. Попов Е.В. Трансакционный сектор региона. – Екатеринбург: ИЭ УрО РАН, 2011. – 132 с.

8. Портер М. Конкуренция: пер. с англ. – 2-е изд. испр. – М.: ИД «Вильямс», 2006. – 602 с.

9. Хасанов И.Ш. Трансакционный сектор экономической системы: национальное счетоводство общественного воспроизводства: автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – Челябинск, 2009. – 51 с.

10. Цвылев Р.И. Постиндустриальное развитие. Уроки для России. – М.: Наука, 1996. – 136 с.

11. Шерешева М.Ю. Формы сетевого взаимодействия: курс лекций. – М.: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2010. – 344 с.

12. Шкрябина А.Е. Тенденции и особенности развития трансакционного сектора в экономике России: автореф. дис. ... канд. экон. наук. – Саратов, 2012. – 26 с.

13. Wallis J., North D. Measuring the transaction sector in the American economy, 1870–1970 // Long-Term Factors in American Economic Growth, edited by Stanley L. Engerman and Robert E. Gallman. – Chicago: University of Chicago Press, 1986. – P. 95–148.

References

1. Volkova N.N., Sakhno T.V. Industrialnye klastery SSHA. *SSHA. Kanada: economica, politika, kultura*, 2007, no 1, pp. 51–68.

2. Erznkyan M.B. Transaktsionnye factory dinamiki promishlennogo proizvodstva: dis… kand.ekon. nauk. Moskva, 2010, 159 p.

3. Karpov Y.A. Razvitie transaktsionnogo sektora rossiiskoy ekonomiki: dis… kand.ekon. nauk. Volgograd, 2008, 165 p.

4. Kastels M. Informatsionnaya epokha: ekonomika, obschestvo, kultura. (Per. s angl. pod nauch. red. O.I. Shkaratana), M.: GU VSHE, 2000, 607 p.

5. Kastosov M.A. Rol transaktsionnogo sektora v ekonomike resursov. *Rossiskoe predprinimatelstvo*, 2012, no 3 (201), pp. 30–33.

6. Lavrikova Y.G. Klastery kak rynochniy institut prostranstvennogo razvitiya ekonomiki regiona: dis… dokt.ekon. nauk. Ekaterinburg, 2009, 358 p.

7. Popov E.V. Transaktsionniy sector regiona. Ekaterinburg: IE UrO RAN, 2011, 132 p.

8. Porter M. Konkurentsiya, (per s angl. M.E. Porter. Izd. Ispr.), M.: ID «Vilyams», 2006, 602 p.

9. Khasanov I.S. Transaktsionniy sector ekonomicheskoy sistemy: natsionalnoe schetovodstvo obschestvennogo vosproizvodstva: aftoref. dis. dokt. ekon. nauk. chelyabinsk, 2009, 51 p.

10. Tsvylev R.I. Postindustrialnoe razvitie. Uroki dlya Rossii. M.: Nauka, 1996, 136 p.

11. Sheresheva M.Y. Formi setevogo vzaimodeystviya (kurs lektsiy), M.: Izdatelskiy dom GU BSHE, 2010, 344 **p**.

12. Shkryabina A.E. Tendentsii i osobennosti razvitiya transaktsionnogo sectora v ekonomike Rossii: aforef. dis. kand. ekon. nauk. Saratov, 2012, 26 p.

13. Wallis J., North D. Measuring the transaction sector in the American economy, 1870-1970 // Long-Term Factors in American Economic Growth, edited by Stanley L. Engerman and Robert E. Gallman. Chicago: University of Chicago Press. 1986. pp. 95–148

Рецензенты:

Третьякова Е.А., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой «Экономическая теория», ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь;

Прудский В.Г., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент», ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 330.43:519.24

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТАБИЛИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ЭКОНОМИКИ РОССИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ ВЕКТОРНОЙ АВТОРЕГРЕССИИ

Суханова Е.И., Ширнаева С.Ю.

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет», Самара, e-mail: sukhanov@samaradom.ru, shirnaeva_sy@mail.ru

В статье представлены результаты построения, оценивания и использования моделей векторной авторегрессии (VAR-моделей) для краткосрочного прогнозирования показателей, отражающих стабилизационные процессы, протекающие в российской экономике. Для построения VAR-моделей отобраны экономические показатели в соответствии с выделенными признаками стабильного состояния экономики России. Проведена предварительная статистическая обработка временных рядов рассмотренных показателей (удалена сезонная составляющая, все временные ряды приведены к стационарному виду, определена длина лага переменных, включенных в модель и др.). Построена модель векторной авторегрессии, описывающая динамику изменения показателей стабилизационных процессов, и на ее основе выполнено краткосрочное прогнозирование значений этих показателей на следующие временные периоды. Получен тестовый прогноз и проведено сравнение прогностических свойств построенной VAR-модели и системы одновременных уравнений (СОУ), построенной в ранее опубликованных работах авторов. Прогнозы, полученные с помощью СОУ, не превосходят по точности прогнозы, полученные на основе VAR-модели.

Ключевые слова: показатели стабилизационных процессов, временные ряды, модель векторной авторегрессии, лаг, прогнозирование

FORECASTING OF STABILIZATION PROCESSES INDICES OF RUSSIA'S ECONOMY ON THE BASIS OF VECTOR AUTOREGRESSION MODELS

Sukhanova E.I., Shirnaeva S.Y.

Samara State Economic University, Samara, e-mail: sukhanov@samaradom.ru, shirnaeva_sy@mail.ru

The article presents the results of construction, estimation and use of vector autoregression models (VAR) for short-term forecasting of indices, reflecting stabilization processes, taking place in Russia's economy. To construct VAR models economic indices corresponding to picked out indications of Russia's stability have been selected. A preliminary statistical processing of time series for indications reviewed have been made (seasonal component has been eliminated, time series have been transformed into stationary form, the length of variables lag included into the model has been defined and others). A model of vector autoregression describing the dynamics of changes of stabilization processes indices has been constructed and the short-term forecasting of these indices values for the following time periods has been made on its basis. A test forecast has been obtained and a comparison of forecast characteristics of the VAR model constructed has been made as well as a system of simultaneous equations (SSE), which was constructed in the previously published authors' works. The forecasts obtained with the help of SSE don't exceed forecast accuracy, obtained on the basis of VAR model.

Keywords: stabilization processes indices, time series, vector autoregression model, lag, forecasting

Прогнозирование возможных значений макроэкономических показателей остается актуальной задачей при исследовании динамики различных процессов, происходящих в российской экономике, в частности стабилизационных процессов.

В современных статистических и эконометрических исследованиях используются различные подходы и методы прогнозирования значений экономических показателей. Вопросы прогнозирования макроэкономических показателей на основе моделей временных рядов, в том числе моделей векторной авторегрессии (VAR-моделей), рассматривали в своих работах Ю.Г. Абакумова, Е.В. Дорохов, А. Зарецкий, М.В. Савина, П.Л. Швайко, В.И. Суслов и другие авторы. В данной работе представлены результаты построения и использования моделей векторной авторегрессии для краткосрочного прогнозирования значений показателей, отражающих стабилизационные процессы, протекающие в экономике России, а также сравнение точности прогнозов, полученных с помощью VAR-моделей, с прогнозами на основе системы одновременных уравнений (СОУ).

Модель векторной авторегрессии представляет собой эконометрическую модель, каждое уравнение которой описывает зависимость одной из переменных модели от лаговых значений всех переменных модели [2, 11], или, другими словами, каждый из компонентов многомерного случайного процесса рассматривается как линейная комбинация предыдущих значений всех переменных [13]. Актуальные в прикладном плане модели такого типа отличаются хорошими прогностическими свойствами [1, 2, 4]. При прогнозировании на основе VAR-моделей находить прогнозные значения исследуемых показателей значительно

проще (чем на основе СОУ), так как лаговые значения переменных модели, как правило, величины известные. Также построение прогнозов не требует знания структурной формы VAR-модели и, чтобы построить прогноз, достаточно оценить приведенную форму обычным методом наименьших квадратов [2] (при проведении предварительной статистической обработки временных рядов рассматриваемых показателей). Но есть и сложности при построении таких моделей: например, определение максимальной длины лага (порядка авторегрессии) для переменных, включаемых в VAR-модель; в ряде случаев трудно содержательно интерпретировать оценки параметров построенной модели. Однако по сравнению со структурными моделями (СОУ) векторные авторегрессионные модели имеют меньшее число параметров и менее строгие ограничения на их значения [11].

Выбор экономических показателей в качестве переменных для построения VAR-модели и прогнозирования с ее помощью основывался на определении стабилизационных процессов, под которыми понимаются процессы, протекающие в экономической системе на протяжении длительного промежутка времени и приводящие эту систему в стабильное состояние, характеризующееся рядом признаков [9, 10]. Признаки стабильного состояния экономики и отражающие эти признаки показатели представлены в табл. 1.

Таблица 1

Признаки стабильного состояния экономики и их показатели

Признак	Показатель	Условное обозначение показателя
Относительно незначительный, но устойчивый рост производства	Индекс промышленного производства (% к соответствующему периоду предыдущего года)	IND_PROM
Рост занятости, соответствующий естественному росту населения	Общая численность безработных на конец периода (млн чел.)	CHISL_BEZR
Сбалансированность внешнеторговых операций	Чистый экспорт (млрд долл. США)	CHIST_EXP
Практическая неизменность цен	Индекс потребительских цен (% к соответствующему периоду предыдущего года)	IND_CEN
Стабильный уровень благосостояния населения	Начисленная среднемесячная заработная плата одного работника номинальная (руб.)	ZP
Сокращение бюджетного дефицита	Инвестиции в основной капитал (млрд руб.)	INV

Отобранные макроэкономические показатели представляют собой временные ряды в помесячной динамике за период с января 1999 года по февраль 2014 года. Информационный статистический массив (182 наблюдения) сформирован на основе данных, регулярно публикуемых Федеральной службой государственной статистики [3]. Для проведения расчетов и их анализа были использованы эконометрический пакет EViews и табличный процессор MS Excel.

На начальном этапе прогнозирования показателей стабилизационных процессов экономики России на основе VAR-моделей была проведена предварительная статистическая обработка временных рядов этих показателей. Задачей данного этапа является проверка временных рядов на наличие сезонной составляющей, на стационарность, тестирование на коинтеграцию. Опираясь на результаты, полученные при графическом анализе исходных данных, а также автокорреляционной (АКФ) и частной автокорреляционной (ЧАКФ) функций был сделан вывод о наличии сезонной составляющей во временных рядах показателей ZP (начисленная среднемесячная заработная плата одного работника номинальная) и INV (инвестиции в основной капитал). Для проверки стационарности временных рядов показателей анализировались графики их исходных данных, графики АКФ и ЧАКФ, а также результаты расширенного теста Дикки – Фуллера (ADF-теста) (наблюдаемые значения *t*-статистики ADF-теста приведены в табл. 2). Анализ показал, что временные ряды всех исследуемых показателей не являются стационарными.

В данной работе рассматривались различные варианты возможных преобразований нестационарного временного ряда в стационарный, строились модели

и выполнялся прогноз. Далее приводится алгоритм, обеспечивающий наибольшую точность прогнозирования.

Ко всем временным рядам был применен метод исключения тренда – взятие первых разностей. Проанализировав графики АКФ и ЧАКФ временных рядов первых разностей, а также результаты ADF-теста, получили вывод о стационарности рядов первых разностей показателей IND_PROM, CHISL_BEZR, CHIST_EXP и IND_CEN. Ряды первых разностей показателей ZP и INV оказались нестационарными. Поэтому исходные уровни временных рядов этих показателей логарифмировались, затем «очищались» от сезонной составляющей, а далее были найдены первые разности логарифмов. ADF-тест, осуществленный по преобразованным данным, показал их стационарность (см. табл. 2). Вопросы тестирования временных рядов на коинтеграцию были рассмотрены в работе [5].

Таблица 2

Результаты предварительной статистической обработки временных рядов исследуемых экономических показателей

Показатель	Наблюдаемые значения *t*-статистики ADF-теста			Сезонность
	Исходные уровни	Первые разности исходных уровней	Первые разности логарифмов	
IND_PROM	–3,02 (*tr, c*)	–14,81 (*c*)	–	не обнаружена
CHISL_BEZR	–3,14 (*tr, c*)	–9,04 (*c*)	–	не обнаружена
CHIST_EXP	–3,07 (*tr, c*)	–16,39 (*c*)	–	не обнаружена
IND_CEN	–2,32 (*tr, c*)	–10,45 (*c*)	–	не обнаружена
ZP	–1,69 (*tr, c*)	–1,73 (*c*)	–6,15 (*c*)	обнаружена и устранена
INV	–3,13 (*tr*, c)	–2,21 (*c*)	–11,45 (*c*)	обнаружена и устранена

Примечания: (*tr, c*) означает наличие тренда и константы в модели тестируемого временного ряда; в этом случае критические значения *t*-статистики ADF-теста при уровнях значимости 1, 5 и 10% составляют соответственно –4,01; –3,43 и –3,14; (*c*) означает, что в модели тестируемого временного ряда присутствует только константа, тогда критические значения составляют соответственно –3,47; –2,88; –2,58 [12].

После приведения временных рядов всех показателей к стационарному виду была построена модель векторной авторегрессии (VAR-модель), где в качестве эндогенных переменных рассматривались все исследованные (преобразованные описанным выше способом) экономические показатели (IND_PROM, CHISL_BEZR, CHIST_EXP, IND_CEN, ZP и INV), причем каждая переменная в системе уравнений рассматривалась как функция от лаговых значений всех перечисленных переменных. Оценка параметров модели проводилась обычным методом наименьших квадратов. Проблемой на этом этапе традиционно является определение наибольшей длины временного лага переменных модели (глубины запаздывания реакции эндогенных переменных). При определении наибольшей длины лага оценивались VAR-модели с различным значением временного лага *p*. Для получения обоснованного вывода о величине лага *p* и о необходимости включения в модель каждого следующего лагового значения переменных применялись информационные критерии Акаике (AIC) и Шварца (SC), что позволило получить согласованную оценку для длины лага $p = 3$ (длина лага с наименьшими значениями критериев).

Также были проверены гипотезы о значимости на конкретном лаге группы переменных в каждом уравнении векторной авторегрессии и об их значимости в совокупности для всей VAR-модели. Результаты проверки гипотез подтвердили ранее полученный вывод о том, что в качестве максимальной длины лага следует выбрать $p = 3$. Зависимые и лаговые (с длиной лага 1, 2, 3) переменные уравнений VAR-модели, оценки их параметров, соответствующие *t*-статистики и другие статистические характеристики представлены в табл. 3.

Анализируя полученные результаты оценивания, можно сделать следующие выводы. Уравнения построенной модели векторной авторегрессии статистически значимы на 5%-ном уровне значимости ($F_{кр}$ (0,05; 18; 159) = 1,67). Парные тесты причинно-следственной зависимости по Грэнжеру показали совместную значимость (на 5%-ом уровне значимости) эндогенной переменной каждого уравнения построенной VAR-модели со всеми другими лагированными эндогенными переменными (наблюдаемые значения χ^2-статистики Вальда составили от 28,17 до 51,91).

Таблица 3

Оценки параметров и статистические характеристики уравнений VAR-модели

Переменные	IND_PROM	CHISL_BEZR	CHIST_EXP	IND_CEN	ZP	INV
IND_PROM(-1)	–0,1335	–0,0128	0,0840	–0,1713	–0,0002	0,0026
	[–1,8955]	[–2,2478]	[1,9762]	[–1,8991]	[–0,8185]	[1,9988]
IND_PROM(-2)	0,0105	0,0044	0,0195	–0,2335	–0,0007	–2,1E–05
	[0,5284]	[1,1610]	[0,9836]	[–1,9780]	[–1,7434]	[–0,2148]
IND_PROM(-3)	0,0699	–0,0038	–0,0020	–0,2557	4,7E–05	0,0011
	[1,5290]	[–1,1129]	[–0,3483]	[–2,2356]	[0,3863]	[1,3548]
CHISL_BEZR(-1)	–1,4137	0,4264	–0,8148	0,8367	–0,0141	–0,0050
	[–1,7820]	[5,4058]	[–1,9193]	[0,8995]	[–1,9848]	[–0,6696]
CHISL_BEZR(-2)	0,2930	0,0547	0,8119	–1,7049	0,0055	–0,0044
	[0,6458]	[1,2424]	[1,8871]	[–1,6418]	[1,0333]	[–0,6211]
CHISL_BEZR(-3)	–0,3487	–0,1398	0,2702	0,5153	–0,0094	–0,0124
	[–0,8342]	[–1,9761]	[0,9589]	[0,7252]	[–1,7851]	[–1,3023]
CHIST_EXP(-1)	0,1426	0,0148	–0,2370	–0,0945	0,0011	0,0027
	[1,3748]	[1,8958]	[–2,8699]	[–0,8253]	[1,4960]	[1,7196]
CHIST_EXP(-2)	0,3463	–0,0218	0,1436	–0,0820	–0,0003	7,2E–05
	[2,3199]	[–2,0413]	[1,9756]	[–0,7616]	[–0,6798]	[0,3285]
CHIST_EXP(-3)	0,0897	–0,0099	–0,0476	0,3711	0,0006	0,0009
	[1,1884]	[–1,3145]	[–1,0935]	[1,9818]	[1,0921]	[0,7716]
IND_CEN(-1)	0,2366	–0,0023	0,0122	0,1650	–0,0001	0,0002
	[4,7928]	[–1,2676]	[0,9377]	[2,2001]	[–0,8526]	[0,7007]
IND_CEN(-2)	0,0420	0,0008	–0,0212	–0,0134	–0,0001	–0,0007
	[1,1853]	[0,6324]	[–1,2327]	[–0,5656]	[–0,6617]	[–1,4563]
IND_CEN(-3)	–0,0025	0,0048	–0,0268	0,2246	3,3E–05	–0,0019
	[–0,2486]	[1,7961]	[–1,3476]	[2,8226]	[0,2866]	[–2,2245]
ZP(-1)	–10,2308	1,6139	2,2555	17,8759	–0,3934	0,0188
	[–1,3201]	[2,0291]	[0,8994]	[1,6585]	[–4,8450]	[0,4993]
ZP(-2)	15,9395	–0,9767	–1,5557	13,3166	–0,0109	0,3111
	[1,8991]	[–1,7096]	[–0,6442]	[1,2767]	[–0,4321]	[1,9670]
ZP(-3)	10,7313	–0,0693	–4,9695	–6,6328	0,0515	0,2049
	[1,4288]	[–0,2930]	[–1,3441]	[–0,8186]	[1,1765]	[1,7528]
INV(-1)	4,5805	–0,1668	–0,4198	–2,9482	0,1320	–0,1751
	[1,3806]	[–0,9992]	[–0,4592]	[–0,8155]	[3,8699]	[–2,1999]
INV(-2)	5,2189	–0,4661	2,1324	–16,0062	0,1555	–0,0573
	[1,4557]	[–1,8581]	[1,1642]	[–2,1317]	[4,3073]	[–1,2812]
INV(-3)	–5,3488	0,0484	2,6403	–15,4007	–0,0018	–0,2055
	[–1,6817]	[0,4345]	[1,5285]	[–2,0126]	[–0,3498]	[–2,3939]
C	–0,3116	–0,0153	0,0573	–0,2239	0,0174	0,0135
	[–0,7586]	[–0,5216]	[0,4472]	[–0,5588]	[5,8024]	[1,9884]
R^2	0,4408	0,4881	0,3364	0,4039	0,4564	0,3371
Стандартная ошибка регрессии	2,9190	0,2088	1,6475	4,4336	0,0213	0,0497
F-статистика	6,9631	8,4226	4,4779	5,9852	7,4164	4,4920
Критерий Акаике (AIC)	5,0809	–0,1940	3,9370	5,9169	–4,7579	–3,0630
Критерий Шварца (SC)	5,4206	0,1455	4,2766	6,2565	–4,4183	–2,7234

Все обратные корни (18 корней) матричного характеристического многочлена (полинома авторегрессии), полученные при оценке параметров данной VAR-модели, по модулю меньше единицы и лежат внутри единичной окружности. Это позволяет считать, что построенная VAR-модель стационарна (удовлетворяет условию стабильности) или рассматриваемый многомерный временной ряд удовлетворяет условию устойчивости.

По каждому уравнению модели был проведен анализ остатков, который показал отсутствие гетероскедастичности (по результатам применения теста Уайта и соответствующим значениям *F*-статистики), отсутствие автокорреляции (на основе анализа построенных графиков АКФ и ЧАКФ и значений Q-статистики), распределение остатков близко к нормальному (по результатам анализа гистограмм, вычисленных числовых характеристик и значений статистики Жарка-Бера). Можно считать, что построенная модель адекватна анализируемым данным.

На основе полученной модели векторной авторегрессии, проведя соответствующие преобразования перехода к исходным уровням временных рядов рассмотренных показателей, с учетом корректировки на сезонность, было выполнено прогнозирование значений этих показателей на следующие 6 месяцев (март – август 2014 года), а также рассчитаны относительные ошибки прогноза для месяцев, по которым на момент написания работы были опубликованы фактические данные (март и апрель 2014 года) (табл. 4 и 5).

Таблица 4

Результаты тестового прогноза показателей стабилизационных процессов на основе VAR-модели

Показатель	Март 2014			Апрель 2014		
	Факт	Прогноз	Ошибка прогноза (%)	Факт	Прогноз	Ошибка прогноза (%)
IND_PROM	101,40	101,15	0,25	102,40	103,61	1,18
CHISL_BEZR	4,00	4,06	1,40	4,00	3,96	1,01
CHIST_EXP	19,80	15,99	19,24	19,55	18,46	5,58
IND_CEN	106,90	106,78	0,11	107,30	103,97	3,10
ZP	31486,00	31148,25	1,07	32947,00	31058,46	5,73
INV	700,40	736,39	5,14	758,20	768,10	1,31

Небольшие, практически по всем показателям, ошибки прогноза, рассчитанные по фактическим данным за март и апрель 2014 года, говорят о достаточно хороших прогностических свойствах построенной модели.

Таблица 5

Результаты прогнозирования показателей стабилизационных процессов на основе VAR-модели

Показатель	Май 2014	Июнь 2014	Июль 2014	Август 2014
IND_PROM	103,19	102,60	102,01	102,53
CHISL_BEZR	4,16	4,14	4,18	4,14
CHIST_EXP	13,93	11,32	13,27	12,03
IND_CEN	104,39	108,79	105,58	105,71
ZP	31658,48	33789,54	32320,48	31927,75
INV	927,39	1106,58	1041,94	1129,50

Результаты прогнозирования по всем рассмотренным экономическим показателям демонстрируют динамику, которая соответствует необходимой для общества тенденции развития и поведению показателя в предыдущие периоды.

Для краткосрочного прогнозирования показателей стабилизационных процессов экономики России ранее была построена и оценена эконометрическая модель в виде системы одновременных уравнений (СОУ) [6, 7, 8], эндогенными переменными которой являются все рассмотренные показатели. С помощью СОУ для сравнения прогностических свойств полученных моделей также был выполнен тестовый прогноз на март и апрель 2014 года (табл. 6). Сравнение ошибок прогнозов, полученных по каждой из моделей (см. табл. 4 и 6), говорит о том, что более точный прогноз на

рассмотренном временном промежутке получен в случае использования модели векторной авторегрессии. Прогнозные значения, найденные по VAR-модели, ближе к фактическим, чем прогнозы, полученные на основе СОУ.

Таблица 6

Результаты тестового прогноза показателей стабилизационных процессов на основе СОУ

Показатель	Март 2014			Апрель 2014		
	Факт	Прогноз	Ошибка прогноза (%)	Факт	Прогноз	Ошибка прогноза (%)
IND_PROM	101,40	98,11	3,24	102,40	98,16	8,05
CHISL_BEZR	4,00	4,31	7,75	4,00	4,12	3,00
CHIST_EXP	19,80	15,65	20,96	19,55	17,34	11,3
IND_CEN	106,90	110,34	3,22	107,30	111,06	3,5
ZP	31486,00	32098,00	1,94	32947,00	31726,59	3,70
INV	700,40	791,86	13,06	758,20	825,41	8,86

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что VAR-модели – достаточно простой, эффективный и менее трудоемкий (например, по сравнению с СОУ) инструмент для прогнозирования значений различных экономических показателей, отражающих процессы, протекающие в российской экономике.

Список литературы

1. Абакумова Ю.Г. Применение моделей векторных авторегрессий для исследования процентного канала трансмиссионного механизма монетарной политики Республики Беларусь // Экономика и управление. – 2011. – № 2(26). – С. 88–94.
2. Дорохов Е.В. Статистический подход к изучению прогнозирования индекса РТС на основе методов векторной авторегрессии и коинтеграции // Финансы и бизнес. – М.: Проспект, 2008. – № 1. – С. 85–110.
3. Краткосрочные экономические показатели Российской Федерации. – М., 2014. – URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_02/Main.htm (дата обращения: 30.04.2014).
4. Савина М.В. Статистический анализ динамики основных денежных агрегатов // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2008. – Т. 6. – С. 122–133.
5. Суханова Е.И., Ширнаева С.Ю. Использование коинтеграционного анализа при построении системы одновременных уравнений // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8. – С. 1158–1164.
6. Суханова Е.И., Ширнаева С.Ю. Построение интервальных прогнозов эндогенных переменных одной эконометрической модели // Вестник Самарского государственного экономического университета. – Самара, 2013. – № 2 (100). – С. 109–114.
7. Суханова Е.И., Ширнаева С.Ю. Стабилизационные процессы в российской экономике: статистическая оценка // Статистика как средство международных коммуникаций: материалы международной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 28–30 января 2014 г.). – СПб.: Нестор-История, 2014. – С. 373–375.
8. Суханова Е.И., Ширнаева С.Ю. Статистический анализ и прогнозирование показателей стабилизационных процессов экономики России // Проблемы развития предприятий: теория и практика: материалы 12-й Международной научно-практической конференции, 21–22 ноября 2013 г. – Ч.1. – Самара: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2013. – С. 295–300.
9. Суханова Е.И., Ширнаева С.Ю. Статистические методы исследования макроэкономической стабилизации в России // Научные исследования Самарского государственного экономического университета: итоги и перспективы: сб. науч. тр.: в 2 ч. – Самара: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2011. – Ч.1. – С. 83–90.
10. Суханова Е.И., Ширнаева С.Ю. Типологизация показателей, отражающих стабилизационные процессы экономики России, по критериям устойчивости // Вестник Самарского государственного экономического университета. – Самара, 2012. – № 5(91). – С. 103–109.
11. Эконометрика: учебник / под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
12. MacKinnon J.G. Critical values for cointegration tests // UC San Diego Discussion Paper, 1990, pp. 90–94.
13. Sims C.A. Macroeconomics and Reality // Econometrica. – 1980. – Vol. 48. – P. 1–48.

References

1. Abakumova Yu.G. Economicka i upravlenie (Economy and management). 2011, no. 2(26), pp. 88–94.
2. Dorokhov E.V. Finansy i bisnes (Finance and business). Moscow, Prospect, 2008, no. 1, pp. 85–110.
3. *Kratkosrochnye ekonomicheskie pokazateli Rossijskoy Federatsii* (Russian Federation short-term economic indices). Moscow, 2014. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b14_02/Main.htm (accessed 30 April 2014).
4. Savina M.V. *Nauchnye trudy: Institut narodno-khozyaistvennogo prognozirovaniya* (Scientific papers: The Institute of national economic forecasting RAS). 2008. Vol. 6, pp. 122–133.
5. Sukhanova E.I., Shirnaeva S.Yu. *Fundamentalnye issledovaniya* (Fundamental Research). 2013, no. 8, pp. 1158–1164.
6. Sukhanova E.I., Shirnaeva S.Yu. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* (Vestnik of Samara State University of Economics). Samara, 2013, no. 2(100), pp. 109–114.
7. Sukhanova E.I., Shirnaeva S.Yu. *Statistika kak sredstvo mezhdunarodnykh kommunikatsiy* (Statistics as a tool for International communications: papers of international scientific and practice conference (Saint-Petersburg, January 28–30, 2014)). Saint-Petersburg, Nestor-Historia, 2014, pp. 373–375.
8. Sukhanova E.I., Shirnaeva S.Yu. *Problemy razvitiya predpriyatiy: teoriya i praktika* (Enterprises' development problems: theory and practice: papers of the 12th International scientific and practical conference, November 21–22, 2013). Samara, Published at Samara State Economic University, 2013, pp. 295–300.
9. Sukhanova E.I., Shirnaeva S.Yu. *Nauchnye issledovaniya Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta: itogi i perspektivy* (Research studies of Samara State Economic University: totals and outlooks. Collected articles. Part 2). Samara, Published at Samara State Economic University, 2011. p.I, pp. 83–90.
10. Sukhanova E.I., Shirnaeva S.Yu. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* (Vestnik of Samara State University of Economics). Samara, 2012, no. 5(91), pp. 103–109.
11. *Econometrika: uchebnik pod redaktsiey I.I. Eliseevoy.* (Econometrics: text-book edit. by I.I. Eliseeva). Moscow, Finance and statistics, 2002. 344 p.
12. MacKinnon J.G. Critical values for cointegration tests. UC San Diego Discussion Paper, 1990, pp. 90–94.
13. Sims C.A. Macroeconomics and Reality. Econometrica. 1980. Vol. 48, pp. 1–48.

Рецензенты:

Сосунова Л.А., д.э.н., заведующая кафедрой маркетинга и логистики, ФГБОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет», г. Самара;

Репин О.А., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой математической статистики и эконометрики, ФГБОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет», г. Самара.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 658.14.012.2

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ СУЩНОСТИ, ПРИНЦИПОВ И МЕТОДОВ ФИНАНСОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Юзвович Л.И., Юдина Е.А.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: yuzvovich@bk.ru, kafedra_s2011@mail.ru

Предметом исследования научной статьи выступают экономические отношения, возникающие в процессе формирования и реализации политики бизнес-планирования на предприятии в системе финансового планирования. Целью научной статьи является развитие вопросов теории в области финансового планирования в части формирования и реализации методов и принципов системы финансового планирования в условиях интеграции капитала. Проведен дискуссионный анализ научных позиций экономического содержания бизнес-планирования как одной из составляющей системы финансового планирования в интеграционных условиях движения капитала. Учитывались следующие доминирующие аспекты системы финансового планирования, такие как принципы и методы финансового планирования, императивная роль бизнес-планирования. В настоящее время большинство российских фирм не имеют официально принятых планов; нет и необходимого механизма планирования: различного рода норм, нормативов и т.п. Планирование применяется разного рода решениями собственника о тех или иных направлениях хозяйственной деятельности, которые, как правило, рассчитаны на ближайший текущий период и не предусматривают ориентацию на перспективу. Это объясняется быстрым изменением рыночной ситуации и условий хозяйствования, малочисленностью управленческого аппарата на небольших предприятиях, авторитетом управляющих крупными предприятиями, имеющих солидный опыт хозяйственного руководства «на глазок», хотя практика часто ставит и таких опытных руководителей в тупик. В рамках дискуссионного анализа вопросов теории планирования на российских предприятиях предлагается современная модель принципов организации системы финансового планирования на основе алгоритма методологии управления. С целью принятия эффективных управленческих решений предлагаемая модель может найти приоритетное место в системе корпоративного управления, направленная на достижение поставленных стратегических целей и решения социально-экономических задач. Областью применения результатов исследования являются финансы хозяйствующих субъектов корпоративного сектора экономики.

Ключевые слова: финансовое планирование, бизнес-планирование, принципы и методы финансового планирования

THE COMPLEX APPROACH TO THE STUDY OF THE ESSENCE, PRINCIPLES AND METHODS OF FINANCIAL PLANNING AT THE ENTERPRISES IN THE ECONOMIC SYSTEM

Yuzvovich L.I., Yudina E.A.

Ural Federal University, Ekaterinburg, e-mail: yuzvovich@bk.ru, kafedra_s2011@mail.ru

The study scientific articles are of economic relations arising in the process of policy formulation and implementation of business planning at the enterprise the system of financial planning. The purpose of a scientific article is the development of theory in the field of financial planning in the development and implementation of methods and principles of the system of financial planning in the conditions of integration of capital. Conducted analysis of scientific discussion of the positions of the economic content of business planning as one component of the system of financial planning integration in conditions of movement of capital. Designed to fulfill the following dominant aspects of the system of financial planning, such as the principles and methods of financial planning, the imperative role of business planning. Currently, most Russian companies are not officially approved plans; and no necessary planning mechanism: various norms, standards, etc. Planning is implemented various decisions of the owner of those or other directions of economic activities, which, as a rule, calculated to the nearest current period and do not provide orientation for the future. Due to the rapid changes in the market situation and business conditions, the small size of the administrative staff at small enterprises, the authority of governors large enterprises with substantial experience in economic management «by eye», although the practice often leads and such experienced managers in a deadlock. Within the framework of discussion of the analysis of questions of the theory of planning of Russian enterprises offers modern model of the principles of the system of financial planning algorithm based management methodology. With the purpose of making effective management decisions, the proposed model can find a place of priority in the system of corporate governance aimed at achieving set strategic goals and solving socio-economic problems. The scope of the results of the research are Finance businesses corporate sector of the economy.

Keywords: financial planning, business planning, principles and methods of financial planning

Одной из важнейших сфер деятельности любой фирмы являются инвестиционные операции, т.е. операции, связанные с вложением денежных средств в реализацию проектов, которые будут обеспечивать получение фирмой выгод в течение периода, превышающего один год.

Необходимость прогнозирования и планирования деятельности хозяйствующих субъектов является одним из принципов ор-

ганизации финансов предприятий. Каждый вид плана решает свою задачу: стратегический план призван установить глобальную цель развития предприятия и определить необходимые инвестиции для ее достижения; бизнес-план определяет инвестиционную привлекательность проекта или идеи; бюджет предприятия – основной план развития на последующий финансовый год – показывает, как будет развиваться предприятие в краткосрочном периоде.

Для успешной деятельности предприятий в условиях рыночной экономики необходимо, чтобы все звенья планирования разрабатывались на каждом предприятии. К сожалению, проблема такова, что «культура планирования» на предприятиях России пока отсутствует. Отсутствие системы планирования на предприятиях сопровождается обычно принятием ошибочных управленческих решений и, как следствие, снижается конкурентоспособность предприятия, нарушается координация действий между его подразделениями, уменьшаются возможности маневра на рынке производимых товаров и услуг.

Процесс бизнес-планирования в системе финансового планирования представляет собой последовательное изложение системы реализации проекта, т.е. ключевых моментов, убеждающих инвестора или партнера в его выгодности и необходимости участия в нем. Он носит доказательный характер относительно перспектив реализации проекта и развития предприятия [5].

Бизнес-план (инвестиционный бизнес-проект) – это ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов, рамками возможного расхода средств и ресурсов и специфической организацией разработки и реализации [1].

Бизнес-план – описывает процесс функционирования фирмы, показывает, каким образом руководители собираются достичь свои цели и задачи, в первую очередь повышения прибыльности и работы. В рыночной экономике бизнес-план является рабочим инструментом, используемым во всех сферах предпринимательства. Бизнес-план выполняет множество важных функций:

Во-первых, он может быть использован для разработки концепции ведения бизнеса. Появляется возможность тщательно отобрать стратегию и избежать ошибок еще «на бумаге», а не в реальности, рассмотрев свою компанию со всех сторон – маркетинга, финансов и производственной деятельности.

Во-вторых, бизнес-план является инструментом, с помощью которого предприниматель может оценить фактические результаты деятельности компании за определенный период.

Третьим предназначением бизнес-плана (большинство считают его главным) является необходимость привлечения или «добывания» денежных средств. Большинство заимодавцев или инвесторов не вложат деньги в бизнес, не увидев бизнес-плана.

Более расширенную классификацию функций бизнес-плана приводит в своей книге доктор наук Р.Г. Маниловский. Он делит их на 2 группы: внутрифирменная деятельность и внешние функции. К первому типу относятся:

- Разработка стратегии (концепции) развития фирмы и конкретизация отдельных направлений ее деятельности.
- Разработка и осуществление проектов создания новой продукции (услуги).
- Оценка внутреннего научного, технического, производственного и коммерческого потенциалов фирмы и выявления резервов.
- Подготовка и осуществление мероприятий по внедрению новых технологий и приобретению новой техники.
- Подбор новых и переобучение собственных рабочих и специалистов.
- Контроль за финансовыми результатами деятельности фирмы.
- Мероприятия по снижению степени риска в деятельности фирмы.
- Формирование благоприятного имиджа фирмы.
- План мер предупреждения банкротства и выхода из кризисных ситуаций.
- Подготовка и проведение собраний акционеров фирмы.

К внешним функциям бизнес-плана можно отнести:

- Привлечение для реализации проектов инвестиций.
- Обоснование для включения проектов в государственные (региональные) программы и получение средств из централизованных источников.
- Получение банковских кредитов.
- Обеспечение успешной реализации акций фирмы на фондовом рынке.
- Организационно-финансовое обоснование необходимости создания совместных производств, предприятий с использованием иностранного капитала и других форм совместной деятельности.
- Разработка и осуществление мероприятий по созданию финансово-промышленных групп.

Бизнес-проекты, с которыми приходится сталкиваться в реальной жизни, чрезвычайно многообразны. Однако любой бизнес-план как целенаправленное изменение состояния отдельной системы предприятия

или ее целиком, центральными понятиями являются «цель проекта» и «задача».

Задачей проекта является желаемый результат деятельности, достижимый за намеченный (заданный) интервал времени и характеризующийся определенным набором количественных данных и параметров. Цель – желаемый результат деятельности, достигнутый в пределах некоторого интервала времени. Это доказуемый результат и заданные условия реализации общей задачи проекта [4].

Любая модель бизнес-плана отражает особенность инвестиционного проекта предприятия. В специализированной литературе описываются различные модели бизнес-планов, в рамках данной работы приведем наиболее распространенную модель планирования, применяющуюся в общих чертах на всех предприятиях [2].

Основная задача финансового планирования состоит в определении потребности в финансовых средствах текущего и долгосрочного характера, что позволяет обосновать реальность поставленных задач. Эта работа начинается с выявления существующего экономического потенциала, т.е. его величины, состава задействованных активов предприятия и их источников [5].

Современная модель принципов организации системы финансового планирования

Таким образом, бизнес-план рассматривает все проблемы сразу, с разных позиций и в разных вариантах. Обычно он составляется после того, как проведена предварительная работа по изучению осуществимости бизнес-проекта или бизнес-предложения, приведены оценочные исследования и приняты окончательные решения о принципиальной возможности его инвестирования. Бизнес-план должен быть представлен в форме, позволяющей заинтересованному лицу получить ясное представление о существе дела, степени своего участия в нем [3]. Успех организации будет обеспечен в том случае, если все имеющиеся ресурсы будут направлены на достижение цели и использованы с максимальным эффектом, чему немало способствует разработка и внедрение бизнес-плана.

В рамках комплексного подхода к исследованию экономического содержания системы финансового планирования автором предлагается рассмотреть принципы и методы её организации. Таким образом, принципы организации системы финансового планирования определяют некий характер и содержаей конкретного вида управленческой деятельности на предприятии. В контексте данной части исследования с целью совершенствования вопросов теории и практики финансового планирования на российских предприятиях автором предлагается современная модель принципов организации системы финансового планирования на основе комплексного подхода методического планирования финансовых показателей (рисунок). Предложенная модель позволит рационально распределять финансовые ресурсы предприятия, эффективно использовать систему финансирования проектов, обеспечивать платежеспособность предприятия на всех его этапах развития и учитывать конъюнктуру рынка.

Представленные принципы организации системы финансового планирования на предприятии реализуются в тесной взаимосвязи с современными методами планирования финансовых показателей, алгоритм которых представлен в таблице.

Алгоритм современных методов финансового планирования на предприятиях

№ п/п	Название метода	Сущность и содержание метода	Преимущества метода	Недостатки метода
1	2	3	4	5
1.	Расчетно-аналитический метод	Основан на прогнозировании финансовых показателей на основе анализа их достигнутой величины. Данный метод применяется, когда взаимосвязь между показателями устанавливается не прямым способом, а косвенно на основе изучения их динамики за ряд периодов. При использовании данного метода часто прибегают к экспертным оценкам	Данный метод планирования используется при отсутствии технико-экономических нормативов, а взаимосвязь показателей может быть установлена не прямо, а косвенно, на основе анализа их динамики и связей. Метод широко применяется при планировании суммы прибыли и доходов, прогнозировании динамики активов и пассивов и др.	При наличии у предприятия недогруженных активов использование данного метода вызовет усиление степени недозагрузки, что может привести к серьезным искажениям в конечных параметрах всего финансового плана
2.	Метод оптимизации плановых решений	Сводится к разработке нескольких вариантов расчетов, из которых выбирают один. При выборе наиболее оптимального варианта могут применяться следующие критерии: максимальная рентабельность вложенного капитала; максимальное значение прибыли; максимальная оборачиваемость капитала; оптимальное соотношение заемных и собственных средств предприятия; минимальное значение приведенных затрат	Многовариантность данного метода при составлении смет	При использовании данного метода в итоге приводит к большой вероятности отклонений фактических показателей от запланированных

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
3.	Балансовый метод	Данный метод планирования финансовых показателей состоит в увязке планируемого поступления и использования финансовых ресурсов с учетом остатков на начало и конец планируемого периода посредством построения балансовых соотношений. Использование этого метода целесообразно при планировании распределения прибыли, формировании фондов накопления и потребления. Балансовый метод традиционно используется при разработке шахматной таблицы	Достоинствами балансового метода являются правильная обоснованность и реалистичность, т.к. необходимы верные элементы доходов и расходов для ведения их учета	К недостаткам относится динамика рыночных оценок капитала, конъюнктуры, инфляции
4.	Нормативный метод	Основывается на системе норм и нормативов, используемых для расчета целого ряда показателей финансового плана. Можно выделить следующие нормы и нормативы: федеральные; региональные; местные; отраслевые; групповые; внутренние (нормы и нормативы предприятий)	Учитывая норматив и фактический показатель, есть вероятность рассчитать отклонение и на их основе разработать мероприятия по их решению	К недостаткам данного метода относятся постоянное изменение регулируемых нормативов и возможность корректировки внутриорганизационных нормативов
5.	Метод экономико-математического моделирования	Позволяет установить количественно определенную взаимосвязь между планируемым показателем и факторами, его определяющими. Экономико-математическая модель может выражать функциональную зависимость финансового показателя от ряда влияющих на него факторов	Широкое применение в планировании финансовых показателей, основанных на регрессионной связи. Такие модели позволяют определить зависимость среднего значения финансового показателя (рассматриваемого как случайная величина) от одного или нескольких факторов	Небольшой период исследования не позволяет выявить общие закономерности. Выбор слишком большого периода тоже чреват определенными неточностями в прогнозировании. Наиболее оптимальным на сегодняшний день считается период в 1–2 года

Используя концептуальный подход к исследованию экономической сущности финансового планирования, автор предлагает следующую трактовку данного понятия как процесса планирования финансовых ресурсов и денежных средств предприятия с целью обеспечения платежеспособности и финансовой устойчивости субъекта экономических отношений.

В заключение хотелось бы отметить следующее: рассматривая сегментированные характеристики системы финансового планирования и её роли в общем процессе планирования и прогнозирования деятельности субъекта бизнеса, можно выделить основные преимущества системы финансового планирования в условиях повышения конкурентоспособности и с целью принятия эффективных управленческих решений. Кроме вышесказанного, преимущества системы финансового планирования заключаются в том, что данный процесс реализует поставленные стратегические цели в конкретные финансовые показатели, обеспечивает финансовыми ресурсами экономические процессы развития предприятия в условиях рыночной конкуренции, служит определенной формой получения финансовой поддержки от внешних инвесторов, включая иностранных.

Список литературы

1. Бизнес-планирование / под ред. В.М Попова, С.И. Ляпунова, С.Г. Млодика. – М., 2012 – С. 29.

2. Воробьев А.В. Олюнин В.И. Обоснование комплексной модели финансового планирования организации // Финансы и кредит. – 2012. – № 29. – С. 33–39.

3. Калашников Д.В., Кособокова Е.В., Савина С.А. Построение системы внутрифирменного бизнес-планирования предприятия на современном этапе // Региональная экономика: теория и практика. – 2013. – № 38. – С. 73–82.

4. Кычанов Б.И., Храпова Е.В. Финансовое планирование как элемент интегрированного планирования предприятия // Финансовый менеджмент. – 2008. – № 5.

5. Сергеев А.А. Экономические основы бизнес – планирования. – М., 2008. – С. 16.

6. Чхутиашвили Л.В. Основы финансовой деятельности на предприятиях в современных рыночных условиях // Международный бухгалтерский учет. – 2010. – № 8. – С. 29–40.

References

1. Business planning / V.M. Popov, S.I. Lyapunov, S.G. Melodica. M., 2012 pp. 29.

2. Vorobyev A.V., Olunin V.I. Explanation of complex models of financial planning organization // Finance and credit, no. 29, 2012. pp. 33–39.

3. Kalashnikov D.V., Kosobokova E.V., Savina S.A. Construction of system of internal business planning of the enterprises at the present stage // Regional Economics: theory and practice, no. 38, 2013. pp. 73–82.

4. Kychanov B. I., Khrapova E.V. Financial planning as an element of the integrated planning of the enterprise // Financial management, no. 5, 2008.

5. Sergeev A.A. Economic basics of business planning. M., 2008. pp. 16.

6. Chhutiashvili L.V. basis of financial activity of enterprises in modern market conditions, international accounting, no. 8, 2010. pp. 29–40.

Рецензенты:

Агарков Г.А., д.э.н., зав. кафедрой государственных и муниципальных финансов Института «Высшая школа экономики и менеджмента» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург;

Князева Е.Г., д.э.н., профессор, зав. кафедрой страхования Института «Высшая школа экономики и менеджмента» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 371.134

КУЛЬТУРА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЕЕ ФОРМИРОВАНИЕ У ДЕТЕЙ КАК УСЛОВИЕ БЕСКОНФЛИКТНЫХ ОТНОШЕНИЙ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СОЦИОПРИРОДНОЙ СРЕДОЙ

Богданова Е.П., Куприянова Т.С.

ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет», Курган, e-mail: ecology@kgsu.ru

Экологическая безопасность – это состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий. Культура экологической безопасности – это совокупность экологических знаний, умений и навыков (компетенций) в области природоохранной деятельности, экологически осознанная деятельность и поведение человека не наносящая вред как природной, так и социокультурной среде. Существует насущная необходимость в разработке новых подходов и методов, педагогического сопровождения учебно-воспитательного процесса школы по экологическому обучению и воспитанию обучающихся, формированию их культуры экологической безопасности. Целью опытно-экспериментального исследования являлось – выявить педагогически действенное сопровождение, способствующее формированию компонентов культуры экологической безопасности, оценить степень ее сформированности у младшего школьника. В соответствии с целью разработана образовательная программа по воспитанию культуры экологической безопасности, включающая новые игровые формы занятий; проведена диагностика формирования компонентов культуры экологической безопасности на занятиях у детей младшего школьного возраста.

Ключевые слова: экологическая безопасность, культура экологической безопасности, социоприродная среда

ENVIRONMENTAL SAFETY CULTURE AND ITS FORMATION IN CHILDREN AS A CONDITION CONFLICT-FREE RELATIONSHIP WITH THE SOSIO-NATURAL ENVIRONMENT

Bogdanova E.P., Kupriyanova T.S.

FGBOU VPO «Kurgan State University», Kurgan, e-mail: ecology@kgsu.ru

Environmental security – a state of the environment and protection of vital interests of the individual against possible negative impact of economic and other activities, emergency situations of natural and man-made, their consequences. Environmental safety culture – a set of environmental knowledge and skills (competencies) in the field of environmental protection, environmentally conscious activities and human behavior is not harmful to both natural and socio-cultural environment. There is an urgent need to develop new approaches and methods of pedagogical support of the educational process of the school for environmental training and education of students, and they formed a culture of environmental security. The purpose of development – a pilot study was to – to identify pedagogically effective support, contributing to the formation of cultural components of environmental security, evaluate its degree of formation of the younger student. According to an educational program designed to promote a culture of environmental safety, including new forms of gaming sessions; held diagnostics components forming culture of environmental safety in the classroom at primary school children.

Keywords: environmental safety, environmental safety culture, socio-natural environment

В Конституции Российской Федерации (глава 2, ст. 42) закреплены права граждан на благоприятную окружающую среду. В то же время в современном мире растет число катастроф, чрезвычайных ситуаций, приводящих к ухудшению состояния окружающей среды, глобальным изменениям на планете, к снижению комфортности и безопасности окружающей среды. В декабре 2013 года президентом Российской Федерации на основе «Стратегии национальной безопасности» (2009 г.) утверждена «Концепция общественной безопасности в РФ». Ее реализация должна способствовать повышению защищенности населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также от последствий проявления терроризма и экстремизма, обеспечению экологической безопасности.

Экологическая безопасность – это состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий [5]. Ее успешная реализация возможна не только посредством политического аппарата страны, но и при активном участии системы образования и через просвещение граждан. Чем более компетентными будут граждане страны в области охраны окружающей среды, предупреждения чрезвычайных ситуаций и возникновения экологической опасности, тем более безопасной будет социоприродная среда.

Воспитание гуманного и бережного отношения к окружающей среде необходимо осуществлять с раннего возраста.

Рис. 1. Структурная модель экологической безопасности

В соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2011 г. № 2357 в ФГОС начального общего образования внесены изменения, касающиеся содержания программы формирования культуры здорового и безопасного образа жизни, включающие и усвоение таких базовых качеств, как любовь к Родине. Обеспечение безопасности социоприродной среды, как среды жизни человека важнейшая задача общества и каждого человека, понимающего и осознающего последствия своей деятельности и поведения. С раннего возраста необходимо формировать основы грамотного, гуманного отношения к окружающей среде и к жизни в целом. У ребенка создавать систему ценностей сохранения жизни и здоровья, ответственного отношения к самому себе и к окружающим.

Обеспечение экологической безопасности – одна из первоочередных задач, требующая осуществления на сегодняшний день.

По нашему мнению, экологическая безопасность должна строиться на основе следующих компонентов, тесно связанных между собой: морально-этический; аксиологический; когнитивный; активно-деятельностный.

1. Морально-этический компонент. Данный компонент включает нормативно-правовую и регуляторную функцию по обеспечению экологической безопасности. Базой морально-этического компонента являются: Конституция Российской Федерации; «Концепция общественной безопасности Российской Федерации»; предусмотренная Правительством РФ законодательная основа в области экологической безопасности. Нормы и правила в сфере экологической безопасности по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Постановление Правительства «Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года».

Кроме того, этот компонент должен опираться на Федеральный закон «Об образований РФ» и Федеральный государственный образовательный стандарт, предусматривающий реализацию образовательной функции по формированию культуры экологической безопасности.

Рис. 2. Основные компоненты экологической безопасности

2. Аксиологический компонент. Воспитание ценностного отношения к окружающей среде и к жизни в целом – одна из главных функций экологического образования и просвещения. Непрагматическое, перцептивно-аффективное отношение к окружающей среде определяет основу ценностного восприятия мира. Формирование экологических ценностей и ценностных установок у учащихся является основой экологического образования в области экологической безопасности, формирования культуры экологической безопасности [3].

3. Когнитивный компонент (компетентностный**).** Данный компонент включает в себя формирование основных (базовых) компетенций в сфере экологического образования и просвещения по вопросам экологической безопасности, а также предусматривает становление и развитие экологической грамотности, образованности, экологической воспитанности (чувство ответственности, гуманности); экологически осознанного поведения и деятельности [1].

4. Активно-деятельностный компонент. Основой образования в сфере экологической безопасности выступает активная деятельность государства, педагогов и обучающихся.

Данный компонент включает в себя действия по снижению возможности возникновения экологических рисков как природного, так и техногенного характера. Для максимально эффективного снижения возможности возникновения экологических рисков развивать у детей риск-мышление, осознанное поведение, культуру экологической безопасности.

Формирование основ экологической безопасности в семье, образовательных учреждениях позволит снизить возможность возникновения риска потери здоровья и жизни.

Чем ответственней мы будем относиться к вопросам безопасности жизни и здоровья, тем обдуманнее будут действия общества по сохранению социоприродной среды.

С раннего возраста родители должны воспитывать в ребенке чувство ответственности за свои поступки и действия, через игру учить основам поведения в обществе и природе, способствовать становлению основ культуры экологической безопасности.

Что такое «культура экологической безопасности»? Конечно, ее предмет будет несколько отличаться по отношению к личности, здоровью и благополучию человека, живущего в современном мире, по отношению к обществу, человечеству в целом. По мнению Н.П. Несговоровой «культура экологической безопасности – это совокупность экологических знаний, умений и навыков (компетенций) в области природоохранной деятельности, экологически осознанная деятельность и поведение человека не наносящая вред как природной, так и социокультурной среде» [4].

Модель формирования основ культуры экологической безопасности в начальной школе**.** По мнению разработчиков нового-образовательного стандарта, необходимо разрабатывать образовательные программы, реализация которых будет способствовать становлению и развитию здорового и безопасного образа жизни, усвоению основных базовых знаний, умений и навыков. Выпускник должен обладать рядом таких качеств, как любовь к Родине, экологическая грамотность, ответственность. Все это будет показателем его уровня культуры по отношению к себе и к окружающим.

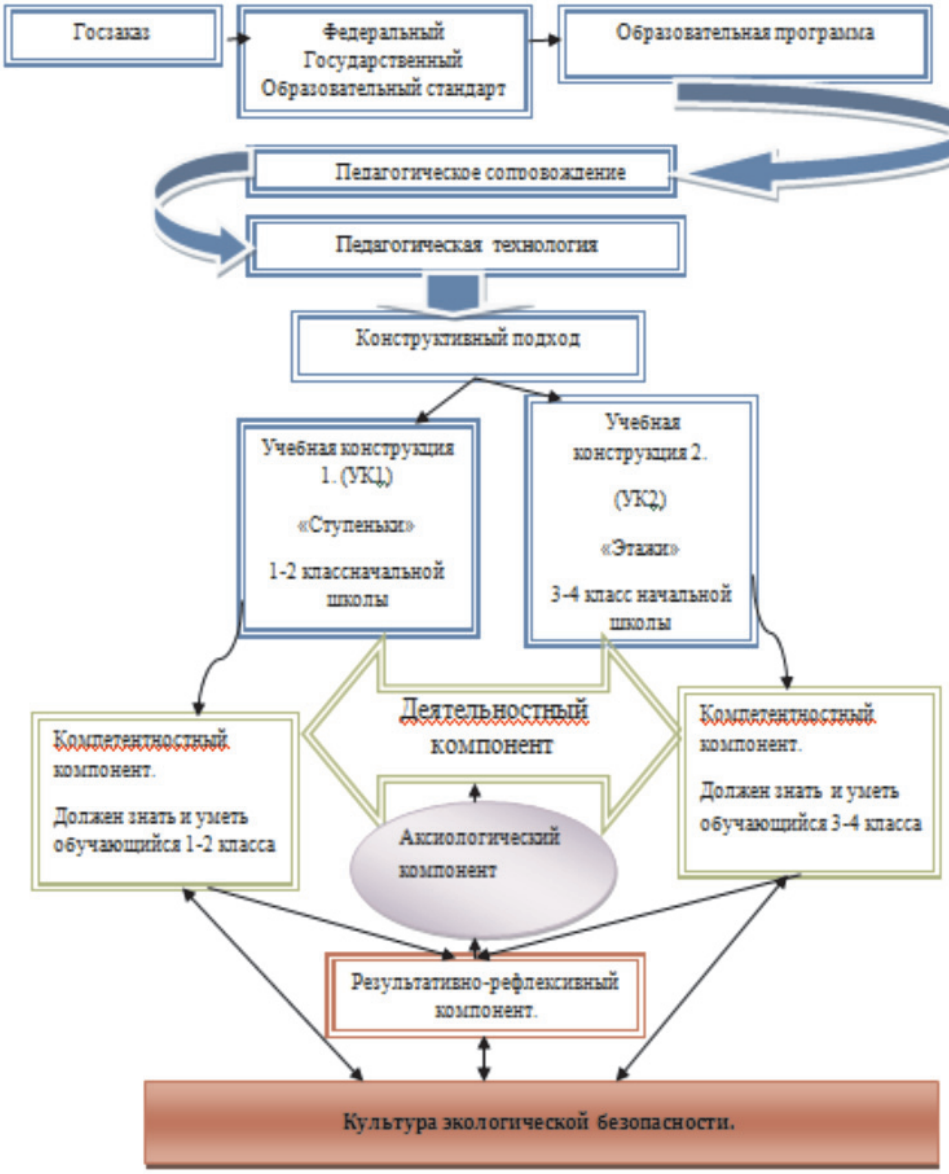


Рис. 3. Модель формирования общих компетенций культуры экологической безопасности в начальной школе

Следовательно, существует насущная необходимость в разработке новых подходов и методов, педагогического сопровождения учебно-воспитательного процесса школы по экологическому обучению и воспитанию.

В качестве основы педагогического сопровождения нами разработан конструктивный подход, который позволяет учесть основные требования и условия учебно-воспитательного процесса как школы, так и учреждения дополнительного образования детей. В рамках конструктивного подхода разработаны учебные конструкции занятий, которые позволяют учитывать возможности и способности каждого ребенка на занятиях по экологическому образованию.

В учебно-воспитательном процессе по формированию культуры экологической безопасности взаимодействуют 4 компонента [2]:

– компетентностный компонент, который включает в себя систему знаний, умений и навыков по экологической безопасности обучающихся с 1 по 4 класс в отдельности;

– деятельностный компонент, включающий деятельность обучающихся и обучающих;

– аксиологический компонент включает в себя формирование ценностных отношений к природе, к жизни и к здоровью личности, безопасной жизнедеятельности;

– результативно-рефлексивный компонент включает в себя систему самоконтроля знаний, умений и навыков каждого

ученика, а также самоанализ деятельности (рефлексию).

Результаты опытно-экспериментальной работы**.** В эксперименте принимали участие учащиеся младших классов (192 ученика) общеобразовательных школ города Кургана: Гимназия № 32, МБОУ СОШ № 42, МБОУ СОШ № 11.

Цель опытно-экспериментального исследования – выявить педагогически действенное сопровождение, способствующее формированию компонентов культуры экологической безопасности, оценить степень ее сформированности.

В соответствии с целью разработана образовательная программа по воспитанию культуры экологической безопасности, включающая новые игровые формы занятий; проведена диагностика формирования компонентов культуры экологической безопасности на занятиях у детей младшего школьного возраста.

Формирование знаний по экологической безопасности у детей младшего школьного возраста лучше всего проходят через игру, так как дети в этом возрасте играют с удовольствием. Нами проведен входной контроль с помощью вопросника «Натурафил» и анкетирования учащихся начальной школы.

Дети младшего школьного возраста с интересом и любопытством изучают окружающий мир, а на занятиях получают знания о природе родного края. Учащиеся вторых – четвертых классов любят помогать взрослым на приусадебном участке, с охотой ухаживают за домашними питомцами, с интересом смотрят научно-популярные фильмы и телепередачи о живой природе.

В то же время результаты анкетирования и опросов показали низкий уровень познавательных мотивов (27,6 %); общекультурных (12,5 %) и специальных знаний у обучающихся (поверхностные знания – 48,4 %), специальных умений и навыков, мотивации экологической деятельности и активности на занятиях. Данное явление мы объясняем тем, что урок как основная форма занятий не эффективен, необходимо разработать и проводить иные формы занятий по формированию компонентов культуры экологической безопасности у младших школьников. Нами разработаны игры-конструкции на основе учебных конструкций «Ступеньки» (1–2 класс) и «Этажи» (3–4 класс). Проведен комплекс игр-конструкций: две дидактические игры «Курган», «Сокровища старого парка», ролевая игра «Белочка-умелочка» и игровая ситуация «Лесное происшествие». В начале и в конце игр проводилась рефлексия.

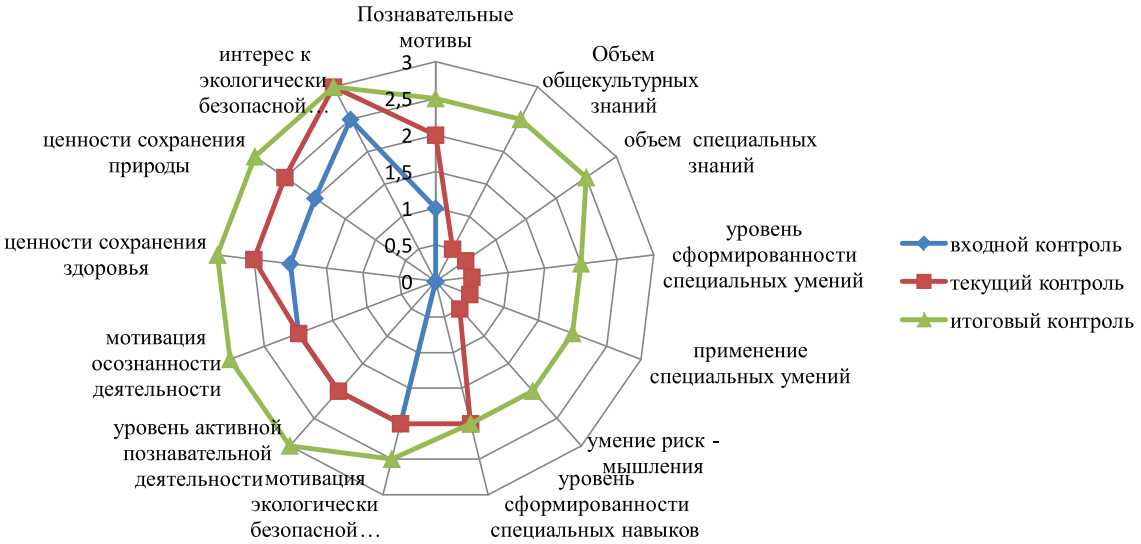


Рис. 4. Динамика формирования компонентов культуры экологической безопасности у обучающихся с первоначальным низким уровнем

Результаты итогового контроля показывают увеличение уровня познавательных мотивов (71,3 %) учения, обучающиеся младших классов стали более целеустремленными на занятиях по экологической безопасности. Наблюдается рост усвоения знаний, как общекультурного (77,08 %) плана, так и специальных знаний по экологической безопасности (70,8 %) у обучающихся. Происходит рост уровня сформированности специальных умений и навыков в сфере экологической безопасности, учащиеся более активно принимают участие на занятиях, мыслительная деятельность возросла,

формируется умение принимать быстрые решения в критических ситуациях, ценить свое здоровье и здоровье других людей. Поведение в природе стало более осознанным и безопасным. Обучающиеся научились самостоятельно работать как индивидуально, так и в микрогруппах.

В ходе исследования были выделены несколько групп обучающихся, уровень знаний которых по результатам контроля низкий и средний.

В начале исследования у обучающихся выявлен низкий уровень по 7 показателям: познавательные мотивы, объем общекультурных знаний, объем специальных знаний, уровень сформированности специальных навыков, применение специальных умений, умение риск-мышления, уровень сформированности специальных навыков. По результатам текущего контроля на низком уровне остались 5 показателей: объем общекультурных и специальных знаний, уровень сформированности специальных умений, применение специальных умений на занятиях и умение риск-мышления. Итоговый контроль показал, что обучающиеся с низким уровнем смогли усвоить минимум знаний и решать несложные задания на занятиях, научились оценивать, прогнозировать и анализировать свою деятельность.

Обучающиеся начальных классов проявили заинтересованность в занятиях, были активны на занятии, стремились самостоятельно принимать решения, а также без помощи учителя научились разрабатывать правила поведения и безопасной деятельности в школе и на пришкольном участке.

По результатам проведенных занятий можно сделать вывод, что игровые формы, экскурсии и творческие мастерские – эффективны, учащиеся с интересом занимаются и активно участвуют на занятиях, создают продукты творчества (рисунки, поделки, экологический проект).

Список литературы

1. Богданова Е.П. Формирование экологической компетентности у детей младшего школьного возраста // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5.

2. Несговорова Н.П. Из анализа готовности педагогов к осуществлению экологического образования // Открытое образование. – М., 2007. – № 1. – С. 75–78.

3. Несговорова Н.П. Интегрированный подход к определению готовности педагогов к осуществлению экологического образования // Вестник Адыгейского университета.– Майкоп, 2009. – № 1. – С. 98–104.

4. Несговорова Н.П. Формирование культуры экологической безопасности: содержательно-методический аспект / Н.П. Несговорова, В.Г. Савельев, Г.В. Иванцова, Е.П. Богданова, Г.Г Недюрмагомедов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1.

5. Об охране окружающей среды: Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ // Российская газета. – № 2874 от 12.01.2002.

References

1. Bogdanova E.P. Formation of ecological competence in children of primary school age. scientific journal «Modern problems of science and education» no. 5, 2012.

2. Nesgovorova N.P. From the analysis of readiness of teachers to implement environmental education // Open Education. M., 2007. no. 1. pp. 75–78.

3. Nesgovorova N.P. An integrated approach to assess the readiness of teachers to implement environmental education // Herald Adygeysky University. Maikop 2009. no. 1. pp. 98–104.

4. Nesgovorova N.P. Building a culture of environmental security: substantial methodological aspect / NP Nesgovorova, VG Savelyev, GV Ivantsova, EP Bogdanov Nedyurmagomedov GG // Modern problems of science and education. no. 1, 2014.

5. Federal Law of 10 January 2002, no. 7-FZ On Environmental Protection / Rossiyskaya Gazeta no. 2874 from 12.01. 2002.

Рецензенты:

Несговорова Н.П., д.п.н., профессор, руководитель секции «Экология и природопользование», ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет», г. Курган;

Савиных В.Л., д.п.н., профессор, зав. кафедрой педагогики, ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет», г. Курган.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 37.01+378

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ АКТУАЛИЗАЦИИ СВОЙСТВ ЛИЧНОСТИ СТУДЕНТА КАК НОСИТЕЛЯ ИННОВАЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ

Загоруля Т.Б.

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург, e-mail: usue@usue.ru

Автор статьи считает, что современное образовательное пространство вуза нацелено на развитие личности студентов как носителей инновационной культуры, и преподаватели призваны содействовать этому. В основе разработанной автором модели лежит концепция раскрытия педагогического потенциала интеграции учебных дисциплин и использования интерактивных образовательных технологий в вузе. Актуализация *свойств личности студента* как носителя инновационной культуры – это гуманистически ориентированные педагогическая деятельность и коммуникации, направленные на личностное развитие участников образовательного процесса (студентов и преподавателей), результатом которого является раскрытие творческого потенциала личности, подготовка конкурентоспособных специалистов с высоким уровнем инновационной культуры. Педагогическое проектирование модели ориентировано на формирование инновационного пространства вуза, в котором инновации воспринимаются как ценность, принимаются и поддерживаются субъектами образовательного процесса.

Ключевые слова: педагогическое проектирование, модель, инновационная культура, личность студента – носителя инновационной культуры, компетентность, образовательные компетенции

PEDAGOGICAL DESIGN OF THE MODEL OF THE UPDATING OF THE PROPERTIES OF THE PERSONALITY OF STUDENT AS THE CARRIER OF THE INNOVATION CULTURE

Zagorulya T.B.

The Ural State Economic University, Ekaterinburg, e-mail: usue@usue.ru

Contributor considers that the contemporary educational space of Institute of Higher Education is aimed at the development of the personality of students as the carriers of innovation culture, and instructors are called to contribute to this. At the basis of the model developed by the author the idea of the disclosure of the pedagogical potential of the integration of training disciplines and technologies in Institute of Higher Education and the uses of interactive educational technologies lies. The updating of the properties of the personality of student as the carrier of innovation culture – this humanistically oriented pedagogical activity and communication, directed toward the personal development of participants in the educational process (students and instructors), result of which is the disclosure of the creative potential of personality, training competitive specialists with the high level of innovation culture. The pedagogical design of model is oriented to the formation of special innovation space in Institute of Higher Education, when new idea (innovation) is received as value, starts and is supported by the subjects of educational process.

Keywords: pedagogical design, the model, innovation culture, the identity of the student – the carrier of innovative culture, personality, educational competences

Актуальность проблемы и темы исследования обусловлена социокультурными трансформациями XXI века, в первую очередь, инновационным развитием мира и страны, модернизацией системы непрерывного образования, утверждением инновационной образовательной парадигмы. В области освоения инноваций имеются важные программные документы: «Зеленая книга по инновациям в Европе» (1995), «Первый план действий по распространению инноваций в Европе» (1996), «Хартия инновационной культуры» (1999). Так, в «Хартии инновационной культуры» говорится о том, что «устойчивое развитие нынешней цивилизации возможно лишь благодаря постоянным нововведениям (инновациям) в науке, образовании, культуре, экономике, управлении…» [9, с. 55]. В российском обществе такие документы, как «Закон об образовании в Российской Федерации» и «Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования», стимулируют овладение инновационной культурой субъектами образовательного процесса – преподавателями и студентами.

На протяжении многих лет знаниевый компонент в подготовке обучающихся был доминирующим, но стремительно нарастающий поток разнообразной, часто противоречивой информации, ориентация на прикладную направленность образовательного процесса в вузах обусловили необходимость освоения новой образовательной парадигмы, компетентностного подхода. В частности, в «Федеральных государственных образовательных стандартах высшего профессионального образования» по направлению подготовки 080200 «Менеджмент»

(квалификация (степень) «бакалавр») говорится о том, что бакалавр (по данному направлению) готовится к следующим видам профессиональной деятельности: организационно-управленческая; информационно-аналитическая; предпринимательская. И это в контексте требования о том, что выпускник вуза должен обладать общекультурными компетенциями (ОК). Такими, например, как способностью занимать активную гражданскую позицию (ОК-3); владением культурой мышления, способностью к восприятию, обобщению и анализу информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-5); способностью находить организационно-управленческие решения и готовностью нести за них ответственность (ОК-8). Что касается овладения профессиональными компетенциями (ПК), то речь идет о способности проектировать организационную структуру, осуществлять распределение полномочий и ответственности на основе их делегирования (ПК-2); способностью эффективно организовать групповую работу на основе знания процессов групповой динамики и принципов формирования команды (ПК-5); способностью преодолевать локальное сопротивление изменениям (ПК-17) [6].

Названное свидетельствует о процессе образования, ориентированного на развитие личности студента как носителя инновационной культуры. Так, образование становится важным фактором инновационного развития страны. Это подтверждается «Государственной программой развития образования на 2013–2020 гг.», утвержденной правительством РФ [4]. В частности, Программа представляет собой комплекс различных мероприятий, направленных на достижение конкретных целей и решение задач, стоящих перед российским образованием до 2020 года. Назовем сформулированные в ней цели:

● обеспечение соответствия качества российского образования меняющимся запросам населения и перспективным задачам развития российского общества и экономики;

● повышение эффективности реализации молодежной политики в интересах инновационного социально ориентированного развития страны.

Основные цели конкретизируются постановкой следующих задач:

● формирование гибкой, подотчетной обществу системы непрерывного образования, развивающей человеческий потенциал, обеспечивающей текущие и перспективные потребности социально-экономического развития Российской Федерации;

● создание современной системы оценки качества образования на основе принципов открытости, объективности, прозрачности,общественно-профессионального участия;

● обеспечение эффективной системы по социализации и самореализации молодежи, развитию потенциала молодежи и др.

Таким образом, выполнение данной Программы будет способствовать инновационному развитию различных отраслей экономики и социальной сферы. Для этого необходимы условия, способствующие формированию адекватной образовательной среды, нацеленной на развитие инновационной культуры личности как студента, так и преподавателя. Им как субъектам единого образовательного пространства в его составной части – учебном процессе – необходимо выстраивать свою траекторию инновационного профессионального роста, т.к. «жизнь требует от современного учителя и руководителя инновационного поведения». Об этом пишут современные исследователи, в частности А.В. Хуторской связывает инновационное поведение с активным и систематическим творчеством в педагогической деятельности. Автор пишет: «Инновационное поведение – это максимальное развитие своей индивидуальности» [10].

Так или иначе, инновационное поведение связано с инновационной культурой. Остановимся на определении этого понятия. Вслед за Т.С. Бочкаревой мы рассматриваем инновационную культуру как «способность личности к созданию и использованию новшеств в материальной и духовной сферах культуры при сохранении в них динамического единства старого, современного и нового, основанную на инновационной восприимчивости, креативности, знаниях, умениях, опыте, инновационном мышлении и творческом потенциале» [3].

Чтобы актуализировать свойства личности студента как носителя инновационной культуры в образовательном пространстве вуза, мы полагаем, необходимо осуществить педагогическое проектирование модели актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры *(*МАСЛСкНИК*)*.

Отметим, что под свойствами личности студента как носителя инновационной культуры мы понимаем свойства, позволяющие выпускнику вуза стать востребованным специалистом и конкурентоспособным профессионалом на современном рынке труда. К ним относим: мотивированность к инновациям, инновационную восприимчивость, креативность, лидерские качества,

самостоятельность в принятии решений, инициативность, ответственность.

Исходя из понимания личности как социальной характеристики человека, мы считаем, что она реализуется через набор тех целей, ценностных ориентаций и установок, которые определяют разную степень соответствия реального поведения человека тем требованиям культуры, которые предъявляет конкретное общество. Каждое общество создает свой тип личности со своим набором качеств.

Актуализация свойств личности студента как носителя инновационной культуры – это гуманистически ориентированные педагогическая деятельность и коммуникации, направленные на личностное развитие участников образовательного процесса (студентов и преподавателей), результатом которого является раскрытие творческого потенциала личности, подготовка конкурентоспособных специалистов с высоким уровнем инновационной культуры.

Заметим, что в своем исследовании мы используем определение понятия «личность» в соответствии с Философским словарем: «человеческий индивид в аспекте его социальных качеств, формирующихся в процессе исторических, конкретных видов деятельности и общественных отношений» [8, с. 289]. При этом подчеркиваем, что, несмотря на природную основу личности, ее биологические особенности, все же ее сущностным основанием, определяющими факторами развития являются социально значимые качества. Это мировоззренческие взгляды, способности, потребности, интересы, моральные убеждения.

Необходимость создания педагогической модели актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры обусловливает ее проектирование. Педагогическое проектирование, являясь составной частью социального проектирования, имеет особенности, связанные с целями, содержанием, технологиями и предполагаемыми результатами, достигаемыми в педагогическом процессе.

В научной литературе имеется неоднозначное определение понятия «проектирование», в т.ч. «педагогическое проектирование». Однако все авторы (А.С. Макаренко, Н.А. Алексеев, В.В. Краевский, А.М. Новиков, В.С. Безрукова) сходятся в утверждении того, что в основе проектирования лежит целенаправленная деятельность, имеющая целью диагностирование, прогнозирование и моделирование процесса и результатов в наиболее благоприятных педагогических условиях.

Проведенный нами анализ убеждает в том, что проектирование недостаточно разработано как способ практической педагогической деятельности в условиях реализации компетентностного подхода в образовании. В частности, не обоснованы и содержательно не разработаны многие процессуально технологические вопросы педагогического проектирования.

Соглашаясь с С.А. Агаповой, которая в своем диссертационном исследовании дает следующее определение: «педагогическое проектирование – направленная деятельность человека, целью которой является моделирование представлений о будущей (производственной или непроизводственной) деятельности, предназначенной для удовлетворения социальных потребностей» [1], мы видим его теоретическое и практическое значение.

Работая над проектированием педагогической модели актуализации свойств инновационной личности студента, мы в ее основу положили пошаговую методику Н.А. Алексеева, реализация которой обеспечивает поэтапную деятельность [2]. Согласно этой методике, необходимо осуществить следующие 8 шагов:

1) целеполагание;

2) ориентировка в системе оптимальных педагогических условий;

3) диагностика исходного состояния педагогической действительности, которую предстоит менять;

4) прогнозирование путем выдвижения гипотез о возможных вариантах достижения цели и оценки результатов;

5) моделирование, заключающееся в создании конкретного проекта педагогического объекта, прототипа, прообраза;

6) апробация, реализация проекта в конкретных условиях образовательного процесса в образовательном учреждении;

7) оценивание достигаемых результатов в ходе реализации проекта и сравнение с прогнозируемыми;

8) необходимая коррекция проекта.

Далее остановимся на результатах нашей работы. Проектирование педагогической модели актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры осуществлялось нами на базе ФГБОУ ВПО «Уральский государственный экономический университет» и включало 4 этапа: аналитический, поисковый, формирующий и заключительный. Поясним содержание названных этапов. На аналитическом этапе были проанализированы философская, педагогическая, юридическая, психологическая литература, а также нормативные документы, программы, что

позволило сформулировать концепцию, понятийный аппарат исследования, произвести отбор методик и базы исследования. На поисковом этапе разработана модель актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры в процессе обучения, включающая целевой, содержательный, технологический, рефлексивно-оценочный и результативный блоки; составлен и введен в действие план опытно-поисковой работы. На формирующем этапе были адаптированы диагностические методики и проведена экспериментальная работа. На заключительном этапе обобщены и оформлены результаты исследования, продолжена апробация и публикация в научной и методической печати.

Опишем процесс проектирования, связанный с названными выше первыми двумя этапами. На аналитическом этапе нами был сделан анализ рабочих программ дисциплин, изучаемых в вузе: «Менеджмент», «Организационное поведение», «Коммуникативный менеджмент». Остановимся на его результатах.

Мы исходили из целеполагания, связанного с проблемой развития свойств личности студента как носителя инновационной культуры в процессе изучения названных дисциплин, поиска необходимого содержания и адекватных методов его изучения. При этом нашей задачей было обоснование необходимых и достаточных педагогических условий, реализация которых позволит достигать поставленных целей. Анализ программ показал, что они, непосредственно и опосредованно, предъявляют высокие требования к компетентности преподавателя, включающей инновационную культуру, к его критически-рефлексивной способности воспринимать иную точку зрения, умению искать продуктивное в других позициях, в целом быть восприимчивым к инновациям.

Заметим, что в анализируемых нами учебных программах не упоминается понятие инновационная культура, но поскольку в нашу задачу входило выявление их педагогического потенциала для развития свойств личности студентов как носителей инновационной культуры, постольку критерием их анализа мы взяли потенциальные, скрытые, возможности. Проведя контент-анализ рабочих программ учебных дисциплин «Коммуникативный менеджмент», «Менеджмент», «Организационное поведение», мы выявили, что учебный материал и предполагаемый процесс изучения данных дисциплин обладают необходимым педагогическим потенциалом. При этом, компетентно организованный учебный процесс неизбежно будет актуализировать образовательный потенциал для развития у студентов свойств личности как носителей инновационной культуры. Это касается целей и задач обучения, содержания изучаемого материала, используемых организационных форм и методов его изучения, а также характером взаимодействия всех участников образовательного процесса: студент – преподаватель, студент – студент, учебная группа и преподаватель, коллектив группы и отдельный студент.

Заметим, что потенциал актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры обнаруживается постоянно. Например, программа учебной дисциплины «Менеджмент» способствует формированию профессиональной компетентности, развитию креативных способностей, умению давать аргументированные ответы на вопросы, принимать управленческие решения в определенных ситуациях, управлять конфликтной ситуацией и т.д.

Мы выявили содержательную и технологическую сущность модели актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры, ввели ее в учебный процесс. Например, в рамках изучения учебной дисциплины «Менеджмент» мы определили содержание обучения, востребующее понятийно-категориальный аппарат проблемы развития инновационной культуры личности студента: организация, управление, контроль, планирование, коммуникация, информация, координация. Это протекало в соответствующих формах и методах обучения, способствующих развитию свойств личности студента как носителя инновационной культуры: проектные методики, деловая игра «Один день из жизни менеджера», кейс-задания. Также называем прогнозируемый результат обучения и развития: развитие творческих и организаторских способностей, лидерских качеств, самостоятельности.

Следующий, поисковый этап опытной работы дал возможность спроектировать педагогическую модель актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры в процессе обучения дисциплинам, отобрать конкретное содержание, выявить необходимые и возможные формы и методы, способы постановки проблемы для актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры. Как упоминалось выше, в основе разработанной нами педагогической модели актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры лежит концепция раскрытия педагогического потенциала интеграции

учебных дисциплин в вузе и использования интерактивных образовательных технологий. Это обусловило результат исследования на данном этапе – обоснование педагогической модели актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры в образовательном процессе при изучении ряда учебных дисциплин на основе уточнения определения данного понятия (лат. *modulus* – образец). Подчеркнем, что под педагогической моделью актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры мы понимаем образец ценностно ориентированных свойств личности студента, развиваемых путем перевода потенциальных возможностей личности в актуальные через овладение адекватным содержанием и технологиями обучения учебным дисциплинам в вузе. Далее в исследовании было установлено, что педагогическая модель актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры реализуется на разных уровнях: теоретическом и эмпирическом, нормативном и креативном.

Теоретический уровень включает:

а) разработку понятийно-категориального аппарата;

б) выявление принципов актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры;

в) обоснование необходимых и достаточных педагогических условий реализации;

г) выявление критериев и показателей эффективности результатов реализации педагогической модели актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры.

Эмпирический уровень:

а) формирование коммуникативных отношений у студентов, в которых проявляются креативность, инициативность, социальная ответственность;

б) проведение диагностики состояния проблемы актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры на констатирующем и формирующем этапах;

в) создание и воплощение модели актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры в качестве образовательной концепции развития инновационной культуры.

Нормативный уровень:

а) разработка рабочих программ, ориентированных на формирование и развитие свойств личности студента как носителя инновационной культуры;

б) использование российских и международных документов о тенденциях инновационного развития РФ и стран мира в образовательном процессе вуза;

в) использование ФГОС ВПО.

Креативный уровень:

а) творческое использование интерактивных методов обучения;

б) вовлечение студентов в различные мероприятия, способствующие развитию инновационной культуры.

Дальнейшее педагогическое проектирование модели актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры предполагает выявление ценностных педагогических оснований, принципов актуализации, а также обоснование критериев эффективности реализации модели и выявление результатов актуализации модели.

В заключение отметим, что педагогическое проектирование модели актуализации свойств личности студента как носителя инновационной культуры ориентировано во-первых, на формирование адекватного инновационного пространства вуза, когда инновации воспринимаются как ценность, принимаются и поддерживаются субъектами образовательного процесса (студентами и преподавателями); во-вторых, на достижение таких результатов в педагогическом процессе, как мотивация студентов на инновационное поведение, инновационное моделирование своей жизни и карьеры, восприимчивость к инновациям на основе критически-рефлексивного мышления. От этого зависит уровень развития инновационной культуры личности, следовательно, и уровень развития инновационной культуры общества в целом.

Список литературы

1. Агапова С.А. Педагогическое проектирование профессионального развития учителя: дис. ... канд. пед. наук. – М., 2012. – 167 с. URL: http://www.dissercat.com/content/pedagogicheskoe-proektirovanie-professionalnogo-razvitiya-uchitelya (дата обращения: 10.03.2013).

2. Алексеев Н. А. Педагогические основы проектирования личностно-ориентированного обучения: автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – Тюмень, 1987. – 42 с.

3. Бочкарева Т.С. Мультидисциплинарные дидактические комплексы как средство формирования инновационной культуры студентов вузов: дис. ... канд. пед. наук. – Тольятти, 2008. – 224 с.

4. Государственная программа развития образования на 2013–2020 гг., утвержденная правительством РФ. URL: Информационно-правовой сайт «Гарант» http://www.garant.ru/news/431723/ (дата обращения: 20 мая 2014).

5. Новая философская энциклопедия. – М.: Мысль, 2000–2001. – Т. 3. – 692 с.

6. Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 080200 Менеджмент (квалификация (степень) «бакалавр»): приказ Минобрнауки РФ от 20.05.2010 № 544 (ред. от 31.05.2011) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 15.07.2010 № 17837) Правовой сайт «КонсультантПлюс». URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/

online.cgi?req=doc;base=LAW;n=116399 (дата обращения: 13.08.2013).

7. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 28.06.2014). Правовой сайт «КонсультантПлюс». URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=164939 (дата обращения: 16.07.2014).

8. Философский словарь. – М.: Республика. 2001. – 718 с.

9. Хартия инновационной культуры // Инновации. – 1999. – № 9–10. – С. 55.

10. Хуторской А.В. Педагогическая инноватика – рычаг образования // Эйдос. – 2005. 10 сентября. URL: http://eidos.ru/journal/2005/0910-19.htm (дата обращения: 13.09.2013).

References

1. Agapova S.A. Pedagogicheskoe proektirovanie professional'nogo razvitija uchitelja: dis. kand.ped.nauk. M.2012. 167 p. URL: http://www.dissercat.com/content/pedagogicheskoe-proektirovanie-professionalnogo-razvitiya-uchitelya (data obrashhenija: 10.03.2013).

2. Alekseev N. A. Pedagogicheskie osnovy proektirovanija lichnostno-orientirovannogo obuchenija: Avtoref. dis. dokt.ped. nauk. Tjumen'. 1987. 42 p.

3. Bochkareva T.S. Mul'tidisciplinarnye didakticheskie kompleksy kak sredstvo formirovanija innovacionnoj kul'tury studentov vuzov: dis. kand.ped.nauk. Tol'jatti.2008. 224 p.

4. Gosudarstvennaja programma razvitija obrazovanija na 2013–2020 gg., utverzhdennaja pravitel'stvom RF. URL: Informacionno-pravovoj sajt «Garant» http://www.garant.ru/news/431723/ (data obrashhenija: 20 maja 2014).

5. Novaja filosofskaja jenciklopedija. M.: Mysl', 2000–2001. T.3. 692 p.

6. Prikaz Minobrnauki RF ot 20.05.2010 544 (red. ot 31.05.2011) «Ob utverzhdenii i vvedenii v dejstvie federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta vysshego professional'nogo obrazovanija po napravleniju podgotovki 080200 Menedzhment (kvalifikacija (stepen') «bakalavr»)» (Zaregistrirovano v Minjuste RF 15.07.2010 no. 17837) Pravovoj sajt «Konsul'tantPljus». URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=116399 (data obrashhenija: 13.08.2013).

7. Federal'nyj zakon «Ob obrazovanii v Rossijskoj Federacii№ ot 29.12.2012 no. 273-FZ (red. ot 28.06.2014). Pravovoj sajt «Konsul'tantPljus». URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=164939 (data obrashhenija: 16.07.2014).

8. Filosofskij slovar'. M.: Respublika. 2001. 718 p.

9. Hartija innovacionnoj kul'tury // Innovacii. 1999. no. 9–10. pp. 55.

10. Hutorskoj A.V. Pedagogicheskaja innovatika rychag obrazovanija // Internet-zhurnal «Jejdos». 2005. 10 sentjabrja. URL: http://eidos.ru/journal/2005/0910-19.htm (data obrashhenija: 13.09.2013).

Рецензенты:

Дудина М.Н., д.п.н., профессор кафедры педагогики и социологии воспитания, ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург;

Днепрова Т.П., д.п.н., доцент кафедры педагогики, ФГБОУ ВПО «Уральский государственный педагогический университет», г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 379.1:378.661

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В МЕДИЦИНСКОМ ВУЗЕ

Соловьева В.В., Горбузова М.С., Коробкова С.А.

ГБОУ ВПО «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Волгоград, e-mail: korobkovasa@mail.ru

Авторами статьи выбрана одна из актуальных тем в области теории и методики преподавания физики и математики в высшей профессиональной школе. Цель работы – проанализировать виды и формы самостоятельной работы студента и выявить роль самостоятельной работы при подготовке специалистов в вузе. На основе анализа, а также собственного педагогического опыта организации и контроля самостоятельной работы авторами систематизированы и обобщены виды самостоятельных работ на примере обучения студентов физике и математике в вузе. В статье приводятся примеры заданий для самостоятельной работы студентов медицинского и педагогического вузов, которые могут использоваться при подготовке специалистов любых вузов, включая технические. По научно обоснованным данным, полученным авторами в ходе исследования, сделан вывод о том, что самостоятельная работа студентов при обучении любой дисциплине требует определенной методики отбора заданий для данного вида учебной деятельности. В ходе исследования были решены следующие задачи: 1) выявлены функции и цели самостоятельной работы студентов; 2) определены требования к организации самостоятельной работы и выделены этапы процесса организации самостоятельной работы студентов; 3) проведен анализ существующих классификаций самостоятельных работ; 4) предложены разнообразные примеры организации самостоятельной работы студента.

Ключевые слова: самостоятельная работа, цели и функции самостоятельной работы, классификация самостоятельных работ, обучение студентов физике и математике

METHODICAL ASPECTS OF SELF-EDUCATIONAL WORK ORGANIZATION DURING TEACHING FUTURE SPECIALISTS AT HIGH MEDICAL SCHOOL

Soloveva V.V., Gorbuzova M.S., Korobkova S.A.

Volgograd State Medical University, Volgograd, e-mail: korobkovasa@mail.ru

The authors have selected one of the topical issues in the field of theory and methodic of teaching students to physics and mathematics at the higher professional school. The aim of researching work was to analyze the types and forms of self-educational work of students and identify the self-educational work's role in teaching future specialists at higher school. Based on the analysis, as well as own experience of self-educational work's organization and control the authors systematized and generalized the types of self-educational work on the example of teaching students to physics and mathematics at the University. The article provides the examples of tasks for self-educational work for medical and pedagogical universities' students. These tasks can be used at other universities for teaching future specialists, including specialists of technical universities. Due to the evidence-based data the authors concluded that self-educational work of students requires a certain methods of selecting tasks for this type of educational activity during students' teaching to any discipline. The following researching problems were solved by the authors: 1) the functions and purposes of students' self-educational work were found out; 2) the requirements to organization of self-educational work and stages in the process of its organization for students were formed; 3) the existing classifications of self-educational works were analyzed; 4) different examples of students' self-educational work organization were proposed.

Keywords: self-educational work, the aims and functions of self-educational work, types' classification of self-educational work, teaching students to physics and mathematics

Изменения, происходящие в общественной жизни, предъявляют новые требования к системе образования. По мнению С.И. Архангельского, С.И. Зиновьева, В.А. Сластенина и др., современные специалисты должны быть способными не только к репродуцированию уже имеющихся знаний, но и к творческой деятельности, к нестандартному мышлению, самостоятельному приобретению новых знаний, поэтому образовательный процесс в высшей школе необходимо переориентировать в данном аспекте. В связи с этим Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования предусматривает сокращение числа часов аудиторных учебных занятий и увеличение числа часов на самостоятельную работу студентов.

Самостоятельная работа определяется ФГОС ВПО как учебная, научно-исследовательская и общественно значимая деятельность студентов, направленная на развитие общих и профессиональных компетенций, которая осуществляется без непосредственного участия преподавателя, хотя и направляется им.

В нормативных документах, регламентирующих образовательный процесс в вузах России, выделяются основные функции самостоятельной работы:

– развивающая (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов);

– информационно-обучающая (учебная деятельность студентов во время аудиторных занятий, не подкрепленная самостоятельной работой, становится низкорезультативной);

– ориентирующая и стимулирующая (процессу обучения придается профессиональное ускорение);

– воспитывающая (формируются и развиваются профессиональные качества специалиста);

– исследовательская (новый уровень профессионально-творческого мышления).

А.А. Вербицкий, Ю.Б. Дроботенко, Н.В. Сметанина и др. выделяют следующие цели самостоятельной работы:

– систематизацию и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

– углубление и расширение теоретических знаний;

– формирование умений использовать справочную литературу;

– развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

– формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

– развитие исследовательских умений [1, 6, 4].

Содержательно самостоятельная работа студентов определяется ФГОС ВПО, программами учебных дисциплин (модулей), учебно-методическими комплексами дисциплин (модулей). Критерием отбора содержания самостоятельной работы студентов является обеспечение расширения и углубления практических знаний и умений по изучаемому курсу, а также усвоения межпредметных связей. Основаниями отбора содержания самостоятельной работы также должны служить индивидуально-психологические особенности студентов (обучаемость, обученность, интеллект, мотивация, особенности учебной и будущей профессиональной деятельности) [7].

Организация и управление самостоятельной работой студентов включает разработку и проведение комплекса мероприятий:

– планирование содержания и объема самостоятельной работы;

– организацию, контроль и анализ результатов самостоятельной работы;

– разработку необходимого и достаточного учебно-методического и материально-технического обеспечения;

– внедрение эффективных форм, методов обучения и контроля, ориентированных на развитие самоконтроля и повышение мотивации к самостоятельной работе;

– учет трудозатрат студентов и преподавателей в рамках СРС.

Анализ исследований И.И. Ереминой, М.А. Измайловой, В.Н. Кравец, Б.В. Никитиной, Г.А. Харламовой, В.П. Шишкина и др. по проблеме организации самостоятельной работы позволил выделить требования к организации самостоятельной работы:

– самостоятельная работа должна иметь конкретную цель и студент должен знать пути ее достижения, поэтому самостоятельная работа должна сопровождаться инструктажем и методическо-организационными пояснениями со стороны преподавателя;

– самостоятельная работа должна соответствовать учебным возможностям студента, т.е. переход от одного уровня сложности к другому должен быть постепенным, например, за счет использования разноуровневых заданий;

– в самостоятельной работе должны сочетаться ее разнообразные виды, т.е. преподаватель подбирает оптимальное сочетание различных видов и форм выполнения самостоятельной работы, управляет самим процессом работы и предупреждает затруднения, которые могут возникнуть при выполнении самостоятельной работы;

– самостоятельная работа должна иметь минимум шаблонности, так как основная ее задача – развитие познавательных способностей, инициативы и творчества обучающихся, поэтому для самостоятельной работы целесообразно предлагать задания, имеющие несколько решений или задания творческого характера.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

– подготовительный – определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, оборудования;

– основной – реализация программы, использование приемов поиска информации; усвоения, переработки, применения, передачи знаний; фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы;

– заключительный – оценка значимости и анализ результатов, их систематизация; оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда.

Ведущее место среди видов самостоятельных работ (учебная, научная и социальная) занимает учебная самостоятельная работа.

Данный вид самостоятельной работы может быть представлен различными

подвидами. Приведем несколько общепринятых классификаций учебных самостоятельных работ.

Представим классификацию учебных самостоятельных работ по цели с примерами заданий для организации:

– приобретение новых знаний, овладение умением самостоятельно приобретать знания (пример задания: при подготовке к занятию по теме «Звук. Ультразвук» студентам предлагается сделать доклад о применении ультразвука (на выбор) в медицине, технике, сельском хозяйстве и т.д.);

– закрепление и уточнение знаний (пример задания: после изучения темы «Гидродинамика и гемодинамика» студентам предлагается разбиться на пары и продиагностировать друг друга на владение основными понятиями темы);

– выработку умения применять знания в решении учебных и практических задач (пример задания: после решения типовых задач у доски каждому студенту выдается карточка с задачей, которую необходимо решить за 5 минут – «Найдите острый угол, образованный с осью ординат прямой, проходящей через точки A (1; 2) и B (3; –2)»);

– формирование умений и навыков практического характера (пример задания: после изучения темы «Дифференциальные уравнения» каждому студенту предлагается решить дома несколько задач с прикладным содержанием на составление дифференциальных уравнений – «Определите, чему будет равно количество фермента через 5 часов, если его первоначальное количество равно 1 г, а через час становится равным 1,2 г? Скорость прироста фермента пропорциональна его наличному количеству»);

– формирование умений творческого характера, умения применять знания в усложненной ситуации (пример задания: в конце занятия по теме «Скалярное и векторное произведение векторов» студентам предлагается вспомнить и перечислить, какими способами можно вычислить площадь паркетной доски, имеющей форму параллелограмма (измеряя отдельные элементы доски, разрезая и т.д.).

Ряд ученых (В.А. Добромыслов, В.В. Голубков, Е.Я. Голант и др.) выделяют виды самостоятельных работ по характеру содержания. Обобщив материалы их исследований, мы составили следующую классификацию учебных самостоятельных работ по содержанию:

– подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным и др.) и выполнение соответствующих заданий;

– работа над отдельными темами учебных дисциплин (модулей) в соответствии с учебно-тематическими планами;

– подготовка к практикам и выполнение заданий, предусмотренных практиками;

– выполнение письменных контрольных и курсовых работ (проектов), расчетно-графических работ, рефератов и т.п.;

– подготовка ко всем видам промежуточных и итоговых контрольных испытаний;

– подготовка к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной работы и сдача госэкзамена(ов);

– работа в студенческих научных обществах, кружках, семинарах и т.п.;

– участие в работе факультативов, спецсеминаров и т.п.;

– участие в научной и научно-методической работе кафедр и учебно-научных подразделений Университета;

– подготовка к олимпиадам, конкурсам, конференциям;

– участие в научных и научно-практических конференциях, семинарах, конгрессах и т.п. [3, 2].

Так, например, при организации работы над отдельными темами учебных дисциплин (модулей) в соответствии с учебно-тематическими планами, при подготовке к итоговому занятию по теме «Прямая на плоскости и в пространстве» можно предложить студентам составить опорный конспект и записать общий вид уравнения прямой:

1) уравнение с угловым коэффициентом;
2) общее уравнение;
3) уравнение в отрезках;
4) нормальное уравнение.

При подготовке к практике будущим специалистам можно предложить самостоятельно составить конспект урока по профессионально-ориентированной теме, например, для будущих учителей математике – по теме «Окружность», а для будущих специалистов-врачей – по теме «Рентгеновская диагностика заболеваний» и т.д.

Некоторые исследователи предлагают следующую классификацию учебных самостоятельных работ по характеру учебно-познавательной деятельности [5]:

– обучающие, когда преподаватель показывает путь и характер выполнения задачи (пример задания: преподаватель читает задачу: «Определите, какой объем крови проходит через капилляр диаметром 8 мкм и длиной 0,5 мм в течение часа, если давление на артериальном конце капилляра 40 гПа, а на венозном 13,3 гПа? Вязкость крови 5000 мкПа·с.», затем составляет план решения задачи и после этого предлагает студентам самостоятельно записать решение задачи в тетрадях);

– тренировочные, когда путь, показанный преподавателем, повторяется студентом по образцу;

– поисковые – выполнение задания целиком возлагается на студентов: они самостоятельно выбирают аспект для анализа материала (пример задания: после изучения курса аналитической геометрии каждому студенту предлагается решить дома задачу с прикладным содержанием на применение знаний всех тем дисциплины: «Необходимо расставить четыре опоры A, B, C и D вдоль прямой дороги. Сделайте рисунок, покажите, как расположить эти опоры, если порядок их расположения таков, что расстояния $AC > AB$ и $BD < BC$. Сколько способов их расположения существует?»);

– творческие – самостоятельный поиск, выбор, оценка и проекция информации, её трансформация с целью написания реферата, доклада на конференцию, курсовой работы (пример задания: при подготовке к контрольной работе студентам предлагается в удобной им форме (таблица, схема и т.д.) составить опорный конспект по теме «Аналитическая геометрия на плоскости» и использовать его при решении задачи: «Даны вершины A (5; 1), B (1; –2), C (–4; 10) треугольника. Сделать чертеж. Найти:

1) длину стороны BC;

2) уравнение стороны BC;

3) уравнение высоты, проведенной из вершины A;

4) длину высоты, проведенной из вершины A;

5) угол B»).

Опыт работы преподавателей Волгоградского государственного медицинского университета показал, что самостоятельная работа активизирует различные формы восприятия и усвоения учебного материала, а оптимальное использование и сочетание всех ее видов и форм помогает успешно решать те задачи, которые ставятся перед современной высшей школой.

Список литературы

1. Вербицкий А.А. Самостоятельная работа студентов младших курсов // Высшая школа России. – 1995. – № 3.

2. Голант Е.Я. К вопросу о видах учебно-логических заданий в работе над книгой // Вопросы воспитания мышления в процессе обучения»; под ред. П.Н. Груздева, Ш.И. Ганелина. – М.-Л., Изд-во: АПН РСФСР, 1949. – 232 с.

3. Добромыслов В.А. О системе изложений и сочинений в семилетней школе // Русский язык в школе. – 1946. – № 1.

4. Дроботенко Ю.Б. Организация самостоятельной работы студентов в вузе при изучении педагогических дисциплин: дис. ... канд. пед. наук. – М., 2006. – 215 с.

5. Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. – М., 1981.

6. Сметанина Н.В. Повышение эффективности самостоятельной работы студентов вузов: дис. ...канд. пед. наук. – М., 2006. – 270 с.

7. Соловьёва В.В., Шишкина М.С. Функции самостоятельной работы в обучении будущих специалистов: сборник научных трудов. – Sworld. – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 96–99.

References

1. Verbitsky A.A. Self-educational work of students of the first year of studying // Higher Education in Russia, 1995, no. 3.

2. Golant E.Y. To a question about the kinds of teaching and logical tasks in the work under the book // Issues of education thinking in the learning process. Ed. P.N., Gruzdeva S.I. Ganelina, M.: Publ. APN RSFSR, 1949. 232 p.

3. Dobromyslov V.A. About narratives and essays in the seven-year school. Russian language at school, 1946, no. 1.

4. Drobotenko Y.B. Organization of self-educational work of students at the university in the study of pedagogical disciplines: dis. ... Cand. ped. sciences. M, 2006. 215 p.

5. Lerner I.J. Teaching the fundamentals of learning. M., 1981.

6. Smetanina N.V. Improving the efficiency of self-study of university students: Thesis. ... cand. ped. sciences. M, 2006. 270 p.

7. Solovyova V.V., Shishkina M.S. Functions of self-educational work in the training of future professionals. Collection of scientific works. Sworld. 2013. Vol. 13. no 1. pp. 96–99.

Рецензенты:

Смыковская Т.К., д.п.н., профессор, декан факультета математики, информатики и физики, Волгоградский государственный социально-педагогический университет, г. Волгоград;

Вершинин М.А., д.п.н., профессор, зав. кафедрой ТиМФВ, Волгоградская государственная академия физической культуры, г. Волгоград.

Работа поступила в редакцию 05.08.2014.

УДК 323.21

ДИАЛЕКТИКА ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ГОСУДАРСТВА И ПОЛИТИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Зимин В.А.

Самарский институт Восточной экономико-юридической гуманитарной академии, Самара, e-mail: natali.26.12@mail.ru

В статье проанализирована диалектическая роль государства как институциональной константы в процессе движения политической культуры. Показано, что в политической культуре любого цивилизованного народа государство (как идея и ценность) является ключевым элементом. Отмечено, что от характера отношения государства к разным политическим субкультурам зависит, какая из них будет доминировать, а какой суждено быть оппозиционной, неформальной. Автор сделал попытку ответить на вопрос: насколько нынешнему государству (в целом, как политическому институту) интересна политическая культура граждан в той мере, чтобы оно могло бы затрачивать на поддержание политико-культурных процессов свои ресурсы и согласовывать с этим развитием свои интересы? Автор отмечает, что государство (как идея и ценность) является ключевым элементом в политической культуре.

Ключевые слова: государство, политическая культура, диалектика, институциональная константа, носители, ценности

DIALECTICS OF RELATIONSHIP OF THE STATE AND POLITICAL CULTURE

Zimin V.A.

Samarskij institut Vostochnoj jekonomiko-juridicheskoj gumanitarnoj akademii, Samara, e-mail: natali.26.12@mail.ru

In article the dialectic role of the state as institutional constant in the course of movement of political culture is analysed. It is shown that in political culture of any civilized people the state (as idea and value) is a key element. It is noted that on character of the relation of the state to different political subcultures depends what of them will dominate and what is fated to be oppositional, informal. The author made attempt to answer a question: to how present state (as a whole how) the political culture of citizens in that measure that it could spend the resources for maintenance of political and cultural processes is interesting to political institute and coordinate the interests with this development? The author notes that the state (as idea and value) is a key element in political culture.

Keywords: state, political culture, dialectics, institutional constant, carriers, values

Государство становится институциональной константой исторически, в процессе движения политической культуры. Хотя эта его роль диалектична. На протяжении последних двух столетий лучшие умы Европы и России пытались эту диалектику понять, чтобы использовать это знание в интересах прогресса.

В разных странах и в разные исторические периоды государственная власть становилась то главным революционером и реформатором, опережающим в своих устремлениях в будущее самые прогрессивно настроенные общественные группы, то главным душителем любых общественных инициатив и главным тормозом прогресса. То в ходе модернизаций государственная власть силой навязывала общественному и элитарному сознаниям новые политические идеи и ценности, то отстаивала принципиальную неидеологичность своей политики и достаточность для мотивации участия людей в ней религиозных, например, идей и ценностей.

Государство вело себя, внешне во всяком случае, крайне непоследовательно в отношении к политической культуре. И получало в ответ такую же видимую непоследовательность отношения со стороны социума: общественными усилиями государства разрушались и тут же на их обломках создавались новые, не всегда более политически совершенные государства.

Политическая мысль, реагируя на такую историческую ситуацию, никак не могла преодолеть ключевой парадокс: чтобы прогресс политики и политической культуры состоялся, желательно избавить общество и личность от опеки государственных институтов, сделать личность и общество единственными институциональными константами политической культуры, но без государства политическое пространство и пространство политической культуры лишаются того общего центра, который придает всем процессам, происходящим в этих пространствах, смысл и цель.

Поэтому каждый раз политическая мысль приходила к необходимости создать на месте «старого» государства некое «новое государство», либо предлагала заменить государство чем-то аналогичным ему по основным функциям, но меньшим по масштабам деятельности и ресурсам

(самоуправляющиеся общины). Такой последовательный критик принципов европейской государственности Нового Времени, как Ф. Ницше, чей призыв «Там, где кончается государство, и начинается человек, не являющийся лишним: там начинается песнь необходимых, мелодия, единожды существующая и невозвратная. Туда, где кончается государство, – туда смотрите, братья мои!» [1] стал своеобразным творческим «credo» для политических радикалов всех мастей. Однако даже он, если вникнуть в суть его афористичных высказываний, отмечал, что для возрождения аристократизма политической культуры необходимо иное, аристократическое вместо демократического, но государство. Как интерпретирует мысли Ф. Ницше один из современных исследователей творчества германского философа: «Аристократия же – власть лучших, сонмом могущих управлять государством – залог здоровья и успеха любого государства и любого общества» [2].

Столь же непоследовательными в своих теоретических построениях были и марксисты, видевшие смысл политического прогресса в замене государства буржуазного государством диктатуры пролетариата, по крайней мере на неопределенно длительный переходный период от государственного управления к общественному самоуправлению. В этой непоследовательности политической мысли, как в зеркале, отражается главное: за тысячелетия человеческой истории государство для многих цивилизованных народов стало той идеей и той ценностью, тем стержнем массовой политической культуры, благодаря которому при всех поворотах политического процессаэти народы смогли не утратить своей цивилизованности.

Государство исторически стало, таким образом, цивилизационной институциональной константой. Причем настолько, что в большинстве случаев историки, политологи и юристы, гуманитарии вообще чаще всего именно с образования государства начинают отсчет всех политических, социально-экономических и культурных процессов. Большинство политологов отмечают активную роль государства в обеспечении интересов всего общества, в формировании социально справедливой политики доходов, в предоставлении основных социальных гарантий всему населению, в развитии науки, культуры, здравоохранения, просвещения, охране окружающей среды, поддержке инноваций и технического прогресса, борьбе с коррупцией и т.д. [3].

Государство своим эффективным функционированием обеспечивает не только основные модернизационные преобразования, но одновременно постоянно расширяет их социальную базу, укрепляя политическую стабильность общества, демократизируя свои структуры и институты, а также развивая и совершенствуя социальную сферу. «Подобная государственная активность соответствует как мировым тенденциям, проявившимся в развитых странах в XX в., так и жизненным потребностям сегодняшней России» [4].

Не случайно, что многие исследователи в целом сходятся в том, что без государства демократия невозможна: «И в общем плане это, конечно, верно: демократия не может существовать в «безгосударственном» пространстве, она в качестве современной практики является вариантом взаимосвязи государственных и гражданских институтов. Однако в существующей теоретической и эмпирической литературе нет достаточно четкой концептуализации и дифференциации типов государственности и их взаимосвязи с вариантами и траекториями режимных изменений» [5].

На проблему государства как носителя политической культуры можно посмотреть и в структурно-функциональном, так сказать, ракурсе. Государство (как идея и ценность) является ключевым элементом в политической культуре любого цивилизованного народа во многом потому, что вокруг его институтов и практик выстраивается более-менее устойчивое равновесие разнообразных конкурирующих социально-групповых и личностных политических субкультур.

Государство для носителей этих субкультур есть одновременно главный политический противник и главный инструмент политики, что удерживает конфликтующие субкультуры вокруг единого центра. От характера отношения государства к этим субкультурам зависит, какая из субкультур будет доминировать, а какой суждено быть оппозиционной, неформальной. В то же время государство вносит в эти процессы иерархизации политической культуры момент непредопределенности.

Государство, например, обычно не против справедливости. Оно даже постоянно заявляет о своей готовности руководствоваться принципами справедливости в практической политике. Но оно никогда устами своих руководителей, политических и административных менеджеров не уточняет, какой именно из, например, имеющих место в пространстве российской политической культуры современных проектов достижения справедливости ему ближе всего.

Исследователи сегодня говорят о существовании нескольких альтернативных проектов перевода российской общественной жизни в справедливое русло [6]. Это так называемая «Русская доктрина» (консервативный проект), культурологическая концепция социализма (социал-демократический проект), коммунитаристский проект (модель «подвижной иерархии»). За каждым из этих политических проектов стоят определенные политические силы со своими четкими интересами и своими предложениями к государству по их поддержке. Но государство не высказывает открытого предпочтения ни одному из этих проектов. Это притом, что официально провозглашенный курс на системную модернизацию вроде бы требует от государства конкретно определиться со стратегией и тактикой преобразований, в которые оно вовлекает общество.

В результате, по мнению специалистов, у конкурирующих политических сил не остается другого варианта, кроме как согласиться с центристским проектом так называемого «хорошего общества». То есть с моделью, в которую каждый волен вкладывать свой политический и культурный смысл, а какой из этих смыслов в конце концов возобладает, это полностью зависит от того же государства.

При этом в общественном сознании сохраняется надежда, что при очередной ротации политических элит расстановка приоритетов в политико-культурном процессе может измениться с точностью до наоборот. С неопределенностью современных наших политико-культурных ориентаций на групповом и личностном уровне во многом связан запрос, формирующийся в массовом сознании, на правовое и социальное государство, которое эту ориентацию (или переориентацию) осуществит и восстановит оптимальный для развития системы баланс политических субкультур.

Современная наука часто оперирует понятием «государственный интерес», когда надо подчеркнуть факт существования в политической культуре и в практической политике идей и ценностей, выходящих по своей актуальности и функциональности за пределы личностного пространства человека политического. Довольно часто вместе с тем возникает вопрос о том, как такой интерес образуется и почему он играет для политической культуры такую важную, можно сказать, системообразующую роль. Ведь именно по признаку соответствия или несоответствия идей и ценностей, на которые ориентирована личность в политике, «государственному интересу» наука выделяет гражданскую и подданническую версии политической культуры, определяет ее патриотическую или космополитическую ориентированность, имперскость, либо национальную ограниченность.

Исследователи, чаще всего, предлагают видеть источник тяготения других политических акторов и субъектов, личностей и социальных групп, к «государственному интересу» в политико-культурном качестве самих этих субъектов. При этом апеллируют к достижениям «западной политической мысли» достаточно отдаленного времени, когда она только начинала ставить и решать подобные вопросы.

Например, совершенно мистически-негативно выглядят в этом свете свойства политической личности, тяготеющей к «государственному интересу». В одной из политологических публикаций утверждается, что «Авторитарная личность – носитель авторитарного синдрома, основные черты которого подробно анализируются в работе Т. Адорно. Это навязчивая идея величия, иррациональное отношение к власти, слепая вера в авторитет и нежелание критически оценивать руководителя страны, поиск внешнего врага и самоутверждение за счет унижения слабого… На наш взгляд, симптомы авторитарного синдрома легко выявляются и у современных россиян» [7]. С таким же успехом, заметим, в границах использованных авторами понятий, можно описать любую личность, солидарную с «государственным интересом» в любом, самом демократическом обществе. Достаточно вспомнить о том, как характеризовал, например, проявления «демократической тирании» А. де Токвиль в своем классическом исследовании «О демократии в Америке».

Именно то, как представляется, что в «государственном интересе» всегда присутствует некая непредопределенность позиции государственных институтов по отношению к ключевым идеям и ценностям, которыми руководствуются основные субъекты политики, не исключая и само государство, это сосредоточивает конкретные интересы и расчеты политических субъектов вокруг государственных институтов и функций.

Если говорить об элите, то ее интересы концентрируются вокруг верховной власти, олицетворяющей государственное начало политики. Даже у тех политических акторов, которые занимают в политике пассивную позицию, есть повод оправдать свою пассивность тем, что им недостаточно понятен и близок «государственный интерес». Пока позиция власти в отношении ключевых политических идей и ценностей

недостаточно четко и однозначно сформулирована, у любого политического актора есть надежда стать ближе к «власти» со своими политическими и иными интересами, повысить свой статус в политической системе до уровня субъектности, или же нарастить ресурсы самой этой политической субъектности.

Поэтому, вероятно, в истории мировой политической мысли закрепилось устойчиво негативное отношение к ситуациям, когда государственная власть выражает приверженность какой-либо конкретной идеологии, обозначает свои ценностные и идейные приоритеты и тем самым резко сужает возможности личности и общества как других основных институциональных констант политической культуры в солидаризации с «государственным интересом».

Все это выглядит как стабильно работающий механизм политико-культурной ориентации социально-политической системы, основанием которого является стабильность политико-культурной функции государства.

В практической плоскости вопрос можно поставить так: насколько нынешнему государству (не каждому конкретно, а в целом, как политическому институту) интересна политическая культура граждан в той мере, чтобы оно могло бы затрачивать на поддержание политико-культурных процессов свои ресурсы и согласовывать с этим развитием свои интересы?

Самый общий ответ, вероятно, заключается в том, что любому государству важно быть сегодня и в будущем опознаваемым со стороны общества именно в качестве особой власти, отделенной от общества своими ресурсами, функциями, политико-культурными ориентациями. А исторически сложилось так, что именно политическая культура, которую государство поддерживало всеми доступными ему идеологическими, политическими, правовыми и административными средствами, служила делу такого опознавания.

Правда, как представляется, современное государство, либеральное в первую очередь, само себе создало ряд трудностей в этом деле. Оно своей политикой побудило общественное сознание ставить трудные для государственной политики вопросы: останется ли государство институциональной константой в условиях постмодерна и глобализации; не станет ли оно жертвой политико-культурного произвола; с другой стороны, не является ли нынешнее ощущение зыбкости политико-культурных оснований существования современных обществ следствием того, что само либеральное государство провозгласило ключевым принцип «возможно все, что не запрещено»?

А для того, чтобы устранить эти сомнения из массового сознания, государству необходимо сохранить свое состояние институциональной константы политической культуры и в обозримой исторической перспективе.

Первое, что нужно государству для этого, лояльное отношение граждан к его особости. Государству, в равной мере империи и национальному, нужны лояльные граждане как основание его политической суверенности и легитимности. А лояльность, если рассматривать ее не юридически, а политологически, есть определенное состояние политической культуры, при котором государство имеет возможность опосредованного, через самих граждан, контроля политического пространства (граждане как стражи интересов государства). Понятие «тоталитаризм», от которого, может быть, излишне поспешно стали отказываться исследователи политической культуры вслед за исследователями государственной политики, более применимо для определения именно таких общественных состояний, когда любой гражданин чувствует себя настолько свободным и самодостаточным защитником «интересов государства», настолько ответственным воплощением принципа политической лояльности, что может сказать, что «государство – это я».

Второе, что нужно государству для того, чтобы решить проблему своей опознаваемости в качестве ключевого субъекта политики, это разобраться со своим отношением к разного рода технологическим новациям, ставящим сегодня под вопрос актуальность политической культуры как регулятора политических отношений и, соответственно, место самого государства (в его традиционных измерениях) в политическом процессе.

Прежняя константность государства в качестве носителя политической культуры определялась тем, что большинство существующих на земле государств укладывалось в шкалу «империя – национальное государство». В качестве делений на этой шкале выступали такие ценности, как лояльность, патриотизм (национализм), суверенитет, иерархичность, законность. Продвижение различных социально-политических систем в ту и другую сторону по этой шкале обеспечивало их взаимную опознаваемость в качестве элементов единого политико-культурного процесса и обеспечивало их практическое взаимодействие в международной политике.

Именно в пределах этой шкалы политических ценностей сформировался «Запад»

как политический, экономический и культурный центр цивилизационного пространства всего мира и «Восток» как цивилизационная периферия. И им, как некогда справедливо заметил классик европейского империализма Р. Киплинг, «не сойтись». Причем именно в отношении ключевых политических ценностей. По линии этих ценностей «Запад» и «Восток» в истории устойчиво тяготели к разным краям этой шкалы. В том, как сегодня нарастает политико-культурный конфликт стран «Запада» со странами «Востока» обнаруживается перспектива такой принципиальной несовместимости и в будущем.

Вырисовывается перспектива того, что глобальный мир, все представляющие современную цивилизацию народы и государства информационно будут сплочены, как сплочены, образно выражаясь, посетители одного интернет-портала, а политически будут расколоты так, как сегодня даже представить себе трудно. И их будущее информационное единство может сыграть в их политической судьбе самую негативную роль: враждующие соперники могут разойтись и занять изоляционистские позиции относительно друг друга. Но только в том случае, если им есть куда разойтись. Единство глобального информационного пространства сделает такой изоляционизм принципиально невозможным. А это значит, что уничтожение политического соперника останется единственной возможностью изолироваться от него.

В политике в эпоху глобализации действительно формируются новые парадигмы, но выглядят они в политологическом ракурсе далеко не так оптимистично, как, например, в философско-культурологическом. Либеральные стратегии развития современных государств в XX и начале XXI столетия стерли четкость этих делений на шкале политических ценностей, что, собственно, и воспринимается многими современными аналитиками в качестве свидетельства наступления эпохи постмодерна. Внешне в возможностях современного государства управлять политико-культурными процессами и даже просто воздействовать на них сегодня действительно многое выглядит очень зыбко, неопределенно. Можно сказать, что многое как бы предполагает возможность того, что именно государство выступит главным разрушителем политической культуры. Сегодня, например, среди политиков и аналитиков особой популярностью пользуется тематика, связанная с «электронной демократией» и «электронным правительством». В этих новых технологиях коммуникации элит и рядовых граждан видят панацею от коррупции, административного произвола, волокиты и элементарной некомпетентности. В них одновременно видят и ключевой ресурс легитимности современных государств в качестве «слуг народа».

При этом почти не обращается внимания на тот момент, что гражданину для общения с реальными институтами государства, для участия в реальных механизмах управления, в которых задействованы живые люди, наделенные волей, амбициями, навыками, предрассудками и т.д., политическая культура крайне важна. Можно сказать, что она будет определять характер политики в тех случаях, когда на почве столкновения интересов государства и гражданина будут сходиться реальные люди и делать политику такой, какой она им в данный момент покажется правильной. В политической культуре, в чем ее главная прелесть в качестве элемента нашей цивилизации, как и в культуре вообще, внутренне заложено право человека на ошибку. В этом смысле он свободен тем более, чем больше возможностей для политического выбора, ошибочного в том числе, предоставляет ему его политическая культура.

«Электронная демократия» лишает гражданина не только права на политическую ошибку, но и самой возможности ее совершить. Он будет отстранен от политического участия не по мотивам своих политических убеждений, а просто как неграмотный пользователь. По большому счету для того, чтобы общаться с виртуальными институтами государства никакой политической культуры, в привычном понимании этого явления, гражданину не нужно. Ему нужны исключительно навыки грамотного пользователя информационных систем. К тому же политическая культура нужна гражданину для того, чтобы в понятных ему самому и окружающим понятиях и терминах сформулировать существо своих запросов к государственной власти и претензий к ней, если она на эти запросы не реагирует. В системе «электронной демократии» вместо граждан формулировкой их политических запросов занимаются составители соответствующих программ «электронного правительства». Соответственно, лишенным смысла становится и предъявление каких-либо претензий со стороны гражданина информационной системе, которая по определению не имеет персональной ответственности перед гражданином и обществом. Систему создают и управляют ею технические администраторы, не наделенные политически-

ми функциями, а значит, и политической ответственностью.

Возможно, эти обстоятельства дополнительно стимулируют заинтересованность современных политических и административных элит в продвижении идеи «электронной демократии». Эта система оставляет за людьми, наделенными политической и административной властью, функцию принятия управленческих решений в соответствии с государственными и общественными интересами (как они их понимают), но минимизирует их личную ответственность за эти решения.

Против такой позиции можно возразить, что речь, в сущности, идет только о более высоком техническом оснащении уже имеющих место управленческих процедур. Что это не изменит сути и формы политики, привычных современному человеку. Исторически, однако, можно проследить закономерность: каждый раз, когда человеку удавалось довести до совершенства какую-либо культурную технологию или какой-либо инструмент культуры, относительно быстро это меняло лицо всей цивилизации.

Освоение технологии земледелия тоже начиналось в виде частного усовершенствования и дополнения к, казалось бы, ставшим вечными за тысячелетия человеческой истории охоте, рыболовству и скотоводству. Занятия земледелием первоначально всего лишь восполняли очевидные пробелы в механизмах самоорганизации первобытных сообществ скотоводов и охотников. А закончилось освоение человечеством этой технологии тем, что возникла уникальная по своим свойствам индустриальная (а местами и постиндустриальная) цивилизация, которая сегодня уже претендует на глобальное господство.

Появилась в свое время технология передвижения воинов на лошадях и колесницах. Первоначально просто как техническое усовершенствование, позволяющее воину не расставаться в походе с нажитым добром и семейством. А закончилось все тем, что возникли государства и завоевательные войны стали и до сих пор остаются одной из основных форм государственной политики. С определенной условностью можно сказать, что именно войны, взятые на вооружение как технологии империями и национальными государствами, создали лицо современной цивилизации и определили ее будущее.

Государство, скорее всего, не откажется от наработанного веками опыта взаимодействия с обществом, который делает его опознаваемым обществом ключевым политическим субъектом. Оно не перестанет быть институциональной константой политической культуры, перейдя к новым управленческим технологиям. Особенно если трансформируется смысл, который мы сегодня вкладываем в понятие «политическая культура».

Иначе говоря, если политическая культура будет пониматься не как совокупность идей и ценностей, обеспечивающих доступ к системе межличностных и межгрупповых коммуникаций, а именно как своеобразный «сертификат качества», выдаваемый и контролируемый государством и обеспечивающий индивиду или социальной группе, независимо от их отношений с другими индивидами и группами, но в прямой зависимости от меры лояльности интересам государства, доступа к системе электронных коммуникаций.

Возможно, что в этом случае роль государства как институциональной константы политической культуры даже возрастет. Если сегодня в структуре демократической политической культуры (на идеи и ценности которой сегодня сориентирован весь цивилизованный мир) наблюдается определенное равновесие в требованиях к гражданину быть лояльным и оппозиционным власти, он может власть ругать, но добровольно и добросовестно ей подчиняться, то в перспективе можно предположить резкое возрастание значимости фактора лояльности. Не вследствие того, что к власти придут авторитарно настроенные элиты. Может быть, формально они будут даже более демократичны, чем нынешние. А вследствие необходимости обеспечения безопасности системы электронных коммуникаций.

При этом не исключено, что государство в эпоху постмодерна, в ситуации распада привычных системных связей в политике может оказаться самым главным политическим субъектом, искренне заинтересованным в поддержании «классических» политико-культурных систем потому, что ему нужно будет сделать понятным для общества, и не выглядящим как произвол, порядок допуска субъектов политики к электронным коммуникациям. По крайней мере, на тот переходный период, в течение которого само государство сможет трансформироваться настолько, что станут ненужными для решения политических проблем многочисленные отряды политических и административных элит, которые сейчас связаны между собой и с обществом долгой исторической традицией функционирования в рамках определенных политических культур.

Пока же современное государство сохраняет свое человеческое содержание, пока государственная власть настолько персонализирована, что смена государственных лидеров, например, воспринимается массовым сознанием как изменение парадигмы политического развития, до тех пор государственная власть будет нуждаться в том, чтобы граждане ее опознавали и руководствовались в этом опознании определенными наборами идей и ценностей.

Список литературы

1. Фридрих Ницше. Так говорил Заратустра. Часть первая. О новом кумире. [Электронный ресурс] . URL : http://www.lib.ru/NICSHE/zaratustra.txt_with-big-pictures.html. (Дата обращения 21 ноября 2012 г.).

2. Витушкин Д. А. Книга Фридриха Ницше «Так говорил Заратустра». [Электронный ресурс]. URL: http://www.http://www.nietzsche.ru/look/xxc/etika/vitushkin. (Дата обращения 21 ноября 2012 г.).

3. Богомолов О.Т. Демократия и социально-экономический прогресс // Новая и новейшая история. – 2011. – № 1. – С. 11–12.

4. Завалев А. Государство и модернизация российского общества // Власть. – 2012. – № 3. – С. 26.

5. Мельвиль А.Ю., Стукал Д.К., Миронюк М.Г. Траектории режимных трансформаций и типы государственной состоятельности // Полис. – 2012. – № 2. – С. 14.

6. Карнаш Г.Ю. К вопросу о российском дискурсе справедливости // Политические исследования (Полис). – 2008. – № 5. – С. 160–168.

7. Касамара В.В., Сорокина А.А. Постсоветская ностальгия в повседневном дискурсе россиян // Общественные науки и современность. – 2011. – № 6. – С. 19.

References

1. Fridrih Nicshe. Tak govoril Zaratustra. Chast’ pervaja. O novom kumire. [Jelektronnyj resurs]. URL: http://www.lib.ru/NICSHE/zaratustra.txt_with-big-pictures.html. (Data obrashhenija 21 nojabrja 2012 g.).

2. Vitushkin D.A. Kniga Fridriha Nicshe «Tak govoril Zaratustra». [Jelektronnyj resurs]. URL: http://www.http://www.nietzsche.ru/look/xxc/etika/vitushkin. (Data obrashhenija 21 nojabrja 2012 g.)

3. Bogomolov O.T. Demokratija i social’no-jekonomicheskij progress // Novaja i novejshaja istorija. 2011. no. 1. pp. 11–12.

4. Zavalev A. Gosudarstvo i modernizacija rossijskogo obshhestva // Vlast’. 2012. no. 3. pp. 26.

5. Mel’vil’ A.Ju., Stukal D.K., Mironjuk M.G. Traektorii rezhimnyh transformacij i tipy gosudarstvennoj sostojatel’nosti // Polis. 2012. no. 2. pp. 14.

6. Karnash G. Ju. K voprosu o rossijskom diskurse spravedlivosti // Politicheskie issledovanija (Polis). 2008. no. 5. pp. 160–168.

7. Kasamara V.V., Sorokina A.A. Postsovetskaja nostal’gija v povsednevnom diskurse rossijan // Obshhestvennye nauki i sovremennost’. 2011. no. 6. pp. 19.

Рецензенты:

Андронова И.В., д.пол.н., заведующая кафедрой «Связи с общественностью», профессор, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и связи, г. Самара;

Леонов М.М., д.и.н., заведующий кафедрой гуманитарно-правовых дисциплин и сервисных технологий, профессор, Самарская академия государственного и муниципального управления, г. Самара.

Работа поступила в редакцию 21.07.2014.

(http://www.rae.ru/fs/)

В журнале «Фундаментальные исследования» в соответствующих разделах публикуются научные обзоры, статьи проблемного и фундаментального характера по следующим направлениям.

1. Архитектура
2. Биологические науки
3. Ветеринарные науки
4. Географические науки
5. Геолого-минералогические науки
6. Искусствоведение
7. Исторические науки
8. Культурология
9. Медицинские науки
10. Педагогические науки
11. Политические науки
12. Психологические науки
13. Сельскохозяйственные науки
14. Социологические науки
15. Технические науки
16. Фармацевтические науки
17. Физико-математические науки
18. Филологические науки
19. Философские науки
20. Химические науки
21. Экономические науки
22. Юридические науки

При написании и оформлении статей для печати редакция журнала просит придерживаться следующих правил.

1. Заглавие статей должны соответствовать следующим требованиям:

– заглавия научных статей должны быть информативными (Web of Science это требование рассматривает в экспертной системе как одно из основных);

– в заглавиях статей можно использовать только общепринятые сокращения;

– в переводе заглавий статей на английский язык не должно быть никаких транслитераций с русского языка, кроме непереводимых названий собственных имен, приборов и др. объектов, имеющих собственные названия; также не используется непереводимый сленг, известный только русскоговорящим специалистам.

Это также касается авторских резюме (аннотаций) и ключевых слов.

2. Фамилии авторов статей на английском языке представляются в одной из принятых международных систем транслитерации (см. далее раздел «Правила транслитерации»)

Буква	Транслит	Буква	Транслит	Буква	Транслит	Буква	Транслит
А	A	**З**	Z	**П**	P	**Ч**	CH
Б	B	**И**	I	**Р**	R	**Ш**	SH
В	V	**й**	Y	**С**	S	**Щ**	SCH
Г	G	**К**	K	**Т**	T	**Ъ, Ь**	опускается
Д	D	**Л**	L	**У**	U	**Ы**	Y
Е	E	**М**	M	**Ф**	F	**Э**	E
Ё	E	**Н**	N	**Х**	KH	**Ю**	YU
Ж	ZH	**О**	O	**Ц**	TS	**Я**	YA

На сайте http://www.translit.ru/ можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу.

3. В структуру статьи должны входить: введение (краткое), цель исследования, материал и методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы или заключение, список литературы, сведения о рецензентах. Не допускаются обозначения в названиях статей: сообщение 1, 2 и т.д., часть 1, 2 и т.д.

4. Таблицы должны содержать только необходимые данные и представлять собой обобщенные и статистически обработанные материалы. Каждая таблица снабжается заголовком и вставляется в текст после абзаца с первой ссылкой на нее.

5. Количество графического материала должно быть минимальным (не более 5 рисунков). Каждый рисунок должен иметь подпись (под рисунком), в которой дается объяснение всех его элементов. Для построения графиков и диаграмм следует использовать программу Microsoft Office Excel. Каждый рисунок вставляется в текст как объект Microsoft Office Excel.

6. Библиографические ссылки в тексте статьи следует давать в квадратных скобках в соответствии с нумерацией в списке литературы. Список литературы для оригинальной

статьи – не менее 5 и не более 15 источников. Для научного обзора – не более 50 источников. Список литературы составляется в алфавитном порядке – сначала отечественные, затем зарубежные авторы и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008.

Списки литературы представляются в двух вариантах:

1. В соответствии с с ГОСТ Р 7.0.5 2008 (русскоязычный вариант вместе с зарубежными источниками).

2. Вариант на латинице, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники

Новые требования к оформлению списка литературы на английском языке (см. далее раздел «ПРИСТАТЕЙНЫЕ СПИСКИ ЛИТЕРАТУРЫ» – ПРАВИЛ ДЛЯ АВТОРОВ).

7. Объем статьи не должен превышать 8 страниц А4 формата (1 страница – 2000 знаков, шрифт 12 Times New Roman, интервал – 1,5, поля: слева, справа, верх, низ – 2 см), включая таблицы, схемы, рисунки и список литературы. Публикация статьи, превышающей объем в 8 страниц, возможна при условии доплаты.

8. При предъявлении рукописи необходимо сообщать индексы статьи (УДК) по таблицам Универсальной десятичной классификации, имеющейся в библиотеках.

9. К рукописи должен быть приложен краткий реферат (резюме) статьи на русском и английском языках. Новые требования к резюме (см. далее раздел «АВТОРСКИЕ РЕЗЮМЕ (АННОТАЦИИ) НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ» – ПРАВИЛ ДЛЯ АВТОРОВ).

Объем реферата должен включать минимум 100-250 слов (по ГОСТ 7.9-95 – 850 знаков, не менее 10 строк). Реферат объемом не менее 10 строк должен кратко излагать предмет статьи и основные содержащиеся в ней результаты. Реферат подготавливается на русском и английском языках.

Используемый шрифт – полужирный, размер шрифта – 10 пт. **Реферат на английском языке должен в начале текста содержать заголовок (название) статьи, инициалы и фамилии авторов также на английском языке.**

10. Обязательное указание места работы всех авторов. (Новые требования к англоязычному варианту – см. раздел «НАЗВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ» – ПРАВИЛ ДЛЯ АВТОРОВ), их должностей и контактной информации.

11. Наличие ключевых слов для каждой публикации.

12. Указывается шифр основной специальности, по которой выполнена данная работа.

13. Редакция оставляет за собой право на сокращение и редактирование статей.

14. Статья должна быть набрана на компьютере в программе Microsoft Office Word в одном файле.

15. Статьи могут быть представлены в редакцию двумя способами:

- **Через «личный портфель» автора**
- **По электронной почте edition@rae.ru**

Работы, поступившие через «Личный ПОРТФЕЛЬ автора» публикуются в первую очередь

Взаимодействие с редакцией посредством «Личного портфеля» позволяет в режиме on-line представлять статьи в редакцию, добавлять, редактировать и исправлять материалы, оперативно получать запросы из редакции и отвечать на них, отслеживать в режиме реального времени этапы прохождения статьи в редакции. Обо всех произошедших изменениях в «Личном портфеле» автор дополнительно получает автоматическое сообщение по электронной почте.

Работы, поступившие по электронной почте, публикуются в порядке очереди по мере рассмотрения редакцией поступившей корреспонденции и осуществления переписки с автором.

Через «Личный портфель» или по электронной почте в редакцию одномоментно направляется полный пакет документов:

- *материалы статьи;*
- *сведения об авторах;*
- *копии двух рецензий докторов наук (по специальности работы);*
- *сканированная копия сопроводительного письма (подписанное руководителем учреждения) – содержит информацию о тех документах, которые автор высылает, куда и с какой целью.*

Правила оформления сопроводительного письма.

Сопроводительное письмо к научной статье оформляется на бланке учреждения, где выполнялась работа, за подписью руководителя учреждения.

Если сопроводительное письмо оформляется не на бланке учреждения и не подписывается руководителем учреждения, оно должно быть **обязательно** подписано всеми авторами научной статьи.

Сопроводительное письмо **обязательно** (!) должно содержать следующий текст.

Настоящим письмом гарантируем, что опубликование научной статьи в журнале «Фундаментальные исследования» не нарушает ничьих авторских прав. Автор (авторы) передает на неограниченный срок учредителю журнала неисключительные права на использование научной статьи путем размещения полнотекстовых сетевых версий номеров на Интернет-сайте журнала.

Автор (авторы) несет ответственность за неправомерное использование в научной статье объектов интеллектуальной собственности, объектов авторского права в полном объеме в соответствии с действующим законодательством РФ.

Автор (авторы) подтверждает, что направляемая статья негде ранее не была опубликована, не направлялась и не будет направляться для опубликования в другие научные издания.

Также удостоверяем, что автор (авторы) согласен с правилами подготовки рукописи к изданию, утвержденными редакцией журнала «Фундаментальные исследования», опубликованными и размещенными на официальном сайте журнала.

Сопроводительное письмо сканируется и файл загружается в личный портфель автора (или пересылается по электронной почте – если для отправки статьи не используется личный портфель).

• копия экспертного заключения – содержит информацию о том, что работа автора может быть опубликована в открытой печати и не содержит секретной информации (подпись руководителя учреждения). Для нерезидентов РФ экспертное заключение не требуется;

• копия документа об оплате.

Оригиналы запрашиваются редакцией при необходимости.

Редакция убедительно просит статьи, размещенные через «Личный портфель», не отправлять дополнительно по электронной почте. В этом случае сроки рассмотрения работы удлиняются (требуется время для идентификации и удаления копий).

16. В одном номере журнала может быть напечатана только одна статья автора (первого автора).

17. В конце каждой статьи указываются сведения о рецензентах: ФИО, ученая степень, звание, должность, место работы, город, рабочий телефон.

18. Журнал издается на средства авторов и подписчиков.

19. Представляя текст работы для публикации в журнале, автор гарантирует правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм неправоверного заимствования в рукописи произведения, надлежащее оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций. Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений.

Редакция не несет ответственность за достоверность информации, приводимой авторами. Автор, направляя рукопись в Редакцию, принимает личную ответственность за оригинальность исследования, поручает Редакции обнародовать произведение посредством его опубликования в печати.

Плагиатом считается умышленное присвоение авторства чужого произведения науки или мыслей или искусства или изобретения. Плагиат может быть нарушением авторско-правового законодательства и патентного законодательства и в качестве таковых может повлечь за собой юридическую ответственность Автора.

Автор гарантирует наличие у него исключительных прав на использование переданного Редакции материала. В случае нарушения данной гарантии и предъявления в связи с этим претензий к Редакции Автор самостоятельно и за свой счет обязуется урегулировать все претензии. Редакция не несет ответственности перед третьими лицами за нарушение данных Автором гарантий.

Редакция оставляет за собой право направлять статьи на дополнительное рецензирование. В этом случае сроки публикации продлеваются. Материалы дополнительной экспертизы предъявляются автору.

20. Направление материалов в редакцию для публикации означает согласие автора с приведенными выше требованиями.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 615.035.4

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРИОДА ТИТРАЦИИ ДОЗЫ ВАРФАРИНА У ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ. ВЗАИМОСВЯЗЬ С КЛИНИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

[1]Шварц Ю.Г., [1]Артанова Е.Л., [1]Салеева Е.В., [1]Соколов И.М.

[1]ГОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И.Разумовского Минздравсоцразвития России», Саратов, Россия (410012, Саратов, ГСП ул. Большая Казачья, 112), e-mail: kateha007@bk.ru

Проведен анализ взаимосвязи особенностей индивидуального подбора терапевтической дозы варфарина и клинических характеристик у больных фибрилляцией предсердий. Учитывались следующие характеристики периода подбора дозы: окончательная терапевтическая доза варфарина в мг, длительность подбора дозы в днях и максимальное значение международного нормализованного отношения (МНО), зарегистрированная в процессе титрования. При назначении варфарина больным с фибрилляцией предсердий его терапевтическая доза, длительность ее подбора и колебания при этом МНО, зависят от следующих клинических факторов – инсульты в анамнезе, наличие ожирения, поражения щитовидной железы, курения, и сопутствующей терапии, в частности, применение амиодарона. Однако у пациентов с сочетанием ишемической болезни сердца и фибрилляции предсердий не установлено существенной зависимости особенностей подбора дозы варфарина от таких характеристик, как пол, возраст, количество сопутствующих заболеваний, наличие желчнокаменной болезни, сахарного диабета II типа, продолжительность аритмии, стойкости фибрилляции предсердий, функционального класса сердечной недостаточности и наличия стенокардии напряжения. По данным непараметрического корреляционного анализа изучаемые нами характеристики периода подбора терапевтической дозы варфарина не были значимо связаны между собой.

Ключевые слова: варфарин, фибрилляция предсердий, международное нормализованное отношение (МНО)

CHARACTERISTICS OF THE PERIOD DOSE TITRATION WARFARIN IN PATIENTS WITH ATRIAL FIBRILLATION. RELATIONSHIP WITH CLINICAL FACTORS

[1]Shvarts Y.G., [1]Artanova E.L., [1]Saleeva E.V., [1]Sokolov I.M.

[1]Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov, Russia (410012, Saratov, street B. Kazachya, 112), e-mail: kateha007@bk.ru

We have done the analysis of the relationship characteristics of the individual selection of therapeutic doses of warfarin and clinical characteristics in patients with atrial fibrillation. Following characteristics of the period of selection of a dose were considered: a definitive therapeutic dose of warfarin in mg, duration of selection of a dose in days and the maximum value of the international normalised relation (INR), registered in the course of titration. Therapeutic dose of warfarin, duration of its selection and fluctuations in thus INR depend on the following clinical factors – a history of stroke, obesity, thyroid lesions, smoking, and concomitant therapy, specifically, the use of amiodarone, in cases of appointment of warfarin in patients with atrial fibrillation. However at patients with combination Ischemic heart trouble and atrial fibrillation it is not established essential dependence of features of selection of a dose of warfarin from such characteristics, as a sex, age, quantity of accompanying diseases, presence of cholelithic illness, a diabetes of II type, duration of an arrhythmia, firmness of fibrillation of auricles, a functional class of warm insufficiency and presence of a stenocardia of pressure. According to the nonparametric correlation analysis characteristics of the period of selection of a therapeutic dose of warfarin haven't been significantly connected among themselves.

Keywords: warfarin, atrial fibrillation, an international normalized ratio (INR)

Введение

Фибрилляция предсердий (ФП) – наиболее встречаемый вид аритмии в практике врача [7]. Инвалидизация и смертность больных с ФП остается высокой, особенно от ишемического инсульта и системные эмболии [4]…

Список литературы

1….

References

1…

Рецензенты: ФИО, ученая степень, звание, должность, место работы, город.

Единый формат оформления пристатейных библиографических ссылок в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 2008 «Библиографическая ссылка»
(Примеры оформления ссылок и пристатейных списков литературы на русском языке)

Статьи из журналов и сборников:

Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопр. философии. – 1992. – № 10. – С. 76-86.

Crawford P.J. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works / P.J. Crawford, T.P. Barrett // Ref. Libr. – 1997. – Vol. 3, № 58. – P. 75–85.

Заголовок записи в ссылке может содержать имена одного, двух или трех авторов документа. Имена авторов, указанные в заголовке, могут не повторяться в сведениях об ответственности.

Crawford P.J., Barrett T.P. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works // Ref. Libr. – 1997. – Vol. 3, № 58. – P. 75–85.

Если авторов четыре и более, то заголовок не применяют (ГОСТ 7.80-2000).

Корнилов В.И. Турбулентный пограничный слой на теле вращения при периодическом вдуве/отсосе // Теплофизика и аэромеханика. – 2006. – Т. 13, №. 3. – С. 369–385.

Кузнецов А.Ю. Консорциум – механизм организации подписки на электронные ресурсы // Российский фонд фундаментальных исследований: десять лет служения российской науке. – М.: Науч. мир, 2003. – С. 340–342.

Монографии:

Тарасова В.И. Политическая история Латинской Америки: учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Проспект, 2006. – С. 305–412

Допускается предписанный знак точку и тире, разделяющий области библиографического описания, заменять точкой.

Философия культуры и философия науки: проблемы и гипотезы: межвуз. сб. науч. тр. / Сарат. гос. ун-т; [под ред. С. Ф. Мартыновича]. – Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 1999. – 199 с.

Допускается не использовать квадратные скобки для сведений, заимствованных не из предписанного источника информации.

Райзберг Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.UJ. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 494 с.

Заголовок записи в ссылке может содержать имена одного, двух или трех авторов документа. Имена авторов, указанные в заголовке, не повторяются в сведениях об ответственности. Поэтому:

Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 494 с.

Если авторов четыре и более, то заголовок не применяют (ГОСТ 7.80-2000).

Авторефераты

Глухов В.А. Исследование, разработка и построение системы электронной доставки документов в библиотеке: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2000. –18 с.

Диссертации

Фенухин В.И. Этнополитические конфликты в современной России: на примере Северокавказского региона : дис. ... канд. полит, наук. – М., 2002. – С. 54–55.

Аналитические обзоры:

Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья : аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Ин-т мировой экономики и междунар. отношений. – М. : ИМЭМО, 2007. – 39 с.

Патенты:

Патент РФ № 2000130511/28, 04.12.2000.

Еськов Д.Н., Бонштедт Б.Э., Корешев С.Н., Лебедева Г.И., Серегин А.Г. Оптико-электронный аппарат // Патент России № 2122745.1998. Бюл. № 33.

Материалы конференций

Археология: история и перспективы: сб. ст. Первой межрегион, конф. – Ярославль, 2003. – 350 с.

Марьинских Д.М. Разработка ландшафтного плана как необходимое условие устойчивого развития города (на примере Тюмени) // Экология ландшафта и планирование землепользования: тезисы докл. Всерос. конф. (Иркутск, 11-12 сент. 2000 г.). – Новосибирск, 2000. – С. 125–128.

Интернет-документы:

Официальные периодические издания : электронный путеводитель / Рос. нац. б-ка, Центр правовой информации. [СПб.], 20052007. URL:

http://www.nlr.ru/lawcenter/izd/index.html (дата обращения: 18.01.2007).

Логинова Л. Г. Сущность результата дополнительного образования детей // Образование: исследовано в мире: междунар. науч. пед. интернет-журн. 21.10.03. URL:

http://www.oim.ru/reader.asp7nomers 366 (дата обращения: 17.04.07).

http://www.nlr.ru/index.html (дата обращения: 20.02.2007).

Рынок тренингов Новосибирска: своя игра [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://nsk.adme.ru/news/2006/07/03/2121 .html (дата обращения: 17.10.08).

Литчфорд Е.У. С Белой Армией по Сибири [Электронный ресурс] // Восточный фронт Армии Генерала А.В. Колчака: сайт. – URL: http://east-front.narod.ru/memo/latchford.htm (дата обращения 23.08.2007).

Примеры оформления ссылок и пристатейных списков литературы на латинице:

На библиографические записи на латинице не используются разделительные знаки, применяемые в российском ГОСТе («//» и «–»).

Составляющими в библиографических ссылках являются фамилии всех авторов и названия журналов.

Статьи из журналов:

Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry*, 2008, no. 11, pp. 54–57.

Dyachenko, V.D., Krivokolysko, S.G., Nesterov, V.N., and Litvinov, V.P., *Khim. Geterotsikl. Soedin*., 1996, no. 9, p. 1243

Статьи из электронных журналов описываются аналогично печатным изданиям с дополнением данных об адресе доступа.

П р и м е р описания статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P., *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1999, Vol. 5, No. 2, available at: www. ascusc.org/ jcmc/vol5/ issue2.

Материалы конференций:

Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z., Muhametshina R.Ju., Chervyakova A.N., Sveshnikov A.V. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma «ovye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi*» (Proc. 6th Int. Technol. Symp. «New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact»). Moscow, 2007, pp. 267–272.

Главное в описаниях конференций – название конференции на языке оригинала (в транслитерации, если нет ее английского названия), выделенное курсивом. В скобках дается перевод названия на английский язык. Выходные данные (место проведения конференции, место издания, страницы) должны быть представлены на английском языке.

Книги (монографии, сборники, материалы конференций в целом):

Belaya kniga po nanotekhnologiyam: issledovaniya v oblasti nanochastits, nanostruktur i nanokompozitov v Rossiiskoi Federatsii (po materialam Pervogo Vserossiiskogo soveshchaniya uchenykh, inzhenerov i proizvoditelei v oblasti nanotekhnologii [White Book in Nanotechnologies: Studies in the Field of Nanoparticles, Nanostructures and Nanocomposites in the Russian Federation: Proceedings of the First All-Russian Conference of Scientists, Engineers and Manufacturers in the Field of Nanotechnology]. Moscow, LKI, 2007.

Nenashev M.F. *Poslednee pravitel'tvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p.

From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union [*Ot katastrofy k vozrozhdeniju: prichiny i posledstvija razrushenija SSSR*]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

Kanevskaya R.D. *Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov* (Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development). Izhevsk, 2002. 140 p.

Latyshev, V.N., *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friktsionnye protsessy pri rezanie metallov* (Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting), Ivanovo: Ivanovskii Gos. Univ., 2009.

Ссылка на Интернет-ресурс:

APA Style (2011), Available at: http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx (accessed 5 February 2011).

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: http://www.scribd.com/doc/1034528/ (accessed 7 February 2011)

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ РЕЦЕНЗИИ

РЕЦЕНЗИЯ

на статью (Фамилии, инициалы авторов, полное название статьи)

Научное направление работы. Для мультидисциплинарных исследований указываются не более 3 научных направлений.

Класс статьи: оригинальное научное исследование, новые технологии, методы, фундаментальные исследования, научный обзор, дискуссия, обмен опытом, наблюдения из практики, практические рекомендации, рецензия, лекция, краткое сообщение, юбилей, информационное сообщение, решения съездов, конференций, пленумов.

Научная новизна: 1) Постановка новой проблемы, обоснование оригинальной теории, концепции, доказательства, закономерности 2) Фактическое подтверждение собственной концепции, теории 3) Подтверждение новой оригинальной заимствованной концепции 4) Решение частной научной задачи 5) Констатация известных фактов

Оценка достоверности представленных результатов.

Практическая значимость. Предложены: 1) Новые методы 2) Новая классификация, алгоритм 3) Новые препараты, вещества, механизмы, технологии, результаты их апробации 4) Даны частные или слишком общие, неконкретные рекомендации 5) Практических целей не ставится.

Формальная характеристика статьи.

Стиль изложения − хороший, (не) требует правки, сокращения.

Таблицы − (не) информативны, избыточны.

Рисунки − приемлемы, перегружены информацией, (не) повторяют содержание таблиц.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Статья актуальна, обладает научной и практической новизной, рекомендуется для печати.

Рецензент Фамилия, инициалы

Полные сведения о рецензенте: Фамилия, имя, отчество полностью, ученая степень и звание, должность, сведения об учреждении (название с указанием ведомственной принадлежности), адрес, с почтовым индексом, номер, телефона и факса с кодом города).

Дата Подпись

Подлинность подписи рецензента подтверждаю: Секретарь

Печать учреждения

ПРАВИЛА ТРАНСЛИТЕРАЦИИ

Произвольный выбор транслитерации неизбежно приводит к многообразию вариантов представления фамилии одного автора и в результате затрудняет его идентификацию и объединение данных о его публикациях и цитировании под одним профилем (идентификатором – ID автора)

Представление русскоязычного текста (кириллицы) по различным правилам транслитерации (или вообще без правил) ведет к потере необходимой информации в аналитической системе SCOPUS.

НАЗВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ

Использование общепринятого переводного варианта названия организации является наиболее предпочтительным. Употребление в статье официального, без сокращений, названия организации на английском языке позволит наиболее точно идентифицировать принадлежность авторов, предотвратит потери статей в системе анализа организаций и авторов. Прежде всего, это касается названий университетов и других учебных заведений, академических и отраслевых институтов. Это позволит также избежать расхождений между вариантами названий организаций в переводных, зарубежных и русскоязычных журналах. Исключение составляют не переводимые на английский язык наименований фирм. Такие названия, безусловно, даются в транслитерированном варианте.

Употребление сокращений или аббревиатур способствует потере статей при учете публикаций организации, особенно если аббревиатуры не относятся к общепринятым.

Излишним является использование перед основным названием принятых в последние годы составных частей названий организаций, обозначающих принадлежность ведомству, форму собственности, статус организации («Учреждение Российской академии наук…», «Федеральное государственное унитарное предприятие…», «ФГОУ ВПО…», «Национальный исследовательский…» и т.п.), что затрудняет идентификацию организации.

В свете постоянных изменений статусов, форм собственности и названий российских организаций (в т.ч. с образованием федеральных и национальных университетов, в которые в настоящее время вливаются большое количество активно публикующихся государственных университетов и институтов) существуют определенные опасения, что еще более усложнится идентификация и установление связей между авторами и организациями. В этой ситуации **желательно в статьях указывать полное название организации**, включенной, например, в федеральный университет, **если она сохранила свое прежнее название.** В таком случае она будет учтена и в своем профиле, и в профиле федерального университета:

Например, варианты Таганрогский технологический институт Южного федерального университета:

Taganrogskij Tekhnologicheskij Institut Yuzhnogo Federal’nogo Universiteta;

Taganrog Technological Institute, South Federal University

В этот же профиль должны войти и прежние названия этого университета.

Для национальных исследовательских университетов важно сохранить свое основное название.

(В соответствии с рекомендациями О.В. Кирилловой, к.т.н., заведующей отделением ВИНИТИ РАН члена Экспертного совета (CSAB) БД SCOPUS)

АВТОРСКИЕ РЕЗЮМЕ (АННОТАЦИИ) НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Необходимо иметь в виду, что аннотации (рефераты, авторские резюме) на английском языке в русскоязычном издании являются для иностранных ученых и специалистов основным и, как правило, единственным источником информации о содержании статьи и изложенных в ней результатах исследований. Зарубежные специалисты по аннотации оценивают публикацию, определяют свой интерес к работе российского ученого, могут использовать ее в своей публикации и сделать на неё ссылку, открыть дискуссию с автором, запросить полный текст и т.д. Аннотация на английском языке на русскоязычную статью по

объему может быть больше аннотации на русском языке, так как за русскоязычной аннотацией идет полный текст на этом же языке.

Аналогично можно сказать и об аннотациях к статьям, опубликованным на английском языке. Но даже в требованиях зарубежных издательств к статьям на английском языке указывается на объем аннотации в размере 100-250 слов.

Перечислим обязательные качества аннотаций на английском языке к русскоязычным статьям. Аннотации должны быть:

– информативными (не содержать общих слов);
– оригинальными (не быть калькой русскоязычной аннотации);
– содержательными (отражать основное содержание статьи и результаты исследований);
– структурированными (следовать логике описания результатов в статье);
– «англоязычными» (написаны качественным английским языком);
– компактными (укладываться в объем от 100 до 250 слов).

В аннотациях, которые пишут наши авторы, допускаются самые элементарные ошибки. Чаще всего аннотации представляют прямой перевод русскоязычного варианта, изобилуют общими ничего не значащими словами, увеличивающими объем, но не способствующими раскрытию содержания и сути статьи. А еще чаще объем аннотации составляет всего несколько строк (3-5). При переводе аннотаций не используется англоязычная специальная терминология, что затрудняет понимание текста зарубежными специалистами. В зарубежной БД такое представление содержания статьи совершенно неприемлемо.

Опыт показывает, что самое сложное для российского автора при подготовке аннотации – представить кратко результаты своей работы. Поэтому одним из проверенных вариантов аннотации является краткое повторение в ней структуры статьи, включающей введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение. Такой способ составления аннотаций получил распространение и в зарубежных журналах.

В качестве помощи для написания аннотаций (рефератов) можно рекомендовать, по крайней мере, два варианта правил. Один из вариантов – российский ГОСТ 7.9-95 «Реферат и аннотация. Общие требования», разработанные специалистами ВИНИТИ.

Второй – рекомендации к написанию аннотаций для англоязычных статей, подаваемых в журналы издательства Emerald (Великобритания). При рассмотрении первого варианта необходимо учитывать, что он был разработан, в основном, как руководство для референтов, готовящих рефераты для информационных изданий. Второй вариант – требования к аннотациям англоязычных статей. Поэтому требуемый объем в 100 слов в нашем случае, скорее всего, нельзя назвать достаточным. Ниже приводятся выдержки из указанных двух вариантов. Они в значительной степени повторяют друг друга, что еще раз подчеркивает важность предлагаемых в них положений. Текст ГОСТа незначительно изменен с учетом специфики рефератов на английском языке.

КРАТКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАПИСАНИЮ АВТОРСКИХ РЕЗЮМЕ (АННОТАЦИЙ, РЕФЕРАТОВ К СТАТЬЯМ)
(подготовлены на основе ГОСТ 7.9-95)

Авторское резюме ближе по своему содержанию, структуре, целям и задачам к реферату. Это –краткое точное изложение содержания документа, включающее основные фактические сведения и выводы описываемой работы.

Текст авторского резюме (в дальнейшем – реферата) должен быть лаконичен и четок, свободен от второстепенной информации, отличаться убедительностью формулировок.

Объем реферата должен включать минимум 100-250 слов (по ГОСТу – 850 знаков, не менее 10 строк).

Реферат включает следующие аспекты содержания статьи:

– предмет, тему, цель работы;
– метод или методологию проведения работы;
– результаты работы;
– область применения результатов;
– выводы.

Последовательность изложения содержания статьи можно изменить, начав с изложения результатов работы и выводов.

Предмет, тема, цель работы указываются в том случае, если они не ясны из заглавия статьи.

Метод или методологию проведения работы целесообразно описывать в том случае, если они отличаются новизной или представляют интерес с точки зрения данной работы. В рефератах документов, описывающих экспериментальные работы, указывают источники данных и характер их обработки.

Результаты работы описывают предельно точно и информативно. Приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам и данным долгосрочного значения, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, которые, по мнению автора, имеют практическое значение.

Выводы могут сопровождаться рекомендациями, оценками, предложениями, гипотезами, описанными в статье.

Сведения, содержащиеся в заглавии статьи, не должны повторяться в тексте реферата. Следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...»). Исторические справки, если они не составляют основное содержание документа, описание ранее опубликованных работ и общеизвестные положения в реферате не приводятся.

В тексте реферата следует употреблять синтаксические конструкции, свойственные языку научных и технических документов, избегать сложных грамматических конструкций (не применимых в научном английском языке).

В тексте реферата на английском языке следует применять терминологию, характерную для иностранных специальных текстов. Следует избегать употребления терминов, являющихся прямой калькой русскоязычных терминов. Необходимо соблюдать единство терминологии в пределах реферата.

В тексте реферата следует применять значимые слова из текста статьи.

Сокращения и условные обозначения, кроме общеупотребительных (в том числе в англоязычных специальных текстах), применяют в исключительных случаях или дают их определения при первом употреблении.

Единицы физических величин следует приводить в международной системе СИ.

Допускается приводить в круглых скобках рядом с величиной в системе СИ значение величины в системе единиц, использованной в исходном документе.

Таблицы, формулы, чертежи, рисунки, схемы, диаграммы включаются только в случае необходимости, если они раскрывают основное содержание документа и позволяют сократить объем реферата.

Формулы, приводимые неоднократно, могут иметь порядковую нумерацию, причем нумерация формул в реферате может не совпадать с нумерацией формул в оригинале.

В реферате не делаются ссылки на номер публикации в списке литературы к статье.

Объем текста реферата в рамках общего положения определяется содержанием документа (объемом сведений, их научной ценностью и/или практическим значением).

ВЫДЕРЖКА ИЗ РЕКОМЕНДАЦИЙ АВТОРАМ ЖУРНАЛОВ ИЗДАТЕЛЬСТВА EMERALD

(http://www.emeraldinsight.com/authors/guides/write/abstracts.htm)

Авторское резюме (реферат, abstract) является кратким резюме большей по объему работы, имеющей научный характер, которое публикуется в отрыве от основного текста и, следовательно, само по себе должно быть понятным без ссылки на саму публикацию. Оно должно излагать существенные факты работы, и не должно преувеличивать или содержать материал, который отсутствует в основной части публикации.

Авторское резюме выполняет функцию справочного инструмента (для библиотеки, реферативной службы), позволяющего читателю понять, следует ли ему читать или не читать полный текст.

Авторское резюме включает:

1. Цель работы в сжатой форме. Предыстория (история вопроса) может быть приведена только в том случае, если она связана контекстом с целью.

2. Кратко излагая основные факты работы, необходимо помнить следующие моменты:

– необходимо следовать хронологии статьи и использовать ее заголовки в качестве руководства;

– не включать несущественные детали (см. пример «Как не надо писать реферат»);

– вы пишете для компетентной аудитории, поэтому вы можете использовать техническую (специальную) терминологию вашей дисциплины, четко излагая свое мнение и имея также в виду, что вы пишете для международной аудитории;

– текст должен быть связным с использованием слов «следовательно», «более того», «например», «в результате» и т.д. («consequently», «moreover», «for example»,» the benefits of this study», «as a result» etc.), либо разрозненные излагаемые положения должны логично вытекать один из другого;

– необходимо использовать активный, а не пассивный залог, т.е. «The study tested», но не «It was tested in this study» (частая ошибка российских аннотаций);

– стиль письма должен быть компактным (плотным), поэтому предложения, вероятнее всего, будут длиннее, чем обычно.

П р и м е р ы , как не надо писать реферат, приведены на сайте издательства (**http://www.emeraldinsight.com/authors/guides/write/abstracts.htm?part=3&**). Как видно из примеров, не всегда большой объем означает хороший реферат.

На сайте издательства также приведены примеры хороших рефератов для различных типов статей (обзоры, научные статьи, концептуальные статьи, практические статьи) **http://www.emeraldinsight.com/authors/guides/write/abstracts.htm?part=2&PHPSESSID=hdac5rtkb73ae013ofk4g8nrv1.**

(В соответствии с рекомендациями О.В. Кирилловой, к.т.н., заведующей отделением ВИНИТИ РАН члена Экспертного совета (CSAB) БД SCOPUS)

ПРИСТАТЕЙНЫЕ СПИСКИ ЛИТЕРАТУРЫ

Списки литературы представляются в двух вариантах:

1. В соответствии с с ГОСТ Р 7.0.5 2008 (русскоязычный вариант вместе с зарубежными источниками).

2. Вариант на латинице, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники.

Правильное описание используемых источников в списках литературы является залогом того, что цитируемая публикация будет учтена при оценке научной деятельности ее авторов, следовательно (по цепочке) –организации, региона, страны. По цитированию журнала определяется его научный уровень, авторитетность, эффективность деятельности его редакционного совета и т.д. Из чего следует, что наиболее значимыми составляющими в библиографических ссылках являются фамилии авторов и названия журналов. Причем для того, чтобы все авторы публикации были учтены в системе, необходимо в описание статьи вносить всех авторов, не сокращая их тремя, четырьмя и т.п. Заглавия статей в этом случае дают дополнительную информацию об их содержании и в аналитической системе не используются, поэтому они могут опускаться.

Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry,* 2008, no. 11, pp. 54–57.

Такая ссылка позволяет проводить анализ по авторам и названию журнала, что и является ее главной целью.

Ни в одном из зарубежных стандартов на библиографические записи не используются разделительные знаки, применяемые в российском ГОСТе («//» и «–»).

В Интернете существует достаточно много бесплатных программ для создания общепринятых в мировой практике библиографических описаний на латинице.

Ниже приведены несколько ссылок на такие сайты:

http://www.easybib.com/

http://www.bibme.org/

http://www.sourceaid.com/

При составлении списков литературы для зарубежных БД важно понимать, что чем больше будут ссылки на российские источники соответствовать требованиям, предъявляемым к иностранным источникам, тем легче они будут восприниматься системой. И чем лучше в ссылках будут представлены авторы и названия журналов (и других источников), тем точнее будут статистические и аналитические данные о них в системе SCOPUS.

Ниже приведены примеры ссылок на российские публикации в соответствии с вариантами описанными выше.

Статьи из журналов:

Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry*, 2008, no. 11, pp. 54–57.

Dyachenko, V.D., Krivokolysko, S.G., Nesterov, V.N., and Litvinov, V.P., *Khim. Geterotsikl. Soedin*., 1996, no. 9, p. 1243

Статьи из электронных журналов описываются аналогично печатным изданиям с дополнением данных об адресе доступа.

П р и м е р описания статьи из электронного журнала:

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P., *Journal of Computer-Mediated Communication*, 1999, Vol. 5, No. 2, available at: www. ascusc.org/ jcmc/vol5/ issue2.

Материалы конференций:

Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z., Muhametshina R.Ju., Chervyakova A.N., Sveshnikov A.V. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma «ovye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi*» (Proc. 6th Int. Technol. Symp. «New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact»). Moscow, 2007, pp. 267–272.

Главное в описаниях конференций – название конференции на языке оригинала (в транслитерации, если нет ее английского названия), выделенное курсивом. В скобках дается перевод названия на английский язык. Выходные данные (место проведения конференции, место издания, страницы) должны быть представлены на английском языке.

Книги (монографии, сборники, материалы конференций в целом):

Belaya kniga po nanotekhnologiyam: issledovaniya v oblasti nanochastits, nanostruktur i nanokompozitov v Rossiiskoi Federatsii (po materialam Pervogo Vserossiiskogo soveshchaniya uchenykh, inzhenerov i proizvoditelei v oblasti nanotekhnologii [White Book in Nanotechnologies: Studies in the Field of Nanoparticles, Nanostructures and Nanocomposites in the Russian Federation: Proceedings of the First All-Russian Conference of Scientists, Engineers and Manufacturers in the Field of Nanotechnology]. Moscow, LKI, 2007.

Nenashev M.F. *Poslednee pravitel'tvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p.

From disaster to rebirth: the causes and consequences of the destruction of the Soviet Union [*Ot katastrofy k vozrozhdeniju: prichiny i posledstvija razrushenija SSSR*]. Moscow, HSE Publ., 1999. 381 p.

Kanevskaya R.D. *Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov* (Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development). Izhevsk, 2002. 140 p.

Latyshev, V.N., *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friktsionnye protsessy pri rezanie metallov* (Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting), Ivanovo: Ivanovskii Gos. Univ., 2009.

Ссылка на Интернет-ресурс:

APA Style (2011), Available at: http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx (accessed 5 February 2011).

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: http://www.scribd.com/doc/1034528/ (accessed 7 February 2011).

Как видно из приведенных примеров, чаще всего, название источника, независимо от того, журнал это, монография, сборник статей или название конференции, выделяется курсивом. Дополнительная информация –перевод на английский язык названия источника приводится в квадратных или круглых скобках шрифтом, используемым для всех остальных составляющих описания.

Из всего выше сказанного можно сформулировать следующее краткое резюме в качестве рекомендаций по составлению ссылок в романском алфавите в англоязычной части статьи и пристатейной библиографии, предназначенной для зарубежных БД:

1. Отказаться от использования ГОСТ 5.0.7. Библиографическая ссылка;

2. Следовать правилам, позволяющим легко идентифицировать 2 основных элемента описаний –авторов и источник.

3. Не перегружать ссылки транслитерацией заглавий статей, либо давать их совместно с переводом.

4. Придерживаться одной из распространенных систем транслитерации фамилий авторов, заглавий статей (если их включать) и названий источников.

5. При ссылке на статьи из российских журналов, имеющих переводную версию, лучше давать ссылку на переводную версию статьи.

(В соответствии с рекомендациями О.В. Кирилловой, к.т.н., заведующей отделением ВИНИТИ РАН члена Экспертного совета (CSAB) БД SCOPUS)

Оплата издательских расходов составляет:

4700 руб. – для авторов при предоставлении статей и сопроводительных документов в редакцию через сервис Личный портфель;

6700 руб. – для авторов при предоставлении статей и сопроводительных документов в редакцию по электронной почте без использования сервиса Личного портфеля;

5700 руб. – для оплаты издательских расходов организациями при предоставлении статей и сопроводительных документов в редакцию через сервис Личный портфель;

7700 руб. – для оплаты издательских расходов организациями при предоставлении статей и сопроводительных документов в редакцию по электронной почте без использования сервиса Личного портфеля;

Для оформления финансовых документов на юридические лица просим предоставлять ФИО директора или иного лица, уполномоченного подписывать договор, телефон (обязательно), реквизиты организации.

Для членов Российской Академии Естествознания (РАЕ) издательские услуги составляют 3500 рублей (при оплате лично авторами при этом стоимость не зависит от числа соавторов в статье) – при предоставлении статей и сопроводительных документов в редакцию через сервис Личный портфель.

Просим при заполнении личных данных в Личном портфеле членов РАЕ указывать номер диплома РАЕ.

Оплата от организаций для членов РАЕ и их соавторов – 5700 руб. при предоставлении статей и сопроводительных документов в редакцию через сервис Личный портфель.

БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

Получатель: ООО «Организационно-методический отдел Академии Естествознания» или ООО «Оргметодотдел АЕ»*

* Иное сокращение наименования организации получателя не допускается. При ином сокращении наименования организации денежные средства не будут получены на расчетный счет организации!!!

ИНН 6453117343

КПП 645301001

р/с 40702810956000004029

Банк получателя: Отделение № 8622 Сбербанка России, г. Саратов

к/с 30101810500000000649

БИК 046311649

Назначение платежа*: Издательские услуги. Без НДС. ФИО автора.

*В случае иной формулировки назначения платежа будет осуществлен возврат денежных средств!

Копия платежного поручения высылается через «Личный портфель автора», по e-mail: edition@rae.ru или по факсу +7 (8452)-47-76-77.

Библиотеки, научные и информационные организации, получающие обязательный бесплатный экземпляр печатных изданий

№	Наименование получателя	Адрес получателя
1.	Российская книжная палата	121019, г. Москва, Кремлевская наб., 1/9
2.	Российская государственная библиотека	101000, г. Москва, ул.Воздвиженка, 3/5
3.	Российская национальная библиотека	191069, г. Санкт-Петербург, ул. Садовая, 18
4.	Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук	630200, г. Новосибирск, ул. Восход, 15
5.	Дальневосточная государственная научная библиотека	680000, г. Хабаровск, ул. Муравьева-Амурского, 1/72
6.	Библиотека Российской академии наук	199034, г. Санкт-Петербург, Биржевая линия, 1
7.	Парламентская библиотека аппарата Государственной Думы и Федерального собрания	103009, г. Москва, ул.Охотный ряд, 1
8.	Администрация Президента Российской Федерации. Библиотека	103132, г. Москва, Старая пл., 8/5
9.	Библиотека Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова	119899, г. Москва, Воробьевы горы
10.	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	103919, г. Москва, ул.Кузнецкий мост, 12
11.	Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы	109189, г. Москва, ул. Николоямская, 1
12.	Институт научной информации по общественным наукам Российской академии наук	117418, г. Москва, Нахимовский пр-т, 51/21
13.	Библиотека по естественным наукам Российской академии наук	119890, г. Москва, ул.Знаменка 11/11
14.	Государственная публичная историческая библиотека Российской Федерации	101000, г. Москва, Центр, Старосадский пер., 9
15.	Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук	125315, г. Москва, ул.Усиевича, 20
16.	Государственная общественно-политическая библиотека	129256, г. Москва, ул.Вильгельма Пика, 4, корп. 2
17.	Центральная научная сельскохозяйственная библиотека	107139, г. Москва, Орликов пер., 3, корп. В
18.	Политехнический музей. Центральная политехническая библиотека	101000, г. Москва, Политехнический пр-д, 2, п.10
19.	Московская медицинская академия имени И.М. Сеченова, Центральная научная медицинская библиотека	117418, г. Москва, Нахимовский пр-кт, 49
20.	ВИНИТИ РАН (отдел комплектования)	125190, г. Москва, ул. Усиевича,20, комн. 401.

ЗАКАЗ ЖУРНАЛА «ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

Для приобретения журнала необходимо:
1. Оплатить заказ.
2. Заполнить форму заказа журнала.
3. Выслать форму заказа журнала и сканкопию платежного документа в редакцию журнала по **e-mail: edition@rae.ru.**

Стоимость одного экземпляра журнала (с учетом почтовых расходов):

Для физических лиц – 1150 рублей
Для юридических лиц – 1850 рублей
Для иностранных ученых – 1850 рублей

ФОРМА ЗАКАЗА ЖУРНАЛА

Информация об оплате способ оплаты, номер платежного документа, дата оплаты, сумма	
Сканкопия платежного документа об оплате	
ФИО получателя полностью	
Адрес для высылки заказной корреспонденции индекс обязательно	
ФИО полностью первого автора запрашиваемой работы	
Название публикации	
Название журнала, номер и год	
Место работы	
Должность	
Ученая степень, звание	
Телефон указать код города	
E-mail	

Образец заполнения платежного поручения:

Получатель ИНН 6453117343 КПП 645301001 ООО «Организационно-методический отдел» Академии Естествознания	Сч. №	40702810956000004029
Банк получателя Отделение № 8622 Сбербанка России, г. Саратов	БИК	046311649
	к/с	30101810500000000649

НАЗНАЧЕНИЕ ПЛАТЕЖА: «ИЗДАТЕЛЬСКИЕ УСЛУГИ. БЕЗ НДС. ФИО»

Особое внимание обратите на точность почтового адреса с индексом, по которому вы хотите получать издания. На все вопросы, связанные с подпиской, Вам ответят по телефону: 8 (8452)-47-76-77.

По запросу (факс 8 (8452)-47-76-77, E-mail: stukova@rae.ru) высылается счет для оплаты подписки и счет-фактура.